УДК 373.4
ББК 74.26

DOI: 10.31862/2218-8711-2020-5-250-266

О ФОРМИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ В РАМКАХ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ON DEVELOPING INFORMATION AND MATHEMATICAL COMPETENCE OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS WHEN TEACHING MATHEMATICS AS PART OF EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

Де́за Елена Ивановна

Профессор кафедры теоретической информатики и дискретной математики, Московский педагогический государственный университет, доктор педагогических наук, доцент
E-mail: Elena.Deza@gmail.com

Deza Elena I.

Professor at the Department of Theoretical Computer Science and Discrete Mathematics, Moscow Pedagogical State University, ScD in Education, Associate Professor
E-mail: Elena.Deza@gmail.com

Хилюк Елена Александровна

Учитель математики и информатики, ГБОУ «Школа № 2109» г. Москвы
E-mail: eah2002@mail.ru

Khilyuk Elena A.

Teacher of Mathematics and Computer Science, State budgetary educational institution "School No. 2109", Moscow
E-mail: eah2002@mail.ru

Аннотация. В статье обоснована дидактическая модель формирования информационно-математической компетентности при обучении математике в рамках курсов внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового

Abstract. The article presents a didactic model for developing information and mathematical competence in teaching mathematics in the framework of extracurricular activities "Mathematics – the basis of the digital world"

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

© Де́за Е. И., Хилюк Е. А., 2020

мира» для учащихся 8–9-х классов. Дано определение информационно-математической компетентности. Разработана система целей курса в терминах компетентностного подхода. Выделены уровни сформированности информационно-математической компетентности. Предложена цифровая метатехнология формирования информационно-математической компетентности на базе многоуровневой веерной системы математических задач. Описаны особенности применения цифровой образовательной среды курса и возможности диагностики эффективности разработанной модели.

Ключевые слова: информационно-математическая компетентность, цифровая образовательная среда, цифровая метатехнология формирования информационно-математической компетентности, многоуровневая веерная система математических задач.

for students of grades 8–9. The definition of information and mathematical competence is given. A system of course goals has been developed in terms of the competence approach. The levels of development of information and mathematical competence are outlined. A digital metatechnology to form the information and mathematical competence based on a multi-level fan system of mathematical problems is proposed. The article describes the features of using the digital educational environment of the course and the possibility of diagnosing the effectiveness of the developed model.

Keywords: information and mathematical competence, digital educational environment, digital metatechnology of information and mathematical competence development, multi-level fan system of mathematical problems.

В настоящее время происходит осознание особой роли математического образования в современном мире. Это, безусловно, относится и к России. Одна из актуальных проблем российского образования – совершенствование школьного обучения математике в условиях цифровизации.

Для подготовки учащихся к самореализации в новом обществе особенно важным становится понимание роли математики как основы цифрового мира. Речь идет о владении системой фундаментальных математических знаний и методов, востребованных реалиями этого мира, осознанное применение этих знаний и методов для решения широкого круга современных теоретических, прикладных и практических задач на основе моделирования реальных процессов и явлений, умении рационально использовать средства информационных технологий (далее – ИТ-средства) при работе с различными видами информации для повышения эффективности исследования построенных информационных моделей.

Другими словами, насущной необходимостью становится формирование **информационно-математической компетентности обучающихся** (далее – ИМ-компетентности). В широком смысле можно определить ИМ-компетентность как готовность и способность осознанно применять математику в условиях цифрового мира. В узком смысле ИМ-компетентность предполагает обладание рядом «математико-ориентированных» личностных и инструментальных качеств, общих и специальных математических знаний и умений,

востребованных для самореализации индивида в условиях стремительной цифровизации общества.

Такая постановка вопроса требует углубленного знакомства учащихся с вопросами формализации теоретических и прикладных задач, имеющих важное значение как для математики, так и для информатики. Это касается, прежде всего, ряда разделов математики, «исторически» рассматриваемых в курсе информатики основной школы. Среди них: математическое моделирование, отдельные вопросы дискретной математики, математической логики и др. Изучение этих (и других) вопросов «с точки зрения математики» позволит систематизировать, углубить и расширить знания учащихся, сформировать представления о математике как об универсальном методе познания действительности, позволяющем описывать и изучать реальные процессы и явления. С другой стороны, при изучении ряда тем школьного курса математики целесообразно демонстрировать применение возможностей информатики для повышения эффективности классических методов решения задач.

