

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный педагогический университет»

На правах рукописи



Озерова Тамара Сергеевна

**ФОРМИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ
У СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ ВУЗОВ
В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

5.8.2 – Теория и методика обучения и воспитания
(математические и естественные науки; уровень высшего образования)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Научный руководитель
доктор педагогических наук,
профессор Л. В. Воронина

Екатеринбург 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ.....	13
1.1. Анализ понятия «критическое мышление» в психолого-педагогической литературе.....	13
1.2. Методологические подходы и принципы формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике	28
1.3. Модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления.....	43
Выводы по первой главе.....	51
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ ВУЗОВ С ЦЕЛЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ.....	53
2.1. Методы, приемы и средства формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике.....	53
2.2. Использование математических задач, кейсов и прикладных задач для формирования критического мышления у студентов горных вузов....	65
2.3. Этапы обучения математике студентов горных вузов с целью формирования критического мышления.....	87
Выводы по второй главе.....	109
ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	111
3.1. Цель, задачи и организация экспериментальной работы.....	111
3.2. Анализ результатов экспериментальной работы.....	128
Выводы по третьей главе.....	142
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	143

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	164
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Современный мир невозможно представить без инноваций в области промышленности. Преобразования не обошли стороной и горную отрасль. Автоматизация и компьютеризация наземного горнодобывающего оборудования, инновации в добыче полезных ископаемых – все это влечет за собой усложнение профессиональной деятельности специалистов данной отрасли.

Горная промышленность по своему характеру является сферой высокой неопределенности и рисков, часто достигающих до экстремальных ситуаций. Поэтому на современном рынке труда наиболее востребованы выпускники горных вузов, способные *анализировать* и систематизировать полученную информацию, *оценивать* качество исследований в области геологии. Данные требования прописаны в виде необходимых умений в профессиональном стандарте «Специалиста по промышленной геологии». Выполнение обозначенных требований невозможно без постоянного обновления профессиональных знаний с помощью систематического самостоятельного обучения, предполагающего работу с информацией, взятой из различных источников, в том числе не всегда из достоверных. Специалисты должны обладать навыками самоконтроля и самокоррекции, постоянно критически оценивать окружающую действительность и прежде всего свою деятельность, а для этого нужно иметь критическое мышление.

Развитием критического мышления у обучающихся занимались исследователи: М. Л. Варлакова, И. О. Загашев, С. И. Заир-Бек, А. В. Коржуев, И. А. Мороченкова, В. А. Попков, Н. Ю. Тулысанова, Чан Тхи Тхань, Д. М. Шакирова. Анализ результатов этих исследований показал, что формирование критического мышления авторы связывают с развитием у студентов «оценочной деятельности» (М. Л. Варлакова, А. В. Коржуев, И. А. Мороченкова, В. А. Попков), «умений интерпретировать, анализировать, оценивать, объяснять» (Н. Ю. Тулысанова, Д. М. Шакирова), «умений формулировать выводы на основе убедительных аргументов» (Чан Тхи Тхань), «способности сознательно регулировать и контролировать собственное мышление»

(И. О. Загашев, С. И. Заир-Бек). В большинстве своем исследования проводились на базе преподавания гуманитарных дисциплин.

Математика как учебный предмет вследствие своей специфики располагает уникальными возможностями для формирования критического мышления, реализация которых позволит обеспечить развитие самостоятельности, нацеленности на результативность, стремления к приобретению новых знаний, способов деятельности, рефлексии.

Анализ научно-методической литературы (Е. Г. Журавлева, М. И. Зайкин, С. В. Менькова, В. Д. Селютин, Н. Н. Яремко) показал, что для формирования критического мышления на базе дисциплины «Математика» не задействована специфика профессиональных задач, при решении которых используется математический аппарат.

Поэтому необходимость формирования критического мышления в процессе обучения математике у студентов горных вузов с целью анализа и оценки разнообразной информации, связанной с профессиональной сферой деятельности, не вызывает сомнений.

Таким образом, наблюдаются следующие **противоречия**:

– *на научно-теоретическом уровне* – между возможностями математики по формированию критического мышления у студентов и недостаточной разработанностью теоретических основ его формирования при изучении математики;

– *на научно-методическом уровне* – между необходимостью формирования критического мышления у студентов горных вузов и недостаточной разработанностью соответствующих методик обучения.

Обозначенные противоречия определили **проблему исследования**: как обеспечить формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике?

В процессе решения указанной проблемы была определена **тема диссертационного исследования**: «Формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике».

Цель исследования – разработать и научно обосновать методику обучения математике, реализация которой обеспечит формирование критического мышления у студентов горных вузов.

Объект исследования – процесс обучения математике студентов горных вузов.

Предмет исследования – формирование критического мышления у студентов горных вузов при обучении математике.

Гипотеза исследования: формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике будет успешным, если:

– при отборе методического материала учитывать принцип интегративности, обеспечивающий междисциплинарные связи математики с профессионально-прикладными дисциплинами и формирующий ценностное отношение к математическим знаниям как профессионально значимым;

– осуществлять эту интеграцию на основе управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации, предоставляя обучающимся возможность применять накопленные знания и умения при самостоятельном построении и исследовании математических моделей процессов горного производства;

– на этапе перехода к применению математической модели для решения реальных задач горного производства акцентировать внимание студентов на возникающих несоответствиях реальности и модели, фиксации границ целесообразности и оценке эффективности ее применения.

Исходя из цели и гипотезы исследования, поставлены и решены следующие **задачи**:

1. На основе анализа психологической, педагогической, методической литературы, рабочих, учебных программ, профессиональных стандартов изучить состояние проблемы формирования критического мышления у студентов и обосновать ее значимость.

2. Разработать модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления.

3. На основе предложенной модели разработать методику обучения математике, использование которой обеспечит формирование критического мышления у студентов горных вузов.

4. Проверить результативность предлагаемой методики в процессе проведения педагогического эксперимента.

Теоретико-методологической основой исследования являются:

– идеи и концепции в области компетентностного подхода (И. А. Зимняя, А. В. Хуторской);

– идеи и концепции в области деятельностного подхода (А. В. Коржуев, А. Н. Леонтьев, В. А. Попков, А. А. Темербекова);

– исследования ученых о природе и способах формирования критического мышления (Б. Блум, О. Г. Князева, Т. В. Сапук, Д. М. Шакирова);

– работы, связанные с использованием математического моделирования в процессе обучения студентов горных вузов (В. А. Гоголин, О. Г. Латышев, Ю. Г. Шестаков);

– теоретические исследования по вопросам использования кейс-метода в обучении (А. В. Кирьякова, А. А. Солодихина);

– теория и методы математической статистики для обработки результатов педагогического эксперимента (В. Е. Гмурман, Б. Е. Стариченко).

Решение поставленных нами задач осуществлялось на основе использования следующих **методов исследования**:

– *теоретических* – анализ психолого-педагогической, научно-методической литературы по теме исследования; анализ и систематизация собственного педагогического опыта преподавания дисциплины «Математика» в горном вузе, педагогическое моделирование;

– *эмпирических* – педагогические измерения (опрос, педагогический эксперимент);

– *статистических* – качественный и количественный анализ полученных данных в результате педагогического эксперимента.

База исследования. Исследование проводилось на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» (УГГУ, г. Екатеринбург).

Организация исследования. Диссертационное исследование осуществлялось в период с 2017 по 2023 гг. и включало три этапа:

Первый этап (2017–2018) – поисково-теоретический – ориентирован на диагностику состояния изучаемой проблемы с помощью проведения анализа научно-методической литературы. В результате были сформированы гипотеза и задачи исследования, разработан понятийно-категориальный аппарат. Также на данном этапе выделены уровни сформированности критического мышления у студентов горных вузов, проведена первичная диагностика, сформированы экспериментальная и контрольная группы испытуемых.

Второй этап (2019–2020) – опытно-экспериментальный – ориентирован на реализацию педагогической модели формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике. На данном этапе проводились разработка и внедрение модели обучения математике, направленной на формирование критического мышления у студентов горных вузов. Сконструирован комплекс математических задач, прикладных задач различного уровня сложности, кейсов. Публикация статей в научных журналах, выступления на конференциях.

Третий этап (2021–2023) – обобщающий, на котором проводились систематизация диагностических данных, статистический анализ полученных результатов, формулирование выводов с последующим их внесением в текст диссертации. Публикация статей в научных журналах, выступления на конференциях.

Научная новизна диссертационного исследования:

– в отличие от диссертационных работ М. Л. Варлаковой, Н. Ю. Тулысановой, Чан Тхи Тхань, посвященных формированию критического мышления у обучающихся при изучении таких дисциплин, как соответственно физика, иностранные языки, химия, в настоящем исследовании предлагается формировать критическое мышление при изучении дисциплины «Математика»;

– предложена модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления, разработанная на основе методологических подходов (компетентностного, деятельностного) и принципов (активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации), включающая нормативно-целевой, методологический, содержательный, организационный, технологический и оценочный-результативный блоки;

– на основе предложенной модели разработана методика обучения математике, способствующая формированию критического мышления, использование которой предполагает управляемый переход от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации; ее особенность заключается в приближении математических задач, решаемых студентами, к проблематике производственной деятельности горных инженеров в соответствии с выделенными этапами (подготовительный, профессионально-прикладной, технологический);

– доказана результативность использования предложенной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления.

Теоретическая значимость исследования:

1. Установлена возможность формирования критического мышления у студентов в процессе обучения математике на основе комплексной реализации компетентностного и деятельностного подходов.

2. Выделены компоненты критического мышления и раскрыты соответствующие им показатели: *мотивационный* (мотивация на использование критического мышления при изучении математики; потребность в получении и проверке результата; мотивация обучения в вузе); *деятельностный* (деятельность, направленная на работу с информацией, выдвижение гипотез, построение и исследование математических моделей реальных процессов, выявление противоречий, вынесение оценочных суждений, построение прогнозов, коммуникацию); *рефлексивный* (самоанализ, самокоррекция деятельности) и на их основе уточнено понятие критического мышления.

3. Выделены и обоснованы требования к отбору методического материала, используемого при изучении дисциплины «Математика» в контексте формирования критического мышления:

1) содержание должно вызывать интерес у студентов за счет демонстрации взаимосвязи между проблемами, затрагивающими процессы горного производства, и математическим аппаратом, который применяется для их решения;

2) в процессе решения должны быть задействованы знания, умения, навыки, прописанные в программе курса «Математика», накопленные на данный момент обучения в вузе;

3) в процессе решения должно происходить усвоение студентами знаний, умений и навыков построения и критического анализа математической модели исследуемого процесса, а также интерпретации полученных результатов;

4) в процессе решения должно происходить профессиональное развитие личности будущего специалиста.

4. Уточнено понятие «прикладная задача», под которой понимается задача, в основе которой находится профессиональный сюжет, содержащий реальную ситуацию, требующую от студентов построения и исследования математической модели процесса, описываемого в сюжете.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предлагаемая методика позволяет реализовать потенциальные возможности учебного предмета «Математика» для повышения качества профессиональной подготовки студентов горных вузов. В процессе разработки этой методики были предложены прикладные задачи, кейсы, направленные на формирование умений применять критическое мышление в будущей профессиональной сфере деятельности студентов горных вузов, разработано и внедрено в процесс обучения учебное пособие «Математика. Сборник прикладных задач горно-геологического профиля».

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждены всесторонним анализом психолого-педагогической, научной, методической литературы, учебных программ; применением разнообразных взаимодополняющих методов

исследования; длительностью и контролируемостью педагогического эксперимента; статистической обработкой данных экспериментальной работы.

Апробация и внедрение результатов исследования осуществлялись в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет».

Полученные результаты докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях *международного уровня*: «Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании» (Екатеринбург, 2021, 2022); «Проблемы и перспективы современного образования: практика вуза и школы» (Новокузнецк, 2021); «Уральская горная школа – регионам» (Екатеринбург, 2021, 2022, 2023); «Культура, наука, образование: проблемы и перспективы» (Нижевартовск, 2021); «Современные тенденции развития общего и вузовского образования» (Ярославль, 2021); *всероссийского уровня*: «Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам» (Екатеринбург, 2020).

Основные положения исследования отражены в 14 публикациях, в том числе 4 – в ведущих научных журналах, включенных в реестр ВАК МНиВО РФ.

Основные положения работы, выносимые на защиту:

1. Учебная дисциплина «Математика» обладает большими возможностями для формирования критического мышления у студентов горных вузов, позволяя выходить за пределы разделов математической науки, акцентируя внимание на взаимосвязи математики с профессионально-прикладными дисциплинами горного дела и геологии, что делает возможным выпускникам горных вузов применять критическое мышление в будущей профессиональной деятельности.

Под критическим мышлением понимается мыслительный процесс, позволяющий провести всесторонний анализ проблемной ситуации для выбора оптимального пути ее решения и оценки возможных последствий на основе личного опыта, проверенных фактов и проведенной рефлексии.

2. Модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления должна строиться на основе комплексного использования компетентностного и деятельностного подходов, а также с учетом

принципов активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации.

3. Применение методики обучения математике, построенной на основе разработанной модели, обеспечит формирование критического мышления у студентов горных вузов за счет использования средств (математические задачи, прикладные задачи, кейсы) на выделенных этапах обучения математике: *подготовительном* – нацеленном на использование критического мышления при решении математических задач; *профессионально-прикладном* – предполагающем реализацию принципа интегративности с помощью введения профессионально-прикладного материала в курс математики; *технологическом* – направленном на приобретение опыта профессиональной деятельности с помощью построения и исследования математических моделей процессов горного дела и геологии.

4. Диагностику уровня сформированности критического мышления целесообразно осуществлять с учетом показателей сформированности каждого из компонентов критического мышления (мотивационного, деятельностного, рефлексивного).

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, приложений. Общий объем диссертации – 181 с.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

1.1. Анализ понятия «критическое мышление» в психолого-педагогической литературе

В Концепции развития непрерывного образования взрослых в Российской Федерации на период до 2025 года отмечено, что от высококвалифицированных кадров требуется, в дополнение к имеющимся профессиональным компетенциям, владение «универсальными», с помощью которых специалисты смогут легко адаптироваться к динамическим изменениям современного рынка труда [61]. Это невозможно без критического отношения к окружающей действительности, к поступающей информации или мнениям людей, то есть любому человеку необходимо формировать в себе критическое мышление, которое помогает принимать правильные решения в стандартных и нестандартных ситуациях, быть стойким к различного рода психологическим манипуляциям, повышать качество жизни, добиваться успехов во всех сферах деятельности, в том числе и в профессиональной области.

Профессиональная деятельность современного горного инженера проходит в неуправляемых и часто изменяющихся горно-геологических условиях. Вследствие этого на начальном этапе разработки некоторого проекта (например, при выборе места для бурения скважины, метро, шахты; выборе способа для разработки месторождения полезного ископаемого) в принципе невозможно учесть все трудности и проблемы, с которыми придется столкнуться в реальности: присутствие подземных вод, сложное и неоднородное строение и состав горных пород, различные формы залегания полезного ископаемого, всевозможные разрывные тектонические нарушения. Неверная интерпретация полученной информации может привести к серьезным проблемам. В таких случаях одним из способов принятия решений является вынесение оценки. Для адекватной оценки с последующим принятием верного решения горный инженер должен уметь быстро анализировать новую информацию и в соответствии с ней корректировать ход организации реализуемого проекта.

Однако один человек не в состоянии охватить все стороны проблемы. Часто из-за специфики горного производства для вынесения качественной оценки создается экспертная группа, работа которой предполагает публичное обсуждение проблемы: выдвижение и проверку гипотез, анализ результатов и формирование решения. К достоинствам коллективной работы можно отнести оперативность в принятии решения, возможность обмена опытом, идеями.

Учитывая профессиональные задачи горного инженера [89] и специфику производственных процессов горных предприятий, можно сделать вывод, что горный инженер должен уметь анализировать, оценивать, оспаривать, доказывать, сравнивать, корректировать. Для этого ему необходим такой целостный набор умственных качеств и умений, который наиболее полно и точно описывается термином «критическое мышление».

В основе критического мышления находится понятие «критика», определяемое различными авторами как:

- 1) «процесс обсуждения, процесс разбора явления, процесс для вынесения оценки, собственного мнения» [73];
- 2) «отрицательное высказывание о суждении, явлении, процессе, выявление недостатков, изъянов» [92, с. 298–299];
- 3) проверка достоверности, истинности чего-либо [135, с. 16];
- 4) «суждение о достоинствах и недостатках какого-либо труда, разбор, оценка» [35, с. 198].

Отметим, что большинство авторов под критикой понимают прямое или косвенное указание на недостатки, ошибки, несоответствия, противоречия, то есть в основе критики находится вынесение неблагоприятной оценки, направленной на оспаривание какого-либо суждения, явления, процесса.

В свою очередь, В. И. Даль выделяет положительную сторону критики. По его мнению, критиковать – «делать разбор, розыск и заключение по нем о достоинствах чего-либо» [35, с. 198]. В этом случае критика является *продуктивной* (сосредоточенной на созидании: продуцирование новых идей; нахождение новых

способов решения проблемной ситуации) и *конструктивной* (внесение предложений о конкретных способах по исправлению ошибок, разрешению противоречий).

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что:

- 1) цель критики – поиск истины;
- 2) смысл критики – выразить свое отношение к высказанному суждению, оценить значимость приведенного факта, используемой информации, указать на некоторые противоречия или несоответствия в критикуемом предмете;
- 3) критика неразрывно связана с сомнением, которое, в свою очередь, является исходным началом мышления и рассуждения;
- 4) разрешить сомнение можно в процессе проведения исследования, предполагающего обсуждение, проверку, разбор, сравнение. Результатом этого исследования является вынесение оценки, которая может быть как положительной, так и отрицательной. Необходимо учитывать, что оценка часто бывает субъективной и может привести к фальсификации истины.

С термином «критика» тесно связан термин «критический», который часто используют в разного рода сочетаниях: «критический взгляд», «критический обзор», «критический анализ» и пр.

Авторы В. И. Даль [35], Е. В. Воевода [19], Ю. Н. Корешникова [62], М. В. Солодихина [116] рассматривают понятие «критический» как:

- «на критике основанный, способный к здравому суждению, к оценке, склонный к порицаниям и отысканию недостатков» [35, с. 198];
- содержащий критику: оценка значимости выдвинутого предположения; нахождение слабых мест в плане реализации предположения и в самом предположении; проверка решений [19; 116];
- склонный к здравому, разумному. Проявляется через построение последовательных и убедительных аргументов [116];
- недоверчивый, скептический, сомневающийся в качестве предоставляемой информации сразу, без самостоятельной проверки [62]. Проявляется через соотношение вынесенного суждения с общепризнанными фактами.

Анализируя подходы к определению термина «критический», следует отметить, что оно связано с качеством обработки информации (ее аргументация, доводы), а также с определением истинности мыслей, взглядов, представленных в форме предположений, рассуждений, суждений.

Учитывая многозначность трактовок терминов «критика» и «критический», для последующей организации процесса обучения математике студентов вузов, который будет способствовать формированию критического мышления, нам необходимо определиться с понятием «критическое мышление».

Исследователи L. S. Almeida [149], С. И. Векслер [16], V. R. Ruggiero [156], Н. Ю. Тулысанова [128], Д. Халперн [131] под критическим мышлением понимают «целенаправленное мышление, ставящее целью доказательство, объяснение и поиск путей решения проблемы» [128, с. 11]; «когнитивную деятельность, помогающую сформулировать и решить проблему, принять решение» [156, с. 4]; «мыслительный процесс, направленный на поиск ответов, идей или для решения возникающих проблем» [149, с. 1], «включающий различное обсуждение процесса и результатов труда, их оценку» [16]; «способность выявлять суть проблемы и пути ее решения» [33, с. 33].

По мнению Д. Халперн [131], критическое мышление проявляется в умении эффективно решать поставленные проблемы и увеличивает вероятность получения обоснованных выводов, объективных результатов.

Авторы представленных определений связывают формирование критического мышления с рациональным решением проблемы и выделяют следующие этапы ее решения: определение цели, выявление альтернатив, формирование критериев, выбор математической модели, численные расчеты, анализ результатов. Следовательно, «решение проблем можно рассматривать как арену, на которой должно развиваться критическое мышление» [150, с. 288].

