

УДК: 371.3

Начальные этапы формирования системного мышления у школьников

© 2025 г. Е. Г. Врублевская¹, С. В. Генисаретская², А. А. Соловьев²

¹ Смоленский государственный университет, Смоленск, 214000, Россия

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, 115409, Россия

Процессы, происходящие сегодня в обществе, науке, на высокотехнологических производствах, в промышленности можно охарактеризовать как сложные системы. Для решения все усложняющихся проблем нужны новые кадры с системным мышлением. Одним из ключевых вопросов современной педагогики является поиск инструментов для развития системного мышления. При этом ключевым моментом обучения системному мышлению должно стать формирование такого мышления, когда целеполагание, ответственность за результат и за последствия тех или иных решений естественным образом формировались бы в процессе обучения. В школе и вузе такими инструментами могут быть отдельные курсы, проектные формы обучения и т.п., направленные на развитие у учащихся системного мышления, тяги к знаниям, ответственности за принимаемые решения. В статье описывается экспериментальный интерактивный курс по решению кейс-ориентированных задач, разработанный и реализованный в НИЯУ МИФИ. Курс был разработан для школьников старших классов лицея-предуниверситария НИЯУ МИФИ. Особенность курса – его интерактивный характер: преподаватель выступает в роли модератора, взаимодействуя с учениками и организуя их взаимодействие между собой. Данный методологический подход не только формирует системное мышление как таковое, но и развивает навык самостоятельного поиска, способствует вовлеченности в учебный процесс, повышает мотивацию к обучению.

Ключевые слова: мышление, системное мышление, кейсы, кейс-ориентированные задачи, проектные формы обучения, НИЯУ МИФИ, предуниверситарий НИЯУ МИФИ.

Введение

Процессы, происходящие сегодня в обществе, в первую очередь в науке, на высокотехнологических производствах, в промышленности, можно охарактеризовать как сложные системы. В.С. Степин в книге «Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различения» [1] обозначил их как сложные саморазвивающиеся системы, в которых каждый последующий уровень перестраивает предыдущие, формируя новые подсистемы. В.С. Степин утверждает, что освоение такого рода сложных систем определяет технологическое развитие, которое в нынешних политических условиях является актуальной задачей государства.

Для решения все усложняющихся проблем нужны кадры. Сегодняшние реалии показывают, что уже недостаточно подготовить специалиста, вооруженного большим объемом знаний. Каждый работник, будь то ученый, инженер, квалифицированный рабочий, должен уметь применять полученные знания с учетом большого количества факторов в их целостности и взаимодействии, т.е. фактически обладать системным мышлением.

Под «системным мышлением» понимается способность учитывать связи между объектами, предметами, явлениями, а также целостно их рассматривать. Наличие системного мышления подразумевает

✉ С.В. Генисаретская: SVGenisaretskaya@mephi.ru

А.А. Соловьев: ASolovev@mephi.ru

Поступила в редакцию: 17.03.2025

После доработки: 10.04.2025

Принята к публикации: 11.04.2025

обладание развитым логическим мышлением и высоким уровнем ответственности за принимаемые решения.

Ключевым моментом обучения системному мышлению должно стать формирование такого мышления, когда целеполагание, ответственность за результат и за последствия тех или иных решений естественным образом формировались бы в процессе обучения.

В качестве примера можно привести Советский атомный проект (САП), решение о реализации которого было принято 28 сентября 1942 г. на государственном уровне. САП был крупномасштабным наукоемким проектом, в котором было задействовано огромное количество физиков-теоретиков, исследователей, инженеров, рабочих разных специальностей. Трудностей было много, иногда работа шла на износ. Тем не менее, все участники проекта демонстрировали не только высокий уровень знаний и умений, о чем говорят полученные результаты, но и высочайший уровень ответственности и понимания важности проекта. Вся система, включая образование, была построена таким образом, что на всех этапах формировались знания и умения, присутствовало четкое понимание целей, их осознание и ответственность за результат.

С точки зрения методологического подхода, задача формирования системного мышления должна реализовываться с самого детства – в детском саду, средней школе, вузе – и продолжаться на протяжении всей жизни. О важности для человека навыка обучения в течение всей жизни говорил еще С.И. Гессен [2], но сейчас он актуален как никогда.