На наш взгляд, понимание важности рассматриваемых вопросов необходимо закладывать учащимся 8–9-х классов. В этом возрасте у школьников имеется достаточный математический багаж для рассмотрения специальных вопросов математической теории и определенные навыки работы с цифровой техникой. Потребность в самоутверждении и самосовершенствовании в деятельности, имеющей личностный смысл, позволяет формировать необходимые для цифровой реальности личностные качества школьников и специальные математические и информационные умения.

Широкие возможности для формирования ИМ-компетентности предоставляет **внеурочная деятельность**.

В рамках реализации научно-познавательного направления внеурочной деятельности нами разработано методическое обеспечение курса «Математика – основа цифрового мира». Отбор математического содержания курса производился с учетом необходимости демонстрации междисциплинарных связей математики и информатики.

Выделен круг тем, не входящих в фундаментальное ядро содержания общего образования по математике. Такие темы, как математическое моделирование, элементы кодирования информации, некоторые математические аспекты теории защиты информации, системы счисления, основы математической логики, графы и др., позволят продемонстрировать возможности математики при решении возникающих теоретических и прикладных задач цифрового мира. В то же время ряд тем, включенных в круг вопросов школьного курса математики (рассмотрение аналитических моделей на примере непрерывных функций, элементы математической статистики и др.), методически целесообразно изучать с применением возможностей современной информатики.

Формирование у школьников ИМ-компетентности невозможно без погружения в цифровую образовательную среду (далее – ЦОС). Поэтому методика проведения курса рассчитана на активное использование ее возможностей.

В настоящее время интерес ученых, методистов-практиков, школьных учителей направлен на решение проблемы эффективного использования электронных ресурсов, которые легко встраиваются в процесс обучения как в очном режиме, так и в режиме онлайн.

Практика использования таких ресурсов при обучении предмету только начинает складываться. Вопросы формирования ИМ-компетентности школьников при использовании ЦОС в новых условиях разработаны недостаточно.

Разработанная **дидактическая модель формирования информационно-математической компетентности при обучении математике в рамках курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» для учащихся 8–9-х классов** (далее – МФИМК) содержит пять блоков: методологический, целевой, программно-технологический, содержательный и диагностический.

Методологический блок (рис. 1) представляет собой иерархическую систему методологических подходов, которые легли в основу разработки модели. Основания философского, общенаучного и конкретно-научного уровня мы учитываем и отбираем из существующих.

Основания *технологического уровня* (принципы отбора/конструирования конкретных методик курса) мы формулируем, исходя из направлений, заданных на выше лежащих уровнях. Принимая во внимание в качестве векторных направлений при формировании ИМ-компетентности важность фундаментальных математических знаний, ориентацию на междисциплинарные связи математики и информатики, возможность и методическую необходимость осуществления обучения в условиях ЦОС, а также необходимость раскрытия личностного потенциала ученика, мы выделяем соответствующие принципы технологического уровня. Это фундаментальность (позволяет обеспечить глубину и прочность математических знаний), интегративность (акцент на демонстрацию междисциплинарных связей математики и информатики, создание целостной картины

Рис. 1. Методологический блок МФИМК

мира), информатизация (обучение математике осуществляется «с погружением» в ЦОС), самореализация (организуется процесс выявления и осуществления школьниками своих возможностей, достижения намеченных целей в решении проблем для наиболее полной реализации потенциала личности).

Целевой блок (рис. 2) представлен требованиями к результатам освоения программы, которые сформулированы с учетом федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО) и основных положений компетентностного подхода в терминах соответствующих компетенций. Опираясь на требования ФГОС ООО к личностным, метапредметным и предметным результатам обучения математике и информатике и учитывая конкретные образовательные условия, мы выделили два вида компетенций, формируемых в ходе освоения курса. Это общекультурные компетенции (личностные и инструментальные) и математические компетенции (общенаучные и специальные) [1]. *Общекультурные компетенции* мы определяем как готовность и способность учащихся к личностному саморазвитию, к использованию освоенных универсальных учебных действий для решения большого спектра учебно-познавательных задач.

Математические компетенции включают в себя способность обретения научных представлений о месте математики в современной картине мира, предметные

Рис. 2. Целевой блок МФМК

математические умения, знание ключевых математических теорий и методов, осознанное применение этих знаний и методов для решения широкого круга современных теоретических, прикладных и практических задач на основе моделирования реальных процессов и явлений.

Общекультурные и математические компетенции, востребованные для самореализации индивида в цифровом мире, мы относим к *информационно-математическим компетенциям (ИМ-компетенциям)*. Обладание этими компетенциями, осознанную способность их использования в цифровой реальности мы определяем как ИМ-компетентность.