Связь критического мышления с проблемной ситуацией предполагает, что для ее решения требуется использование законов логики, что приводит к расширению понятия «критическое мышление».

Связь логики и критического мышления прослеживается в работах А. В. Бутенко [13], Ю. Н. Корешниковой [62], Е. А. Ходос [13], Д. А. Шарова [140]. Исследователи отмечают значимость построения логических цепочек при проведении рассуждений, поиске и выявлении логических ошибок, противоречий.

Д. Халперн обращает внимание на то, что человек, мыслящий критически, владеет умениями «анализировать информацию с позиции логики и личностно-психологического подхода с тем, чтобы применять полученные результаты как к стандартным, так и нестандартным ситуациям, вопросам и проблемам» [131, с. 70]. Автор отмечает, что одной из основ критического мышления являются такие логические операции, как анализ, синтез, сравнение, обобщение, абстракция, «так как именно благодаря этим операциям возможно создание согласованных между собой логических моделей, построение логических умозаключений, и, главное, принятие обоснованных решений» [131, с. 22].

Ч. Темпл, К. Мередит, Дж. Стил [125] подчеркивают, что критическое мышление предполагает внимание к степени убедительности аргументов, выдвинутых оппонентами.

Иными словами, появление сомнения в достоверности получаемой информации является толчком к познавательной деятельности, то есть критическое отношение нашего мышления ко всему новому является главной движущей силой познавательного процесса и, соответственно, требует применения логических доказательств. Пока новое знание (построенный аргумент, гипотеза, выдвинутое предположение) не доказано логически, оно носит предположительный характер и не является достоверным.

Использование законов логики позволяет строить и проверять цепочки умозаключений, оценивать, насколько достоверными являются полученные из утверждений следствия, появляется возможность выявлять и устранять противоречия между теоретическими знаниями и отрицательными результатами, полученными в ходе опыта, проследить корректность построенных аргументов, логических цепочек при проведении доказательств, что приводит к верному восприятию информации и дает возможность считать новое знание достоверным.

М. В. Епифанцева [38] подчеркивает, что студентам в начале обучения в вузе достаточно сложно проследить именно логику рассуждения оппонента, рассмотреть проблему с его позиции, проанализировать его точку зрения, подвергнуть сомнению чужие суждения, особенно если они противоречивые.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что критическое мышление ориентируется на последовательность и логичность при построении аргументов, объяснении причин ошибок, выявлении и разрешении возникших противоречий.

Исследователи В. П. Беляев [10], Б. Блум [151], И. В. Гладкова [10], Г. В. Сори́на [118], Чан Тхи Тхань [133] связывают критическое мышление с детальной, кропотливой, аналитической работой.

В. П. Беляев и И. В. Гладкова под критическим мышлением понимают «систему суждений, которая используется для анализа вещей и событий с формулированием обоснованных выводов и позволяет выносить самостоятельные оценки» [10, с. 76]. Авторы отмечают, что критическое мышление с помощью применения широкого набора методов анализа информации обеспечивает необходимую полноту и глубину проработки исследуемой ситуации. По мнению авторов, анализ ситуации позволяет определить причины ее возникновения; новизну; взаимосвязь с другими проблемами; степень полноты и достоверности информации о ситуации; факторы, влияющие на ситуацию; возможность разрешимости [10, с. 43–44].

В таксономии Б. Блума [151] к критическому мышлению относятся процессы анализа и оценки. По мнению автора, чтобы иметь представление о целом, необходимо сконцентрировать внимание на его частях (в их взаимодействии друг с другом).

Г. В. Сори́на в статье «Критическое мышление: история и современный статус» пишет, что «критическое мышление предполагает развитие навыков аналитической деятельности, умение работать с понятиями, суждениями, умозаключениями, вопросами» [118].

Аналитическая деятельность позволяет более детально, подробно рассмотреть проблему, разбив ее на мелкие составные элементы, провести их анализ, сравнение, после чего перегруппировать и классифицировать для того, чтобы выявить

взаимосвязи между элементами, взвесить все преимущества и недостатки. При этом аналитическая деятельность требует использования надежных данных.

Работа критического мышления состоит в проверке предоставляемых данных, используемой информации, предложенных решений. В результате проведенной проверки человеку приходится делать выбор – осознанный акт, означающий принятие на себя ответственности. Критическое мышление выступает в роли инструмента, позволяющего сделать правильный выбор: определить, какие из предложенных сведений являются истинными и их можно использовать, а какие ложными и их необходимо отбросить.

Результатом взаимодействия аналитической деятельности и критического способа мышления является критический анализ информации, рассматриваемой ситуации.

Учитывая позиции авторов И. О. Загашева [40], Г. И. Ибрагимова [47, с. 57], R. Paul [155], А. В. Сапа [108], мы считаем, что критический анализ позволяет:

- проводить поиск нужных данных;
- разбивать целое на составные части;
- подвергать сомнению анализируемые данные и перепроверять их;
- находить недостатки представленных данных в виде неточностей, противоречий, ложных рассуждений и т. п.;
- развивать и доказывать правоту собственной позиции с помощью подтвержденных фактов и сильных аргументов;
- соотносить исследуемые данные с общепринятыми нормами и эталонами;
- строить прогнозы.

Согласно вышеизложенному следует вывод, что основная особенность критического мышления – подвергать сомнению любую анализируемую информацию, устанавливать связи, прогнозировать всевозможные варианты развития ситуации.

Исследователи М. Л. Варлакова [15], А. В. Коржуев и В. А. Попков [103], R. H. Johnson [154] придерживаются мнения, что критическое мышление – это своеобразный вид оценочной деятельности субъекта познания, цель которой – усвоение знаний, проявление – рефлексия и восприятие этих знаний. Оценочная

деятельность «приучает учащихся к логическим умозаключениям, синтезу и анализу, сравнению и сопоставлению» [154], что позволяет выработать взвешенное и независимое мнение о предлагаемой точке зрения.

К основным характеристикам оценочной деятельности относят:

- контролируемость (с помощью использования когнитивных процессов: память, восприятие, внимание);
- самостоятельность;
- обоснованность (при выборе оптимального решения);
- логичность;
- целенаправленность на получение результата [15, с. 25].

В образовательном процессе способности к оценочной деятельности формируются с помощью заданий, предусматривающих поиск, оценку степени достоверности и области применимости, доказательство, прогнозирование [151].

Д. М. Шакирова отмечает, что в процессе сравнения полученных результатов с общепринятыми эталонами появляются оценочные суждения, без которых критическое мышление невозможно [135, с. 17]. Автор подчеркивает, что важно не просто дать оценку, а еще и качественно обосновать ее.

Студенты должны понимать, что оценивание – субъективный процесс, но не произвольный. Поэтому важно уметь выбирать критерии, по которым будет происходить оценивание. Это даст в дальнейшем возможность корректировать, исправлять.

В качестве критериев оценивания суждений, возникающих в ходе дискуссий, Д. М. Шакирова предлагает использовать степень раскрытия сущности вопроса, умение обобщать, делать обоснованные выводы, сопоставлять различные точки зрения по проблеме и устанавливать степень их истинности, наличие собственной позиции, умение работать с литературой (ссылки на авторитетные источники информации, заведомо истинные, доказанные факты (аксиомы, формулы, законы)) [135, с. 42].

Ученые М. Векслер [16], Н. А. Менчинская [78], А. А. Смирнов [114] дополняют этот перечень умениями выявлять допущенные ошибки, определять слабые и сильные стороны суждений (собственные или высказанные другими людьми).

P. Facione [153, с.7] в своем исследовании подчеркивает, что оценка – это результат проверки степени обоснованности, значимости и соблюдения законов логики всех приводимых аргументов, полученных в результате опыта, наблюдения, коммуникации, с целью принятия их или отвержения.

Классификацию оценок автор производит следующим образом:

- оценка степени обоснованности аргумента. Включает изучение и проверку достоверности используемых источников информации, опираясь на личные знания (опыт), мнение ученых (специалистов), научно обоснованные доказательства;
- оценка значимости сделанного утверждения в контексте проверяемого аргумента. Включает исследование уместности одного суждения по отношению к другому;
- оценка соблюдения законов логики приводимого аргумента. Включает проверку наличия логической связи между приводимыми доказательствами и сделанными выводами.

В дополнение к вышеперечисленному отметим, что в исследованиях R. H. Ennis [152], R. Paul [155], Д. Халперн [131] критически мыслящий человек характеризуется способностями оценивать: актуальность информации; полноту предоставляемой информации; достоинства и недостатки полностью противоположных друг другу мнений, касающихся одного вопроса; справедливость выдвигаемых точек зрения; объективность собственных выводов (например, совпадают ли они с коллективной оценкой).

Таким образом, можно сделать вывод, что одной из особенностей критического мышления является умение оценивать, необходимое для обнаружения недостатков, ошибок, распознавания на соответствие правде, определения степени обоснованности представленных аргументов, выводов и способов их получения. Также этот список можно дополнить проверкой теоретических положений на соответствие реальности при помощи моделирования (эксперимента).

В работах В. Н. Брюшинкина [12], М. Л. Варлаковой [15], И. О. Загашева [40], С. И. Заир-Бека [40], М. В. Кларина [56] отмечается, что критическое мышление

является личностным свойством (понимание, осознание), представляя собой рефлексивное мышление, с помощью которого человек сознательно регулирует и контролирует собственное мышление: «ход рассуждений, которые привели к выводам, или те факты, которые учли при принятии решения» [15, с. 15].

В. Н. Елисеев [100], М. В. Кларин [56], Т. А. Ольховая [100] под критическим мышлением понимают «сложное и многостороннее явление, которое ... предполагает осознание процесса своего мышления» [100, с. 48], «рациональное, рефлексивное мышление, которое направлено на определение того, чему следует верить или какие действия следует предпринять» [56, с. 103]. Авторы подчеркивают, что критическое мышление не возникает автоматически, оно является осознанным процессом, предполагающим установку.

В. П. Беляев и И. В. Гладкова [10] уточняют, что в основе критического мышления находится критическая установка – «отличительная особенность которой – готовность изменять, опровергать, доказывать, проверять». По мнению авторов, критическая установка представляет собой «схему ожидания» (в виде предположения, гипотезы) и после проведения проверки может «модифицировать, корректировать или отбрасывать эти ожидания» [10, с. 48].

На основе анализа точек зрения авторов В. Н. Брюшинкина [12], Е. Б. Быстрый [14], М. Л. Варлаковой [15], В. Н. Елисеева [100], И. О. Загашева [40], С. И. Заир-Бека [40], М. В. Кларина [56], Т. А. Ольховой [100] можно выделить связь критического мышления с рефлексивным мышлением.

Определимся с понятием рефлексия.

Рефлексия – это особая деятельность человека, в результате которой его внутренние силы выступают главным резервом и побудителем активности, заключающейся в потребности понять себя, в осмыслении своих действий. Рефлексия дает возможность стимулировать собственный, индивидуальный выбор человека.

В основе рефлексии лежит самостоятельность. В свою очередь, самостоятельность является основой для таких процессов, как самоанализ, самооценка, самокоррекция, самоконтроль. Самоанализ может выражаться в оценке и проверке

собственных высказываний, мнений, действий, всех выдвигаемых гипотез и выводов. Самооценка – это оценка личностью самой себя, своих возможностей. Самокоррекция – это способность корректировать собственные действия, выводы для последующего улучшения результатов.

Отслеживание этапов механизма своей деятельности помогает студенту осознать методологию учебного и научного познания. Самоконтроль позволяет человеку сознательно контролировать свое мышление, производимые действия.

Т. В. Сапук подчеркивает, что «установка студентов на самоконтроль является результатом перехода от неосознанной деятельности к осмысленной» [110, с. 213]. Студенты должны прийти к пониманию того, что, для чего и почему они делают с помощью использования когнитивных процессов (память, внимание, речь) [155], а также соотнесения полученных знаний с собственным опытом [40]. Только в этом случае у них выработается привычка контролировать и организовывать свои действия [110].

Так как человек активно взаимодействует с окружающим миром, другими людьми, то можно выделить такие процессы, как анализ, оценка, коррекция и контроль чужих действий и высказываний.

Согласно мнению ученых А. И. Захарова [42], И. И. Кожуховской [59], Р. Пауля [155], отсутствие у человека привычки проводить самоконтроль и самокоррекцию говорит о наличии у него обыденного (некритического) мышления.

Согласно вышеизложенному следует вывод, что рефлексии можно научиться, анализируя осуществленную деятельность. Для этого студент должен сам задавать себе вопросы по поводу происходящего и по сути своей деятельности; проникать в суть изучаемых явлений и событий, а не действовать по заданному шаблону; понимать мотивы своих действий; иметь привычку сомневаться в качестве предоставляемой информации без самостоятельной проверки, быть готовым менять собственную точку зрения для последующего улучшения результата; проводить самоанализ, самоконтроль, самокоррекцию.

В результате проведенного анализа позиций, описанных в работах отечественных и зарубежных исследователей, мы выделили способности и умения, характеризующие критически мыслящего человека.

Для того чтобы у человека было сформировано критическое мышление, он должен:

- 1) освоить методы поиска, сбора и проверки информации, регулярно использовать их для получения новой информации и определения степени ее достоверности;
- 2) уметь соотносить свою точку зрения с мнением авторитетных источников, аргументированно ее отстаивать в условиях оказываемого давления;
- 3) знать и уметь использовать основные правила логики для проверки правильности построения логических цепочек при проведении доказательств; выстраивания логических умозаключений; проверки корректности, убедительности аргументов; оценки приводимых аргументов с точки зрения слабый-сильный;
- 4) уметь выдвигать, обосновывать, опровергать гипотезы;
- 5) знать и уметь использовать общий алгоритм решения возникшей проблемы (определять цели, формировать ограничения, выявлять альтернативы, строить математические модели, прогнозировать);
- 6) обладать способностью рефлексировать.

Таким образом, критическое мышление позволяет человеку оценивать истинность предлагаемой информации для последующего ее использования при решении проблемы. Для прояснения ситуации необходимо с помощью анализа, привлечения собственного опыта изучить проблему с различных позиций. В результате рассуждения возникнут догадки, гипотезы, требующие подтверждения. Важно, что приводимые для подтверждения аргументы необходимо обосновывать, ориентируясь на законы логики. Полученное решение необходимо сравнивать с имеющимися стандартами, выносить оценочные суждения, если нужно, то вносить коррективы. Поэтому мы рассматриваем критическое мышление в активной взаимосвязи с рациональностью, логикой, аналитичностью, оценочностью и рефлексивностью.

В нашей работе мы определяем критическое мышление как мыслительный процесс, позволяющий провести всесторонний анализ проблемной ситуации для выбора оптимального пути ее решения и оценки возможных последствий на основе личного опыта, проверенных фактов и проведенной рефлексии¹.

¹ Материалы данного исследования опубликованы в статье Воронина Л. В., Озерова Т. С. Кейс-задачи как средство формирования критического мышления у будущих горных инженеров в процессе обучения математике // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. 2021. № 4 (73). С. 69–76.

Известно, что мышление человека использует одни и те же логические операции (анализ, синтез, сравнение, обобщение, конкретизация, абстрагирование и др.) для решения различных задач, возникающих в результате мыслительной, практической деятельности. При этом в зависимости от типа решаемой задачи выделяют различные виды мышления: логическое, абстрактное, алгоритмическое, критическое и т. д. Каждый вид мышления характеризуется своим понятийно-терминологическим аппаратом, содержанием, использует определенные средства и приемы обработки информации, проявляется в специфической деятельности.

Критическое мышление предполагает совместное использование различных видов исследовательской деятельности: поиск информации и проверка ее достоверности, решение проблем, принятие решений. На основании вышесказанного нами выделены этапы исследовательской деятельности, способствующие становлению критического мышления, представленные на рисунке 1.

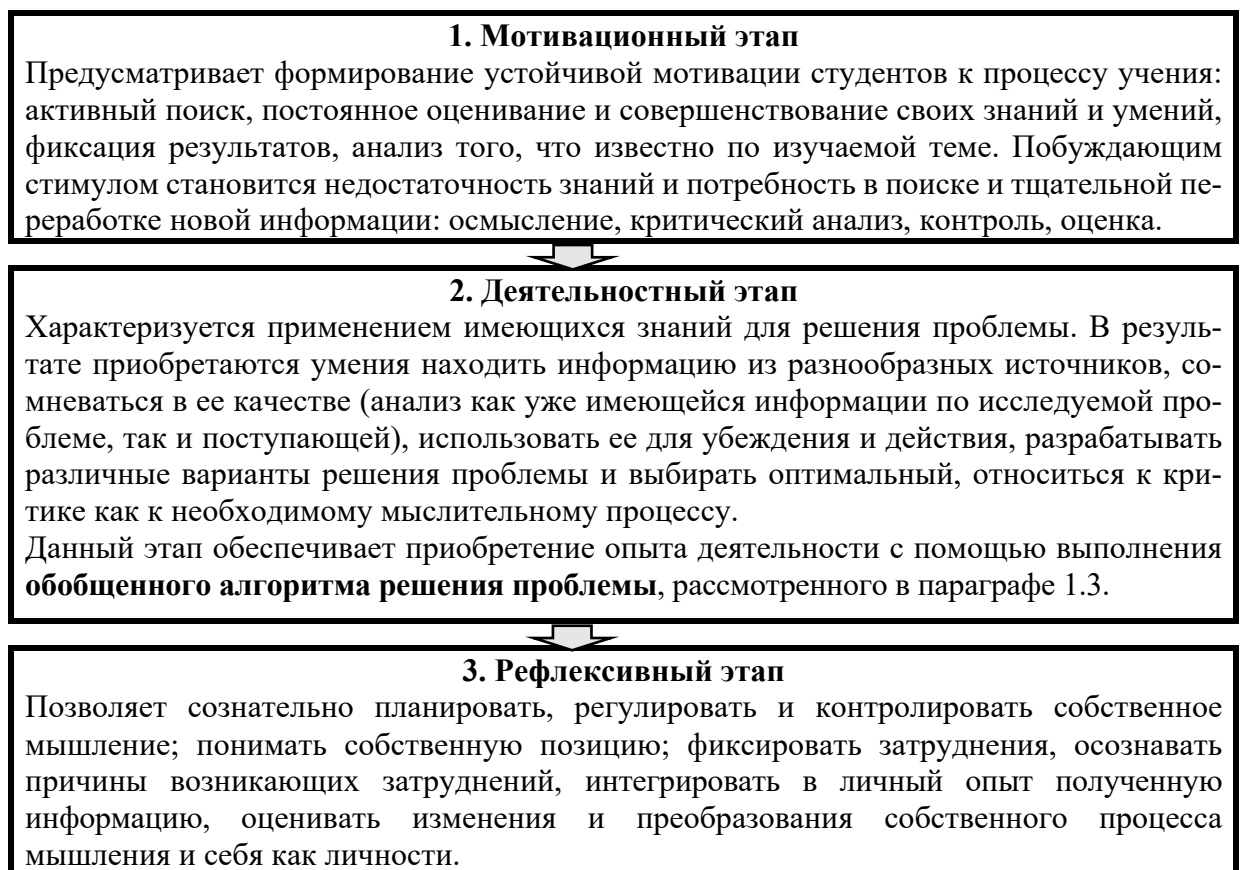


Рис. 1. Этапы исследовательской деятельности, способствующие становлению критического мышления

Проанализируем различные точки зрения на структуру критического мышления, представленные в современных диссертационных исследованиях (таблица 1).

