

И. В. Кузнецова

<https://orcid.org/0000-0002-1780-2953>

С. В. Напалков

<https://orcid.org/0000-0001-9861-653X>

Е. И. Смирнов

<https://orcid.org/0000-0002-8780-7186>

М. А. Струк

<https://orcid.org/0000-0002-7864-0695>

С. А. Тихомиров

<https://orcid.org/0000-0002-7409-8464>

Веб-квесты как средство проявления синергии в математическом образовании будущего педагога

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16–18–10304)

Один из эффективных путей решения образовательных проблем – разработка и реализация синергетической парадигмы развития математического образования в школе и вузе на основе создания инновационного комплекса педагогических, информационных и организационных условий. В статье на фоне диагностического определения личностных предпочтений и возможностей обучающихся реально выявляются критерии проявления синергии «проблемных зон» в условиях согласованного сетевого взаимодействия: фиксируется множественность прикладных и нелинейных сторон проблемы как сложного конструкта, представленного в единстве многообразия связей; актуализируются межпредметные связи как основа для выявления точек бифуркации в разворачивании профессионально значимых результатов на основе множественности целеполагания задач и исследовательских действий, непредсказуемости возможных результатов; выявляются эвристические моменты, прикладная и эстетическая красота математических действий на основе наглядного моделирования и использования информационных технологий; исследуется возможность проявления эмерджентности новых связей и выявляются механизмы самоорганизации и логики разворачивания математических конструктов в проявлении сущности явлений и процедур; немаловажную роль играют доступность и воспроизводимость математического материала на основе поэтапного и уровневого наглядного моделирования и выявления математических структур, возможность для обучаемого интериоризировать полученные знания в условиях открытости информационно-образовательной среды (в том числе, сетевого взаимодействия в формате веб-квеста). Рассмотрены основные инструменты самоорганизации знаний студента в вузе при изучении математики: создание информационно-образовательной среды сетевого взаимодействия студентов для организации совместной самостоятельной деятельности в сетевом образовательном сообществе при выполнении межпредметных проектов по математике с их презентацией и получением внешней оценки (в том числе, выполнение веб-квестов по математике); введение в учебный план высших учебных заведений дисциплин «Введение в проектную деятельность», «Проекты» и обязательное их изучение будущими педагогами математики. Приведены примеры и характеристики организации веб-квестов по математике в единой информационно-образовательной среде.

Ключевые слова: математическое образование, синергетика, веб-квесты, информационно-образовательная среда.

I. V. Kuznetsova, S. V. Napalkov, E. I. Smirnov, M. A. Struk, S. A. Tikhomirov

Web-Quests as a Means of Manifestation of Synergy in Mathematical Education of the Future Teacher

One of the effective ways of solving educational problems is the elaboration and the implementation of the synergetic paradigm of the development of mathematical education in the school and university on the basis of creating an innovative set of pedagogical, informational and organizational conditions. In the article, on the background of a diagnostic definition of personal preferences and abilities of students, the criteria for the manifestation of the synergy of «problem zones» in conditions of coordinated network interaction are revealed: the plurality of applied and nonlinear aspects of the problem is fixed as a complex construct represented in

© Кузнецова И. В., Напалков С. В., Смирнов Е. И., Струк М. А., Тихомиров С. А., 2018

the unity of the variety of links; interdisciplinary links are being updated as a basis for identifying bifurcation points in the deployment of professionally significant results based on the multiplicity of goal-setting tasks and research actions, unpredictability of possible outcomes; heuristic moments, applied and aesthetic beauty of mathematical actions are revealed on the basis of visual modeling and using of informational technologies; the possibility of manifestating the emergence of new connections is explored and mechanisms of self-organization and the logic of the deployment of mathematical constructs in the manifestation of the essence of phenomena and procedures are revealed; the important role is played by the availability and reproducibility of mathematical material on the basis of step-by-step and level visual modeling and identification of mathematical structures, the possibility for the learner to interiorize obtained knowledge in the context of the open informational and educational environment (including network interaction in the format of a web-quest). Examples and characteristics of the organization of web-quests on Mathematics in uniform informational and educational environment are given.

Keywords: mathematical education, synergetics, web-quests, informational and educational environment.

Введение. Образовательное пространство России (особенно математическое образование как в школе, так и в вузе) находится в настоящее время в состоянии предтечи «революционной ситуации». Цифровизация объявлена главным трендом российского образования и призвана дать ответы на «взрывное» появление новых компетенций, изменение рынка труда и открытости глобального информационного пространства. Молодые люди современного мира явно стали более нетерпимыми к проявлениям устоявшихся штампов в образовании, отсутствию гибкости в обучающих воздействиях, стали прагматично оценивать складывающиеся обстоятельства жизни, отдавать приоритет выстраиванию личностных предпочтений и перспектив своей будущей жизни и образовательных перспектив. В то же время, интеллектуальные операции мышления (понимание, конкретизация, абстрагирование, обобщение, моделирование, аналогия, ассоциации и т. п.), лежащие в основе формирования универсальных учебных действий обучаемых, по разным объективным и субъективным причинам перестали эффективно развиваться в школьном образовании. И в этом процессе теряется роль математического образования как одного из наиболее эффективных инструментов личностного развития и освоения социального опыта предшествующих поколений, в том числе на фоне грандиозных образцов приложений математики. Этому тезису приведем в обоснование следующие свидетельства, отражающие общее состояние качества математического образования. Немаловажным показателем невысокого качества математического образования в настоящее время является уменьшение порогового значения балла по математике для получения аттестата о среднем образовании, который падал до 20 баллов в 2014 г. и 23 баллов в 2018 г., тогда как минимальный тестовый балл (пороговое значение для поступления в вуз) в 2015–2018 гг. составлял всего 27 баллов. Становится заметным явное падение уровня математической подготовленности

школьников и уровня профессиональных компетенций специалистов в последние годы: так, процент студентов, способных завершить профессиональное обучение (например, в Ярославском государственном педагогическом университете им. К. Д. Ушинского (это один из лучших педагогических университетов России) по математическим и информатическим направлениям, доходит иногда до 15 % от своего набора. В то же время нелинейность в структуре закономерностей развития материи, биологических, социальных и личностных процессов, экспоненциальный рост объема информации, эмерджентность возможностей социальных коммуникаций и доступность информационных сред определяют факторы необходимости изменения образовательных парадигм не только в направлении открытости, информатизации, индивидуализации и социальных взаимодействий, но и в способах, технологиях и процессах освоения математического содержания.