Избранные ИМ-компетенции каждого целевого подблока представлены в табл. 1.

Выделены пять уровней сформированности ИМ-компетентности.

- *Пропедевтический*: владение теоретическими математическими знаниями, умение решать типовые математические задачи, составляющие фундаментальное ядро курса, способность отбора, изучения, систематизации учебной информации;

Таблица 1

Избранные ИМ-компетенции курса

Целевой подблок	Содержание ИМ-компетенций	Обозначение
Общекультурных личностных компетенций	Обретение умения использовать ИТ-средства для дальнейшего самообразования и саморазвития	ОЛ10
	Обретение умений безопасного и целесообразного использования информации при работе с программными продуктами, а также в сети Интернет	ОЛ12
Общекультурных инструментальных компетенций	Умение отбирать и использовать мультимедийные средства наглядности для аргументации, иллюстрации и представления собственных выводов в процессе учебно-познавательной деятельности	ОИ11
	Умение применять изученные понятия, результаты, методы для решения практических задач, а также задач смежных дисциплин с использованием ИТ-средств	ОИ15
Математических общенаучных компетенций	Умение находить, отбирать и оценивать информацию из различных источников, в том числе находящихся в свободном доступе в сети Интернет, необходимую для решения поставленной математической задачи	МО9
	Умение представлять полученную информацию с помощью ИТ-средств в форме, необходимой для решения математической задачи	МО10
Математических специальных компетенций	Формирование представлений о коде как знаковой информационной модели, овладение знаниями и приемами шифрования и дешифрования, способах защиты информации	МС5
	Развитие представлений о графе как структурной модели, овладение математическими знаниями о деревьях, обретение умений использовать теорию графов при решении широкого круга задач	МС9
	Получение опыта использования компьютерного моделирования в процессе осуществления учебно-познавательной деятельности	МС11

умение извлекать необходимую учебную информацию, представленную в различных формах; соблюдение норм этикета, современного законодательства при использовании информации сети Интернет.

- *Начальный*: обладание опытом использования компьютерного моделирования для анализа готовых информационных моделей в процессе решения математических задач, обретение умений безопасного и целесообразного использования информации при работе с программными продуктами и в сети Интернет, развитие критического отношения к предъявляемой информации.
- *Базовый*: способность применения математических знаний как основы компьютерного моделирования для построения, анализа и исследования собственной информационной модели для решения математических задач, умение видеть математическую задачу в контексте проблемной ситуации в других дисциплинах, в практической деятельности, умение осуществлять вычислительный эксперимент для изучения построенных моделей, развитие критического отношения к предъявляемой информации.
- *Оптимальный*: способность осуществлять компьютерное моделирование при решении задач, умение представлять информацию в форме, необходимой для решения математической задачи; умение находить, отбирать и оценивать информацию из различных источников, необходимую для решения поставленной математической задачи; умение отбирать программно-аппаратные средства ЦОС для решения задач.
- *Творческий*: способность осуществлять постановку математической задачи, привлекать различные типы информации для определения направлений решения проблемы; способность отбирать необходимые программные средства для компьютерного моделирования в процессе осуществления учебно-познавательной деятельности; овладение простейшими способами сбора, представления и анализа статистических данных, в том числе с использованием программных средств; умение отбирать и использовать мультимедийные средства наглядности для аргументации, иллюстрации и представления собственных выводов в процессе учебно-познавательной деятельности, умение принимать решение в условиях неполной и избыточной, точной и вероятностной информации, обретение умения использовать средства ЦОС для дальнейшего самообразования и саморазвития.

Содержательный блок представлен программой курса «Математика – основа цифрового мира», тематическим планированием курса в двух вариантах (36 часов и 72 часа в год), теоретическими материалами и системой задач, представленными в разработанном авторами учебном пособии [2].

Принимая во внимание цели курса «Математика – основа цифрового мира», нами были выделены *принципы отбора его математического содержания*:

- опора на фундаментальность математических знаний при построении информационных моделей как основы цифровой реальности;
- использование потенциала информационных технологий для эффективного решения математических задач;

- связь с фундаментальными теоретическими и прикладными проблемами науки и культуры;
- демонстрация применения математических знаний в реальных ситуациях цифрового мира;
- возможность использования практической информации, понятной и значимой для учащихся в силу их личного опыта;
- систематическое использование числовых констант, существующих в природе, численных данных, повсеместно используемых в науке и практике;
- использование задач прикладного характера из разных предметных областей, решение которых опирается на одну и ту же математическую модель.