**Структура критического мышления
в современных диссертационных исследованиях**

№	Автор	Компоненты КМ	Описание компонентов
1.	М. Л. Варлакова [15, с. 32]	когнитивный компонент	предполагает приобретение предметных знаний и знаний о критическом мышлении
		аналитический компонент	обеспечивает проверку логичности, точности всех выводимых утверждений
		личностный компонент	раскрывает личные качества критически мыслящего человека (наблюдательность, целенаправленность, самостоятельность)
		деятельностный компонент	предусматривает формирование умения решать проблемные ситуации, прогнозировать, искать логические ошибки
2.	И. А. Мороченкова [82, с. 11]	мотивационно-ценностный компонент	характеризуется способностью обучаемого к исследовательской деятельности
		когнитивный компонент	предполагает наличие у обучаемого теоретических знаний о понятии «критическое мышление» и его характеристиках
		деятельностный компонент	предусматривает наличие способности сомневаться в истинности информации, формулировать и проверять гипотезы, в дискуссии отстаивать собственную точку зрения
3.	Н. Ю. Тулысанова [128, с. 13]	мотивационный компонент	подразумевает умение использовать свой личный опыт, видеть смысл в выполняемой работе
		познавательный компонент	характеризуется наличием знания студента о себе в окружающем мире
		деятельный компонент	обеспечивает применение различных видов деятельности для достижения поставленной цели
		рефлексивный компонент	предполагает сформированность умений выявлять границы известного и неизвестного для получения недостающей информации
4.	Чан Тхи Тхань [133, с. 41–42]	мотивационный компонент	предполагает наличие мотива, выражающегося в желании понять основы получаемых знаний
		рефлексивно-оценочный компонент	предполагает наличие умений оценивать результаты собственной деятельности
		деятельностный компонент	характеризуется совокупностью учебных действий, обладание которыми позволяет оценивать качество предоставляемой информации

Анализ работ ученых М. Л. Варлаковой [15], И. А. Мороченковой [82], Н. Ю. Тулысановой [128], Чан Тхи Тхань [133] показал, что в структуре критического мышления чаще всего встречаются мотивационный, когнитивный, деятельностный, рефлексивный компоненты. Рассмотрим эти компоненты подробнее.

Когнитивный компонент обеспечивает формирование познавательных способностей у обучаемых, предполагает наличие представлений о критическом мышлении, знаний понятийно-терминологического аппарата, законов дисциплин, на базе которых происходит формирование критического мышления. В основе критического мышления находятся когнитивные умения – интерпретация, анализ, оценка, умозаключение, объяснение, саморегуляция.

Мотивационный компонент является одним из основных в структуре критического мышления, так как определяет наличие у студента мотива к исследовательской деятельности, критическому осмыслению, анализу, оценке информации, поступающей из различных источников. Мотивация студентов на систематическое самостоятельное обучение является той основой, на которой развиваются самоконтроль, самокоррекция, самоанализ. В качестве мотивов формирования у себя критического мышления выделяют желание не поддаваться манипуляциям, решать проблемы, эффективно взаимодействовать с людьми в поиске новых решений, саморазвиваться, понимать основы получаемых знаний, быть хорошо проинформированным по исследуемой проблеме, приходить к обоснованным выводам.

Деятельностный компонент обеспечивает активную позицию студентов в образовательном процессе. Студенты развивают умения искать, распознавать, проверять, доказывать, обобщать, прогнозировать, формулировать выводы, дискутировать.

Дискуссия – важный метод формирования критического мышления, так как в ней всегда присутствуют различные (в том числе противоположные) точки зрения на один и тот же вопрос. Она характеризуется как деятельность, направленная на выявление истины. В результате дискуссии появляется возможность обсуждать спорные вопросы, рассуждать; самостоятельно, аргументированно отстаивать свою позицию, толерантно относиться к мнениям собеседников.

Рефлексивный компонент обеспечивает анализ, оценку, коррекцию осуществляемой деятельности, выявление причин затруднения. Рефлексия несет функцию самоопределения личности, развитие индивидуальности.

Вывод: специфика критического мышления заключается в том, что оно неразрывно связано с осуществлением деятельности, направленной на проверку

достоверности информации, используемой для решения проблемы, постоянного контроля правильности выполнения отдельных действий и всего выбранного пути.

Критическое мышление характеризуется рациональностью, логичностью, аналитичностью, оценочностью, рефлексивностью. В качестве структурных составляющих критического мышления целесообразно выделить мотивационный, деятельностный и рефлексивный компоненты.

Выделенные нами этапы деятельности, обеспечиваемой критическим мышлением, тесно связаны и взаимообусловлены с компонентами критического мышления. Поэтому в нашем исследовании мы будем использовать термин *«компоненты критического мышления»*. Предполагается, что такое деление на компоненты условно, оно лишь позволяет акцентироваться на отдельных аспектах единого и целостного мыслительного процесса, приводящего субъекта к конечной цели его деятельности.

1.2. Методологические подходы и принципы формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике

Образовательный процесс в вузе строится с учетом ФГОС ВО 3++, в основу которого положен компетентностный подход, направленный на подготовку конкурентоспособных, мобильных личностей, ориентированных на «самообучаемость, самоопределение, развитие индивидуальности» [18, с. 108].

Поэтому в качестве основного подхода нами выбран **компетентностный подход**.

Теоретико-методологические аспекты компетентностного подхода были исследованы такими учеными, как В. И. Байденко [8], А. А. Вербицкий [18], И. А. Зимняя [44], А. В. Хуторской [132] и др.

Компетентностный подход базируется на таких ключевых понятиях, как «компетенция» и «компетентность».

Согласно А. В. Хуторскому компетенция – это «совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов, необходимых для того, чтобы качественно, продуктивно действовать по отношению к ним» [132, с. 60].

Иначе говоря, в основе понятия «компетенция» находится совокупность профессиональных знаний, специфических умений, навыков, необходимых специалисту для качественного выполнения своей профессиональной деятельности.

В настоящее время в системе высшего образования выделяется две категории компетенций – универсальные, необходимые любому специалисту, и профессиональные, тесно связанные со спецификой будущей профессии. Рассмотрим каждую из этих категорий применительно к подготовке выпускников горных вузов.

Согласно требованиям ФГОС ВО 3++, перед преподавателями стоит задача формирования у студентов на протяжении всего времени их обучения универсальных компетенций, необходимых человеку для реализации себя в различных сферах деятельности.

К базовым навыкам современного человека относят критическое мышление, умение работать в команде, навыки самоорганизации и саморазвития.

Согласно рабочим программам, математика является дисциплиной, относящейся к обязательному изучению студентами горных вузов любого направления подготовки. Из восьми существующих универсальных компетенций в перечень планируемых результатов обучения в рабочие программы дисциплины «Математика» занесена только универсальная компетенция УК-1 – *«Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»*.

Для достижения универсальной компетенции при обучении математике нами выделены *конкретные действия*, выполняемые студентами на занятиях (параграф 1.3). Также формирование критического мышления происходит с помощью выполнения деятельности, направленной на преодоление препятствий при поиске истинного знания, исследовании проблемных ситуаций, возникающих в рамках будущей профессии студентов.

Выясним основные направления деятельности будущих выпускников горных вузов, утвержденные в профессиональном стандарте «Специалиста по промышленной геологии» [89]. Раскроем значимость критического мышления при выполнении каждого вида деятельности.

Одним из важных направлений профессиональной деятельности будущих выпускников горных вузов, согласно утвержденному стандарту, является исследование и разработка залежей полезных ископаемых, горных пород. Указанная деятельность состоит в следующем [89]:

1. Сбор, анализ и систематизация геологической информации. Критическое мышление позволяет обрабатывать полученную в ходе геологоразведочных работ информацию. Результатом обработки является отбраковка некачественных данных, а также получение достоверных параметров для подсчета запасов и эффективной разработки месторождений полезных ископаемых.

2. Изучение геологических карт. С помощью критического анализа становится возможно верно интерпретировать информацию: правильно читать рельеф земной поверхности, определять истинные формы залегания горных пород, выделять структурно-тектонические этажи и ярусы.

3. Детальное исследование, анализ и оценка состава, структуры, возраста, текущего состояния горных пород. Критическое мышление позволяет на основе проведенного всестороннего анализа полученных данных определять риски, связанные с возможным обвалом пород, с затоплением шахт из-за близости расположения грунтовых вод. На основе этого проектировать городскую инфраструктуру (подземные стоянки, подземные переходы) и новые подземные сети (метро, тоннели).

4. Оценка технического состояния эксплуатационных скважин. Применяя критическое мышление, можно получить более полную информацию о работе скважины и в случае найденного повреждения определить, является оно следствием просчета, допущенного при ее строительстве, или дефект появился уже во время эксплуатации. Анализ причин повреждения позволяет правильно подобрать ремонтно-профилактические работы для предотвращения аварийных ситуаций при ее дальнейшей эксплуатации.

5. Применение критического мышления также требуется при *разработке рекомендаций* по использованию горных пород, *составлению оптимального плана* для дальнейшей работы, *выборе оптимальных параметров* используемой техники, *подборе* правильных технологических процессов.

В результате проведенного анализа направления деятельности будущих выпускников горных вузов мы выяснили, что специфика профессиональной деятельности студентов в основном связана с получением, обработкой, интерпретацией, анализом и оценкой информации.

Таким образом, можно сделать вывод, что выпускники горных вузов, должны быть ориентированы на *критический анализ* и *оценку* поступающей различной информации для того, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию месторождений полезных ископаемых и эффективно организовывать процессы горного производства.

Компетенции тесно связаны с компетентностью. Так, по А. В. Хуторскому компетентность – «владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности» [132, с. 60].

По мнению И. А. Зимней, сформированность компетентности выражается через «готовность к ее проявлению; владение знанием о ее содержании; опыт ее проявления в разнообразных стандартных и нестандартных ситуациях; отношение к содержанию компетентности и объекту ее приложения; готовность к регуляции процесса и проявлению компетентности» [44, с. 25–26].

Покажем, что критическое мышление, состоящее из выделенных нами компонентов, представляет собой не отдельно сформированный навык, а компетентность, формирующуюся постепенно, в том числе на всем протяжении обучения в университете и, в частности, при изучении дисциплины «Математика» (рисунок 2).

Раскроем обозначенные позиции.

Для того чтобы мыслить критически, необходимо прийти к пониманию того, что человек сам по своей воле должен организовать этот процесс.

Осознавая потребность в поиске здравого смысла, объективного знания, в разрушении стереотипов мышления, в эффективном взаимодействии с новой ин-

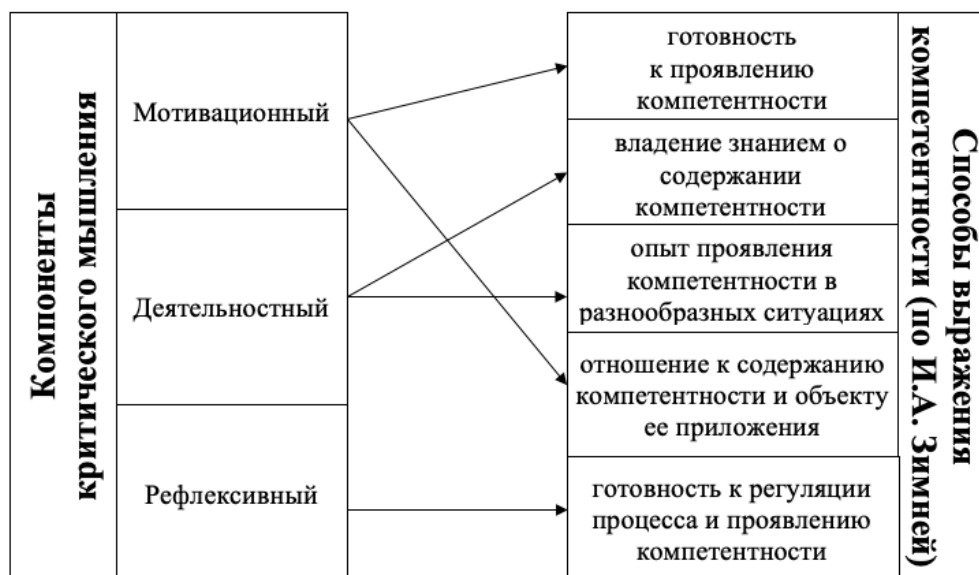


Рис. 2. Взаимосвязь компонентов критического мышления и понятия компетентность (по И. А. Зимней)

формацией, студент формирует мотив на осмысленную аналитическую, оценочную, рефлексивную деятельность.

Самосознание является отправным пунктом мотивации, которое усиливается по мере развития потребностей (в том числе образовательных) [70, с. 35]. В этом проявляется индивидуальный характер критического мышления.

В своей работе В. Д. Шадриков [134, с. 36] отмечает, что чувства, эмоции и мышление не бывают изолированными друг от друга, они взаимодополняемы. Именно личный контакт человека с полученной информацией (и возникающим на ее основе знанием) приводит к ее осмыслению и преобразованию, использованию на практике. В результате увеличивается вероятность получить правильные выводы, умозаключения. И если в процессе обучения на начальном этапе формирования критического мышления работа студентов с новой информацией происходит под контролем преподавателя, то в дальнейшем самостоятельность студентов должна постепенно увеличиваться (*мотивационный компонент*).

Формированию *деятельностного компонента* способствуют осмысление, обработка информации с последующим преобразованием ее в виде математической модели, исследованием и интерпретацией полученных результатов. Для этого необходимо владеть математическим аппаратом, такими методами как анализ,

обобщение, аналогия, классификация, абстрагирование, а также задействовать такие когнитивные процессы, как внимание, память, речь, мышление с целью систематизировать полученную информацию и перевести ее на уровень знания.

Развитие *рефлексивного компонента* проявляется при осознании смысла в своих действиях, исследовании и оценке собственных действий, реконструкции причин возникающих затруднений.

Таким образом мы показали, что в рамках реализации компетентностного подхода у студентов формируется представление о критическом мышлении, способах выражения, накапливается опыт применения критического мышления при анализе проблем в профессиональной сфере деятельности (в том числе при изучении дисциплины «Математика»).

Критическое мышление будет являться инструментом разрушения и деструкции, если не будет служить созидательным целям, лично значимым для мыслящего субъекта. Именно поэтому критическое мышление нет смысла рассматривать вне контекста деятельностного подхода. Поэтому второй выбранный нами подход – *деятельностный*.

Разработкой деятельностного подхода занимались такие ученые, как И. А. Зимняя [45], А. Н. Леонтьев [69], А. М. Новиков [88], В. Д. Шадриков [134] и др.

Базовым понятием деятельностного подхода является «деятельность».

Согласно А. Н. Леонтьеву, деятельность – «процесс, направленный на решение поставленной задачи в ходе достижения определенной цели, возникающей под влиянием потребностей и мотивов» [69].

Н. Л. Караваев характеризует деятельность как «сложную систему, имеющую организованную структуру в форме совокупности различных компонентов и процессов» [51, с. 101].

По мнению автора, в компонентный состав деятельности включены:

- «1) субъект (тот, кто выполняет деятельность);
- 2) потребность (то, что является причиной выполнения деятельности);
- 3) цель и задачи (то, что позволит удовлетворить потребность субъекта);
- 4) предмет (то, на что направлена деятельность);
- 5) технология (то, с помощью чего выполняется деятельность);

6) условия (в которых существуют субъект и объекты, другими словами, окружающая среда);

7) действия (основные элементы деятельности по преобразованию предмета с помощью технологий; именно они приводят субъекта к достижению цели);

8) результат (то, что получается в итоге выполнения деятельности);

9) оценка результата (на основе которой решается вопрос об эффективности выполненной деятельности)» [51, с. 102].

Деятельность «раскрывает особенности человека как субъекта личности» [88], способного к самоопределению, саморазвитию [69], к принятию взвешенных решений и их реализации [11], к рефлексии осуществляемой деятельности, при помощи которой становится возможно существенно менять направление деятельности, создавать и использовать новые идеи для построения деятельности [70].

По мнению И. А. Зимней [45], А. Н. Леонтьева [69], А. М. Новикова [88] и др., основное ядро деятельностного подхода в учебном процессе вуза составляют *различные виды деятельности* (познавательная, поисковая, творческая, исследовательская) и *активное включение студентов в учебный процесс* по усвоению знаний, которые в совокупности составляют базу для развития личности обучаемого.

Как было отмечено ранее, в рамках образовательного процесса в вузе одним из видов деятельности студентов является учебная деятельность. В нашем исследовании под учебной деятельностью понимается «организуемая педагогом в целях повышения эффективности деятельность учащихся, направленная на решение различного класса учебных задач, в результате которой они овладевают знаниями, умениями, навыками и развивают свои личностные качества» [2, с. 29].

В процессе учебной деятельности студенты включаются также в познавательную деятельность, через которую происходит формирование универсальных, профессиональных компетенций выпускников, отраженных во ФГОС 3++ [148, с. 327]. Знания и умения, полученные на протяжении всего времени обучения в университете, должны стать основой познавательной деятельности молодых специалистов.

Существенным стимулом познавательного интереса является поисково-исследовательская деятельность, связанная с получением и обработкой информации

(восприятие, преобразование, использование), активизирующая эмоционально-волевые процессы, а также формирующая мотивы к выполнению деятельности, «определяемые интересами и ценностями личности» [69].

Мотивация – обязательный компонент деятельности. По отношению к выполняемой деятельности мотивация бывает внешней или внутренней, но «всегда остается внутренней характеристикой личности как субъекта этой деятельности» [45, с. 5]. Осознавая потребность в том или ином виде деятельности, студент формирует настрой (мотив) на целенаправленную деятельность.

Суть познавательной деятельности в том, что студенты не получают готовые знания, а добывают их самостоятельно.

Для формирования критического мышления (согласно российским педагогам – В. А. Попкову, А. В. Коржуеву, Е. Л. Рязановой [104, с. 35]) познавательная деятельность студентов должна проходить совместно с применением:

– *познавательных затруднений* – постоянного атрибута учебного-познавательного процесса. Познавательные затруднения не возникают сами по себе. Деятельность студентов по преодолению затруднений должна быть правильно организована непосредственно преподавателем, например, с помощью решения проблемных ситуаций в социальной или профессиональной сферах. При этом студенты должны самостоятельно выяснить причину возникшего затруднения, проанализировать, оценить осуществленную деятельность, провести коррекцию способа деятельности с целью дальнейшего продуктивного действия по разрешению затруднения;

– *критически-рефлексивного типа деятельности*, предполагающего, что к истинному знанию студенты приходят, анализируя различные точки зрения, различные подходы, источники информации, постоянно оценивая степень их истинности.

То есть студенты должны прийти к осознанию того, что нет «правильных» знаний, необходимо овладеть способами получения знаний в непрерывном сочетании с оцениванием их достоверности.

Поэтому преподавателю важно в учебном процессе:

– создавать «препятствия», которые студенты должны преодолевать для получения новых знаний;

– организовать среду, в которой студенты имеют возможность проявлять инициативу в приобретении знаний, в работе с информацией, исследовать, совершать ошибки, осознавать и исправлять их, высказывать собственную точку зрения, критически осмысливать не только свою деятельность, но и деятельность других участников группы;

– затрагивать те темы, которые направляли бы студентов к поиску ответов на проблемные вопросы, к всестороннему анализу различных ситуаций, осознанию практической значимости изучаемого, выбору верного решения.

По мнению О. Г. Князевой [57], Т. В. Сапук [110], формирование критического мышления в образовательном процессе вуза возможно осуществить через развитие у студентов рефлексии, умения высказывать собственное мнение по рассматриваемой проблеме, способностей к самостоятельному выбору, обоснованному принятию решений, самостоятельности в овладении знаниями и умениями.

На основании вышеизложенного нами выделены виды деятельности обучающихся, способствующие формированию критического мышления:

1) деятельность по решению задач с помощью использования обобщенного алгоритма решения проблемы (параграф 1.3); таблиц ориентирования (параграф 2.2);

2) деятельность по решению нестандартных математических задач, направленных на рецензирование, на выявление противоречия, на обнаружение проблемы; задачи с некорректно представленной информацией (параграфы 2.1 и 2.3);

3) деятельность по решению прикладных задач (выдвижение гипотез; составление, анализ математических моделей и интерпретация результатов) (параграфы 2.2 и 2.3);

4) деятельность по решению специально составленных математических задач, используемых при проведении промежуточного и итогового контроля (параграф 2.3).

Таким образом, студенты переходят с репродуктивного уровня усвоения знаний на уровень познавательно-исследовательской деятельности, которая становится осмысленной, рефлексивной, оценочной.

Необходимым условием качественного образования студентов является способность к самообразованию. Соглашаясь с В. П. Беляевым и И. В. Гладковой [10],

под самообразованием мы понимаем все виды получения знаний, связанные с самостоятельной работой обучающихся. Осуществление самостоятельной работы формирует у студентов умения работать с информацией, формулировать выводы, умозаключения, на основе анализа, структурирования, синтеза и выстраивания цепочек логических рассуждений получать новое достоверное знание.

При организации самостоятельной работы студентов А. А. Темербекова [124] предлагает:

- подбирать задания таким образом, чтобы они способствовали активной деятельности студентов, раскрытию их творческого потенциала, использованию ранее приобретенных навыков;
- развивать мышление и интеллектуальную деятельность студентов;
- мотивировать студентов на самостоятельное пополнение знаний для улучшения качества своего образования и последующей успешной профессиональной деятельности.

