

Д. Е. Нефедов

Об интеграции содержания школьных предметов математики и информатики

В статье рассматривается вопрос о необходимости интеграции математического материала между школьными предметами. Актуализируется предметный контекст: общие, характерные для методологии предмета, математические знания и умения. Критически важно сохранять предметный контекст целостным. Это связано с тем, что актуализироваться может лишь ограниченное количество информации. И актуализация более широкого контекста, в конце концов, приводит к растерянности, неспособности ученика эффективно ориентироваться в смысловом поле. Ставится задача, чтобы именно в информатике объединились несколько смысловых предметных полей для обеспечения целостного методологического подхода к учебной ситуации. К тому же процесс формирования программы школьной информатики представляет собой в основном механический перенос готовых методических решений из высшей школы в среднюю. Одним из следствий данного переноса стало дополнение курса информатики необходимым минимумом математического материала, который по той или иной причине отсутствует в школьной программе по математике, но присутствует в высшей. Из-за того, что блоки, объединенные в школьный предмет «Информатика», имеют различную природу межпредметных связей с математикой, то получение необходимых для одного блока математических знаний никак не способствует изучению других блоков. Это «обрастание» информатики математическим материалом стало причиной появления в ней целых разделов, по существу являющихся математическими, тяготеющими к предметному контексту школьной математики. В статье предлагается схема такого переноса, связанного с практическим применением и использованием математики, где на основе известных математических фактов реализуется алгоритм или формализуется модель, являющаяся «расширением» математики, неким факультативным математическим курсом. На этом курсе изучаются и закрепляются математические факты и развиваются информационные навыки и умение работать с компьютером с использованием математических знаний. В работе рассматриваются интеграционные связи информатики с теорией графов, системами счисления, математической логикой, теорией числовых последовательностей.

Ключевые слова: математика, информатика, школьная программа, перенос материала, математическая статистика, теория графов, системы счисления.

D. E. Nefedov

About Integration of School Subjects Contents of Mathematics and Informatics

In the article the question about the need of mathematical material integration among school subjects is regarded. The subject context – general, characteristic mathematical knowledge and abilities for subject methodology - is staticized. It's extremely important to keep a subject context complete. It is connected with the fact that only the limited amount of information can be staticized. And updating of wider context, eventually, leads to confusion, inability of the pupil to orient in the semantic field. The task is that Informatics should combine some semantic subject fields in order to ensure a complete methodological approach to the educational situation. The process of formation of school Informatics programme represents a mechanical transfer of ready methodical solutions from the higher school to the secondary one. The result of this transfer is that the Informatics course is supplemented with a necessary minimum of mathematical material which for this or that reason is absent in the school programme in Mathematics but it is present in the higher school. And as the blocks united in the school subject "Informatics" have various nature of intersubject links with Mathematics, receiving mathematical knowledge, which is necessary for one block, it doesn't promote studying of other blocks. This "accretion" of Informatics with the mathematical material caused some blocks which in their essence are mathematical and very close to the subject context of school Mathematics. The scheme of this transfer is offered concerning practical use of Mathematics where on the basis of the known mathematical facts the algorithm is realized or the model is formalized which is "expansion" of Mathematics, some elective mathematical course. Mathematical facts are studied and fixed during this course and information skills and ability to work with the computer with the use of mathematical knowledge are developed. In the work integration links of Informatics with the theory of graphs, numeral systems, mathematical logic, the theory of numerical sequences are regarded.

Keywords: Mathematics, Informatics, a school programme, material transfer, mathematical statistics, the theory of graphs, numeral systems.

Целью данной статьи является рассмотрение некоторых проблем современного содержания школьных курсов математики и информатики. Этот вопрос актуализировался в связи с изменениями в содержании данных предметов [8; 9].

Для начала рассмотрим несколько ситуаций, возникших на уроках информатики в разных классах, на разных ступенях обучения.