В программу курса вошли три темы: «Моделирование как метод исследования объектов, процессов и явлений», «Знаковые модели», «Наглядно-знаковые модели». Тематическое планирование курса, рассчитанного на 1 час в неделю, представлено в табл. 2.

Программно-технологический блок (рис. 3) представлен специально организованной ЦОС курса и цифровой метатехнологией формирования ИМ-компетентности школьников.

Под цифровой образовательной средой курса «Математика – основа цифрового мира» мы понимаем системно организованную совокупность программного, технического, учебно-методического обеспечения курса, нацеленную на формирование ИМ-компетентности учащихся и связанную с учителем и учеником как субъектами образовательного процесса. Она состоит из технических средств, программных средств и учебно-методических средств.

К *техническим средствам* обучения относятся: автоматизированное рабочее место учителя, интерактивная панель, планшет учителя, планшет ученика, коммуникационное оборудование.

Программные средства представлены программным обеспечением для разработки учебного контента, системным программным обеспечением и приложениями учебного контента.

В качестве основных платформ для организации ЦОС курса были выбраны МЭШ и образовательная платформа «ЯКласс». МЭШ – облачная интернет-платформа, содержащая образовательные материалы, инструменты для их создания и редактирования, направленная на создание высокотехнологичной образовательной среды города. «ЯКласс» – образовательный интернет-ресурс для организации обучения как в рамках стандартного урока, так и в рамках его дистанционного варианта. В расширенном пакете Я+ имеется возможность создания педагогами собственных курсов. В качестве приложений, кроме материалов этих платформ, выступают и прочие электронные ресурсы, представленные на отдельных носителях и в сети Интернет.

Учебно-методические средства ЦОС курса – организационно-педагогические средства и образовательные ресурсы. В состав организационно-педагогических средств входят рабочая программа курса, тематическое планирование, методические рекомендации, технологические карты занятий, дорожные карты проектов и пр. В образовательные ресурсы объединены печатные ресурсы: рабочая тетрадь, учебное пособие – и электронные:

Таблица 2

**Тематическое планирование курса внеурочной деятельности
«Математика – основа цифрового мира» для школьников 8–9-х классов**

№ занятия	Тема
Тема 1. Моделирование как метод исследования объектов, процессов и явлений	
1	Модели и моделирование. Виды моделей
2	Этапы построения информационной модели. Математическое моделирование
Тема 2. Знаковые модели	
3	<i>Кодирование.</i> Код как знаковая информационная модель
4	Подстановочные шифры
5	Простейшие шифры перестановки
6	Сравнение по модулю m . Свойства сравнений
7	Аффинные криптосистемы. Аффинное преобразование с ключами a и b
8	Линейное преобразование $f(x) = ax \pmod{N}$. Теорема о линейных сравнениях
9	Кодирование. Защита проектов
10	<i>Системы счисления.</i> Позиционная g -ичная система счисления
11	Целые систематические числа. Единственность представления натурального числа в g -ичной системе счисления
12	Арифметические операции с целыми систематическими числами
13	Способы перевода чисел из одной g -ичной системы счисления в другую
14	Систематические дроби. Представление действительных чисел в виде систематических дробей
15	Конечные систематические дроби и рациональные числа
16	Системы счисления. Защита проектов
17	<i>Логические модели.</i> Высказывания. Операции над высказываниями
18	Логические функции высказываний. Построение таблицы истинности
19	Основные законы алгебры высказываний. Тожественные преобразования логических формул
20	Решение логических задач
21	Логические модели. Защита проектов
22	<i>Аналитические модели.</i> Работа с аналитической моделью на примере решения задач на нахождение наибольших и наименьших значений
23	Метод опорных функций при решении задач на «выбор наилучшего»
24	Система линейных неравенств с двумя переменными как аналитическая модель. Графический способ решения системы линейных неравенств с двумя переменными
25	Понятие о задаче линейного программирования. Графический способ решения задач линейного программирования с двумя переменными
26	Решение задач линейного программирования с помощью электронных таблиц
Тема 3. Наглядно-знаковые модели	
27	Граф как структурная модель. Свойства графов, основные операции над графами
28	Деревья
29	Ориентированные графы. Теоремы
30	Плоские графы. Формула Эйлера
31	Графы. Защита проектов
32	Таблицы. Графики. Диаграммы. Понятие о математической статистике. Генеральная совокупность и выборка
33	Статистическое распределение выборки. Статистические таблицы
34	Построение статистических таблиц, графиков, диаграмм с помощью электронных приложений
35	Средние величины статистических рядов. Вычисление средних
36	Математическая статистика. Защита проектов

Рис. 3. Программно-технологический блок МФИМК

контент ресурса «ЯКласс» в виде теории, тестов и проверочных работ, контент МЭШ в виде педагогических сценариев занятий, атомарных объектов, тестов и тестовых заданий, электронных учебных пособий, виртуальных лабораторий, образовательных приложений, а также прочие электронные образовательные ресурсы.