Один из эффективных путей решения образовательных проблем – разработка и реализация синергетической парадигмы развития математического образования в школе и вузе на основе создания инновационного комплекса педагогических, информационных и организационных условий: информационной насыщенности мотивационного поля учения (в том числе, процессы цифровизации школы и вуза), множественности постановки целей и поиска бифуркационных переходов в математической деятельности, флуктуационного разнообразия параметризации и интеграции математических, информационных, естественно-научных и гуманитарных знаний в построении математических результатов в форме аттракторов и бассейнов притяжения нелинейных преобразований на основе математического и компьютерного моделирования (в том числе, применения возможностей использования нейронных сетей и интеллектуальных систем), диалога культур и сетевого взаимодействия на единых информационных платформах исследо-

вательской деятельности с учетом стохастичности процессов и результатов, постановки эксперимента в математике и проявления синергетических эффектов в развитии личности. *Ввиду вышесказанного это становится задачей национального масштаба и национальной безопасности России.*

Ученые – философы, педагоги и психологи (И. Кант, Г. В. Гегель, И. Пригожин, Г. Хакен, В. В. Орлов, А. Н. Подъяков, В. С. Степин, И. С. Утробин, Х. Альвен, Т. С. Васильева и др.) – убедительно показали, что эффективное развитие личности происходит при освоении сложного знания (разных уровней его сложности в зависимости от личностного развития обучающихся, включая инклюзивное образование), создания ситуаций преодоления трудностей в процессе освоения знаний и единой картины мира на основе высокой степени развертывания учебной и профессиональной мотивации обучающихся в единой сети взаимодействий и когерентности. В познании сложного сам процесс познания «становится коммуникацией, петлей между познанием (феноменом, объектом) и познанием этого познания» (Э. Морен). При этом актуализируются возможности решения проблемы самоорганизации и саморазвития личности школьника как субъекта образования в процессе освоения математики на основе уровневого сложного (в том числе, в условиях неопределенности, полифункциональности и множественности постановки целей обучения математике), что диктует необходимость включения в единую целостность мотивационно-ценностных и эмоционально-волевых, исследовательских и метакогнитивных, социальных и личностных стратегий поведения в ходе познавательной деятельности по освоению инновационного математического содержания на основе диалога культур и функционирования единой и эффективной коммуникационной сети (К. Майнцер, Г. Г. Малинецкий, Э. Морен, Г. Хакен и др.). Это создает прецедент поэтапного расширения и углубления опыта личности школьника и студента на основе наличного его состояния, формирования и развития интеллектуальных операций и способностей с опорой на фундирующие механизмы и наглядное моделирование возможностей проявления и коррекции функциональных, операциональных и инструментальных компетенций в освоении математики, становления нового типа сложного мышления. Именно эти направления предоставляют уникальную возможность мотивированного во-

влечения обучающихся в процесс освоения математического содержания в открытой и насыщенной информационно-образовательной среде, прогноза и самоорганизации когнитивной деятельности, оценки и динамики текущего состояния личностных изменений, развития и самоорганизации надситуационной активности и наглядного моделирования в процессе как формального, так и неформального математического образования, развертывания индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся.

Наша концепция предполагает, что обучение математике в школе и вузе должно происходить в информационно насыщенной образовательной среде освоения сложного уровневого знания *в условиях диалога математической, информационной гуманитарной и естественно-научной культур* и интеграции дидактических усилий педагога и ученика в направлении вскрытия сущностей базовых учебных элементов (понятий, теорем, процедур, алгоритмов, идей), выстраивания иерархий сложного знания, методов и средств в когнитивной деятельности, опоры на дидактические правила и закономерности освоения математической деятельности на основе синергетического подхода. Школьник или студент при этом должен *технологически осмыслить серию конкретных проблем или «проблемных зон» математики* на разных уровнях сложности и конкретизации (как и естественно-научных и гуманитарных проблем) как интегративных центров актуальной информации, решаемых комплексом математических и информационных методов и технологий на основе синергетического подхода и сетевой поддержки единой информационно-образовательной среды.

На фоне диагностического определения личностных предпочтений и возможностей обучающихся реально выявляются *критерии проявления синергии «проблемных зон»* в условиях согласованного сетевого взаимодействия: фиксируется множественность прикладных и нелинейных сторон проблемы как сложного конструкта, представленного в единстве многообразия связей; актуализируются межпредметные связи как основа для выявления точек бифуркации в развертывании профессионально значимых результатов на основе множественности целеполагания задач и исследовательских действий, непредсказуемости возможных результатов; выявляются эвристические моменты, прикладная и эстетическая красота математических действий на основе наглядного моделирования и использования информационных

технологий; исследуется возможность проявления эмерджентности новых связей и выявляются механизмы самоорганизации и логики развертывания математических конструктов в проявлении сущности явлений и процедур; немаловажную роль играет доступность и воспроизводимость математического материала на основе поэтапного и урвнего наглядного моделирования и выявления математических структур, возможность для обучаемого интериоризировать полученные знания в условиях открытости информационно-образовательной среды (в том числе, сетевого взаимодействия в формате веб-квеста).