При этом одним из ключевых вопросов современной педагогики является поиск инструментов для развития системного мышления.

В качестве одного из таких инструментов может рассматриваться подготовка специальных курсов, основанных на использовании в учебном процессе специализированных заданий, игровых форм, дидактических приемов, проблемно-поисковых подходов [3], целью которых является развитие познавательной мотивации, повышение уровня активности обучения и любознательности. Например, в детском саду в ходе игр педагогу-воспитателю необходимо прививать ребенку любознательность, тягу к познанию нового, проявлению самостоятельности.

В школе и вузе может оказаться целесообразным введение отдельных курсов, как, например, описанных в [4], проектных форм обучения и т.п., направленных на развитие у учащихся системного мышления, тяги к знаниям, ответственности за принимаемые решения.

В качестве эксперимента в НИЯУ МИФИ был разработан курс для школьников старших классов лицея-предуниверситария НИЯУ МИФИ, опытом реализации которого мы хотим поделиться.

Курс рассчитан на 16 занятий по 90 мин каждое. Оптимальное количество участников – от 15 до 20 человек. Цель курса – развитие системного мышления, творческих способностей, навыков командной работы и способности к непрерывному обучению и самообучению, а также воспитание ответственности за принимаемые решения. Особенность курса – его интерактивный характер: преподаватель выступает в роли модератора, взаимодействуя с учениками и организуя их взаимодействие между собой.

В рамках каждого занятия школьникам предлагается кейс-ориентированная задача, не имеющая очевидного или, в ряде задач, единственно правильного решения. Поиск ответа на задачу требует от обучающегося провести анализ входных данных, сопоставить их друг с другом, каждое решение должно быть аргументированно обосновано.

Ниже дано краткое описание некоторых задач.

Основная часть

Кейс-ориентированная задача 1

Ученикам предлагается инфографическая карточка, содержащая аэрофотоснимок военной базы на Кубе (рис. 1 и 2). Основываясь на этом снимке, начальник аналитического отдела Национального центра интерпретации фотографий США Дино Бругиони в 1962 г. сделал вывод о наличии советских ракет средней дальности Р-12 на Кубе, хотя на самом снимке ракет нет. Ученикам необходимо восстановить логическую цепочку, которая привела начальника аналитического отдела к такому выводу, т.е. эта задача с известным результатом, но с неясным ходом мышления.