К формам самостоятельной работы студентов, мотивирующим процесс самообразования и развития критического мышления, А. А. Темербекова [123] относит различные виды активного обучения студентов в группах: диспуты, разбор деловых ситуаций (кейсы), круглые столы.

Таким образом, можно сделать вывод, что современный процесс обучения, направленный на формирование критического мышления, должен развивать у студентов:

- потребность в том или ином виде деятельности, формируя у обучающегося настрой (мотив) на целенаправленную деятельность;
- самостоятельность при нахождении необходимой информации для решения поставленных проблем;
- умение применять операции анализа, сравнения, оценки для проверки достоверности используемой информации;
- умение проводить оценку своей деятельности и при необходимости корректировать ее;
- способность к самообразованию, осуществляя при этом проверку, оценку, контроль.

В данном случае реализуется основная цель образования – сделать студента готовым самостоятельно ориентироваться и активно действовать в реальных проблемных ситуациях, самостоятельно организовывать, оценивать, контролировать деятельность по их решению.

Анализ используемых нами подходов в области дидактики высшего образования позволил выделить **принципы обучения математике**, применение которых способствует **формированию критического мышления** у студентов.

Нами выделены следующие принципы: активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации¹.

Особенность выделенных принципов в том, что они позволяют организовать процесс обучения математике, способствующий формированию критического мышления, таким образом, чтобы студенты:

- занимали активную позицию в обучении (начиная с восприятия новой информации и заканчивая принятием собственного верного решения);
- проводили поиск и проверку информации (структурируя, логически перерабатывая и оценивая ее, задействовав личный опыт);
- учились ориентироваться в новых для себя условиях (появляется возможность интеграции учебной и профессиональной деятельности студентов посредством математического моделирования);
- учились проводить поиск ответа относительно практического результата при решении проблемной ситуации (в том числе грамотное, корректное оформление полученных результатов).

Раскроем выделенные нами принципы обучения математике, применение которых способствует формированию критического мышления у студентов горных вузов.

1. Принцип активного взаимодействия обеспечивает включение студентов и педагога в живое общение для совместного обсуждения и анализа проблемы, в

¹ Материалы данного исследования опубликованы в статье Воронина Л. В., Озерова Т. С. Модель формирования критического мышления будущих горных инженеров и инженеров-геологов в процессе обучения математике // Педагогическое образование в России. 2021. № 5. С. 67-78. DOI 10.26170/2079-8717_2021_05_08.

обмен мнениями по поводу достоверности используемой информации, возникающих противоречий, выдвинутых гипотез, поиска путей решения проблемы.

В параграфе 1.1 было отмечено, что критическое мышление является самостоятельным и индивидуальным процессом. Однако оно успешно развивается в результате проведения дискуссий, в ходе которых студенты имеют возможность высказывать свое мнение, соотносить его с мнением большинства, критически слушать других (контролировать, корректировать, оценивать), учиться понимать, что имеет в виду выступающий, не бояться вступить с ним в диалог, перепроверять и оспаривать доводы собеседников, корректировать собственные ошибочные представления.

Таким образом, можно сделать вывод, что для успешного формирования критического мышления участники дискуссии должны обладать коммуникативными качествами, инициативностью, любознательностью, навыками самоанализа, самоконтроля и самокоррекции.

Большое значение в процессе развития критического мышления придается формированию умения формулировать и задавать вопросы.

Вопросы играют важную роль в процессе обучения. Грамотно сформулированный преподавателем вопрос является побуждением к поиску, направляет «движение мысли» на всесторонний анализ проблемной ситуации, заставляет студентов рассуждать, мыслить последовательно, логично, самостоятельно, активизировать ранее приобретенные знания (личный опыт).

В этом случае у студентов не только проявляется критическое мышление, познавательная активность, но и развиваются умения самостоятельно формулировать и задавать правильные вопросы.

Отметим, что в результате применения принципа активного взаимодействия образуется обратная связь, то есть происходит передача информации от студента к преподавателю. Обратная связь важна, так как позволяет преподавателю проводить диагностику образовательного процесса, оценивать его результаты, корректировать собственные действия, оценивать уровень сформированности критического мышления у студентов. Для студентов также не менее важна обратная связь, так

как они имеют возможность получить информацию о своих достижениях и недостатках, об оценке своей деятельности преподавателем, советы по ее исправлению.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что в результате общения студентов между собой и с преподавателем происходит видение проблемы в новом свете, избавление от предрассудков, приближение к истине, вынесение объективных и обоснованных решений, что согласуется с идеей развития личности и формированием критического мышления.

2. Принцип опоры на личный опыт играет существенную роль в получении образования. При обсуждении какого-либо вопроса или проблемы, обращаясь к личному опыту, обучающиеся излагают свои мысли. Все высказывания, полученные от студентов, учитываются, фиксируются (например, на доске в виде схем, кластеров), систематизируются. В данном случае появляется возможность увидеть противоречивые мнения, нестыковки, которые ориентируют на поиск новой информации и работу с ней.

В профессиональной деятельности специалистов в результате соотнесения новой информации со знаниями, составляющими личный опыт, возможны оценка исследуемого процесса, выработка собственного мнения по выявленной проблеме профессионального характера. Если же у специалиста недостаточно знаний, то появляются предположения, гипотезы, строятся прогнозы об исследуемом процессе, что является стимулом для поиска недостающей информации и ее проверки – все это формирует критическое мышление, и одновременно происходит накопление нового личного опыта.

На рисунке 3 выделены общие черты личного опыта и критического мышления.

3. Принцип интегративности обеспечивает демонстрацию решения производственных проблем горного дела и геологии с помощью применения математического аппарата.

Использование данного принципа формирует у студентов ценностное отношение к математическим знаниям как профессионально значимым; способствует выработке навыков обоснованного принятия решений в области организации, планиро-



Рис. 3. Общие черты личного опыта и критического мышления

рования и управления горными работами, обеспечивает надежность выявления критериев, определяющих типы месторождений полезных ископаемых.

На рисунке 4 обозначены выделенные нами разделы дисциплины «Математика» и специальные дисциплины горного дела и геологии, содержание которых позволяет реализовать принцип интегративности в учебном процессе горных вузов¹.



Рис. 4. Интеграция математики и специальных дисциплин
горного дела и геологии

¹ Материалы данного исследования были опубликованы в статье Озерова Т. С. Формирование компонентов критического мышления студентов горного вуза на основе интеграции математики и специальных дисциплин горного дела и геологии // Педагогическое образование в России. 2022. № 2. С. 68–78.

4. Принцип управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации заключается в способности переносить ранее изученные факты, понятия, знания, умения в ситуацию профессионального характера посредством решения прикладных задач, кейсов.

Мы считаем, что управляемый переход от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации при изучении дисциплины «Математика» должен проходить с учетом выделенной специфики профессиональной деятельности студентов горных вузов (обработка, интерпретация, анализ и оценка информации) (с. 32) при решении проблемной ситуации, находящейся в сюжете задачи.

Раскроем это положение. Познавательный интерес к задаче у студентов формируется, когда работа над ее решением превращается в *аналог профессиональной деятельности*. Четкое и верное описание переменных, влияющих на качество решения, требует проведения анализа условия задачи, следовательно, возникает потребность в структурировании и систематизации материала с помощью построения кластеров, изображения схем, графиков, что невозможно сделать без включения таких способностей, как придумывать, изобретать, сравнивать, выбирать. Решение проблемной ситуации профессионального характера должно предусматривать построение математической модели и интерпретацию результатов.

Когда ответ получен, должна произойти *коммуникация* – изложение, обсуждение решения с другими участникам группы, поиск оптимального решения. Приобретенный новый опыт осмысливается, рефлексится. *Оценивается эффективность собственных действий*.

Таким образом, происходит преобразование имеющихся знаний в конкретные действия, осуществляется логический *переход от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации*, студенты могут увидеть возможности применения математических методов к задачам из специальных дисциплин горного дела и геологии. В результате студенты приобретают новые знания и осваивают новые способы деятельности.

Обобщение вышеизложенного позволяет сделать вывод, что выделенные нами *методологические подходы* (компетентностный, деятельностный) и *принципы* (активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации) обеспечивают формирование каждого компонента критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике, так как:

- позволяют повысить познавательную и профессиональную мотивацию студентов для оптимального решения проблемы (*мотивационный компонент*);
- обеспечивают применение математики при решении проблем профессионального характера студентов горных вузов, закладывают прочную базу как для развития компетенций, так и для поиска истины при коллективном обсуждении путей решения проблемы (*деятельностный компонент*);
- предусматривают организацию контроля и коррекции для выявления правильности выполнения осуществленных действий при решении проблемы (*рефлексивный компонент*).

1.3. Модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления

Эффективность процесса обучения математике студентов горных вузов, способствующего формированию критического мышления, определяется выбранными подходами, принципами, содержанием, этапами обучения, методами, приемами, формами, средствами, находящимися в основе нашего исследования.

Отметим, что в последние годы преподавание математики в вузах испытывает кризис, связанный с тем, что ориентация на формирование профессиональных компетенций приводит к сокращению количества часов, выделенных на аудиторную работу обучающихся, и увеличению часов на самостоятельную работу (чуть больше 50 % от общего количества часов).

Следовательно, необходима такая организация процесса обучения, которая обеспечивает:

– взаимообучение студентов, когда учащиеся сами имеют возможность обучать других, объяснять своими словами изучаемый материал, приводить примеры, отвечать на вопросы, вспоминать и использовать знания тогда, когда это необходимо (деятельностный подход);

– освоение знаний в процессе активного поиска и оценки (деятельностный подход);

– направленность на осознание значимости математических знаний и умений в будущей профессиональной деятельности (компетентностный подход).

Нами разработана структурно-функциональная модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления, включающая: структуру (цель, содержание процесса, результат); функциональные компоненты (этапы, показатели, уровни сформированности), представленная на рисунке 5.

В разработанную модель включены следующие блоки: нормативно-целевой (определяет направленность методики обучения математике на формирование у студентов критического мышления), методологический (отражает базовые подходы и принципы, на которых построена методика преподавания математики студентов горных вузов), содержательный (описывает содержание компонентов критического мышления, разделы дисциплины «Математика», ориентированные на формирование критического мышления), организационный (описывает основные этапы обучения математике с целью формирования критического мышления), технологический (содержит основные методы, приемы, формы и средства формирования критического мышления у студентов), оценочно-результативный (описывает показатели сформированности каждого компонента критического мышления).

В основе построения предлагаемой модели находятся теоретико-методологические положения компетентностного и деятельностного подходов.

Нормативно-целевой блок состоит из *требований* Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО 3++), в котором первой универсальной компетенцией является: «УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения

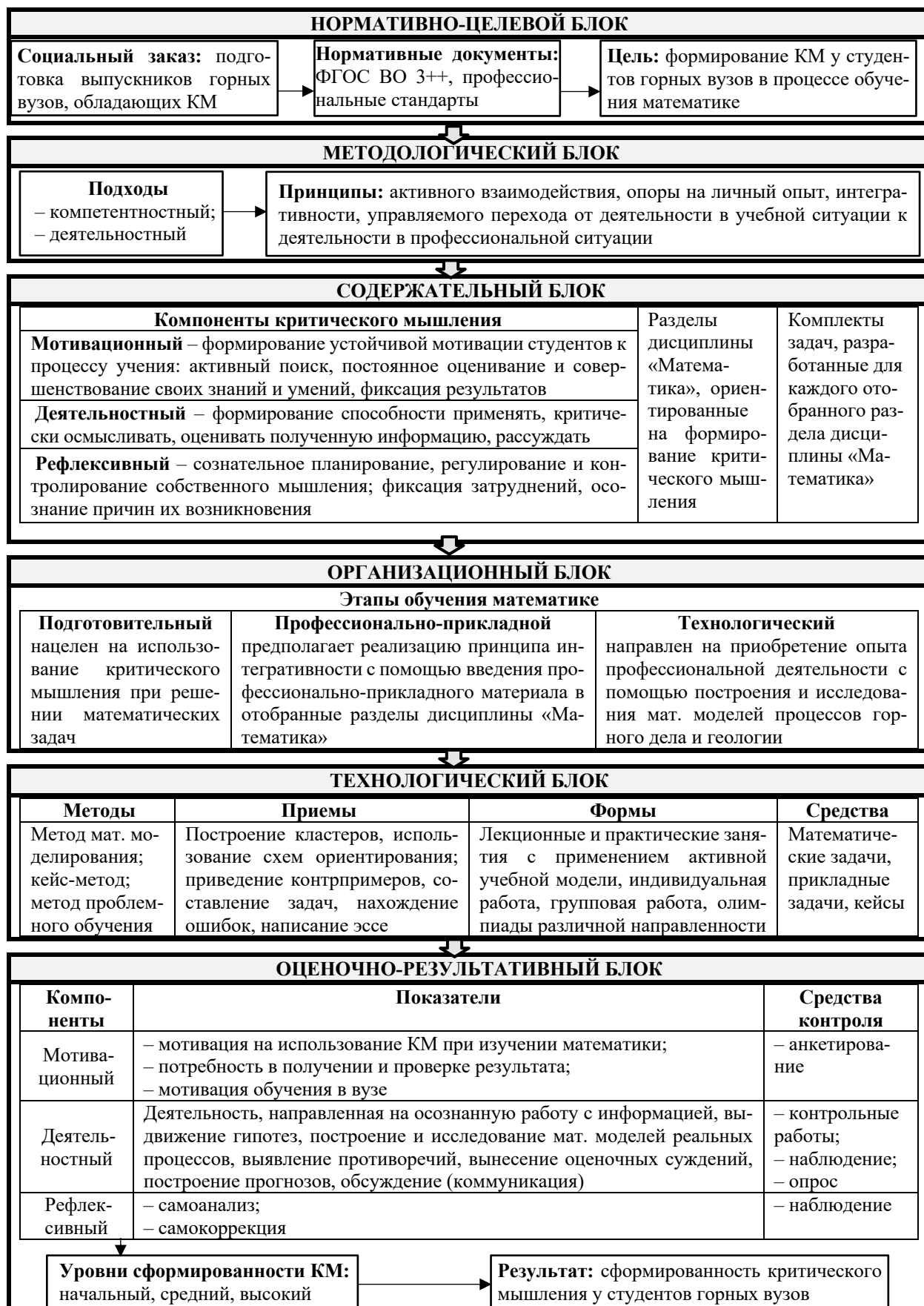


Рис. 5. Модель обучения математике студентов горных вузов
в контексте формирования критического мышления

поставленных задач», учебных планов и рабочих программ дисциплины «Математика»; **цель** – формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике; **социальный заказ** – подготовка выпускников горных вузов, обладающих критическим мышлением¹.

Задачи обучения математике, способствующие формированию критического мышления:

1. Овладение студентами теоретическим материалом дисциплины «Математика», активизирующим личный опыт для решения поставленных задач (понятия, свойства, теоремы).

2. Формирование способностей у студентов горных вузов с помощью критического анализа выделять части из целого, подлежащие анализу, и определять критерии, влияющие на изменение изучаемых частей, выдвигать гипотезы, строить математическую модель изучаемого процесса, интерпретировать полученные результаты, делать обоснованные выводы.

3. Формирование основных навыков решения задач дисциплины «Математика»: анализировать задачу и разрабатывать план математической деятельности (последовательность этапов выполнения решения); реализовывать намеченный план.

4. Формирование способностей оценивать полученные результаты, выбирать оптимальное решение задачи с помощью сравнения различных способов решения.

5. Формирование у выпускников горных вузов способностей применять математические знания для решения задач из области профессионально-прикладных дисциплин.

Методологический блок модели представлен компетентностным и деятельностным *подходами*, а также принципами обучения математике, способствующими становлению критического мышления у студентов горных вузов: активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации.

¹ Материалы данного исследования опубликованы в статье Воронина Л. В., Озерова Т. С. Модель формирования критического мышления будущих горных инженеров и инженеров-геологов в процессе обучения математике // Педагогическое образование в России. 2021. № 5. С. 67–78. DOI: 10.26170/2079-8717_2021_05_08.

Подробное описание методологических подходов и принципов содержится в параграфе 1.2.

Содержательный блок представлен выделенными нами компонентами критического мышления: *мотивационным; деятельностным; рефлексивным.*

Опишем подробнее компоненты критического мышления.

Мотивационный компонент предусматривает формирование устойчивой мотивации студентов к процессу учения: активный поиск, постоянное оценивание и совершенствование своих знаний и умений, фиксация достигнутых результатов.

Преподаватель должен дать возможность студентам самим поставить цели обучения, создать необходимый стимул к получению знаний. Например, таким побуждающим стимулом становится недостаточность знаний и потребность в поиске и тщательной переработке новой информации (осмысление, критический анализ, контроль, оценка) для последующего формулирования умозаключений, обоснованных выводов, принятия верных решений. Студенты также должны осознать потребность в выполнении того или иного вида деятельности по решению проблемы, в самостоятельной оценке, контроле, коррекции как способов осуществления этой деятельности, так и ее результатов.

Деятельностный компонент способствует формированию у студентов способности критически осмысливать, оценивать полученную информацию. В результате приобретаются умения сомневаться в качестве предлагаемой информации, использовать ее для убеждения и действия (здесь важное значение имеет качество отобранной информации), относиться к критике как к необходимому мыслительному процессу.

Данный компонент позволяет студенту проявлять активность в приобретении опыта деятельности (в том числе профессиональной) на основе выполнения **обобщенного алгоритма решения проблемы:**

- 1) выявить проблемную ситуацию;
- 2) проанализировать проблемную ситуацию (рассмотреть различные варианты решения проблемы);
- 3) сформулировать правильные вопросы: уточняющие, оценочные, возражающие;

4) проанализировать имеющуюся в условии проблемной ситуации информацию:

- выявить избыточную информацию;
- выявить недостающую информацию и осуществить ее поиск, осмыслить и переработать; представить информацию в различных формах (таблицы, схемы, графики, диаграммы); соотнести ее с уже имеющимися знаниями; систематизировать полученные данные;

5) проанализировать поступающую информацию: выдвинутые гипотезы (доказать, опровергнуть на основе приведенных аргументов, фактов, подтверждающих надежность используемой информации);

- 7) выявить противоречия (несоответствия признанному стандарту);
- 8) вынести оценочные суждения (отличать факты от мнений);
- 9) сформулировать собственные выводы с качественным обоснованием;
- 10) проанализировать полученное решение, оценивая его достоинства и недостатки;
- 11) выбрать оптимальный (для данных условий) вариант решения проблемы;
- 12) спрогнозировать и проанализировать последствия вынесенных решений;
- 13) получить признание найденного решения окружающими (посредством проведения обсуждения в группе).

Рефлексивный компонент позволяет сознательно планировать, регулировать и контролировать собственное мышление; понимать собственную позицию; фиксировать затруднения, осознавать причины возникающих затруднений, интегрировать в личный опыт полученную информацию, оценивать изменения и преобразования собственного процесса мышления и себя как личности.

Реализация данного компонента возможна через:

- 1) поиск и устранение ошибок (в том числе логических);
- 2) оценивание истинности мысли и ее логическую правильность;
- 3) критическую оценку собственных выводов и попытку их опровергнуть;
- 4) нахождение слабых мест с помощью поиска несоответствий;
- 5) исправление своих действий;
- 6) оценивание успешности собственной деятельности, своих возможностей.

Формированию рефлексивного компонента способствует умение студента формулировать вопросы и отвечать на них. Здесь появляется возможность развития самореализации обучаемого. Студент становится способным ответить на поставленные им самим вопросы.

На рисунке 6 изображена схема запуска процесса рефлексии при решении задач.

Перечислим разделы дисциплины «Математика», отобранные нами для формирования критического мышления у студентов: элементы линейной алгебры, элементы векторной алгебры, аналитическая геометрия на плоскости, аналитическая геометрия в пространстве, математический анализ, функции нескольких переменных, обыкновенные дифференциальные уравнения, элементы теории вероятностей и математической статистики.

Комплекты задач представлены в учебно-методическом пособии [96].