Первая ситуация возникла при изучении логических операций на уроке информатики. В ходе урока ученикам были даны определения логических операций, создана ассоциация между операциями и конструкциями русского языка (конъюнкция – «И», инверсия – «НЕ», импликация – «если..., то...»), построены таблицы истинности операций. Переходу к построению таблиц истинности логических выражений помешал возникший у ученика вопрос: «А зачем мы учим математику на информатике?» «Этот раздел математики очень важен информатикам. На законах алгебры логики работает компьютер. Логические операции важны в программировании» – следует ответ. «Так пусть нам на математике и расскажут про все эти законы, а мы их на информатике только применять будем!» – парирует ученик. Далее учитель вынужден напоминать ученику, что информатика как наука сформировалась в рамках математики, поэтому четкая граница между ними до сих пор не построена. Однако обмануть таким образом интуицию ученика не удастся. Несмотря на то, что грамотный ответ ученик подобрать не может, остается внутреннее убеждение, что науки науками, а для целостности учебных предметов математики и информатики важно четкое разграничение методологии учебных действий.

Следующие две ситуации встречаются при изучении на информатике темы «Системы счисления». Как правило, изучение данной темы начинают с краткого экскурса в историю способов записи чисел у разных народов мира. При этом регулярно приходится слышать от учеников: «Нам что-то такое говорили на математике, но мы уже забыли». Действительно, на уроках математики упоминаются римская, вавилонская, старославянская системы счисления, говорится о позиционных и непозиционных системах счисления. Но этот материал в дальнейшем не используется в рамках математики, поэтому большинством учеников он забывается. И поэтому на информатике приходится заново проходить эту тему, но только теперь она наконец-то находит практическое применение. Кроме того, когда ученики уже знают системы счисления с различными основаниями, когда освоен алгоритм пере-

вода из одной системы счисления в другую, изучаются операции в отличных от десятичной системах счисления. При этом просьба описать алгоритм умножения или деления в столбик вызывает затруднение вследствие того, что у учащихся выработан лишь механический навык его выполнения. И вновь приходится напоминать ученикам тему, которую они изучали ранее – арифметические алгоритмы.

Еще один случай произошел на уроке информатики, посвященном циклическим алгоритмам, при изучении цикла с параметром. С помощью данного цикла легко решаются задачи на нахождение n -го члена и суммы последовательности. Но данный тип задач вызывает трудности из-за того, что у учащихся не сформированы необходимые понятия: на уроках математики после изучения арифметических и геометрических прогрессий тема последовательностей исчезает, не успевая создать устойчивые представления о частичной сумме и даже общем члене числовой последовательности, поэтому ее приходится изучать на уроках информатики. При этом ряд учеников вновь выступают с фразой, знакомой по первой ситуации: «Почему мы это проходим здесь?»

Во всех предложенных случаях у школьников возникали проблемы, связанные с недостатком согласованности математики и информатики. Каковы же причины возникновения этих проблем?

Во-первых, перенасыщение курса информатики математикой. Например, абсолютно нелогичным выглядит изучение в рамках информатики арифметических алгоритмов. Бесспорно, представление о сущности данных алгоритмов должно формироваться на уроках математики. Но в рамках школьного курса оно формируется по схеме, исключающей осознанное применение, делающей умение лишь механическим навыком. Опыт информатики показывает, что систематизирующую роль в данном вопросе могут сыграть системы счисления. Они, кроме того, способны помочь ученикам «освободить» понятие числа от жесткой привязки к десятичной системе счисления, вскрыть его абстрактную сущность. Подобное можно сказать и о математической логике. Изучение данной темы в рамках информатики кажется неправильным. Школьной математике логика могла бы помочь в задачах на доказательство, теории множеств (аналогия «пересечение» – «конъюнкция» и подобные). А информатике следовало бы оставить на рассмотрение применение математической логики – разработку

логических устройств, построение алгоритмов со сложным ветвлением.

Кстати, среди нововведений школьной программы по аналогичным соображениям видится полезным распределение между предметами материала теории графов. Графы следует изучать на математике, потому что в первую очередь это язык описания математических структур. А на информатике полезно рассматривать вопросы представления графов, алгоритмов на графах.