Основными технологиями обучения математике в рамках разработанной модели выбраны технология организации самостоятельной деятельности школьников, технология кейсов, технология организации проектной/исследовательской деятельности школьников. В качестве «над»-технологии предложена *цифровая метатехнология* для формирования ИМ-компетентности школьников на базе многоуровневой веерной системы математических задач, предъявляемых таким образом, чтобы системное использование ЦОС курса являлось необходимым и достаточным условием их решения.

Основываясь на понимании системы задач в работе А. А. Максютин [3], мы определяем *систему задач* как совокупность задач, удовлетворяющую следующим требованиям:

- целостность (наличие горизонтальных и вертикальных интегрирующих предметно-содержательных и дидактических связей);
- возрастание трудности на каждом уровне;
- дидактическая полнота (возможность реализации стимулирующей, обучающей, развивающей, воспитывающей, прагматической, контролирующей, оценочной, прогностической и коммуникационной функций учебных задач);
- предметно-содержательная полнота (относительно требований к нормативным уровням обученности по завершении учебного курса, выраженная в наличии задач разных уровней сложности).

Учитывая выделенные методологические принципы, мы разработали следующие *принципы построения системы задач курса*:

- фундаментализации (глубина и прочность усвоения фундаментальных математических знаний);
- информатизации (необходимость обучения в условиях ИОС; соответствует современному уровню развития информационного общества);
- интегративности (демонстрация междисциплинарных связей математики, информатики и других наук и преемственность в обучении);
- самореализации (развитие и реализация способностей школьников, их самостоятельной мыслительной и творческой деятельности);

- соответствия функциям задач (задача отражает действия, адекватные тем компетенциям, которыми овладевают школьники в процессе обучения);
- соответствия уровням сложности задач (подбор задач, исходя из сложности соответствующего уровня системы).

Мы строим систему задач таким образом, чтобы обеспечивались, с одной стороны, методическая оправданность полного погружения в ЦОС, а с другой – рассмотрение содержания на уровне классических математических методов. При этом выделенная нами дуальность дополняется акцентом на демонстрацию междисциплинарных связей для формирования естественнонаучной картины мира (веерность системы задач), прежде всего, на демонстрацию связей математики и информатики, а также на стимуляцию творческой активности школьников.

В соответствии с обозначенными уровнями формирования ИМ-компетентности мы выделяем следующие пять уровней *многоуровневой веерной системы математических задач* курса «Математика – основа цифрового мира».

1. Пропедевтический: задачи на восприятие и усвоение информации, представленной с помощью программных средств ЦОС курса одним из видов информационных моделей.
2. Начальный: задачи, в которых математическая модель выделена явно, ее представление и анализ производится указанными программными средствами ЦОС курса.
3. Базовый: задачи, в которых математическая модель не выделена явно, ее построение и анализ производится указанными программными средствами ЦОС курса.
4. Оптимальный: задачи, в которых математическая модель не выделена явно, ее построение, анализ и исследование производится самостоятельно выбранными программными средствами ЦОС курса.
5. Творческий: проблемные задачи, постановка которых, построение математической модели и ее исследование, а также представление результатов производится с помощью самостоятельно выбранных программных средств ЦОС курса.

На каждом уровне мы предлагаем рассматривать следующие типы задач.

1. Чисто математические задачи (ММ).
2. Задачи на приложения.
 - 2.1. Задачи с содержанием, связанным с информатикой (МИ).
 - 2.2. Задачи с содержанием, связанным с другими естественнонаучными дисциплинами.
 - 2.2.1. Задачи с физическим содержанием (МЕФ).
 - 2.2.2. Задачи с астрономическим содержанием (МЕА).
 - 2.2.3. Задачи с экономическим содержанием (МЕЭ).
 - 2.2.4. Задачи с химическим содержанием (МЕХ).
 - 2.2.5. Задачи с биологическим содержанием (МЕБ).
 - 2.3. Задачи, связанные с дисциплинами гуманитарного направления.
 - 2.3.1. Задачи, связанные с лингвистикой (МГЛП).
 - 2.3.2. Задачи, связанные с литературоведением (МГЛТ).
 - 2.3.3. Задачи с историческим содержанием (МГИ).
3. Задачи с социально-бытовым содержанием (МБ).