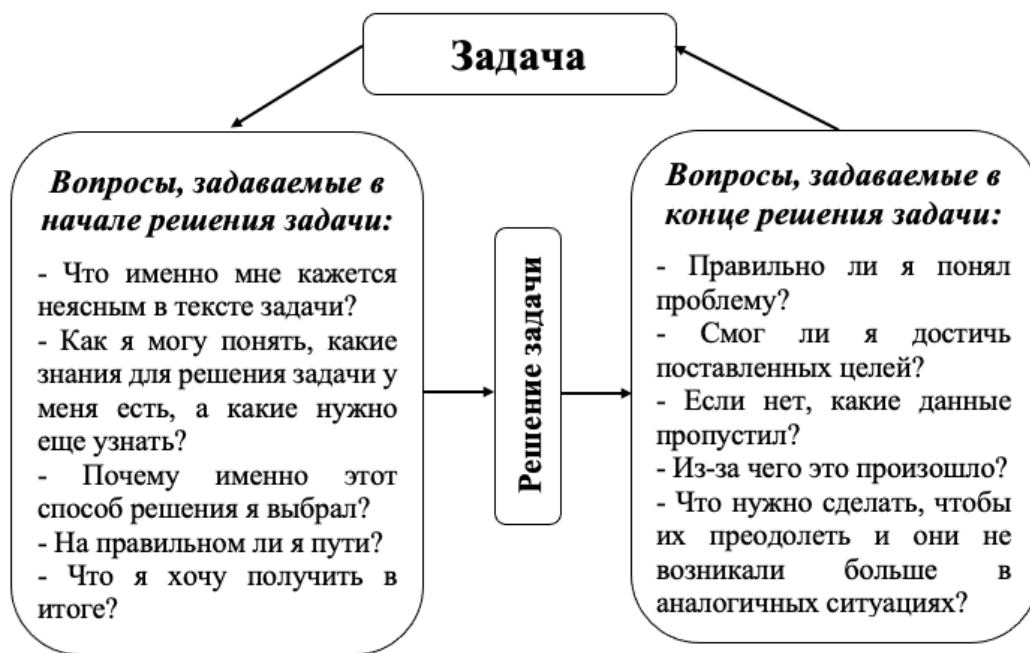


Рис. 6. Процесс рефлексии при решении задач

Организационный блок содержит *этапы обучения математике с целью формирования критического мышления*: подготовительный, профессионально-прикладной, технологический.

Подробное описание этапов представлено в параграфе 2.3.

Технологический блок модели включает методы, приемы, формы и средства формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике.

Для формирования критического мышления в процессе обучения математике нами были выбраны следующие **методы**: математическое моделирование, кейс-метод, метод проблемного обучения и **средства**: математические задачи, прикладные задачи, кейсы, подробно описанные в параграфе 2.1.

Наиболее эффективные **приемы** формирования критического мышления у студентов представлены на рисунках 8 и 10. Примеры использования всех перечисленных приемов рассматриваются в параграфе 2.3 и в статье [94].

В качестве **форм** достижения цели формирования критического мышления у студентов в вузе можно рассмотреть практические занятия, на которых проходит решение кейсов, математических задач, прикладных задач как в индивидуальной, так и в групповой форме; участие студентов в олимпиадах различной направленности.

Оценочно-результативный блок имеет цель измерения и оценки результативности формирования критического мышления и включает показатели сформированности компонентов критического мышления¹.

В числе *показателей сформированности компонентов критического мышления* у студентов горных вузов в процессе обучения математике мы рассматриваем следующие:

1) мотивацию на использование критического мышления при изучении математики; потребность в получении и проверке результата; мотивацию обучения в вузе (**мотивационный компонент**);

2) деятельность, направленную на работу с информацией, выдвижение гипотез, построение и исследование математических моделей реальных процессов, выявление противоречий, вынесение оценочных суждений, построение прогнозов, коммуникацию (**деятельностный компонент**);

3) самоанализ, самокоррекцию деятельности (**рефлексивный компонент**).

¹ Материалы данного исследования опубликованы в статье Воронина Л. В., Озерова Т. С. Модель формирования критического мышления будущих горных инженеров и инженеров-геологов в процессе обучения математике // Педагогическое образование в России. 2021. № 5. С. 67–78. DOI 10.26170/2079-8717_2021_05_08.

Совокупность выделенных показателей позволила охарактеризовать уровни сформированности критического мышления у студентов горных вузов, описанные в параграфе 3.1 (таблица 18).

В качестве **средств контроля** нами используются тестирование, анкетирование, контрольные работы, наблюдение, опрос.

На основе предложенной модели разработана методика обучения математике, применение которой способствует формированию критического мышления у студентов горных вузов.

Выводы по первой главе

1. Анализ психолого-педагогической литературы и нормативных документов показал, что критическое мышление характеризуется рациональностью, логичностью, аналитичностью, оценочностью, рефлексивностью.

2. Под критическим мышлением понимается мыслительный процесс, позволяющий провести всесторонний анализ проблемной ситуации для выбора оптимального пути ее решения и оценки возможных последствий на основе личного опыта, проверенных фактов и проведенной рефлексии.

3. Специфика критического мышления заключается в его неразрывной связи с осуществлением деятельности, направленной на проверку достоверности информации, используемой для решения проблемы, постоянного контроля правильности выполнения отдельных действий и всего выбранного пути.

4. Структурными составляющими критического мышления являются мотивационный, деятельностный и рефлексивный компоненты.

5. В основе построения и реализации разработанной структурно-функциональной модели обучения математике находятся компетентностный и деятельностный подходы, которые позволяют комплексно решить поставленную нами проблему формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике.

6. Модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления состоит из нормативно-целевого, методологического, содержательного, организационного, технологического и оценочно-результативного блоков.

7. Результативному функционированию разработанной модели обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления способствует реализация принципов формирования критического мышления: *активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации.*

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ ВУЗОВ С ЦЕЛЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

2.1. Методы, приемы и средства формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике

Основные направления деятельности будущих выпускников горных вузов (обработка, интерпретация, анализ и оценка информации) определяют *методы формирования критического мышления* у студентов, которые мы рассматриваем как набор взаимосвязанных действий, приемов, осуществляемых преподавателем и студентами, направленных на овладение критическим мышлением.

Методы, которые мы будем использовать, должны быть реализованы с учетом сформулированных выше принципов: активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации.

В качестве **методов формирования критического мышления** нами применяются интерактивные методы обучения: *метод математического моделирования*, который является основным методом исследования всевозможных процессов в горном деле, позволяет на основе закона, регулирующего изучаемый процесс, получить, исследовать и решить уравнение, оценить корректность его решения; *кейс-метод*, характеризующийся отсутствием четкого алгоритма при решении, предполагает всесторонний вдумчивый анализ, глубокое погружение в основные вопросы кейса, осмысление изучаемого процесса с точки зрения его эффективного применения в практической деятельности; *метод проблемного обучения*, обеспечивающий самостоятельность мышления студентов, использование их личного опыта.

Методы обучения в педагогической практике осуществляются разнообразными средствами. В состав методов включены приемы. Кроме этого, методы обучения реализуются в разных организационных формах. Поэтому, раскрывая тот или иной метод, мы будем описывать также приемы и средства обучения.

Рассмотрим подробнее перечисленные методы, а вместе с ними приемы и средства формирования критического мышления в процессе обучения математике.

Как известно, непосредственное изучение геологических систем, реальных процессов горного производства может быть опасным, дорогостоящим или вообще неподдающимся точному описанию, поэтому основной метод исследования в горном деле при разработке, добыче, обогащении месторождений полезных ископаемых, а также при исследовании производственных процессов – математическое моделирование, то есть **построение математической модели** исследуемых процессов.

Данный метод является результативным методом формирования критического мышления, так как для построения математической модели задействованы все мыслительные операции: анализ, синтез, сравнение, абстрагирование, обобщение и конкретизация.

В нашем исследовании под моделью понимается «мысленная или материальная система, замещающая объект познания и служащая источником новой информации о нем» [7, с. 21].

Математическое моделирование позволяет преобразовать исследуемый процесс в математическую модель, анализировать, выделять существенные характеристики. Метод моделирования делает возможным активно применять математику в будущей профессиональной деятельности студентов.

Различные стороны использования математического моделирования в горном деле и геологии отражены в публикациях В. Г. Ворошилова [26], В. А. Гоголина [28], Ю. Л. Гульбина [34], О. Г. Латышева [68], О. О. Казак [68], Т. С. Лукиных [74], Ю. Г. Шестакова [142].

В работе М. И. Коробочкина [63] описываются особенности использования математического моделирования в геодезии.

М. И. Щадов, И. А. Огнев, В. Ю. Конюхов рассматривают математические модели в горном менеджменте [144].

Основываясь на анализе этапов процесса моделирования, представленных в работах О. Г. Латышева [68], О. О. Казак [68], М. И. Коробочкина [63], Ю. Г. Ше-стакова [142], мы уточняем, что процесс моделирования можно представить в виде цикла (рис. 7).

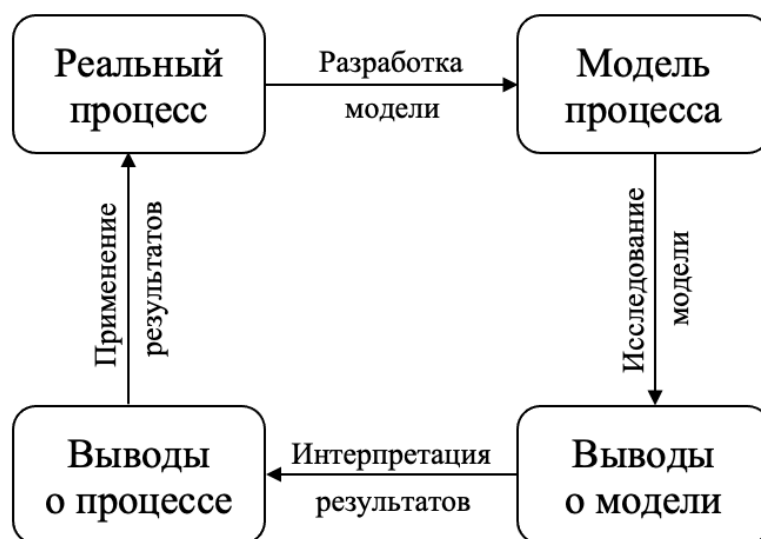


Рис. 7. Цикл моделирования

Опишем подробно процедуру моделирования, определяя ее как процесс познания, формирующий критическое мышление студентов:

- моделирование начинается со всестороннего критического анализа, осмысления информации, связанной с исследуемым реальным процессом;
- выбирается то свойство (проявление) этого процесса, которое подлежит исследованию;
- определяются критерии оценки исследуемого свойства;
- выделенное свойство перерабатывается и записывается в виде математических отношений и формул (алгебраические уравнения и неравенства, дифференциальные уравнения или их системы);
- выбирается оптимальный метод решения построенной математической модели (корреляционный анализ, регрессионный анализ, геометрический или аналитический методы);
- проводятся расчеты;
- математическая модель исследуется, оценивается, критикуется;

- модель проверяется на наличие противоречий между выводами, которые можно сделать из модели и из реальных данных, и если необходимо, то модель корректируется и совершенствуется для улучшения ее свойств;

- полученные результаты анализируются, критикуются и интерпретируются с учетом реальной ситуации, переводятся в область терминов специальной дисциплины;

- оценивается эффективность применения построенной модели;

- выбирается способ записи ответа (цифровая таблица, график);

- формулируются выводы;

- прогнозируется поведение исследуемого процесса в условиях, где эксперименты пока не проводились или вообще невозможны.

Опишем основные моменты формирования каждого компонента критического мышления у студентов при построении ими математической модели реального процесса.

Мотивационный компонент критического мышления:

- формируется осознание необходимости получения математических знаний и умений для применения их при построении моделей реальных процессов горного дела и геологии.

Деятельностный компонент критического мышления:

- формируются умения применять, если необходимо, то дополнять имеющиеся знания для построения математической модели;

- отрабатываются новые ранее неизвестные способы деятельности (освоение новых способов деятельности ведет к накоплению личного опыта и формированию критического мышления);

- отрабатывается алгоритм построения аналогичных моделей, контролируется и оценивается правильность его выполнения;

- развивается активный подход к исследованию производственных процессов горного дела и геологии, предполагающий выявление недостатков, противоречий, ошибок при построенной математической модели, требующий глубокого вдумчивого анализа.

Рефлексивный компонент критического мышления:

- формируется понимание основных идей построения модели и аналогичных моделей;
- отрабатывается навык проверки полученного решения;
- формируется навык проверки соответствия полученных данных о модели принятым нормам и правилам, теоретическим знаниям о производственном процессе (здесь проявляется глубина знания и понимания);
- отрабатывается навык выявления и устранения ошибок.

В рамках изучения дисциплины «Математика» метод математического моделирования применяется в сочетании с другими методами. Одним из таких методов является *кейс-метод*. В качестве средства обучения при реализации данного метода используется кейс.

Мы определяем *кейс* как инструмент, позволяющий объединить математику с большим количеством специальных дисциплин горного дела и геологии, читаемых в горном вузе, за счет использования математического моделирования изучаемых в них процессов.

Решение кейса обеспечивает:

- углубленное изучение выбранного раздела дисциплины «Математика», закрепление полученных знаний и умений, заполнение пробелов в имеющихся знаниях;
- использование полученных знаний и умений для решения проблем, возникающих в реальных производственных процессах;
- развитие умений анализировать, обобщать, формулировать выводы с четкой и убедительной аргументацией;
- эмоциональную включенность в процесс решения.

По мнению авторов А. В. Кирьяковой [55], С. В. Мечик [80], М. В. Солодихиной, А. А. Солодихиной [117], в структуре кейса содержатся:

- *методическая часть* – разъясняет место данного кейса в структуре учебной дисциплины;

- *сюжетная часть* – содержит материал проблемного характера, требующий постановки цели, задач, всестороннего анализа рассматриваемой проблемы, определения путей ее решения;

- *информационная часть* – содержит материал, необходимый для построения и исследования математической модели процесса. На базе имеющейся информации выдвигаются и проверяются идеи профессионального характера. На основе выбранной идеи происходит поиск решения проблемы, оценивается его оптимальность.

Решение кейсов предполагает направленную преподавателем групповую или коллективную работу студентов, в основе которой находятся диалогические процессы.

Кратко опишем основные моменты, связанные с формированием критического мышления у студентов при решении кейса.

Основываясь на анализе используемого справочного материала, информации, найденной в различных источниках, студенты при совместном обсуждении:

- формулируют и анализируют проблему;
- проверяют качество источников, оценивают надежность всей информации, собранной командой;
- анализируют, сравнивают, противопоставляют различные сведения о проблеме;
- выявляют избыточные данные, находящиеся на рисунках, в таблицах;
- организуют поиск и проверку недостающей информации (если это необходимо);
- анализируют идеи, аргументы, предложенные участниками группы;
- рассматривают, оценивают различные варианты решения и выбирают оптимальный для данных условий;
- предвидят последствия принятых решений и возможных ошибок.

Логически выстроенная цепочка рассуждений позволяет студентам понять, каким образом можно построить математическую модель процесса, оценить ее адекватность. Отметим, что сложность построения математической модели изучаемого процесса должна соответствовать оптимальному уровню математической

подготовки студентов, чтобы возможно было осуществить обучение одними учащимися группы других.

При выборе оптимального способа решения кейса, аргументированном обосновании принятого решения, объективной оценке полученных результатов осуществляется рефлексия.

Таким образом, в процессе решения кейсов проявляются все выделенные нами ранее характеристики критического мышления (параграф 1.1): рациональность, логичность, аналитичность, оценочность, рефлексивность.

Еще одним важным методом для формирования критического мышления является **метод проблемного обучения**. Данный метод обеспечивает самостоятельность мышления, предполагает обращение учащихся к их личному опыту. В качестве проблемных заданий в процессе обучения математике могут выступать математические задачи.

Вопросами определения, классификации, использования задач в обучении математике занимались Г. А. Балл [9], Ю. М. Колягин [60], В. И. Крупич [64], Л. В. Фридман [130].

Термин «задача», как любое сложное явление, имеет различные трактовки.

В толковом словаре С. И. Ожегова «задача» понимается как «то, что требует исполнения, решения» [93].

Г. А. Балл под задачей понимает «систему, обязательными компонентами которой являются: а) предмет задачи, находящийся в исходном состоянии (исходный предмет задачи); б) модель требуемого состояния предмета задачи (требование задачи)» [9, с. 31].

У Л. Ф. Фридмана в основе определения задачи находится проблемная ситуация, для решения которой предполагается построение математической модели. Задача определяется им как «модель проблемной ситуации, выраженная с помощью знаков некоторого естественного или искусственного языка» [130, с. 15].

В нашем исследовании под **задачей** понимается некоторая проблемная ситуация, которая требует от обучаемого определенных направленных действий для установления связи между неизвестными и известными величинами.

При решении математических задач обучающиеся фиксируют затруднения, пытаются понять и объяснить собственную деятельность, выяснить моменты непонимания и причину их возникновения. Для этого могут применяться **приемы** формирования критического мышления у студентов, представленные на рисунке 8.

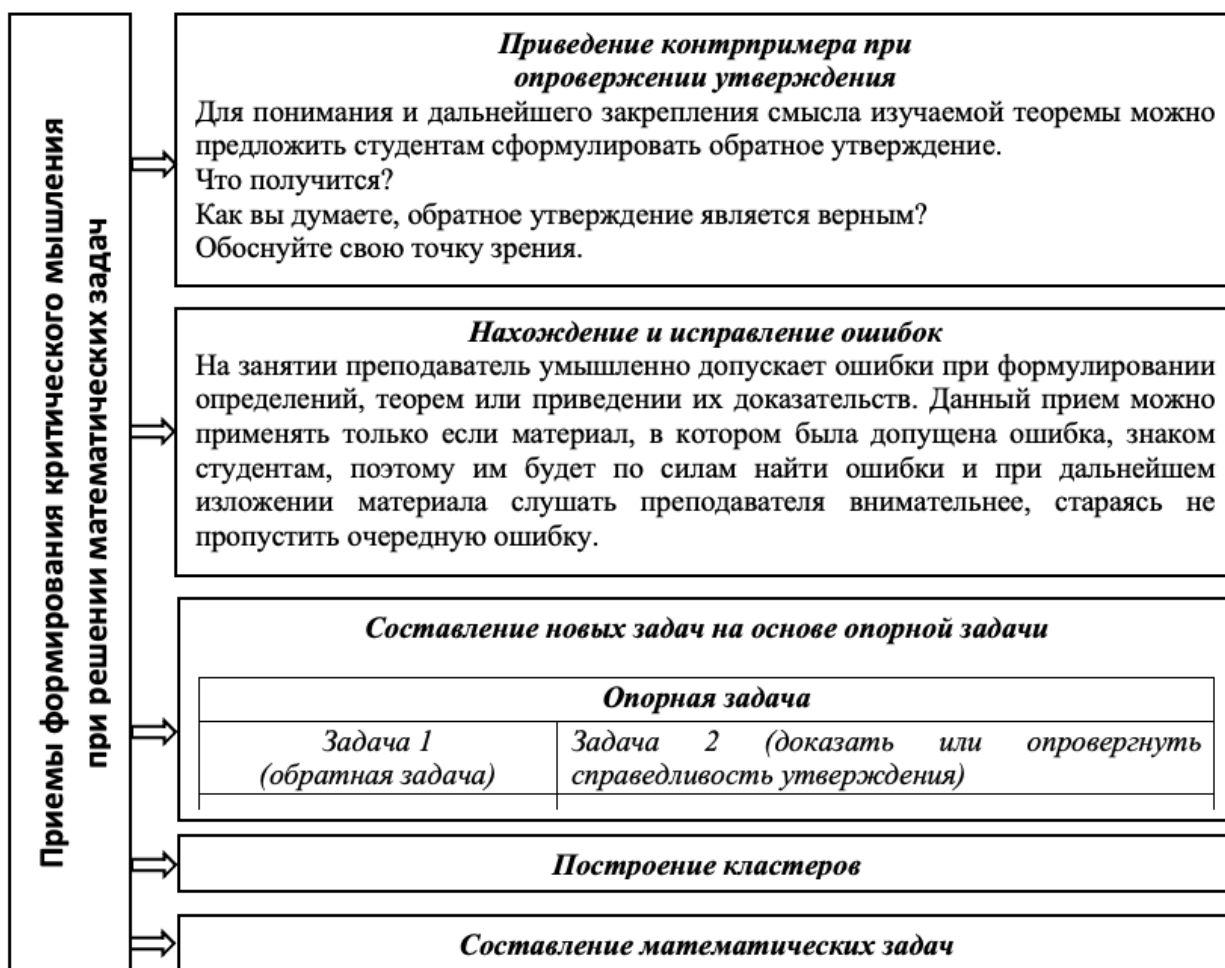


Рис. 8. Приемы формирования критического мышления при решении математических задач

Выясним вид задач (кроме математических), способствующих формированию критического мышления у студентов вузов в процессе обучения математике.