Во-вторых, непонимание учениками, какую именно информатику они изучают. Ту, которая является практическим продолжением математики, где на основе известных математических фактов реализуется алгоритм или формализуется модель; ту, которая является расширением математики, неким факультативным математическим курсом, где изучаются и закрепляются математические факты, или же ту, где их просто учат работать с компьютерами. Данное непонимание, основанное на объединении в одном предмете всех перечисленных проявлений информатики, ярко иллюстрирует проблемы этой дисциплины. Учащиеся привыкли к тому, что название предмета коррелирует с его содержанием. С первой ступени обучения прослеживается строгое разделение учебного материала по предметам. Материал биологии рассматривается только на уроках биологии, а экология, появляющаяся позже, опирается на имеющиеся знания. Математика, изучение которой начинается в начальной школе, в средней разделяется на два предмета. Но при этом школьники понимают, что если предмет называется геометрией, то на уроках будут использовать знания и умения, характерные для геометрии, а если и будут решать задачу не геометрическим способом, то такое решение строится на некой модели геометрического объекта. Если же предмет называется «Алгебра и начала анализа», то на этих уроках они будут решать уравнения, неравенства, строить графики функций.

С другой стороны, школьный курс физики, опережая математику, использует понятия «вектор», «производная», «аппликата»; школьный курс химии – «логарифм», «вектор». Таким образом, проблема, аналогичная проблеме информатики, есть и в других предметах, использующих математический аппарат, хоть и не столь острая. С чем связано это «лидерство» информатики? На наш взгляд, большее количество математического материала в информатике можно объяснить тем, что этот предмет намного моложе, чем другие школьные предметы.

Для подробного объяснения, рассмотрим понятие предметного контекста. Когда ученик проходит на урок, происходит первичная актуализация знаний. Эта первая волна вызывается знакомым учителем, знакомым кабинетом, но, главным образом, самим названием предмета. Актуализируется предметный контекст – общие, характерные для методологии предмета знания и умения. Критически важно сохранять предметный контекст целостным. Это связано с тем, что актуализироваться может лишь ограниченное количество информации. И актуализация более широкого контекста, в конце концов, приводит к растерянности, неспособности ученика эффективно ориентироваться в смысловом поле.

Почему именно в информатике объединились несколько смысловых полей, обеспечить целостный методологический подход к которым, по видимому, невозможно? Подробно этот вопрос рассмотрен в работе [6]. Здесь же мы ограничимся схематичным описанием ситуации.

Процесс формирования программы школьной информатики представлял собой в основном механический перенос готовых методических решений из высшей школы в среднюю. Одним из следствий данного переноса стало дополнение курса информатики необходимым минимумом математического материала, который по той или иной причине отсутствует в школьной программе по математике, но присутствует в высшей школе. Из-за того, что блоки, объединенные в школьный предмет «информатика», имеют различную природу межпредметных связей с математикой, то получение необходимых для одного блока математических знаний никак не способствует изучению других блоков. Это «обрастание» информатики математическим материалом стало причиной появления в ней целых разделов, по существу являющихся математическими, тяготеющими к предметному контексту школьной математики.

Чтобы найти причину неэффективности механического переноса материала, достаточно сравнить принципы выстраивания математического материала в школе и в вузе [7].

В школе математика строится вокруг непрерывной последовательности усложняющихся задач. Теоретический материал излагается компактно и ориентируется именно на решение задач. Весь теоретический материал оказывается крепко связанным задачей базой.

В вузе главным является логическое строение материала, его представление в виде неразрывной цепи фактов, где каждое следующее звено соедине-

но с предыдущим крепкой логической связью. Задачи используются здесь для подкрепления теоретического материала. При этом ряд тем может и вовсе не иметь аргументированной задачной базы.

Так или иначе, содержание, характерное для высшего образования в среднее перетекать будет. Но этот процесс надо сделать эффективным, уйти от механического переноса, построить работающую на практике научную модель. Если наметить формат эффективной модели переноса материала, то, по нашему мнению, он может выглядеть так:

- подбор типичных задач;
- выстраивание усложняющихся линий из задач;
- подбор теоретического минимума;
- создание связей между темами;
- окончательная доводка.

В 4 и 5 пунктах создается система связей, основанная на взаимном усложнении типовых задач переносимого и традиционного материала.