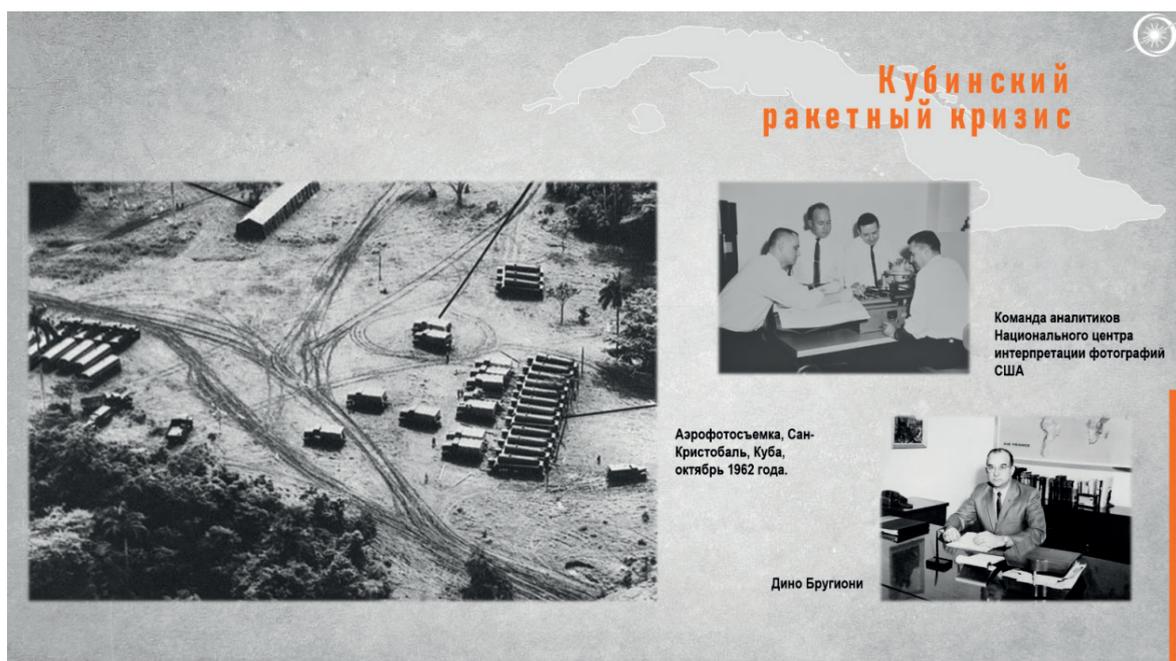


Рис. 1. Первичная инфографическая карточка, формулирующая вопрос «Кубинский ракетный кризис», связанный с обнаружением ракет Р-12 на территории Кубы в 1962 г.



Рис. 2. Вторичная инфографическая карточка, представляющая ответ на вопрос «Кубинский ракетный кризис», связанный с обнаружением ракет Р-12 на территории Кубы в 1962 г.

В ходе решения задачи учащиеся анализируют различные факторы в их взаимодействии, которые могут привести к конечному результату. Например, в ходе анализа снимков они оценивают, что длина грузовика ГАЗ-51, который видно на фотографии, составляет примерно 7 м. Это позволяет им правильно определить радиус разворота около 30 м, следы которого также видно на снимке. Но на начало 60-х гг. XX в. на территории Кубы не было автотранспорта, длина которого превышала бы 7–8 м. Данную информацию необходимо найти в сторонних источниках, или ее предоставляет в устной форме преподаватель. Учитывая, что длина ракеты Р-12 примерно 22 м, а с тягачом у данного «автопоезда» радиус

разворота будет примерно 30 м, можно выстроить логическую цепочку, которой руководствовался Дино Бругиони.

Данная задача возбуждает интерес у школьников к поиску ответа как таковому. А именно с вопроса «Почему это так?» начинается научный поиск.

Кейс-ориентированная задача 2

На рис. 3 представлена инфографическая карточка, на которой учащимся предлагается на основе имеющихся данных сформулировать проблематику и выявить набор факторов, влияющих на конечный результат задачи.



Рис. 3. Инфографическая карточка, включающая два формата информации о возможном объекте исследования

На карточке две независимые ситуации: о дорожных пробках и об интересном инженерном решении.

В левой части изображен полигон, в центре которого находится пушка с закрепленной на ее стволе винтовкой. Возникает вопрос: для чего предназначена такая конструкция? Ответ достаточно простой, но школьники часто дают разные трактовки, редко кто находит правильный ответ.

Дело в том, что эта группа солдат находится на учебном полигоне, о чем свидетельствует свободная, расслабленная атмосфера. Однозначно можно сделать вывод, что на фотографии не запечатлены реальные боевые действия. На начальном этапе обучения вместо боевых снарядов использовалось специальное устройство, в котором ствол пушки был соединен (спарен) со стволом винтовки. Таким образом выстрел производился из «пушки», но фактически стрельба велась трассирующим патроном из винтовки. Это позволяло наблюдать, куда попадает «снаряд». Т.е. исследование, например, может быть сформулировано следующим образом: «Изучение эффективности использования специальных тренировочных устройств, совмещающих пушку и винтовку, для обучения стрельбе и отработки навыков».

В правой части инфографической карточки описана ситуация образования дорожных заторов на некотором заметном расстоянии от их предполагаемого эпицентра. Замедление движения и самая медленная скорость автомобилей наблюдается именно на этом расстоянии. Это интересная задача – когда мы подъезжаем к эпицентру, причина пробки как будто исчезает. В этом случае проблематика может быть сформулирована следующим образом: «Определение причин, обуславливающих возникновение дорожных заторов на определенном удалении от эпицентра их возникновения».

Но формулирование исследования – это начальный этап, далее обучающимся предлагается сформулировать возможный эксперимент, результаты которого позволили бы разрешить проблему. В случае, если формулирование эксперимента на данном этапе представляется затруднительным, обучающимся рекомендуется выявить потенциальные факторы, обуславливающие возникновение той или иной проблемы.