Тем самым выявление и конструирование инновационного содержания и технологий обучения математике в школе и вузе на основе реализации синергетической парадигмы и функционирования единой информационной платформы сетевого взаимодействия (в том числе, ведущих к проявлению разнообразных синергетических эффектов личностного развития) является весомой современной задачей повышения качества обучения математике и ответа на современные «вызовы», сопровождающие образование и воспитание личности.

Методология, методы и результаты. Термин «синергетика» происходит из древнегреческого языка и означает совместное действие или содействии. Впервые этот термин был употреблен английским физиологом Ч. С. Шеррингтоном, который определил синергетическим согласованное взаимодействие нервной системы при управлении мышечными движениями. Принято считать, что немецкий физик Г. Хакен положил начало теории синергетики в 1960-х гг., исследуя явление когерентности поведения атомов в твердом лазере. У истоков синергетики стояли такие ученые, как А. Пуанкаре, Л. И. Мандельштам, И. Пригожин М. Эйген и др. Исследования в области синергетики привели к созданию теории катастроф (В. И. Арнольд, А. Н. Варченко, А. Н. Колмогоров, Р. Том и др.), открытию динамического хаоса (Э. Лоренц, Г. Г. Малинецкий, Р. М. Кроновер, А. В. Потапов, Я. Г. Синай и др.), фрактальной геометрии (Б. Мандельброт, Х. О. Пайтген, В. Н. Осташков, В. С. Секованов, А. Барнслоу), fuzzy-logic (Л. Заде, Т. Тэрано, К. Асаи и др.).

Рассмотрим существующие подходы к определению понятий «синергетика» и «самоорганизация».

Таблица 1

Авторы	Определение понятия «синергетика»	Определение понятия «самоорганизация»
Г. Хакен	«Наука о коллективном поведении, организованном и самоорганизованном, причем поведение это подчинено общим законам» [11]	Процесс упорядочения в открытой системе за счет согласованного взаимодействия множества элементов, ее составляющих [10]
Г. Николис, И. Пригожин	«...Поведение нового типа – диссипативная структура, характеризующая нарушением симметрии, множественными выборами и корреляциями в макроскопических масштабах» [5]	«В таких обычных системах, как слой жидкости или смесь химических продуктов, при определенных условиях могут возникать макроскопические явления самоорганизации в виде ритмически изменяющихся во времени пространственных картин» [5]
Философский словарь	«Междисциплинарное направление научных исследований, ставящее своей основной задачей познание общих закономерностей и принципов, лежащих в основе процессов самоорганизации в системах самой разной природы: физических, химических, биологических, ..., социальных и т. д.» [9]	«Процессы возникновения макроскопически упорядоченных пространственно-временных структур в сложных нелинейных динамических системах, находящихся в состояниях, далеких от равновесия, вблизи особых критических точек (точек бифуркации), в окрестности которых поведение системы становится неустойчивым» [9]
Философия	«Наука о самоорганизации систем» [8]	«Спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее к более сложным и упорядоченным формам организации» [8]
Концепция современного естествознания	«Междисциплинарное направление, изучающее открытые системы в состояниях, далеких от равновесия» [1]	«Процесс взаимодействия элементов, в результате которого происходит возникновение нового порядка или структуры в системе (переход от хаоса к порядку)» [1]
Е. Князева, С. Курдюмов	«Новое междисциплинарное направление научных исследований, в рамках которого изучаются процессы перехода от хаоса к порядку и обратно (процессы самоорганизации и самодезорганизации) в открытых нелинейных средах самой различной природы» [3]	«Процессы спонтанного упорядочивания (перехода от хаоса к порядку), образования и эволюции структур в открытых нелинейных средах» [3]

Многоликим в своих проявлениях синергии является понятие хаоса. Отмечая, что хаос, разрушая, строит, Е. Н. Князева и С. П. Курдюмов определяют данное понятие в философском и физическом смысле: «Хаос в философском смысле – это беспорядок, противоположностью которого является порядок» [3]. «Хаос в физическом смысле ни в коей мере не тождественен беспорядку и не противоположен порядку... Он содержит в себе относительную меру хаотичности и меру упорядоченности» [3]. Таким образом, порядок и беспорядок взаимообусловлены, порождают друг друга и являются источниками самоорганизации открытой нелинейной системы. При этом к основным синергетическим принципам относятся гомеостатичность, неустойчивость, иерархичность, нелинейность, эмерджентность.

Принцип гомеостатичности заключается в поддержании стабильного существования системы, достигаемого за счет отрицательных обратных связей. Поддержание гомеостаза осуществляется через удовлетворение потребностей системы и благодаря деятельности ее элементов. Принцип неустойчивости состоит в обязательном прохождении системы через неустойчивое состояние при переходе от одного положения гомеостаза к другому. Эти состояния неустойчивости и выбора (точки бифуркации) рождения нового качества характеризуют рубеж между старым и новым качеством. Определенную уровневую организацию внутренней структуры системы предполагает принцип иерархичности. В соответствии с ним каждый уровень целостной системы является необходимым условием не только существования, но и развития последующего. Любая сложная система на микроуровне описывается «параметрами состояния», а на макроуровне – «параметрами порядка», которые задают онтологию существования системы, описывая смысл ее поведения и цели-аттракторы. При этом параметры состояния не только формируют параметры порядка, но и управляют ими.

Принцип нелинейности в мировоззренческом аспекте означает: 1) многовариативность путей эволюции; 2) возможность их выбора из определенного спектра альтернатив; 3) необратимость эволюционных процессов; 4) зависимость протекания эволюционных процессов от стадии развития. К важнейшим проявлениям феномена нелинейности отнесем

– непропорциональность результата воздействия на систему интенсивности этого воздействия (эффективны не сильные, а резонансные правильно организованные воздействия в нужное время и в нужном месте);

– процесс на промежуточной стадии может значительно отличаться от процесса на асимптотической стадии;

– порождение квантового эффекта – дискретность спектра путей эволюции в точках бифуркации;

– изменение скорости протекания эволюционных процессов от режима с обострением до затухания.