Сформулируем конкретные предложения. В первой части статьи высказывались мысли о переносе части математического материала из информатики в математику: систем счисления, алгебры логики. В то же время возможно, что окажется «выгодным» и обратное перемещение материала. Например, изучение комбинаторики более удобно на уроках информатики, где она гораздо чаще применяется и есть хорошие возможности обеспечения понимания через алгоритмы генерации сложных комбинаторных объектов. Пример более подробного изучения последовательностей на уроках информатики, приведенный выше, кроме того, что решит проблемы школьной информатики, вполне может оказаться решением проблем школьного математического анализа.

Особое внимание следует уделить тем разделам математики, введение которых в школу мы наблюдаем сегодня. Теорию графов, возможно, следовало бы разбить на две части и разместить их в два предмета (математика и информатика). Если следовать намеченному выше плану, то в первую очередь необходимо выделить типичные задачи и выстроить усложняющиеся линии. На наш взгляд, задачная база теории графов в школе для математики сформирована уже достаточно давно. Сюда входят те задачи, которые на сегодняшний день являются характерными для олимпиад по математике, и те, которые входят в ЕГЭ по информатике. Эти задачи можно разделить на две группы: задачи на «небольшие» графы и задачи «на формулу». Первые задачи решаются путем изображения графа на плоскости, либо путем изучения матрицы смежности. В том и в другом случае рассматрива-

ются графы с малым количеством вершин (как правило, не более 10) и с малым количеством ветвей (не более 30). Для решения задач второй группы необходимо применить какую-либо известную формулу теории графов (например, формулу Эйлера). Изучение теории графов должно начинаться в рамках школьной математики как можно раньше. Уже начиная с пятого класса, можно рассматривать такие задачи, как нахождение минимального пути между точками, нахождение количества путей между точками, т. к. они не требуют специальных знаний. Определять же графы строго стоит в 9 классе, после изучения комбинаторики. Теоретическим минимумом в данном случае будут являться понятия граф, множеств вершин, множество дуг, эйлеров граф, гамильтонов граф, цикл, остов графа, степень вершины, путь в графе; теоремы о рукопожатиях, эйлеровом графе и о существовании эйлерова пути. В современных учебниках алгебры теория графов служит лишь иллюстративным материалом для теории вероятностей. Следует сохранить эту связь, но при этом развить школьную математику и в направлении систематизации материала теории графов.

Это позволит информатике в 9 классе «подхватить» изучение теории графов. Здесь типичными задачами могут стать задачи, характерные для математического курса графов с увеличенным количеством вершин и ветвей, а также алгоритмические задачи на объединение и пересечение графов, поиск в графе, нахождение пути в графе. Такие задачи целесообразно решать характерными для информатики вычислительными средствами в силу большого количества вершин и дуг, либо в силу сложности ручного подсчета результатов.

В заключение хотелось бы отметить, что, несмотря на то что результатов экспериментальной проверки пока нет, предложенная схема переноса была апробирована на небольшом материале математической статистики. В сегодняшней программе школьной математики появляется все больше элементов математической статистики [4; 5], но, к сожалению, среди изучаемых тем не встречается крайне важная для школьных исследовательских работ тема – линейная регрессия. Построенный согласно изложенной схеме на основе работ В. В. Афанасьева [1; 2; 3] факультативный курс позволил изучить данную тему уже в 9 классе, что благоприятно сказалось на качестве анализа экспериментов в рамках школьной исследовательской конференции. Это позволяет нам говорить о том, что данная схема готова к проверке и более крупным педагогическим экспериментом.