Анализ научно-педагогической литературы [46; 48; 115; 126; 157], в которой речь идет об усилении математической подготовки студентов вузов, показал, что в данных исследованиях рассматриваются в основном два вида задач: профессионально ориентированные и прикладные. Определения понятий перечисленных задач рассмотрены в таблице 2.

Виды задач

Автор, вид задачи	Определение
Д. Икрамов <i>прикладная задача</i>	Задача, «в ходе решения которой используются приемы, способы и методы, характерные для деятельности в области применения математики» [48, с. 180].
А. А. Зубова <i>профессионально ориентированная задача</i>	«Некоторая абстрактная модель реальной проблемной ситуации, возникающей в профессиональной деятельности и решаемой средствами математики, в фабуле которой заложена возможность варьирования условия, процедур и результата» [46, с. 128].
А. А. Соловьева <i>профессионально ориентированная задача</i>	Задача «с практическим содержанием, в котором отражаются межпредметные связи с изучаемой предметной областью знания и раскрываются прикладные аспекты научных знаний в профессиональной деятельности» [115, с. 96].
Н. А. Терешин <i>прикладная задача</i>	Задача, «поставленная вне математики и решаемая математическими средствами» [126].
М. Шоди <i>профессионально ориентированная задача</i>	Задача, «представляющая абстрактную модель некоторой реальной ситуации, возникающая в профессиональной деятельности, решаемая математическими методами или методами, применяемыми в профессиональной деятельности будущих специалистов, и способствующая развитию личности будущего специалиста» [157].

Проведя сравнительный анализ рассмотренных выше определений видов задач, можно сделать вывод о том, что в условии задач находится модель реальной ситуации из области будущей профессиональной деятельности студентов, они направлены на реализацию интеграции математики с профессионально-прикладными дисциплинами, решение задач осуществляется с помощью применения математического аппарата.

Исходя из этого, в настоящем исследовании мы используем термин ***прикладная задача***, под которой будем понимать задачу, в основе которой находится профессиональный сюжет, содержащий реальную ситуацию, требующую от студентов построения и исследования математической модели процесса, описываемого в сюжете.

Объектами исследования в горном деле могут быть процессы, связанные с определением уровня расположения депрессионной кривой скважины, нахождением номера ступени при вскрытии месторождения, определением оптимального режима работы в забое шахты, выявлением эффективности очистки карьерных вод от взвешенных частиц и т. д., а в качестве математических моделей указанных процессов выступают уравнения, неравенства или их системы из различных разделов математики (линейная алгебра, дифференциальные уравнения и т. д.).

Соответствие разработанных нами прикладных задач, кейсов и отобранных разделов математики представлено в таблице 3.

Таблица 3

Соответствие прикладных задач, кейсов разделам математики

№ п/п	Разделы математики	Линейная алгебра	Аналитическая геометрия	Дифференциальное исчисление функций одной переменной	Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных	Дифференциальные уравнения	Теория вероятностей	Математическая статистика
	Кейсы, прикладные задачи							
	Кейсы							
1	Кейс о вычислении мощности тела полезного ископаемого		+	+	+	+		
2	Кейс об определении оптимального режима работы в забое шахты						+	+
3	Кейс о проведении анализа и оценки вещественного состава горных пород						+	+
4	Кейс об определении оптимальных высот наружных геодезических знаков				+			
	Прикладные задачи							
1	о нахождении объема добычи угля	+						
2	об определении стоимости смеси различных составов песка		+					
3	о вычислении 1) радиуса сечения горной выработки; 2) оптимального места постройки завода по переработке руды; 3) распределения горного давления			+				
4	о выборе оптимальных параметров вскрытия ступенчатой схемы месторождения			+				
5	о нахождении 1) депрессионной кривой; 2) эффективности очистки карьерных вод от взвешенных частиц; 3) концентрации выделений вредных веществ в забое; 4) скорости обесценивания горно-обогатительного оборудования; 5) зависимости скорости движения куска рудной массы от времени					+		

Как известно, решение любой задачи происходит в несколько этапов. Этапы решения прикладных задач и их содержание представлены на рисунке 9.



Рис. 9. Этапы решения прикладных задач

При решении прикладных задач нами применяются следующие **приемы** формирования критического мышления у студентов, представленные на рисунке 10.



Рис. 10. Приемы формирования критического мышления
при решении прикладных задач

Таким образом, для формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике целесообразно использовать:

- метод математического моделирования в сочетании с кейс-методом. В данном случае в качестве средства используются кейсы;
- метод проблемного обучения. В качестве средств используются математические задачи, приемами служат приведение контрпримеров, нахождение ошибок и др., а также прикладные задачи с использованием таких приемов, как построение кластеров, схем ориентирования и др.

2.2. Использование математических задач, кейсов и прикладных задач для формирования критического мышления у студентов горных вузов

В нашем исследовании в качестве средств формирования критического мышления при обучении математике студентов горных вузов выступают математические задачи, прикладные задачи и кейсы.

Определимся с содержанием математического материала, направленного на формирование критического мышления у студентов.

Изучение математики дает широкие возможности для формирования критического мышления, так как позволяет анализировать, контролировать и оценивать ход решения задачи, полученные результаты, приведенную для обоснования предлагаемого решения аргументацию, отслеживать логику в предъявляемых доказательствах, приводить контрдоводы для опровержения утверждений, выявлять недостатки в предлагаемых решениях.

По мнению В. Д. Селютина, Н. Н. Яремко, Е. Г. Журавлевой [112], работа по формированию критического мышления у студентов при использовании математического материала должна быть ориентирована на выявление неточностей, ошибок. В процессе решения студент должен сам объяснить, в чем ошибка, почему она произошла и исправить ее. Авторы выделяют следующие типы задач:

- задачи на опровержение или доказательство: определение истинности приведенного утверждения, математические софизмы;
- задачи, допускающие несколько способов решения;
- задачи с неполными, избыточными или противоречивыми данными, некорректные задачи;
- задачи на составление прогноза.

Ю. Г. Галич, Л. В. Долгова, Н. А. Рубанова [106] предлагают использовать проблемные ситуации, которые необходимо создавать:

- 1) на лекции с помощью:
 - изложения нового для студентов теоретического материала при решении конкретной поставленной задачи;

– выявления противоречия между новой информацией и уже имеющимися знаниями и представлениями;

– проведения аналогии между уже известными студентам понятиями и новыми, вводимыми преподавателем;

2) на практическом занятии;

3) при самостоятельной работе студентов;

4) во время текущего или промежуточного контроля.

М. И. Зайкин [41], С. В. Менькова [79] предлагают использовать так называемые «провоцирующие задачи», формулировка которых провоцирует студента сделать ошибку (логическую, вычислительную, графическую), сделать неверное действие. К таким задачам относятся задачи, условия которых навязывают студенту неверный ответ, ложный путь решения или в условии которых находятся несуществующие объекты.

Анализируя мнения ученых, можно сделать вывод, что работа студентов, способствующая формированию у них критического мышления, должна состоять из решения заданий на исправление приведенного с ошибками решения, решения познавательных или логических задач.

В нашем исследовании для формирования критического мышления у студентов мы будем использовать следующие типы задач:

1) задачи с явно выраженным противоречием;

2) задачи с некорректно представленной информацией;

3) задачи на нахождение ошибок;

4) задачи на реконструкцию решения с пропусками;

5) задачи на понимание того, достаточно ли в условии информации для решения, если нет, то студент самостоятельно дополняет условие задачи так, чтобы оно стало корректным;

6) самостоятельное составление математических задач по некоторым заранее заданным условиям.

Примеры математических задач (рассмотрены в параграфе 2.3).

Задача 1. Сравните два комплексных числа $z_1 = 5 + 9i$ и $z_2 = 3 - 7i$.

Задача 2. Найдите частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее заданному начальному условию: $y' = \frac{2y}{3x}$, $y(0) = 0$.

Определимся с **требованиями**, предъявляемыми непосредственно к содержанию профессионально-прикладного материала, используемого в кейсах и прикладных задачах.

В. А. Анищенко и О. А. Сорокина предъявляют к профессионально ориентированным задачам следующие требования:

- «в условии воссоздается некоторая ситуация, возникающая в профессиональной деятельности выпускника;
- в задаче имеются неизвестные параметры профессионального объекта, которые нужно исследовать по существующим известным параметрам;
- решение способствует прочному усвоению профессиональных знаний, приемов и методов, являющихся основой профессиональной деятельности выпускника;
- профессиональные задачи реализуют межпредметные связи;
- содержание профессионально-ориентированной задачи определяет подготовительный этап исследования дисциплин, относящихся к вариативной части образовательной программы бакалавриата;
- решение задач обеспечивает профессиональное развитие личности выпускника» [5].

Е. А. Зубова в диссертации выделяет следующие требования к содержанию профессионально ориентированных задач: «развитие профессиональной мотивации, выявление и актуализация механизмов математических и специальных знаний, совершенствование навыков самоконтроля и рефлексии поведения; формирование интеллектуальной восприимчивости, гибкости, подвижности мысли как проявлений творческого мышления у студентов» [46].

Выделим общие требования, предъявляемые к профессионально ориентированным задачам учеными-педагогами [5; 46; 71; 113]:

- 1) в основе сюжета лежит реальная практическая ситуация, которая возникает при осуществлении будущей профессиональной деятельности, что приводит к развитию интереса, мотива;

2) проблемная ситуация решается средствами математики, что позволяет прочно усваивать математические знания, приемы и методы¹.

По мнению авторов [53; 101; 139], прикладные задачи должны:

- 1) способствовать формированию профессионально значимых знаний, умений и навыков, которые потребуются при изучении смежных дисциплин;
- 2) быть доступными студентам по используемому в задаче нематематическому материалу;
- 3) описывать реальную ситуацию, в том числе содержать соответствующие действительности числовые значения величин.

Исходя из проведенного анализа научных источников [5; 46; 53; 71; 101; 113; 139], в нашем исследовании к **прикладным задачам и кейсам** мы выдвигаем следующие **требования**:

- 1) содержание задачи, кейса должно вызывать интерес у студентов за счет демонстрации взаимосвязи между проблемами, затрагивающими процессы горного производства, и математическим аппаратом, который применяется для их решения;
- 2) в процессе решения задачи, кейса должны быть задействованы знания, умения, навыки, прописанные в программе курса «Математика», накопленные на данный момент обучения в вузе;
- 3) в процессе решения задачи, кейса должно происходить усвоение студентами знаний, умений и навыков построения и критического анализа математической модели исследуемого процесса, а также интерпретации полученных результатов²;
- 4) в процессе решения задачи, кейса должно происходить профессиональное развитие личности будущего специалиста.

С точки зрения формирования критического мышления **решение прикладных задач и кейсов направлено на:**

- использование при составлении математической модели имеющегося у

¹ Материалы данного исследования были опубликованы в статье Озерова Т. С. Формирование компонентов критического мышления студентов горного вуза на основе интеграции математики и специальных дисциплин горного дела и геологии // Педагогическое образование в России. 2022. № 2. С. 68–78.

² Там же.

студентов личного опыта и его обогащение в процессе решения задач (т. к. в них находится реальная информация);

- установление междисциплинарных связей посредством применения операций анализа, сравнения, обобщения;

- использование при решении всестороннего критического анализа, с помощью которого отрабатывается исследовательская деятельность студентов (в условии задачи может содержаться избыточная информация или, наоборот, для поиска недостающей профессионально значимой информации необходимо изучать дополнительную литературу);

- отработку навыков прогнозирования при изменении некоторых параметров, данных в сюжете;

- нахождение общего закона рассматриваемого процесса и проведение всестороннего анализа полученного решения на основе выводов, сделанных аналитическим путем с последующей проверкой (если это возможно) графическим методом;

- создание условий для самореализации в дальнейшей профессиональной сфере деятельности.

Представим пример прикладной задачи об исследовании влияния скорости проходки откаточных штреков на сменную производительность проходчиков. Покажем, что данная задача сформулирована в соответствии с указанными нами **требованиями к прикладным задачам**, используемым при изучении дисциплины «Математика» в контексте формирования критического мышления у студентов горных вузов.

Данная задача соответствует разделу «Основы математической статистики» дисциплины «Математика». Задача разработана для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Перед формулировкой задачи вместе со студентами можно вспомнить, что будущему горному инженеру в своей профессиональной деятельности нужно уметь получать, обрабатывать, анализировать информацию из области горного дела, строить прогнозы, находить оптимальный режим работы рабочих в забое шахты. Для этого он должен владеть навыками исследования результатов анализа

процессов горного производства и их обработки, основанных на вероятностных законах, статической проверке гипотез, дисперсионном и корреляционном анализе.

Прикладная задача. Рассматривается влияние скорости проходки откаточных штреков x_i , м/мес на сменную производительность проходчиков y_i , см/смену. Полученные эмпирические данные занесены в таблицу 4.

Таблица 4

Корреляционная таблица

Y	X										n_y
	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	
15	4										4
17	1	2									3
19		28	2								30
21		6	10							1	17
23			13						1	1	15
25			2	7	3	1		5	6	2	26
27				20	10	8	2	4			44
29				6	6	20	6	2			40
31				4	10	3	2				19
33						1	1				2
n_x	5	36	27	47	29	33	1	11	7	4	200

На основании данных, занесенных в таблицу:

1. Построить математическую модель, описывающую оптимальную производительность труда проходчиков в забое шахты.
2. Найти границы целесообразности построенной математической модели.
3. Обосновать необходимость введения указанных границ с практической точки зрения.

Решение: студент оценивает надежность информации, представленной в таблице. Анализ числовых данных позволяет выявить ошибки. Студент исправляет ошибки и работает с новыми данными (таблица 5).

После всестороннего анализа условия задачи студент в системе координат OXY изображает точки данной выборки, где по оси OX отмечает значения скорости проходки выработки, а по оси OY – значения сменной производительности проходчиков (рисунок 11).

Исправленная корреляционная таблица

Y	X										n _y
	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	
15	4										4
17	1	2									3
19		28	2								30
21		6	10							1	17
23			13						1	1	15
25			2	7	3	1		5	6	2	26
27				20	10	8	2	4			44
29				6	6	20	6	2			40
31				4	10	3	2				19
33						1	1				2
n _x	5	36	27	37	29	33	11	11	7	4	200

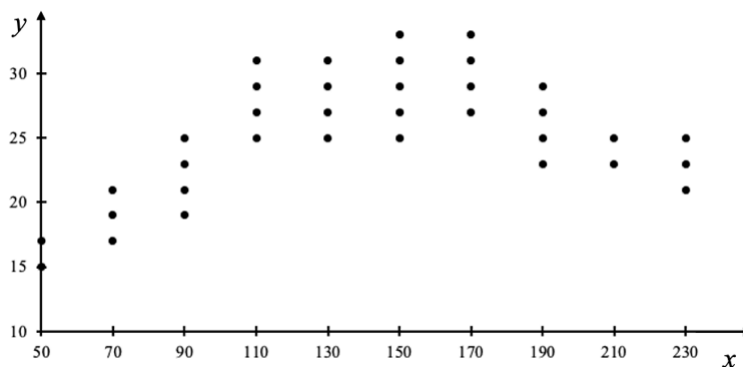


Рис. 11. Графическое представление опытных данных

Студент *критически анализирует* полученные опытные данные и *делает вывод*, что между факторным признаком (скорость проходки выработки) и результативным признаком (сменная производительность проходчиков) существует статистическая зависимость. Для определения степени тесноты связи между величинами X и Y студент вычисляет коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{128,66}{42,593 \cdot 4,268} = 0,707,$$

где r – коэффициент корреляции; $\bar{x}$ – средняя по X ; $\bar{y}$ – средняя по Y ; σ_x, σ_y – выборочные средние.

После проведенного анализа полученного значения коэффициента корреляции выдвигается гипотеза 1: между величинами X и Y имеется сильная $0,7 < r < 1$ возрастающая (положительное значение коэффициента) линейная зависимость.

Для *подтверждения гипотезы 1* студент находит коэффициенты линии регрессии, уравнение самой линии регрессии: $y = 0,0709x + 16,55$ (первая математическая модель), где x – значение скорости проходки откаточных штреков; y – значение сменной производительности проходчиков. Заполняет расчетную таблицу 6.

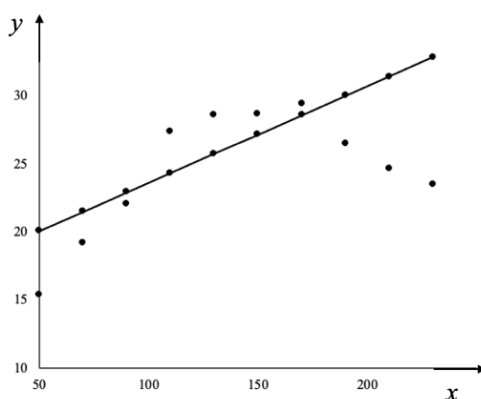
Таблица 6

Расчетная таблица

x_i	50	70	90	110	...	230
$\bar{y}_{x=x_i}$	15,4	19,2	22,1	27,4	...	23,5
y_{x_i}	20,095	21,513	22,931	24,349	...	32,857

Студент вычисляет среднюю ошибку аппроксимации $\bar{A} = 13\%$. На основе оценки полученного значения $\bar{A}$ студент делает вывод, что математическая модель некачественно описывает исследуемый процесс. Студент *отклоняет гипотезу 1*.

Студент изображает линию регрессии и найденные средние значения $\bar{y}_x$ (рис. 12).

Рис. 12. График линейной регрессии и средние значения $\bar{y}_x$

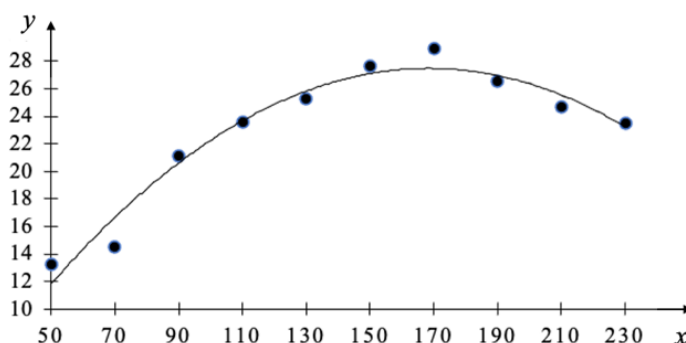
По виду расположения условных средних значений $\bar{y}_x$ на плоскости (рисунок 12) студент *выдвигает гипотезу 2* о том, что в качестве нелинейной зависимости можно попробовать рассмотреть квадратическую зависимость между признаками, которая в общем виде представлена уравнением: $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$.

Для подтверждения гипотезы 2 студент методом наименьших квадратов вычисляет коэффициенты параболической регрессии и получает уравнение: $y = -0,0013x^2 + 0,370x - 0,9714$ (вторая математическая модель). Заполняет расчетную таблицу 7.

Расчетная таблица

x_i	50	70	90	110	...	230
$\bar{y}_{x=x_i}$	15,4	19,2	22,1	27,4	...	23,5
y_{x_i}	14,9781	19,6768	23,4186	26,1986	...	22,7186

На одном чертеже строит график параболической регрессии и наносит экспериментальные данные $\bar{y}_x$ (рисунок 13).

Рис. 13. График параболической линии регрессии и средние значения $\bar{y}_x$

Студент вычисляет среднюю ошибку аппроксимации $\bar{A} = 4,8\%$. На основе оценки полученного значения $\bar{A}$ студент делает вывод, что данная математическая модель качественно описывает исследуемый процесс, то есть подтверждается гипотеза 2. Для большей проверки достоверности своих результатов студент сравнивает полученные значения средней ошибки аппроксимации для линейной и параболической зависимостей и формулирует вывод: параболическая кривая (вторая математическая модель) намного точнее описывает данный массив точек.