Принцип эмерджентности (или системный эффект) состоит в появлении у системы при объединении ее элементов в единую целостную систему новых свойств, которыми не обладал ни один из элементов в отдельности. Таким образом, свойство всей системы не сводится к сумме свойств составляющих ее элементов. Перечисленные выше понятия и принципы синергетики рассмотрим в методологическом аспекте применительно к системе математического образования в высшей школе.

Профессиональная особенность современного выпускника вуза состоит в том, что в настоящее время его деятельность приобретает опережающий, проектный характер и, как следствие, ключевым требованием к его профессиональным качествам становится овладение способами организации совместной деятельности [16], самоорганизации и самообразования в образовательной информационной среде, то есть появляется возможность проявления синергетических эффектов. Это означает, что синергетический подход является одним из структурообразующих способов организации современного математического образования.

Синергетический подход – совокупность принципов, на основе которых объекты системы рассматриваются как самоорганизующиеся конструкты; происходит изучение открытых систем, которые обмениваются энергией и веществом с внешним миром. В условиях информационного общества данный подход является общенаучным методом исследования систем любой природы, в том числе и социальной, в частности, системы образования.

Отдельные аспекты синергетического подхода в образовании представлены в работах В. А. Игнатовой, Е. Н. Князевой, С. П. Курдюмова, Г. Г. Малинецкого и др. Принято выделять три важнейшие составляющие использования идей синергетики в образовании:

– в проектировании содержания дисциплины в качестве учебного материала с целью формирования синергетических знаний и умений;

– в моделировании и прогнозировании развития социальных взаимодействий в образовательной системе;

– в управлении интеллектуальными операциями и развитием личностных качеств индивидуума в образовательном процессе.

Остановимся более подробно на первом аспекте использования синергетики в математическом образовании.

Система образования может быть объектом синергетики, так как является открытой (открытость и постоянство процесса обмена информацией, знаниями между подсистемами и окружающей средой), неравновесной (существование зависимости характеристики процесса от времени и пространства) и нелинейной (нелинейная передача знаний; неоднозначность и неопределенность динамики протекания в ней педагогических процессов; изменение содержания образования, методов и форм обучения; спонтанные устремления обучаемого, возникновение ситуаций неопределенности). Процессы, происходящие в трансформации содержания математического образования в контексте синергетического подхода, можно описать появлением и актуализацией следующих терминов синергетики: самоорганизация, флуктуация, бифуркация, аттрактор, хаос, нелинейность. Последние могут соотноситься с базовыми понятиями традиционной педагогики и содержанием математического образования, раскрывая глубину существенных связей данных категорий и их педагогическую интерпретацию на предметном материале.

Для студента вуза самоорганизация означает, прежде всего, готовность и способность реализовать свой личностный потенциал при решении учебных и профессиональных задач; самостоятельно приобретать и систематизировать полученные знания; осуществлять рефлекссию собственной деятельности, как правило, в совместной деятельности в единой информационно-образовательной среде. При этом источником энергии, процесса самоорганизации является функционирование совокупного интеллекта, взаимодействие и коммуникация индивидуумов, что расширяет горизонты человеческого сознания. Как справедливо отмечает В. А. Игнатова, синергетика позволяет наметить некоторые общие подходы к интерпретации знаний из разных предметных областей, выявить общие основания для их объединения и может послужить основой для интеграции естественно-научного и гуманитарного знаний [2].

Именно синтез гуманитарных и естественных наук, возврат к изначально единой культуре че-

ловека, по мнению А. А. Колесникова и В. Б. Яковлева, и есть «тот путь к новому пониманию природы, человека, техники и общества как к единому эволюционному процессу, который должен быть сформирован у будущего выпускника университета» [4]. Основой для интеграции информационного, естественно-научного и гуманитарного знания является математика. Современная концепция естествознания определяет математику как науку, которая изучает формальные отношения реальной действительности, структуру объективного мира, отображаемую и моделируемую в общенаучных категориях количества, меры и формы. Важным интегрирующим конструктом, проникающим во всю математику и составляющим стержневую основу, вокруг которой группируются разнопредметные знания, является понятие математической структуры, понимаемой как множество с заданными на нем операциями и отношениями.

В работах Г. Кантора, Г. Фреге, а затем в дальнейшем в знаменитой концептуальной статье группы ученых, работавших под псевдонимом Н. Бурбаки, «Архитектура математики» установлено, что «структуры являются орудиями математики», и только через них можно в определенной степени систематизировать математику, дать общее представление о ней. Изучение математических структур (МС) подводит обучающихся к видению универсального единения математики, позволяет наглядно показать им единство в многообразии. Язык математических структур и схем, доминирующих в математическом моделировании, дискретной математике и теории вычислительных процессов, лежит в основе использования широких возможностей Web-технологий при поиске, обработке, анализе и использовании математической информации в интернете и играет важную роль в овладении студентами математическим тезаурусом, методами структуризации и представления информации. С точки зрения синергетики, математические структуры выступают фактором развертывания математического содержания, позволяющим отобрать базовые теоретические знания из различных математических дисциплин, являются средствами формирующего воздействия и закладывают предпосылки дальнейшего развития математического образования студентов.

Особенности МС как аттракторов развертывания математических знаний состоят в следующем:

– пропедевтичность и преемственность (МС являются сквозной, интегративной и базисной тематикой в системе математических дисциплин,

содержание которой является источником интеграции, дифференциации и отбора математических знаний и формирования у него научного мировоззрения, понимания сущности практической направленности обучения математике, умения устанавливать в обучении внутри- и межпредметные связи);

- фундаментальность основных понятий общенаучного характера, подлежащих усвоению и определяющих целостность и направленность математических дисциплин;

- возможность реализации прикладной направленности, иерархического развертывания базовых сущностей математических структур, их междисциплинарный характер;

- наличие в школьном курсе математики возможностей актуализации математических структур (в том числе, в содержании элективных курсов для школьников) и конструирования в вузовском курсе математики поэтапного развертывания их обобщающих иерархий;

- возможность использования языка МС и схем как основы при поиске, обработке и анализе информации в процессе реализации этапов математического моделирования с использованием компьютера и вычислительных процессов.