Для каждого описанного уровня сформированности ИМ-компетенности в рамках рассматриваемого курса выделены *особенности применения ЦОС курса при решении задач*.

1. Пропедевтический: использование сети Интернет, указанных приложений учебного контента для предъявления, структуризации, визуализации учебной информации.

2. Начальный: использование указанных приложений учебного контента, специальных приложений для анализа построенной информационной модели.

3. Базовый: использование указанных приложений учебного контента, специальных приложений для построения и исследования информационной модели при решении задач.

4. Оптимальный: использование выбранных приложений учебного контента, специальных приложений для построения и исследования информационной модели при решении задач.

5. Творческий: использование сети Интернет, выбранных приложений учебного контента, специальных приложений в поиске и применении мультимедийной информации для решения математических задач; сбора и анализа статистических данных; программного обеспечения для представления полученных данных.

Для эффективного использования цифровой метатехнологии нами были разработаны соответствующие учебно-методические материалы: календарно-тематическое планирование, технологические карты занятий различных видов и др.

Продemonстрируем возможности использования в процессе обучения математике задач построенной системы (на примере тем «Наглядно-знаковые модели. Графы» и «Аналитические модели»).

Пропедевтический уровень. Возможные варианты формулировок задач: найти информацию в сети Интернет, проанализировать информацию, представленную в текстовом фрагменте, изображении, видео-, аудиофрагменте, в электронном учебном пособии МЭШ; используя информацию, представленную на графике, выявить; воспользовавшись таблицей, узнать; с помощью интерактива МЭШ расставить в правильном порядке и пр.

Задача 1 (ММ1). Используя материалы теоретического блока курса, размещенного на платформе «ЯКласс», выяснить, какое количество ребер необходимо удалить из полного графа с 5 вершинами, чтобы получить подграф, являющийся деревом.

Задача 2 (ММ1, МИ1, МГИ1, МГЛТ1). Прослушайте аудиофрагмент, размещенный в МЭШ, посвященный истории развития теории задач на нахождение наибольших и наименьших величин. Составьте на основе полученной информации граф, отражающий основные вехи теории, привлекая возможности известного вам графического редактора.

Для решения задачи 1 школьникам необходимо найти и проанализировать информацию, представленную в различных формах: лемму о рукопожатиях и теорему о числе ребер дерева на n вершинах. Задача 2 нацелена в том числе на приобретение опыта анализа и использования разнородной мультимедийной информации, перехода из одного вида информационных моделей в другой.

Начальный уровень. Возможные варианты формулировок задач: изобразить в тетради и с помощью планшета; заполнить таблицу в текстовом редакторе; изобразить в графическом редакторе дерево введенных в теме понятий; в текстовом редакторе представить

предложение с помощью логической формулы, найти решение задачи, построив график функции/систему линейных уравнений/неравенств и пр. с помощью виртуальной лаборатории.

Задача 3 (ММ2). Заполнив таблицу предлагаемого теста в МЭШ, постройте матрицы смежности соответствующего графа. Проверьте ответ с помощью электронного ресурса. В тетради постройте графы, изоморфные первоначальному.

Задача 4 (МФ1, МА1, МЭ1, МХ1, МБ1). С помощью интерактива МЭШ расставьте в правильном порядке вершины графа, начиная с вершины А, так, чтобы они образовывали цикл. Подберите объекты, процессы или явления, связанные с естественнонаучными дисциплинами, представленные в электронном ресурсе, моделью которых может служить данный граф.

При решении задач 3 и 4 школьники приобретают специальные математические знания и умения, а также учатся взаимодействовать с тестовыми электронными ресурсами, представленными в табличной форме и в виде интерактива.

Базовый уровень. Возможные формулировки задач: с помощью программы Графоанализатор найдите решение задачи; найдите решение задачи, используя табличный процессор MSExcel; найдите решение задачи, построив диаграмму в среде табличного процессора MSExcel; решите задачу графическим способом и проверьте правильность своего решения, используя возможности виртуальной лаборатории Desmos.

Задача 5 (ММ3). Используя возможности программы Графоанализатор 1.3, решите задачу: туристы договорились совершить путешествие к горному озеру. Первый этап пути можно преодолеть на поезде или автобусе. Второй этап пути – на байдарках, велосипедах или пешком. Третий этап пути – пешком или с помощью канатной дороги. Какие возможные варианты путешествия есть у туристов?