Проведя оценку полученных данных, студент переводит полученные результаты на язык предметной области и формулирует следующие выводы:

1) график найденной функции имеет экстремум в районе скорости выработки 140–170 м/мес.;

2) при больших скоростях проходки можно заметить резкое падение производительности труда (объясняется это, в частности, тем, что для обеспечения повышенных скоростей проходки привлекается большое число рабочих, что затрудняет их совместную работу в ограниченных условиях забоя);

3) выбор скорости выработки из интервала 140–170 м/мес. будет обеспечивать оптимальную производительность труда.

Данную задачу студенты решают в шестом семестре при использовании пакета Excel в процессе изучения дисциплины «Математические методы в горном деле».

Интерес к задаче обеспечивается наличием реально существующей проблемы влияния скорости проходки откаточных штреков на сменную производительность проходчиков, которую можно решить с помощью математического аппарата.

Решение задачи предполагает применение знаний из раздела «Основы математической статистики».

При составлении математической модели данной задачи, а также в процессе поиска ее решения студент использует имеющийся у него опыт (применяет методы математической статистики; владеет навыками решения задач математической статистики), так как ее решение проходило на завершающем этапе изучения раздела «Основы математической статистики».

В процессе решения реальной задачи из дисциплины «Горное дело» выясняется, что две совершенно разные математические модели описывают производительность труда проходчиков в забое шахты. Возникает противоречие. Четкое определение терминов и понятий, графическое представление материала, построение логических цепочек, сравнение значений средней ошибки аппроксимации для линейной и параболической зависимостей – все это дает возможность студенту сделать качественный вывод: вторая модель точнее описывает исследуемый процесс.

Особенность прикладной задачи – подготовить студентов к тому, что в процессе работы с гипотезой (при соотнесении полученных значений с общепризнанными результатами или введенными критериями оценки) она может либо приниматься и проблема решена, либо отвергаться и придется вводить новую гипотезу и работать с ней.

В конце решения происходит оценка его эффективности. Причем не просто хорошего (профессионального, отвечающего всем требованиям) решения, а лучшего из всех возможных. Сама постановка такого вопроса обязывает осмыслить

проблему, сформулировать цель (какое решение считать лучшим). Здесь закладываются основы инженерного прогнозирования.

Учет выделенных нами требований к отбору кейсов, прикладных задач является достаточным условием для формирования критического мышления у студентов горных вузов.

Выделение различных уровней сформированности критического мышления предполагает использование на занятиях прикладных задач различного уровня сложности.

Г. А. Балл [9] пишет о том, что сложность предлагаемой задачи напрямую зависит от процесса сложности ее решения. Сложность задачи устанавливается согласно числу операций, затраченных на ее решение. Причем эти операции должны происходить в определенной последовательности, т. е. в основе находится четкий алгоритм решения задачи.

По мнению А. М. Матюшкина, сложность задачи рассчитывается как отношение степени новизны и обобщенности понятого неизвестного к интеллектуальным возможностям обучаемого и определяется «числом условий задачи; числом существенных взаимосвязей внутри условия задачи; числом опосредствований, необходимых для достижения искомого; числом преобразований, приводящих к искомому» [76, с. 345].

В. Ф. Спиридонов утверждает, что сложная задача сопротивляется субъекту, она отличается отсутствием четкого алгоритма для ее решения. В этом случае возникает затруднение, приводящее к остановке мыслительной деятельности или системным сбоям и нарушениям в ней. Можно сделать вывод, что обучающийся на этом этапе должен производить некую фиксацию этих затруднений. Здесь «предполагается разворачивание особых режимов мышления (рефлексия, проектирование), направленных на решение проблемы» [119, с. 34]. На данном этапе происходит поиск вариантов, действий и конкретный, аргументированный выбор для дальнейшего оптимального решения задачи. Получается, что решение проблемной ситуации не сводится к строгим алгоритмическим действиям. Оно требует гибкости, умения рассматривать альтернативные пути решения.

В параграфе 1.1 мы уточнили, что критическое мышление связано с такими процессами, как «анализ» и «оценивание». В свою очередь, данные процессы входят в качестве показателей в модифицированную таксономию Блума [151], поэтому именно ее мы выбираем для разделения уровня сложности прикладных задач.

В условии прикладных задач первого уровня сложности (Блок А) уже задана математическая модель процесса горного дела. Студенту остается применить полученные на занятиях математические знания и умения для решения модели и интерпретации ее результатов. Основной вид деятельности студента при решении задач Блока А – репродуктивный. В данном случае по таксономии Б. Блума формируются показатели «помнить», «понимать», «применять».

Для решения прикладных задач второго и третьего уровней сложности (Блок Б и Блок С) необходимо, чтобы студент более-менее адекватно представлял возможности различных наук, специфику мышления специалистов горного дела, характер стандартных моделей, принятых в горном деле.

Прикладные задачи второго уровня сложности (Блок Б) представляют собой сочетание репродуктивной и продуктивной деятельности студентов. Задействовав знания из изучаемого раздела дисциплины «Математика» и специальных дисциплин горного дела, студенты смогут получить данные для составления математической модели исследуемого процесса с последующим ее анализом и интерпретацией результатов. В данном случае по таксономии Б. Блума формируются показатели «помнить», «понимать», «применять», «анализировать».

Прикладные задачи третьего уровня сложности (Блок С) представляют собой задачи, предусматривающие элементы самостоятельной исследовательской деятельности студентов. В условии этих задач не указано, какой раздел дисциплины «Математика» необходимо применить для построения математической модели. Студентам придется осуществить самостоятельный поиск необходимой информации, используя дополнительную литературу. В данном случае по таксономии Б. Блума формируются показатели «помнить», «понимать», «применять», «анализировать», «оценивать», «создавать».

Взаимосвязь показателей критического мышления (по Б. Блуму) с этапами решения прикладных задач (рисунок 9) и уровнями их сложности приведена на рисунке 14.

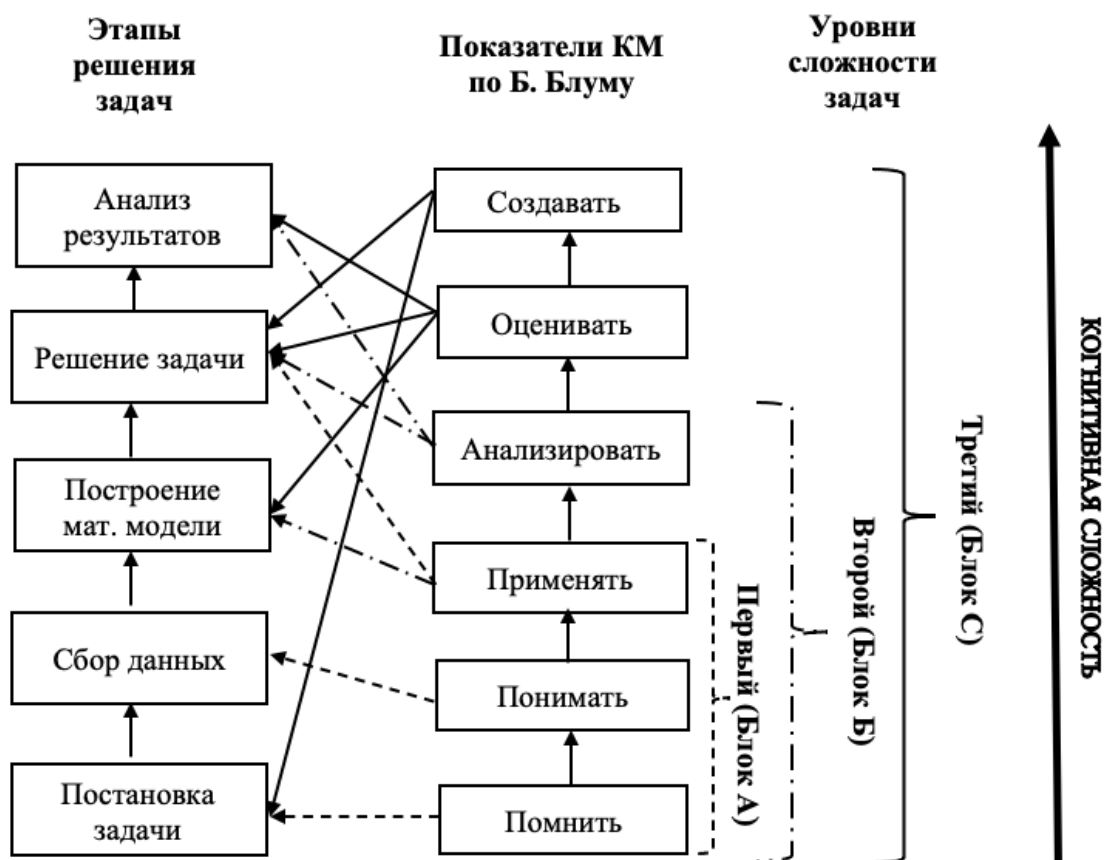


Рис. 14. Взаимосвязь показателей критического мышления (по Б. Блуму) с этапами решения прикладных задач и уровнями их сложности

В таблице 8 обозначены показатели критического мышления (по Б. Блуму), описаны их характеристики и типовые вопросы, задания, направляющие деятельность студентов при решении прикладных задач.

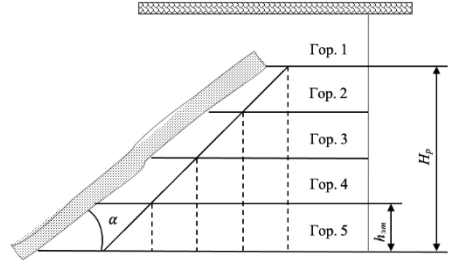
В таблице 9 показан процесс формирования показателей критического мышления (по Б. Блуму) при решении прикладных задач различного уровня сложности. Действия, связанные с формированием критического мышления, обозначены курсивом и подчеркнуты.

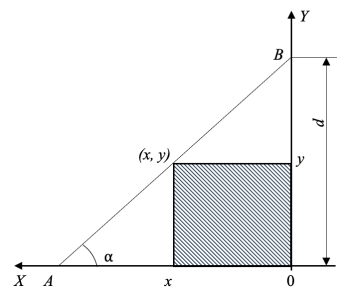
Показатели критического мышления (по Б. Блуму), их характеристики и типовые вопросы, задания, направляющие деятельность студентов при решении прикладных задач

Показатели КМ	Характеристики показателей	Типовые вопросы, задания, направляющие деятельность студентов при решении прикладных задач
1. Помнить (повторение, воспроизведение, распознавание освоенных знаний)	– понятия, определения, формулы, методы решения уравнений.	Составьте список понятий, определений, теорем из предлагаемой темы. Сформулируйте, перечислите, назовите основные свойства, теоремы из предлагаемой темы.
2. Понимать (способность понимать и интерпретировать освоенные знания)	– выявляет проблему; – формулирует правильные вопросы: уточняющие, оценочные, возражающие; – выявляет недостающую информацию и осуществляет ее поиск, осмысление и переработку (интерпретирует информацию, представляет ее в различных формах (таблицы, схемы, графики, диаграммы)); – соотносит информацию с уже имеющимися знаниями; – систематизирует полученные данные; – выявляет избыточную информацию; – на основе проведенного анализа вводит обозначения неизвестных величин.	Какие обозначения необходимо ввести? Как записать условия задачи через введенные обозначения? Как записать правило ... в виде математической формулы? Определите существенную и несущественную информацию в ...
3. Применять (способность переносить полученные знания, умения, изученный материал на новые ситуации)	– выдвигает, доказывает, оспаривает гипотезы на основе приведенных аргументов, фактов, подтверждающих надежность используемой информации; – разрабатывает план математической деятельности; – реализует намеченный план; – изображает чертеж задачи (если нужно); – строит математическую модель описанного в задаче явления или процесса; – решает математическую задачу известными ему способами; – интерпретирует полученные результаты.	Пользуясь составленным списком, анализом данных из условия задачи и введенными обозначениями, запишите формулы по математике, которые необходимо отобрать для ... Примените ... для решения ... Какие способы решения ... вы знаете? Постройте графическое, схематическое изображение ... Переведите полученный математический результат в термины профессиональной области.

Показатели КМ	Характеристики показателей	Типовые вопросы, задания, направляющие деятельность студентов при решении прикладных задач
4. Анализировать (способность разбивать информацию на составляющие, искать взаимосвязи)	– анализирует математическую модель; – выявляет противоречия (несоответствие признанному стандарту); – анализирует собственные действия, выполненные в результате математического решения задачи (правильные или неправильные); – фиксирует возникшие затруднения; – анализирует и сравнивает итоговые результаты с поставленной целью. Если есть существенные отклонения, то анализирует отклонения; – обладает прогностическими умениями; – находит альтернативные решения задачи; – выбирает оптимальный (для данных условий) вариант решения.	Составьте список необходимых ... для решения ... Какая связь между ... и ...? Как оптимально применить математический аппарат для решения ... Найдите ошибки в ...
5. Оценивать (способность обосновать ценность выбранной гипотезы, информации)	– выносит оценочные суждения относительно: а) надежности приведенных фактов; б) адекватности построенной математической модели (соответствует ли построенная модель реальному процессу); в) оптимальности найденного решения; г) собственных действий (верные или нет); – проводит рефлексию результатов деятельности	Можно ли ... записать (доказать) другим способом? Самостоятельно введите критерии для оценки ... Проверьте адекватность построения ... по введенным вами критериям. Оцените правильность решения с помощью ...
6. Создавать (способность объединять информацию из различных источников в единое целое)	– обобщает полученные результаты; – прогнозирует последствия вынесенных решений; – предлагает альтернативные решения; – самостоятельно составляет прикладные задачи по заданным объектам.	Как можно изменить запись ..., используя знания из ...? С помощью ... спрогнозируйте изменение ... Составьте и запишите условие задачи, используя ...

Распределение прикладных задач по уровням сложности (согласно Б. Блуму)

	Задача Блока А	Задача Блока Б	Задача Блока С
Показатели КМ (по Блуму)	Экспериментальным путем установлено, что закон радиоактивного распада радия имеет вид: $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$, где $m(t)$ – масса радия в момент времени t (время измеряется в годах). Найдите скорость разложения радия и выразите ее как функцию от m.	Мощность рудного тела измеряется по длине остаточного штрека по закону $m_1(l) = 0,4l^2 - 2,8l + 20$ на отрезке $[0; 6]$ и $m_2(l) = 0,4l + 6$ на отрезке $[6; 30]$. Найти наибольшее и наименьшее значения мощности рудного тела. Поясните полученные результаты графически.	В ходе проведения геологоразведочных работ обнаружено рудное месторождение. По результатам анализа схемы его вскрытия (рисунок 15) было принято решение закладывать ступень на Горизонте 4. Проверить обоснованность данного решения.  Примечание: α – угол падения залежи; $H_{\text{распр}}$ – глубина распространения; $h_{\text{эт}}$ – высота этажа. Рис. 15. «Традиционная» схема вскрытия
1. Помнить	Понятие производной, физический смысл производной, правила дифференцирования, формулы дифференцирования.	Понятие производной, правила дифференцирования, формулы дифференцирования, общую схему исследования функций на наибольшее и наименьшее значения на отрезке.	Различные виды уравнения прямой на плоскости, понятие производной, геометрический смысл производной, формулы дифференцирования; производную второго порядка; экстремумы функции.
2. Понимать	<u>Студент понимает основной вопрос задачи:</u> как найти скорость разложения радия? <u>Студент активизирует имеющиеся знания:</u> используется физическим смыслом производной: так как функция $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$	<u>Студент понимает основной вопрос задачи:</u> как найти наибольшее и наименьшее значения мощности рудного тела? <u>Студент выявляет проблему:</u> мощность рудного тела неоднородна и меняется по разным законам. <u>На основе всестороннего критического анализа определяет:</u> задача сводится к нахождению наибольшего	<u>Студент понимает проблемную ситуацию:</u> действительно ли Горизонт 4 будет оптимальным горизонтом для вскрытия данного месторождения? <u>На основе всестороннего критического анализа схемы вскрытия месторождения приходит к выводу:</u> сечение между описанными горизонтами и линией падения залежи представляет собой прямоугольный треугольник.

	Задача Блока А	Задача Блока Б	Задача Блока С
	описывает некий физический процесс, то производная m' есть скорость протекания этого процесса.	и наименьшего значений функции на каждом из двух отрезков с последующим выбором наибольшего и наименьшего значений.	
3. Применять	<u>Студент находит</u> производную заданной функции и выражает ее как функцию от m. <u>Студент интерпретирует</u> полученный результат.	По изученному ранее алгоритму <u>студент находит</u> наибольшее и наименьшее значения функций: 1) $m_1(l) = 0,4l^2 - 2,8l + 20$ на отрезке $[0; 6]$; 2) $m_2(l) = 0,4l + 6$ на отрезке $[6; 30]$	<u>Студент проводит построение</u> (рисунок 16).  Рис. 16. Выбор горизонта заложения ступени <u>Студент записывает условие задачи на языке математики:</u> Требуется в треугольник AOB вписать прямоугольник наибольшей площади. Обозначает площадь искомого прямоугольника S. Тогда $S(x) = x(d - kx)$. Находит производную функции $S(x)$: $S'(x) = d - 2kx$. Производная $S'(x)$ обращается в нуль в единственной точке $x = \frac{d}{2k}$.
4. Анализировать		<u>Студент анализирует полученное решение</u> и <u>выбирает</u> наибольшее и наименьшее значения. Строит график изменения значений мощности рудного тела по длине откаточного штрека, из которого <u>делает вывод</u>, что задача решена верно.	<u>Студент размышляет:</u> вторая производная $S''(x) = -2k$. Для выяснения знака коэффициента k <u>анализирует</u> положение наклонной прямой на построенном рисунке 16. Студент делает вывод: $S''(x) = -2k < 0$.

Продолжение таблицы 9

	Задача Блока А	Задача Блока Б	Задача Блока С
5. Оценивать			Следовательно, функция $S(x)$ в точке $x = \frac{d}{2k}$ имеет максимум. Формулирует вывод: $S\left(\frac{d}{2k}\right) = \frac{d^2}{4k}$ – наибольшее значение площади прямоугольника. Вычисляет $y = \frac{d}{2}$. Студент получает формулу для вычисления высоты ступени $L_{\text{ступ}} = \frac{H_{\text{распр}}}{2}$.
6. Создавать			<u>Студент переводит решение задачи на язык профессиональной области.</u> Если изначально на схеме вскрытия месторождения изображено: а) нечетное число горизонтов, то для оптимального вскрытия подходит только один горизонт, номер которого находится по формуле: $N' = \left[\frac{N}{2}\right] + 1$; б) четное число горизонтов, то для оптимального вскрытия подходят два горизонта с номерами $N' = \frac{N}{2}$ или $N'' = \frac{N}{2} + 1$. Чтобы проверить правильность выбора Горизонта 4 для заложения ступени в имеющейся схеме, студент определяет: $N = 5$ (нечетное число), пользуется формулой $N' = \left[\frac{N}{2}\right] + 1 = 3$. Ступень должна быть заложена на Горизонте 3. Значит, предложенное решение о том, что нужно закладывать ступень на Горизонте 4 – ошибочно.

В качестве еще одного приема для формирования критического мышления у студентов мы используем составление ими под контролем преподавателя математических задач, прикладных задач по некоторым заранее заданным элементам.

Приведем пример использования указанного приема.

Студентам выдается раздаточный материал в виде набора из 9 карточек.

Задание. Сложите карточки таким образом, чтобы получился рисунок (рисунок 17). Нарисуйте полученный рисунок у себя в тетради и на основе него составьте и запишите текст математической задачи. Решите составленную задачу. Придумайте прикладную задачу, в условии которой должны присутствовать термины из вашей будущей профессиональной деятельности.