Решение любой математической задачи, относящейся к математическим структурам, требует целеустремленности, настойчивости и определенных волевых усилий. В результате у студентов формируются умения обнаруживать структурное сходство внешне различных множеств предметов и отношений, осмысливать математику, использовать предметные знания; воспитываются ценнейшие качества современного человека – самостоятельность и решительность в действиях, умение учиться и совершенствоваться.

Школьные знания о натуральных, целых, рациональных и действительных числах; об арифметических операциях на числовых множествах, отношении делимости; операциях над многочленами; об операциях над векторами; о математических понятиях: упорядоченного множества, окрестности, предела, непрерывности, производной и т. д. являются базовыми понятиями для теоретического обобщения МС. Так как в содержание школьного курса математики МС входят в неявном виде, то на этапе вузовского обучения студенты осуществляют переход от неявной формы их существования к явной с последующей объективизацией на основе концепции Е. И. Смирнова наглядно-модельного обучения математике [6]. Из данной концепции вытекает, что современными математическими теориями

студентам следует овладевать не сразу, а изучив вначале важнейшие конкретные математические объекты (наглядные модели), которые более наглядны и конструктивны, более доступны для восприятия, чем их абстракции. Наглядные модели возбуждают интуицию, способны предвосхитить общий результат и даже его доказательство. Они на первых этапах обучения могут выступать заменителями абстракций, по крайней мере на уровне правдоподобных рассуждений, ведущих к пониманию сущности объекта, явления или процесса.

Наглядные модели должны отражать более или менее полно всю совокупность существенных свойств данной абстракции. Такими наглядными моделями при изучении МС в вузе могут служить а) арифметическое векторное пространство R^n в теории векторных пространств над R , причем особенно важны координатная плоскость R^2 и пространство R^3 ; б) группа подстановок S_n и преобразований бесконечных множеств в теории групп; в) аддитивные и мультипликативные группы классов вычетов целых чисел; г) группы матриц; д) булеан в теории булевых алгебр.

Как правило, такие модели фигурируют в теоремах представления основных абстрактных математических объектов. Так, любое n -мерное векторное пространство над R изоморфно R^n (теорема о строении конечномерных векторных пространств). Всякая группа изоморфна некоторой подгруппе группы всех преобразований ее множества-носителя (обобщенная теорема Кэли). А произвольная булева алгебра изоморфна подалгебре соответствующего булеана (теорема М. Стоуна). Именно МС являются тем учебным материалом в математическом образовании студентов, который предоставляет безграничные возможности для саморазвития и самоорганизации будущего выпускника. В точках бифуркации можно сколь угодно слабыми воздействиями повлиять на выбор поведения системы, привести систему из одного состояния в другое.

В педагогической системе к таким воздействиям можно отнести организацию следующих видов деятельности обучаемого при изучении математики, в частности МС: проектную деятельность, решение цепочек практико-ориентированных математических задач, выполнение веб-квестов; участие в научных семинарах и конференциях по направлениям подготовки студентов, подготовку публикаций по результатам проведенных исследований (Табл. 2).

Таблица 2

Идеи синергетического подхода при обучении математике	Вид математической деятельности	Применяемые средства и технологии	Формируемые умения и навыки у обучающихся
Овладение способами пополнения знаний и быстрой ориентации в разветвленной системе знаний	выполнение учебных сетевых междисциплинарных проектов по математике; выполнение исследовательского веб-квеста по математике	Технологии Web 2.0, в частности, сайт сетевого образовательного сообщества	самостоятельно и осознанно ставить цели; структурировать и представлять информацию; планировать собственную деятельность; организовывать и управлять своей деятельностью; организовывать контроль и самоконтроль; участвовать в публичной защите с презентацией собственной деятельности
	коллективная разработка глоссария основных математических понятий		умение ориентироваться в потоке научной информации; перерабатывать математическую информацию; планировать взаимодействие участников
	создание коллективного учебного материала по математике на основе плана лекции и его фрагмента		выявления, опредмечивания, обобщения и осознанного использования математических знаний в учебно-познавательной деятельности
Определение структуры объекта, всех его элементов и соотношений между ними	установление связи между различными математическими понятиями	Базы данных	целенаправленно извлекать и генерировать субъективно новые знания
Порождение знаний самим обучающимся	решение цепочки междисциплинарных практико-ориентированных и конструктивных задач (придумать, составить и др.) по математике; выполнение исследовательского веб-квеста по математике	Практико-ориентированные задачи, веб-квесты	моделировать деятельность по достижению поставленных целей; осуществлять самопроверку и самоконтроль
Самостоятельный перенос знаний и умений в новую ситуацию	кодирование учебного материала с помощью опорных сигналов	Опорные сигналы и контексты	структуризации и представления информации
Осуществление открытого диалога участников образовательного процесса, формирование нелинейной прямой и обратной связи	обмен математической информацией, ведение математической дискуссии, взаимодействие в сетевой социальной среде	Технологии Web 2.0, в частности, сайт сетевого образовательного сообщества	передавать математические факты; вести вербальный обмен информацией; осуществлять коллективную деятельность

Осмысление и переосмысление содержания математического знания, соотнесение его сущности с актуальными значениями, установление причинно-следственных и интуитивных связей; создание условий, при которых становятся возможными процессы порождения знаний самим обучающимся, позволяют говорить о значимой роли синергетического подхода в математическом образовании.