Задача 6 (МЕЭ3). Организация собирается закупить фрукты для завтраков. Согласно диетическим нормативам, ежедневная порция фруктов (на одного человека) должна содержать не менее 3 г витамина С и не менее 2 г витамина А. Имеется возможность закупить абрикосы по цене 50 руб./кг и вишню по цене 80 руб./кг. Содержание витаминов в этих фруктах приведено в табл. 3.

Таблица 3

Содержание витаминов в фруктах, %

Витамины	Абрикосы	Вишня
Витамин А	2	1
Витамин С	1	3

Сколько граммов абрикосов и вишни должна содержать ежедневная порция одного школьника, чтобы удовлетворять диетическим нормативам и при этом стоимость порции была бы наименьшей? Решите задачу графическим способом, используя возможности известной вам виртуальной лаборатории.

Задача 5 позволяет школьникам, кроме приобретения математических знаний, научиться работать с приложениями для визуализации математических объектов. В задаче 6

на этапе построения математической модели учащиеся уясняют экономический смысл задачи, определяют, от чего зависит достижение нужной цели. Составив неравенства, отвечающие условию «ежедневная порция одного человека должна удовлетворять диетическим нормативам», выписывают функцию стоимости одной порции. Далее строится математическая модель, устанавливающая количественные зависимости избранного показателя от условий задачи. Исследование графической интерпретации построенной модели возможно с помощью различных виртуальных лабораторий (например, программы Desmos), позволяющих строить полуплоскости, заданные неравенствами с двумя переменными. С помощью виртуальной лаборатории школьники находят прямую семейства, которая будет иметь одну общую точку с выделенной областью, выясняют значения абсциссы и ординаты этой точки и получают ответ задачи.

Оптимальный уровень. Возможные варианты формулировок задач: проведите компьютерное моделирование и найдите решение задачи; сравните варианты, решив задачу несколькими способами с помощью специальных приложений; найдите свой способ решения, используя возможности специальных приложений, найдите оптимальный способ решения задачи с помощью специальных приложений и пр.

Задача 7 (МИ4, МБ4). На плоскости проведено n прямых, образующих карту. Будем называть две страны соседними, если они имеют общую границу ненулевой длины. Докажите, что полученную карту можно правильно раскрасить двумя красками (то есть так, чтобы никакие две соседние страны не были окрашены в один цвет). Решите задачу аналитически и проверьте свое решение с помощью программных средств.

Задача 8 (МЕЭ4). Фирма выпускает прогулочные и спортивные велосипеды. Ежемесячно сборочный цех способен собрать не более 600 прогулочных и не более 300 спортивных велосипедов. Качество каждого велосипеда проверяется на двух стендах А и В. Каждый прогулочный велосипед проверяется 0,3 часа на стенде А и 0,1 часа – на стенде В, а каждый спортивный велосипед проверяется 0,4 часа на стенде А и 0,3 часа – на стенде В. По технологическим причинам стенд А не может работать более 240 часов в месяц, а стенд В – более 120 часов в месяц. Реализация каждого прогулочного велосипеда приносит фирме доход в 50 рублей, а каждого спортивного – 90 рублей. Сколько прогулочных и сколько спортивных велосипедов должна ежемесячно выпускать фирма, чтобы ее прибыль была наибольшей? Используя возможности различных специальных приложений, решите задачу двумя способами.

Аналитическое решение задачи 7 школьники могут проверить, например, с помощью возможностей графического редактора. Один способ решения задачи 8 – графический – мы уже рассматривали. Для решения этой задачи другим способом можно воспользоваться возможностями табличных процессоров, в частности, приложением MSExcel. В нем оптимизация выполняется с помощью стандартной надстройки «Поиск решения».

Творческий уровень. Возможные варианты формулировок задач: на основе изученного материала с помощью программных средств создайте авторский информационный продукт по истории изучаемого вопроса, придумайте собственные задачи; на основе всестороннего изучения вопроса с помощью доступных информационных ресурсов предложите собственный подход к решению проблемы и пр. [4].

Задача 9 (МГЛИ5). Подготовьте выступление на математической конференции о взаимосвязи теории графов и программных технологий обработки текстовой информации, приведите пример анализа текста в «ручном» и «программном» режиме, сделайте вывод.