В рамках выполнения задания у обучающихся наблюдается значительный познавательный интерес к разрешению «загадок» соответствующего характера.

Кейс-ориентированная задача 3

Задания на инфографической карточке учат школьников формулировать задачи исследования.

Цели и задачи

Задание №1

Неотъемлемой частью нашей планеты являются растения. В качестве источника для обеспечения жизнедеятельности они используют в том числе энергию солнечного света. Солнечный свет поглощается хлорофиллом (зеленым пигментом), находящимся в листьях. Под воздействием излучения в видимом диапазоне света происходит процесс фотосинтеза – образование углеводов из CO_2 и H_2O . Побочным продуктом реакции является O_2 , необходимый для существования млекопитающих, в том числе и людей. Спектр солнечного излучения имеет достаточно широкий диапазон. Однако для обеспечения жизни растениям необходимы только два диапазона длин волн: 590-720 нм (оранжевый и красный цвет) и 400-470 нм (синий цвет). Для выращивания рассады зачастую используют искусственное освещение, которое имеет постоянный световой спектр и постоянную величину освещенности.

1. Сформулируйте название проекта/исследования.
2. Определите цель проекта/исследования.
3. Сформулируйте задачи, необходимые для достижения цели проекта/исследования.

Задание №2

Кейс 1: Применение лазеров в археологии

Археологи часто используют лазерные технологии, такие как ЛИДАР и лазерное сканирование, для обнаружения и изучения археологических объектов и памятников. Проведение исследования, чтобы понять, как лазеры помогают археологам раскрывать тайны прошлого.

Кейс 2: Исследование воздействия музыки на человеческий мозг

Музыка оказывает глубокое воздействие на человеческий мозг и эмоциональное состояние. В этом исследовании предлагается изучить, как различные жанры музыки влияют на мозговую активность и эмоции.

Кейс 3: Биомасса и ее роль в биоэнергетике

Биомасса, к примеру сельскохозяйственные отходы, представляет собой важный источник биоэнергии. В этом кейсе предлагается исследовать, как биомасса может быть использована для производства тепла и электроэнергии, а также исследовать ее устойчивость.

Определите, какие кейсы реальны для реализации в рамках школьной проектной деятельности. Дайте пояснения: почему кейсы реальны или нереальны для реализации.

Рис. 4. Инфографическая карточка, включающая два задания

В левой части карточки в тексте описывается необходимость процесса фотосинтеза для растений, наиболее эффективного в определенном диапазоне освещения. Тем не менее, при выращивании рассады в теплицах освещение часто является искусственным. Целью проекта описанной ситуации может являться создание спектрометра для исследования спектра искусственных источников света, а задачами исследования могут стать изучение физиологических особенностей процесса фотосинтеза у растений и определение оптимального спектрального диапазона освещения; исследование спектральных характеристик искусственных источников света, применяемых в тепличном хозяйстве; разработка и апробация спектрометрической системы для анализа спектра искусственного освещения; разработка рекомендаций по подбору и использованию оптимальных источников искусственного освещения для повышения эффективности фотосинтеза в тепличных условиях.

Важно, чтобы цели и задачи были достижимы для учеников 10–11 классов, так как зачастую школьники предлагают слишком сложные и нереализуемые в школьных условиях проекты. Здесь демонстрируется, что перед началом проекта необходимо тщательно продумывать, какие шаги будут предприниматься, и возможно ли достичь результата с имеющимися знаниями и инструментарием.

Кейс-ориентированная задача 4

В задаче школьникам предлагается организовать экспедицию в Карелию, длительность которой составляет 3–4 дня. Само задание имеет ряд лимитирующих условий. Школьникам необходимо разработать подробный график и маршрут, максимально повторяющий описанный в исходном материале. Для этого требуется определить последовательность действий, этапы планирования, а также провести всесторонний анализ возможных рисков. Особое внимание уделяется временным ограничениям, большому количеству участников, не имеющих необходимого опыта, а также конкретным требованиям по сбору фото- и видеоматериалов к определенной дате.