Синергетика может быть использована при изучении таких сложных, нелинейных систем, как сетевое образовательное сообщество, основной механизм формирования которых – самоорганизация. Под сетевым образовательным сообществом будем понимать сообщество динамического межсубъектного взаимодействия преподавателя и студента, студента и студента, направленное на личностное и профессиональное раз-

витие обучающихся в процессе математической деятельности. В рамках взаимодействия участников сетевого образовательного пространства как раз и наблюдаются эффекты, изучаемые синергетикой. Сетевое образовательное сообщество является объектом синергетики, поскольку обладает такими характеристиками, как открытость и возможность предоставлять доступ всех обучающихся к общим информационным ресурсам; возможность осуществлять продуктивную совместную деятельность студентов посредством распределения и постоянного обмена информационными ресурсами; обеспечивать новый уровень взаимодействия субъектов образовательного процесса (горизонтальный); осуществлять формирование персонализированной позиции обучающихся.

Понятие группы, с которым студенты впервые сталкиваются при изучении математических структур, является элементом, создающим хаос в структуре знаний студентов по математике. Во время процесса обучения студентов МС в сетевом образовательном сообществе на основе дивергентности и открытости коммуникаций появляются новые цели, методы и средства математической подготовки, меняется содержание образовательных конструктов на базе актуализации МС, возникает нелинейность как образовательного процесса, так и педагогического результата. Увеличивающаяся насыщенность образовательного информационного пространства в сетевом взаимодействии студентов и его синергия выводят систему коммуникаций из устойчивого равновесия, возникают ситуации неопределенности, проблемные ситуации. При этом ситуативные проявления аттрактора наблюдаются в виде наличия относительно устойчивых возможных состояний сетевого взаимодействия при актуализации процессов проявления единства во множественных суждениях о сущности математических проблем, тогда как бифуркация присутствует в критический момент неопределенности будущего развития личности обучаемого или преподавателя, когда появляются альтернативные развилки веера возможностей.

Рассмотрим основные инструменты самоорганизации знаний студента в вузе при изучении математики:

- создание информационно-образовательной среды сетевого взаимодействия студентов для организации совместной самостоятельной деятельности обучающихся в сетевом образовательном сообществе при выполнении межпредметных проектов по математике с их презентацией и

получением внешней оценки (в том числе, выполнение веб-квестов по математике);

- введение в учебный план высших учебных заведений дисциплин «Введение в проектную деятельность», «Проекты» и обязательное их изучение будущими педагогами математики.

Рассмотрим более подробно проектирование информационно-образовательной среды сетевого взаимодействия студентов для организации совместной самостоятельной деятельности обучающихся в сетевом образовательном сообществе. Проектирование информационно-образовательной среды сетевого взаимодействия студентов осуществлялось на основе технологии Wiki: это веб-сайт, пользователи которого не связаны между собой ни пространством, ни временем, но имеют возможность сообщать изменять его структуру и содержимое, используя инструменты, предоставляемые самим сайтом. Эта особенность Wiki является отправным моментом для его использования в педагогических целях при обучении в сотрудничестве. В настоящее время уже существует практика коллективного создания разнообразных творческих работ и энциклопедий, учебно-методических материалов преподавателями, виртуальных экскурсий – школьниками и студентами и др. Возможности использования Wiki многообразны, однако наибольший эффект от их использования достигается в самостоятельной работе студентов в качестве средства создания учебных проектов. В учебном процессе Wiki можно использовать как базу данных или базу знаний по определенной тематике; сайт для публикации индивидуальных или коллективных статей с возможностью внесения корректировок; способ представления, расширения и аннотирования учебных материалов; инструмент для создания и поддержки учебного сетевого проекта.

Учебный сетевой проект – это форма организации совместной учебной деятельности студента и преподавателя в интернете, совокупность действий в определенной последовательности, направленных на достижение поставленной цели – самостоятельного решения конкретной проблемы (задачи), значимой для обучающихся и оформленной в виде конечного продукта. Тематика проектов может быть весьма разнообразной, но дает возможность организации насыщенной информационно-образовательной среды, в том числе, сетевого взаимодействия.

Выделим следующие *этапы* работы с учебными сетевыми проектами по МС [7]:

- *организационно-подготовительный*: выбор темы учебного сетевого проекта, постановка его целей и задач, обсуждение возможных источни-

ков получения информации; актуализация следов усвоенных и антиципации будущих математических знаний в проектировании учебной сетевой деятельности: практико-ориентированные уровни освоения базовых учебных элементов МС; историогенез и персоналии на основе выбранной тематики; исторические задачи, приводящие к учебным элементам; сбор и разнообразие методов и форм представления информации, математический анализ данных;

– *содержательно-технологический*: самостоятельная работа студентов в соответствии с поставленными задачами, обсуждение промежуточных результатов проекта с партнерами по проекту; сбор требуемых данных, наглядное моделирование, перенос знаний, выдвижение гипотез и их проверка, рефлексия; творческая и поисковая активность в решении задач: формализация различных уровней моделирования (математического, естественно-научного, информационного); наглядно-графические ассоциации, наглядность преемственности; конструирование наглядных моделей, самоконтроль и взаимопроверка авторского (студенческого) решения, оценка уровня усвоения; выявление аналогий, закономерностей, ассоциаций, исследуемых явлений, процессов и фактов в динамике; актуализация множественности решений на основе однозначности данных; прогноз результатов;

– *оценочно-коррекционный*: формирование и развитие *интегративных конструктов интеллектуальных операций* (планирование, моделирование, прогнозирование, понимание, принятие решения) как механизмов развития на основе развертывания фундирующих процедур практико-ориентированного и диалогового характера, направленных на решение конкретных задач в результате ресурсного взаимодействия и повышения ответственности, самостоятельности за принимаемые решения при переходе от размышлений к действиям; поиск, алгоритм и принятие решения, инсайт, фиксация и верификация алгоритмов и процедур, презентация результатов, защита учебного проекта, коллективное обсуждение, подведение итогов;

– *обобщающе-преобразующий*: на заключительном этапе преподаватель обобщает знания студентов о математических структурах, являющихся важным интегрирующим конструктом, проникающим во всю математику и являющихся отражением существующих реальных объектов, природа которых не имеет особого значения, существенны только устанавливаемые отношения между ними.