В соответствии с *дорожной картой* исследовательской работы школьники анализируют предложенный текст, составляют граф из ключевых понятий текста и их взаимосвязей, находят информацию и изучают возможности программной технологии обработки текстовой информации, применяют полученные знания к решению данной задачи, сопоставляют получившиеся ответы, оформляют полученные результаты. Возможные дополнительные вопросы: проанализируйте свойства полученного графа; посчитайте число вершин, ребер; выясните, является ли граф связным, двудольным, плоским; составьте матрицу смежности. Для цифровой обработки текстовой информации можно, например, воспользоваться персональной системой автоматического анализа текста TextAnalyst 2.0.

Диагностический блок (рис. 4) представлен показателями уровня сформированности ИМ-компетентности, то есть уровня достижения соответствующих целей обучения, которые естественным образом увязываются с выделенными общекультурными и математическими компетенциями. Нами отобраны показатели, связанные с ИМ-компетенциями личностного (Л), инструментального (И), общенаучного (О), специального (С) подблоков.

Каждый показатель представлен на различных уровнях его достижения: *критический, допустимый, базовый, высокий*. В качестве форм диагностики выделены:

Рис. 4. Диагностический блок МФИМК

самостоятельная работа, проверочная работа, выполнение и защита проекта, математическая викторина, обобщающая лабораторная работа. Для каждой формы диагностики отобраны рекомендуемые для использования электронные образовательные ресурсы (ЭОР) МЭШ и «ЯКласс». Таким образом, можно судить о цифровой метадиагностике достижений учащихся.

Методика формирования информационно-математической компетентности учащихся 8–9-х классов в рамках внеурочной деятельности с успехом применяется на практике в процессе обучения математике учащихся основной школы в ГБОУ «Школа № 2109» г. Москвы. Фрагментарное использование предлагаемой методики осуществлялось в течение пяти лет на уроках математики и информатики. Курс внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» (36 часов) проводится в этом учебном году для учащихся 8-х классов. Предлагаемая методика и разработанные практические материалы послужили основой для создания и проведения кружка для учащихся 8–9-х классов (72 часа). Анализ использования разработанной методики в учебном процессе школы позволяет судить о ее эффективности и практической значимости. Несомненную заинтересованность в результатах исследования отмечают и другие педагоги школы. Следует отметить и некоторые технические сложности реализации обучения в указанных условиях. Так, существуют определенные проблемы, не позволяющие долго хранить в банке МЭШ уникальный образовательный контент, рассчитанный на применение во внеурочной деятельности. Однако практика эффективного использования электронных материалов и возможности МЭШ и «ЯКласс» постоянно совершенствуются. На наш взгляд, возможности организации использования этих сервисов в условиях дистанционного обучения – один из насущных технических и методических вопросов, требующих скорейшего решения.

Список литературы

1. Хилыук Е. А. Структура целевого блока модели обучения математике основной школы в условиях предметной информационно-образовательной среды // Педагогическая информатика. 2015. № 3. С. 19–26.
2. Деца Е. И., Хилыук Е. А. Вопросы содержания математической подготовки учащихся основной школы в условиях информационно-образовательной среды // Наука и школа. 2014. № 6. С. 98–104.
3. Максютин А. А. Многоуровневая система задач как средство обучения учащихся средней школы алгебре и началам математического анализа: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Саранск, 2007. 19 с.
4. Деца Е. И., Хилыук Е. А. Информационно-образовательная среда при обучении математике в рамках проектно-исследовательской деятельности школьников // Педагогическая информатика. 2015. № 2. С. 9–15.

References

1. Khilyuk E. A. Struktura tselevogo bloka modeli obucheniya matematike osnovnoy shkoly v usloviyakh predmetnoy informatsionno-obrazovatelnoy sredy. *Pedagogicheskaya informatika*. 2015, No. 3, pp. 19–26.

2. Deza E. I., Khilyuk E. A. Voprosy soderzhaniya matematicheskoy podgotovki uchashchikhsya osnovnoy shkoly v usloviyakh informatsionno-obrazovatelnoy sredy. *Nauka i shkola*. 2014, No. 6, pp. 98–104.
3. Maksyutin A. A. Mnogourovnevaya sistema zadach kak sredstvo obucheniya uchashchikhsya sredney shkoly algebre i nachalam matematicheskogo analiza. *Extended abstract of PhD dissertation (Education)*. Saransk, 2007. 19 p.
4. Deza E. I., Khilyuk E. A. Informatsionno-obrazovatel'naya sreda pri obuchenii matematike v ramkakh proektno-issledovatel'skoy deyatel'nosti shkolnikov. *Pedagogicheskaya informatika*. 2015, No. 2, pp. 9–15.

Интернет-журнал
«Проблемы современного образования»
2020, № 5

Статья поступила в редакцию 02.04.2020
The article was received on 02.04.2020