Кейс-ориентированная задача 5

Планирование является ключевым этапом в научно-исследовательской и проектной деятельности. Яркий пример ошибок в планировании – город Сонгдо в Южной Корее, на строительство которого было потрачено более 40 млрд дол., но в итоге он стал городом-призраком.

Существует ряд методов, упрощающих процесс планирования, такие как морфологический ящик, «пять почему», диаграмма Исикавы, ленточная диаграмма Ганта. Эти инструменты помогают структурировать план, сделать его более наглядным и прозрачным. Тем не менее, на наш взгляд, наиболее эффективным способом научиться планировать является решение реальных задач, в ходе которых методом проб и ошибок достигаются конкретные результаты.

Но данная задача учит не только планированию: вследствие своей комплексности, она учит именно системному мышлению.

В рамках кейс-ориентированной задачи школьникам предлагается выполнить задание по проектированию микрорайона, причем входные условия максимально приближены к реальным. Задание рассчитано на группы по 5–6 человек и занимает 4 академических часа. На первом занятии происходит основной этап расчета и планирования, а на втором – презентация кейса.

Представленный кейс характеризуется объемной структурой, включающей в себя 16 инфографических карточек, в рамках которых содержится обширный объем необходимой информации, начиная от постановки задачи и заканчивая глоссарием.

Ключевой характеристикой данного кейса является отсутствие единственного и однозначно правильного решения. Второй особенностью является размытость исходных данных и граничных условий, что приводит к ситуациям, когда количественные величины, полученные в ходе расчетов, не соответствуют заранее определенным нормам, указанным в кейсе. Возникает противоречие: с одной стороны, проведены численные расчеты, с другой – они не соответствуют техническому заданию. Поскольку данное задание ориентировано на практическое применение и приближено к реальным условиям, перед учащимися появляется незапланированная задача найти решение, которое бы устраняло возникшие противоречия.

При этом школьникам дается возможность устранить противоречие посредством применения различных решений, таких как, например, корректировка граничных условий в техническом задании, введение новых параметров, а также введение дополнительных условий. Предлагаемые решения должны быть надлежащим образом аргументированы и согласованы с модератором-преподавателем.

Задание включает в себя несколько ключевых пунктов: расчет жилого фонда и численности населения микрорайона на основе предоставленных демографических данных. Далее следует распределение жилых домов различной этажности и планирование инфраструктуры: размещение объектов повседневного обслуживания, транспортной сети, парковок и зон отдыха. При этом необходимо учитывать нормативные требования к доступности и взаимному расположению объектов.

Основной сложностью является необходимость согласования различных элементов планирования, таких как жилой фонд, количество семей, учреждения и объекты инфраструктуры.

В качестве примеров обустройства микрорайона предлагаются варианты планировочных решений, обучающимся предоставляется возможность как использовать предложенные варианты, так и разработать собственное решение. На защите проекта команды представляют детальный план планирования микрорайона, подкрепленный соответствующими расчетами (рис. 5).

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии источников финансирования.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует.

Вклад авторов

Врублевская Е.Г. – постановка задачи исследования, анализ содержания описываемого курса, редактирование текста статьи.

Генисаретская С.В. – формирование описываемого курса, анализ содержания курса, редактирование текста статьи.

Соловьев А.А. – формирование и реализация описываемого курса, обработка результатов.

Список литературы

1. Постнеклассика: философия, наука, культура: Коллективная монография / Отв. ред. Л.П. Киященко и В.С. Степин. СПб.: Издательский дом «Миръ», 2009. 672 с.

2. *Гессен С.И.* Основы педагогики. Введение в прикладную философию: Учебное пособие для вузов. М.: Школа Пресс, 1995. 448 с.

3. *Ворончихина Т.В., Ивонин А.О.* Развитие познавательной активности студентов в процессе обучения в современном вузе // Современные модели подготовки научных и научно-педагогических кадров в высшей школе, 2012. С. 39–41.

4. *Генисаретская С.В.* Опыт построения курса [Электронный ресурс] «Критическое мышление и основы научной коммуникации» в техническом университете // Письма в Эмиссия. Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научный журнал. 2022. № 2 (февраль). ART 3037. Режим доступа: <http://emissia.org/offline/2022/3037.htm> (дата обращения: 10.02.2025).