Библиографический список

1. Афанасьев, В. В. Линии регрессии и прогнозы в спорте [Текст] / В. В. Афанасьев, И. Н. Непряев // Ярославский педагогический вестник. – 2006. – №1. – С. 81–90.
2. Афанасьев, В. В. Теория вероятностей в вопросах и задачах [Текст]: учебное пособие / В. В. Афанасьев. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2004. – 250 с.
3. Афанасьев, В. В. Школьникам о статистике в играх [Текст]: учебное пособие / В. В. Афанасьев, М. А. Суворова. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2012. – 153 с.
4. Мордкович, А. Г. Алгебра и начала математического анализа. 10–11 класс. В 2 ч. Ч. 1 [Текст] : учебник для общеобразовательных учреждений (базовый уровень) / А. Г. Мордкович. – М. : Мнемозина, 2009. – 399 с.: ил.
5. Мордкович, А. Г. Алгебра и начала анализа. 11 класс. В 2 ч. Ч. 1 [Текст] : учебник для общеобразовательных учреждений (профильный уровень) / А. Г. Мордкович, П. В. Семенов. – М. : Мнемозина, 2007. – 287 с.: ил.
6. Нефедов, Д. Е. Некоторые возможности взаимодействия математики и информатики в школе [Текст] / Д. Е. Нефедов // Проблемы теории и практики обучения математике: Сборник научных работ, представленных на Международную научную конференцию «67 Герценовские чтения» / Под ред. В. В. Орлова. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. – С.156–158.
7. Нефедов, Д. Е. О проблеме переноса математического материала из вуза в школу [Текст] / Д. Е. Нефедов // Современные подходы к оценке и качеству математического образования в школе и вузе: материалы XXXII Международного семинара преподавателей математики университетов и педагогических вузов. – Екатеринбург: ФГБОУ ВПО УрГПУ, ФГАОУ ВПО РГППУ, ФГБОУ УрГЭУ, 2013. – С. 184–186.
8. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Часть I. Начальное общее образование. Основное общее образование [Текст] / Министерство образования Российской Федерации. – М., 2004. – 221 с.
9. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Часть II. Среднее (полное) общее образование [Текст] / Министерство образования Российской Федерации. – М., 2004. – 266 с.

Bibliograficheskiy spisok

1. Afanas'ev, V. V. Linii regressii i pro-gnozy v sporte [Tekst] / V. V. Afanas'ev, I. N. Neprijaev // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. – 2006. – №1. – S. 81–90.
2. Afanas'ev, V. V. Teorija verojatnostej v voprosah i zadachah [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Afanas'ev. – Jaroslavl': Izd-vo JaGPU, 2004. – 250 s.
3. Afanas'ev, V. V. Shkol'nikam o statistike v igrakh [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Afanas'ev, M. A. Suvorova. – Jaroslavl' : Izd-vo JaGPU, 2012. – 153 s.
4. Mordkovich, A. G. Algebra i nachala matematicheskogo analiza. 10–11 klass. V 2 ch. Ch. 1 [Tekst] : uchebnik dlja obshheobrazovatel'nyh uch-rezhdenij (bazovyj uroven') / A. G. Mordkovich. –M.: Mnemozina, 2009. – 399 s.: il.
5. Mordkovich, A. G. Algebra i nachala analiza. 11 klass. V 2 ch. Ch. 1 [Tekst] : Uchebnik dlja obshheobrazovatel'nyh uchrezhdenij (pro-fil'nyj uroven') / A. G. Mordkovich, P. V. Semenov. – M.: Mnemozina, 2007. – 287 s.: il.
6. Nefedov, D. E. Nekotorye vozmozhnosti vzaimodejstvija matematiki i informatiki v shkole [Tekst] / D. E. Nefedov // Problemy teorii i praktiki obuchenija matematike: Sbornik nauchnyh работ, predstavlenykh na Mezhdunarodnuju nauchnuju konferenciju «67 Gercenovskie chtenija» / Pod red. V. V. Orlova. – SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gercena, 2014. – S.156–158.
7. Nefedov, D. E. O probleme perenosa matematicheskogo materiala iz vuza v shkolu [Tekst] / D. E. Nefedov // Sovremennye podhody k ocenke i kachestvu matematicheskogo obrazovanija v shkole i vuze: materialy XXXII Mezhdunarodnogo semi-nara prepodavatelej matematiki universitetov i pedagogicheskikh vuzov. – Ekaterinburg: FGBOU VPO UrGPU, FGAOU VPO RGPU, FGBOU Ur-GJeU, 2013. – S. 184–186.
8. Federal'nyj komponent gosudarstvennogo standarta obshhego obrazovanija. Chast' I. Nachal'noe obshhee obrazovanie. Osnovnoe obshhee obrazovanie [Tekst] / Ministerstvo obrazovanija Rossijskoj Federacii. – M., 2004. – 221 s.
9. Federal'nyj komponent gosudarstvennogo standarta obshhego obrazovanija. Chast' II. Srednee (polnoe) obshhee obrazovanie [Tekst] / Ministerstvo obrazovanija Rossijskoj Federacii. – M., 2004. – 266 s.