Специфика учебной деятельности в сетевом образовательном сообществе состоит в том, что актуализация личностного опыта студентов, интерактивное взаимодействие обучаемых и обучаемого получают возможность расширения содержания и методов профессионально-направленного освоения математики с помощью веб-технологий и свободного общения [13] с другими участниками образовательного процесса. Обучение в онлайн-среде предоставляет больше возможностей, по сравнению со стандартным синхронным образованием [12], поскольку пространство и время в ней не имеют значения [14]. Веб-технологии играют ведущую роль в формировании информационной среды математической науки (информация и знания, являющиеся наполнением баз данных; распределенная обработка информации; распространение научной информации) и математической культуры (поисковые системы, электронные библиотеки, материалы конференций и семинаров, сетевые математические сообщества, веб-сервисы автоматизации различных исследований и др.).

Идея нелинейности в математическом образовании может быть эксплицирована посредством выполнения веб-квестов по математике. Технология веб-квест была разработана в 1995 г. профессорами Университета Сан-Диего (США) Берни Доджем и Томом Марчем. Под веб-квестом будем понимать проблемное задание, не имеющее однозначной трактовки, для выполнения которого необходимо получение и обработка студентом информации и ее интерпретация на основе использования информационных ресурсов интернета. Основная цель веб-квестов – разрешение студентами проблемной ситуации. Среди видов веб-квестов выделим исследовательские, которые позволяют осуществлять углубление полученных студентами знаний по математике. Они могут охватывать содержание какой-либо одной учебной проблемы, носящей узкий характер, или, напротив, задействовать знания из различных областей (например, из физики, химии, биологии).

Оформление веб-квеста включает следующие компоненты:

– Главная веб-страница – название квеста, дисциплина (например, веб-квест по теме «Симметрия и ее приложения» по дисциплине «Алгебра и геометрия»).

– Введение – краткое описание основной проблемы квеста с указанием актуальности и степени ее разработанности.

– Проблемные задания – перечень заданий, направленных на решение поставленной проблемы.

– Порядок работы и необходимые ресурсы – список методических и информационных инструментов, рекомендованных для выполнения веб-квеста.

– Оценка – критерии оценки работы и выступлений студентов.

Пример 1. При выполнении веб-квеста по теме «Симметрия и ее приложения» для студентов проблемными заданиями будут следующие:

В число основных групп симметрий кристалла алмаза входят группы симметрий:

а) додекаэдра; б) тетраэдра; в) куба или октаэдра; г) икосаэдра.

В символике Шенфлиса к кристаллографическим относятся группы

а) C_1 , C_2 и C_3 ; б) C_1 , C_2 , C_3 и C_4 ; в) C_1 , C_2 , C_3 , C_4 и C_6 ; г) C_1 , C_2 , C_3 и C_6 .

В физике группа симметрий объекта предстает как группа преобразований его координат, оставляющих неизменными

а) начало координат; б) две из трех осей координат; в) одну из трех осей координат; г) **структурные свойства объекта.**

У биологических объектов встречаются следующие типы симметрии:

Таблица 3

Тип симметрии	Определение	Примеры биологических объектов
Сферическая симметрия	Симметричность относительно вращений в трехмерном пространстве на произвольные углы	Радиолярии, солнечники
Аксиальная симметрия (радиальная симметрия, симметрия вращения неопределенного порядка)	Симметричность относительно поворотов на произвольный угол вокруг какой-либо оси	Иглокожие, кишечнополосные, медузы
Симметрия вращения n-го порядка	Симметричность относительно поворотов на угол $360^\circ/n$ вокруг какой-либо оси	Поворотная симметрия 5-го порядка (морская звезда, панцирь морского ежа)
Двусторонняя (билатеральная) симметрия	Симметричность относительно плоскости симметрии (симметрия зеркального отражения)	Человек, насекомые, птицы, рыбы, млекопитающие
Трансляционная симметрия	Симметричность относительно сдвигов пространства в каком-либо направлении на некоторое расстояние	Кольчатые черви

Заполните третью колонку таблицы. (Жирным шрифтом в заданиях примера 1 выделены правильные ответы).

Развитие студентов, приобретение ими новых знаний совершается через случайность выбора пути в точке бифуркации.

Заключение. Выполняя задание веб-квеста в условиях неопределенности, студент самостоятельно анализирует возможные варианты решения поставленной проблемы, руководствуясь имеющимися у него информационными ресурсами, определяет некий аттрактор, по которому осуществляет дальнейшее движение в условиях эмерджентности. При этом отсутствуют такие характерные для классического управления аспекты, как непосредственный контроль выполнения, четкие рамки указаний решения проблемных заданий. Благодаря применению синергетического подхода при выполнении веб-квестов по математике осуществляется переход от естественно-научных дисциплин к синергетическому осмыслению социальных реалий, когнитивной и творческой деятельности обучающихся, к синергетике математического образования.

Таким образом, при обучении математике в вузе на основе синергетического подхода студент, становясь активным участником сетевого образовательного сообщества, учится понимать это профессионально-ориентированное пространство и использовать его потенциал для решения профессиональных задач в эпоху сетевого общества.

Библиографический список

1. Гусейханов, М. К. Концепция современного естествознания: учебник и практикум [Текст] / М. К. Гусейханов – М. : Юрайт, 2011. – 598 с.
2. Игнатова, В. А. Педагогические аспекты синергетики [Текст] / В. А. Игнатова // Педагогика. – 2001. – № 8. – С. 26–31.
3. Князева, Е. Н., Курдюмов, С. П. Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции [Текст] / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М. : Ком-книга, 2007. – 272 с.
4. Колесников, А. А., Яковлев, В. Б. Кибернетика – информатика – синергетика как системообразующая концепция современного высшего образования [Текст] / А. А. Колесников, В. Б. Яковлев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2001. – № 5 (23). – С. 28–43.