5. *Косикова С.В.* О сущности учебной самостоятельности школьников и уровнях ее развития // Проблемы современного образования. 2018. № 4. С. 143–150. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pmedu.ru> (дата обращения: 10.02.2025).

6. *Апиш Ф.Н.* Самостоятельная работа как способ развития мотивации и самоорганизации учебной деятельности студента // Культурная жизнь юга России, 2008. № 2 (27). С. 45–47.

Vestnik Natsional'nogo Issledovatel'skogo Yadernogo Universiteta «MIFI», 2025, vol. 14, no. 2, pp. 173–181

Initial stages of formation of systems thinking among schoolchildren

E. G. Vrublevskaia¹, S. V. Genisaretskaya^{2, ✉}, A. A. Solovyov^{2, ✉}

¹ Smolensk State University, Smolensk, 214000, Russia

² National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, 115409, Russia

✉ SVGenisaretskaya@mephi.ru

✉ ASolovev@mephi.ru

Received March 17, 2025; revised April 10, 2025; accepted April 11, 2025

Today the processes that take place in society, science, high-tech production, and industry can be characterized as complex systems. In order to solve complex problems, new employees with systemic thinking are needed. One of the key issues of modern pedagogy is the search for tools for the development of systems thinking. At the same time, the key point of teaching systems thinking

should be the formation of such thinking, when goal-setting, responsibility for the result and for the consequences of certain decisions would be naturally formed in the process of learning. In schools and universities, separate courses, project-based forms of learning, etc., can be used as such tools aimed at the development of students' systems thinking, desire for knowledge, responsibility for decision-making. The article describes an experimental interactive course on solving case-oriented problems developed and implemented in MEPhI. The course was developed for high school students of the high school lyceum-preduniversitarium of MEPhI. The peculiarity of the course is its interactive character; the teacher acts as a moderator, interacting both with students and organising their interaction among themselves. This methodological approach not only forms systemic thinking as such, but also develops the skill of independent search, promotes involvement in the learning process, and increases motivation for learning.

Keywords: thinking, systems thinking, cases, case-oriented tasks, project forms of education, MEPhI, MEPhI Pre-University.

References

1. Postneklassika: filosofiya, nauka, kul'tura [Postneclassics: Philosophy, Science, Culture], SPb.: Izdatel'skij dom "Mir" Publ., 2009. 672 p. (in Russian).
2. Gessen S.I. Osnovy pedagogiki. Vvedenie v prikladnyu filosofiyu [Fundamentals of Pedagogy. Introduction to Applied Philosophy]. Moscow, Shkola Press Publ., 1995. 448 p. (in Russian).
3. Voronchihina T.V., Ivonin A.O. Razvitie poznavatel'noj aktivnosti studentov v processe obucheniya v sovremennom vuze [Development of cognitive activity of students in the process of learning in a modern university]. *Sovremennye modeli podgotovki nauchnyh i nauchno-pedagogicheskikh kadrov v vysshej shkole*, 2012. Pp. 39–41 (in Russian).
4. Genisaretskaya S.V. Opyt postroeniya kursa «Kriticheskoe myshlenie i osnovy nauchnoj kommunikacii» v tekhnicheskom universitete [Experience of building the course «Critical thinking and the basics of scientific communication» in a technical university]. *Pis'ma v Emissiya.Offline* (The Emissia.Offline Letters): *elektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2022. № 2 (fevral'). ART 3037. Available at: <http://emissia.org/offline/2022/3037.html> (accessed 10.02.2025).
5. Kosikova S.V. O sushchnosti uchebnoj samostoyatel'nosti shkol'nikov i urovnyah ee razvitiya. [About the essence of educational independence of schoolchildren and levels of its development]. *Problemy sovremenogo obrazovaniya*, 2018. No. 4. Pp. 143–150. Available at: <http://www.pmedu.ru> (accessed 10.02.2025).
6. Apish F.N. Samostoyatel'naya rabota kak sposob razvitiya motivacii i samoorganizacii uchebnoj deyatel'nosti studenta [Independent work as a way to develop motivation and self-organization of student's learning activity]. *Kul'turnaya zhizn' yuga Rossii*, 2008. No. 2 (27). Pp. 45–47 (in Russian).