5. Николис, Г., Пригожин, И. Познание сложного [Текст] / Г. Николис, И. Пригожин – М. : УРСС, 2003. – 342 с.
6. Смирнов, Е. И. Технология наглядно-модельного обучения математике [Текст] / Е. И. Смирнов. – Ярославль, 1998. – 335 с.
7. Смирнов, Е. И., Богун, В. В. Уваров, А. Д. Синергия математического образования педагога: Введение в анализ [Текст] : монография / Е. И. Смирнов, В. В. Богун, А. Д. Уваров. – Ярославль : Канцлер, 2016. – 310 с.
8. Философия: учебник [Текст] / В. Н. Лавриненко, Г. И. Иконникова, В. П. Ратников, В. В. Юдин; под ред. В. Н. Лавриненко – М. : ИД «Юрайт», 2013. – 575 с.
9. Философский словарь [Текст] / под ред. И. Т. Фролова – М. : Республика, 2001. – 719 с.
10. Хакен, Г. Синергетика [Текст] / Г. Хакен. – М. : Мир, 1980. – 404 с.
11. Хакен, Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии [Текст] / Г. Хакен. – М. : Изhevsk: Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
12. Broadbent, J., Poon, W. L. Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review // The Internet and Higher Education, 2015, Vol. 27, pp. 1–13.
13. Dabbagh, N., Kitsantas, A. Personal learning environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning // The Internet and Higher Education, 2012. Vol. 15, Issue 1, pp. 3–8.
14. Ku, D., Chang, C. The effect of academic discipline and gender difference on Taiwanese college students' learning styles and strategies in web-based learning environments // Turkish Online Journal of Educational Technology. – 2011. – Vol. 10. – № 3. – pp. 265–272.
15. Scardamalia, M., Bereiter, C. Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (Ed.), Cambridge handbook of the learning sciences, New York: Cambridge University Press, 2006, pp. 97–118.
16. Voogt, J., Roblin, N. P. A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies // Journal of Curriculum Studies, 2012, Vol. 44. № 3, pp. 299–321.
- tion [Текст] / Е. Н. Кнызева, С. П. Курдюмов. – М. : Комкнига, 2007. – 272 с.
4. Kolesnikov, A. A., YAKovlev, V. B. Kibernetika – informatika – sinergetika kak sistemoobrazuyushchaya koncepciya sovremennogo vysshego obrazovaniya = Cybernetics – informatics – synergetics as the backbone concept of modern higher education [Текст] / A. A. Kolesnikov, V. B. YAKovlev // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. – 2001. – № 5 (23). – S. 28–43.
5. Nikolis, G., Prigozhin, I. Poznanie slozhnogo = Knowledge of difficult [Текст] / G. Nikolis, I. Prigozhin – М. : URSS, 2003. – 342 с.
6. Smirnov, E. I. Tekhnologiya naglyadno-model'nogo obucheniya matematike = Technology of evident and model training in mathematics [Текст] / E. I. Smirnov. – YAroslavl', 1998. – 335 с.
7. Smirnov, E. I., Bogun, V. V. Uvarov, A. D. Sinergiya matematicheskogo obrazovaniya pedagoga: Vvedenie v analiz = Synergy of mathematical education of the teacher: Introduction to the analysis [Текст] : monografiya / E. I. Smirnov, V. V. Bogun, A. D. Uvarov. – YAroslavl' : Kancler, 2016. – 310 с.
8. Filosofiya = Philosophy [Текст] : uchebnik / V. N. Lavrinenko, G. I. Ikonnikova, V. P. Ratnikov, V. V. Yudin : pod red. V. N. Lavrinenko. – М. : ID «YUrajt», 2013. – 575 с.
9. Filosofskij slovar' = Philosophical dictionary [Текст] / pod red. I. T. Frolova. – М. : Respublika, 2001. – 719 с.
10. Haken, G. Sinergetika = Synergetics [Текст] / G. Haken. – М. : Mir, 1980. – 404 с.
11. Haken, G. Tajny prirody. Sinergetika: uchenie o vzaimodejstvii = Mysteries of the nature. Synergetics: the doctrine about interaction [Текст] / G. Haken. – М. : Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovanij, 2003. – 320 с.
12. Broadbent, J., Poon, W. L. Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review // The Internet and Higher Education, 2015, Vol. 27, pp. 1–13.
13. Dabbagh, N., Kitsantas, A. Personal learning environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning // The Internet and Higher Education, 2012. Vol. 15, Issue 1, pp. 3–8.
14. Ku, D., Chang, C. The effect of academic discipline and gender difference on Taiwanese college students' learning styles and strategies in web-based learning environments // Turkish Online Journal of Educational Technology. – 2011. – Vol. 10. – № 3. – pp. 265–272.
15. Scardamalia, M., Bereiter, C. Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (Ed.), Cambridge handbook of the learning sciences, New York: Cambridge University Press, 2006, pp. 97–118.
16. Voogt, J., Roblin, N. P. A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies // Journal of Curriculum Studies, 2012, Vol. 44. № 3, pp. 299–321.

Reference List

1. Gusejhanov, M. K. Koncepciya sovremennogo estestvoznaniya: uchebnik i praktikum = Concept of modern natural sciences: textbook and practical work [Текст] / М. К. Gusejhanov – М. : YUrajt, 2011. – 598 с.
2. Ignatova, V. A. Pedagogicheskie aspekty sinergetiki = Pedagogical aspects of synergetics [Текст] / V. A. Ignatova // Pedagogika. – 2001. – № 8. – S. 26–31.
3. Knyazeva, E. N., Kurdyumov, S. P. Sinergetika: Nelinejnost' vremeni i landshafty koehvolyuicii = Synergetics: Nonlinearity of time and landscapes of coevolu-