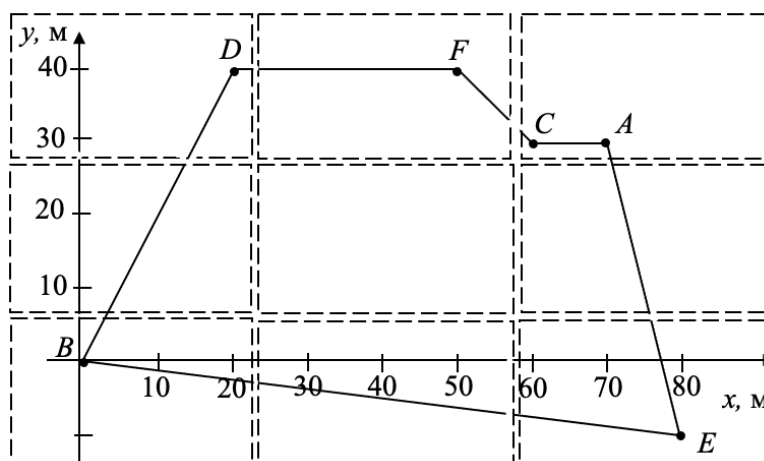


Рис. 17

Представленное задание и составленная студентами при выполнении задания задача удовлетворяют требованиям, выделенным выше (с. 68-69). Раскроем это утверждение:

1) содержание задачи вызывает интерес у студентов за счет демонстрации взаимосвязи между проблемой вычисления площадей различных горных объектов и математическим аппаратом, который применяется для их вычисления;

2) для нахождения площади треугольников студенты используют векторное произведение векторов, это соответствует программе курса «Математика»;

3) процесс поиска решения проходит с ориентацией на творческий подход: после того, как студенты правильно соберут рисунок, они должны провести его анализ, осмыслить информацию, сопоставить ее с ранее изученной, составить текст задачи, построить математическую модель процесса, предложить план действий по

решению, оценить разрешимость задачи (отсутствие лишних данных в условии, однозначность ответа), также студенты оценивают собственные возможности по решению задачи;

4) при составлении задачи студенты используют профессиональные термины из области горного дела, инженерной геодезии и выполняют деятельность, характерную для будущего специалиста этой отрасли. За счет этого происходит профессиональное развитие личности студента.

Опишем основные моменты выполнения студентом данного задания, связанные с процессом формирования у него критического мышления.

Собранный рисунок 18 студент перерисовывает в тетрадь.

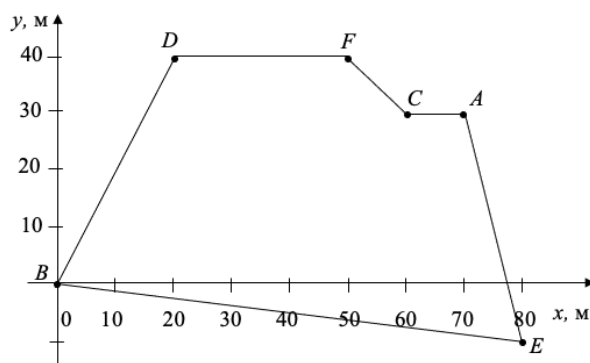


Рис. 18

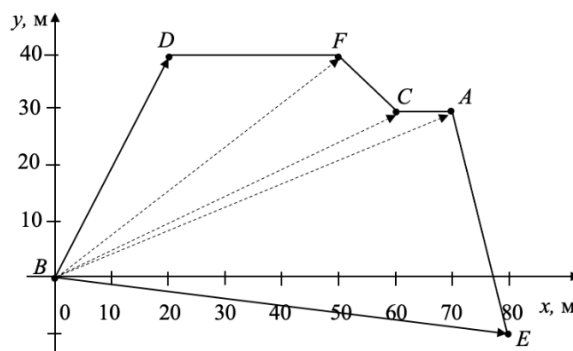


Рис. 19

Оценивает: «На рисунке 18 изображен многоугольник, значит, можно попытаться найти его площадь».

Формулирует условие задачи: «Вычислить площадь многоугольника $BDFCAE$ ».

Студент сталкивается с проблемой: «На занятиях мы находили только площадь таких фигур, как треугольник и параллелограмм».

Студент фиксирует затруднение: «Как найти площадь многоугольника?»

Предполагает: «Для нахождения площади многоугольника $BDFCAE$ разобьем его на треугольники (рисунок 19). Найдем площадь каждого из них, тогда площадь многоугольника будет равна сумме площадей всех составляющих его треугольников».

Используя личный опыт, студент вспоминает ранее изученный материал: «Площадь треугольника, построенного на двух векторах, исходящих из одной точки, равна половине модуля их векторного произведения».

Затем он проводит соответствующие вычисления и находит площадь многоугольника.

Итак, студент формулирует математическую задачу: «Постройте многоугольник $B(0; 0), D(20; 40), F(50; 40), C(60; 30), A(70; 30), E(80; -10)$ и вычислите его площадь».

Преподаватель предлагает на основе полученной задачи придумать прикладную задачу, в условии которой должны присутствовать термины из профессиональной сферы деятельности студентов.

Студент предлагает использовать термины дисциплины «Инженерная геодезия» и формулирует прикладную задачу 1: «Вычислить площадь полигона, координаты вершин которого: $B(0; 0), D(20; 40), F(50; 40), C(60; 30), A(70; 30), E(80; -10)$ ».

Студент предлагает использовать термины дисциплины «Горное дело» и формулирует прикладную задачу 2: «Вычислить площадь сечения отвала, для которого известны координаты вершин: $B(0; 0), D(20; 40), F(50; 40), C(60; 30), A(70; 30), E(80; -10)$ ».

Таким образом, в процессе самостоятельного составления математических задач, прикладных задач происходит включение студентов в решение реально существующих проблемных ситуаций, возникающих как в рамках дисциплины «Математика», так и за ее пределами, связанными с дисциплинами профессионального цикла.

Формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике с целью применения его в будущей профессиональной деятельности предполагает:

1. Использование элементов (законов, процессов) из будущей профессиональной деятельности студентов, содержащихся в тексте прикладных задач.
2. Применение карт самоанализа. В них фиксируются затруднения студентов, с которыми они столкнулись при решении прикладных задач.

В нашей работе в качестве средств формирования критического мышления представлены кейсы.

Нами разработаны следующие кейсы: кейс о вычислении мощности залежи полезного ископаемого; кейс об определении оптимального режима работы в забое шахты; кейс о проведении анализа и оценки вещественного состава горных пород; кейс об определении оптимальных высот наружных геодезических знаков, которые находятся в Приложении 3.

В данном параграфе представим кейс о вычислении мощности залежи полезного ископаемого, на котором раскроем все обозначенные составляющие (параграф 2.2).

В структуре кейса содержатся методическая, сюжетная и информационная части. Представленная в кейсе прикладная задача удовлетворяет требованиям, выделенным нами выше (с. 68-69):

1) содержание задачи вызывает интерес у студентов за счет демонстрации решения реальной проблемы вычисления мощности выемочного участка залежи полезного ископаемого с помощью математического аппарата;

2) задача решается с помощью составления, анализа и оценки математической модели с использованием дифференциального исчисления функции нескольких переменных, что соответствует программе курса «Математика»;

3) в процессе поиска решения происходит усвоение студентами знаний, умений и навыков построения и критического анализа математической модели исследуемого процесса, а также интерпретации полученных. На основе анализа полученных результатов студенты находят точки выемочного участка, в которых мощность непосредственной кровли принимает наибольшее и наименьшее значения;

4) за счет использования профессиональных терминов (мощность кровли, выемочный участок залежи) и выполнения деятельности, характерной для будущего специалиста этой отрасли, происходит профессиональное развитие личности студента.

Кейс о мощности выемочного участка залежи полезного ископаемого (решается средствами дифференциального исчисления функции нескольких переменных): выемочный участок залежи полезного ископаемого имеет вид прямоугольника с длиной 800 м и шириной 300 м. Мощность непосредственной кровли распределена по площади выемочного участка и подчиняется закону $m = 0,08x +$

$0,03y + 6 - 0,0001x^2 - 0,0001y^2$. Проверить справедливость следующего утверждения: «мощность непосредственной кровли принимает наименьшее значение 6 м в точке выемочного участка (800; 300)».

Методическая часть кейса. Данный кейс необходимо использовать во втором семестре, так как для анализа информационной составляющей и последующего решения потребуется применение дифференциального исчисления функции нескольких переменных.

Сюжетная и информационная части кейса. Будущему горному инженеру в своей профессиональной деятельности нужно уметь анализировать, оценивать информацию, получаемую в результате разведки месторождений полезных ископаемых, а именно необходимо уметь правильно определять их форму, мощность. Полученные данные позволяют, например, выделить оптимальный способ вскрытия и обработки исследуемого месторождения.

Таким образом, в данном параграфе выделены основные типы математических задач, требования к содержанию кейсов, прикладных задач как средств формирования критического мышления у студентов. Определены основные направления использования прикладных задач при обучении математике.

2.3. Этапы обучения математике студентов горных вузов с целью формирования критического мышления

При описании модели формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике в первой главе нашего исследования мы перечислили этапы обучения. В данном параграфе опишем их.

1. Подготовительный этап предполагает:

1) использование критического мышления при решении математических задач.

Реализуется через решение студентами разработанных нами математических задач, через вынесение оценочных суждений относительно правильности и оптимальности полученного решения задачи, через проявление самоконтроля и самокоррекции при самостоятельном изучении некоторых разделов дисциплины «Математика».

Приведем примеры математических задач, влияющих на развитие познавательного интереса студентов к математике и требующих от студентов критического подхода к их решению:

Задача 1. Определитель матрицы A равен 3. Составьте матрицу A , если известно, что

- 1) порядок матрицы равен 2;
- 2) порядок матрицы равен 3;
- 3) матрица имеет размерность 2×3 .

Задача 2. Исследовать систему линейных алгебраических уравнений на совместность

$$\begin{cases} 2x + y = 8, \\ x - y = -2, \\ 4x + 2y = 16, \\ x - y = -2. \end{cases}$$

Задача 3. Известно, что корнем некоторого приведенного квадратного уравнения является комплексное число $2 + 3i$. Составьте это уравнение.

Задача 4. Найдите ошибки в рассуждении

$$\int \frac{x^2}{x^3 + 5} dx = \int \frac{d(x^3 + 5)}{x^3 + 5} = \ln|x^3 + 5| + c.$$

Задача 5. Подумайте, достаточно ли вам данных для того, чтобы решить следующую задачу (если информации не хватает, то дополните условие задачи так, чтобы оно стало корректным). Найти вероятность события: число, соответствующее дате, находящейся на наудачу вырванном листке настольного перекладного календаря, кратно числу семь.

Разбор на лекционных и практических занятиях по математике представленных задач является прочной базой для формирования критического мышления у студентов.

При проведении промежуточного или итогового контроля для формирования критического мышления мы предлагаем использовать следующие задания:

1. Закончите утверждения:

а) три вектора, отложенные от одной точки, лежащие в одной плоскости, называются ...

б) три вектора, отложенные от одной точки, не лежащие в одной плоскости, называются ...

в) векторы, лежащие на параллельных прямых, по определению являются ...

2. Что называется интегрированием:

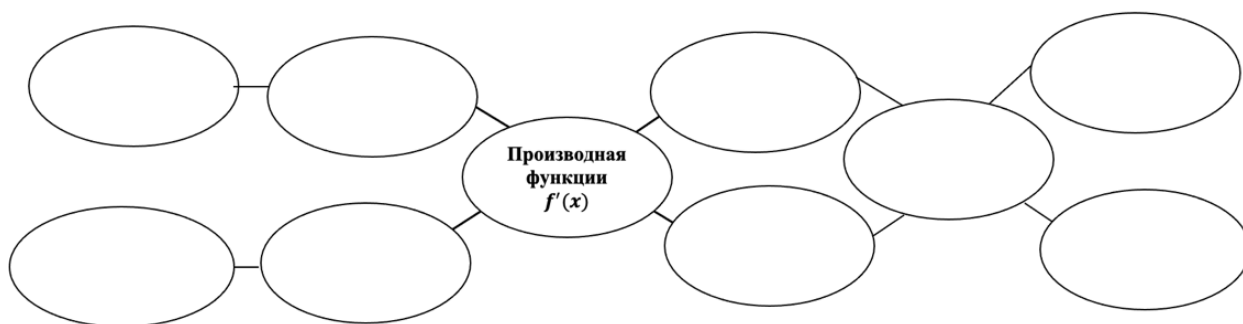
- а) операция нахождения интеграла;
- б) преобразование выражения с интегралами;
- в) операция нахождения производной;
- г) предел приращения функции к приращению ее аргумента;

2) *использование активных методов обучения математике с целью повышения самостоятельной познавательной деятельности студентов.*

Преподавателю следует стимулировать самостоятельность мышления студентов для активного обмена опытом и знаниями с помощью наводящих вопросов, заданий, направляющих деятельность студентов при решении задач, заполнении кластеров. Так, на лекции при «живом» общении с аудиторией преподаватель должен постоянно чувствовать обратную связь для того, чтобы оценивать степень понимания студентами излагаемого материала, при необходимости мобильно меняя приемы и аргументацию приводимых утверждений для достижения необходимого результата – максимальной прозрачности изложенного.

Например, в конце лекции при изучении темы «Исследование функции с помощью производной» преподаватель может предложить студентам заполнить кластер с центральным понятием «Применение производной к исследованию функции на экстремум» с целью выяснить понимание студентами только что изложенного материала [17]. Кластер представлен на рисунке 20 (а, б):

а) кластер до заполнения:



б) кластер после заполнения:

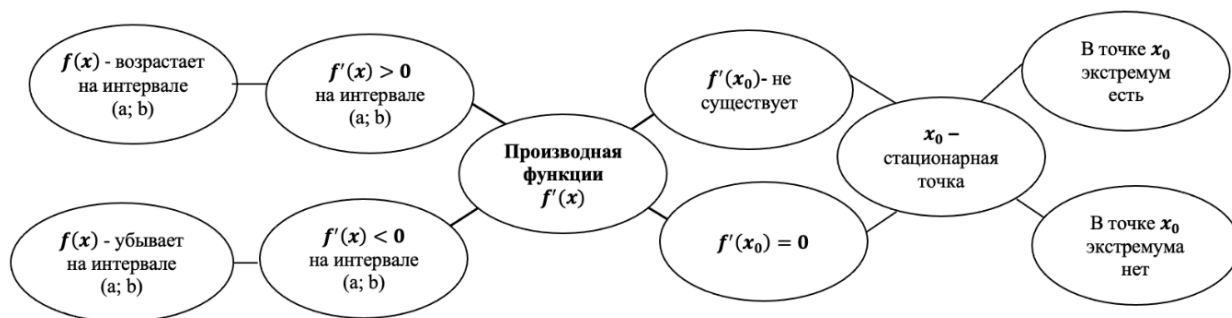


Рис. 20. Кластер «Применение производной к исследованию функции на экстремум»

После заполнения кластера студентам предлагается проверить справедливость следующих утверждений:

а) если $f'(x_0) = 0$, то x_0 является точкой максимума функции $f(x)$ (приведите пример или контрпример);

б) если $f'(x_0) \neq 0$, то x_0 не может быть точкой минимума функции $f(x)$ (приведите пример или контрпример).

Таким образом, процесс получения знания студентами становится осмысленным, рефлексивным, основанным на коммуникативности.

2. Профессионально-прикладной этап предполагает реализацию принципа интегративности с помощью введения профессионально-прикладного материала в курс математики.

Как известно, большинство из тех знаний, которые студенты получили на занятиях, ими или забываются, или остаются в инертном состоянии. Материал запоминается лучше, когда мотивом является применение его на практике, то есть преподавателю необходимо показывать студентам использование математики в их будущей профессиональной сфере деятельности.

В связи с этим немаловажная роль отводится отбору заданий прикладной направленности. При подборе заданий главное внимание нужно уделить ознакомлению студентов с основными особенностями построения математических моделей процессов горного производства, исследование которых должно способствовать усвоению основ профессиональной деятельности обучающихся.

Таким образом, помимо критического у студентов отрабатываются навыки профессионального мышления. Только в этом случае умение применять знания входит в цель обучения. Например, на лекции для того, чтобы показать применение методов дифференциального исчисления в профессиональной деятельности горных инженеров, преподаватель со студентами заполняет кластер с центральным понятием «Формы поперечного сечения горных выработок». Кластер представлен на рисунке 21 (а, б). Далее преподаватель с помощью наводящих вопросов приводит студентов к следующим выводам: выбор той или иной формы определяется удобством ее эксплуатации, условиями сохранения, длительностью ее устойчивости, материалом и конструкцией крепи [127].

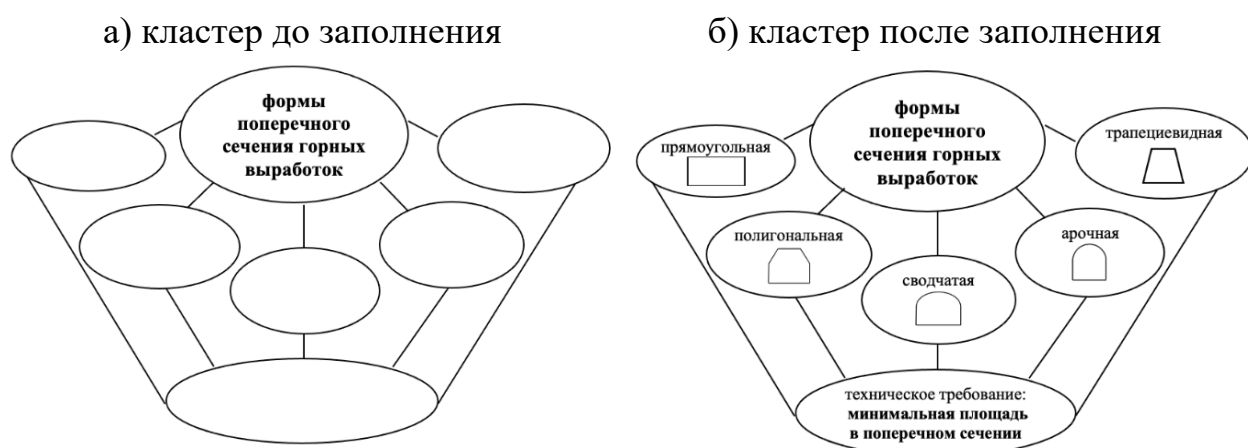


Рис. 21. Кластер «Формы поперечного сечения горных выработок»

Преподаватель отмечает, что одно из технических требований к горным выработкам (непосредственно основанное на применении знаний из дисциплины «Математика») – «занимать в выработке минимальную площадь в поперечном сечении» [127], и предлагает студентам рассчитать оптимальные размеры сечений горных выработок на примере решения следующих задач:

Задача 1. Горная выработка имеет прямоугольную форму поперечного сечения, площадь которой равна $6,2 \text{ м}^2$. Проверить справедливость следующего утверждения: «минимально возможный размер периметра рамы, которой закреплена данная выработка, составляет 7 м ».

Задача 2. Горная выработка в поперечном сечении имеет форму прямоугольника, завершенного полукругом. Площадь полукруга составляет $8,4 \text{ м}^2$. Проверить

справедливость следующего утверждения: «минимально возможный размер радиуса полукруга равен 1,2 м».

Таким образом, студенты наглядно видят, как с помощью средств математического анализа находятся решения задач прикладного характера.

Для того чтобы добиться от студентов осознания учебной и профессиональной значимости дисциплины «Математика», появления познавательного интереса к ее изучению, преподавателю нужно соотнести содержание предмета с теми профессиональными задачами, которые можно решить с помощью применения математического аппарата.

В диссертации М. С. Аммосовой [1] обозначено, для каких дисциплин профессионального характера будущих горных инженеров необходимы знания по высшей математике. Например, для успешного изучения дисциплины «Гидравлика грунтовых вод» необходимы знания дифференциального и интегрального исчисления; при изучении «Инженерной геодезии» понадобятся такие разделы математики, как дифференциальное исчисление функций нескольких переменных, теория вероятностей и математическая статистика и т. д.

3. Технологический этап направлен на приобретение опыта профессиональной деятельности с помощью построения и исследования мат. моделей процессов горного дела и геологии. В этом случае на занятиях по математике у студентов появляется возможность самостоятельно решать проблемные ситуации, затрагивающие будущую профессиональную сферу деятельности. Данный этап является завершающим этапом при изучении каждого из пройденных разделов дисциплины «Математика».

На занятиях студенты могут решать задачи, обсуждать проблемы как индивидуально, так и в группах по два и более человек. Именно коллективная работа студентов способствует всестороннему рассмотрению проблемной ситуации, так как появляется возможность собрать большое количество мнений, идей и соотнести их друг с другом. Студенты учатся обоснованно аргументировать свою позицию, корректно вести себя во время обсуждения.

В таблице 10 описаны основные моменты формирования каждого компонента критического мышления у студентов горных вузов при обучении математике с помощью использования математических задач, прикладных задач, кейсов на выделенных нами этапах.

Далее рассмотрим особенности организации процесса обучения, способствующего формированию критического мышления у студентов горных вузов, на примере изучения одного из основных разделов курса высшей математики, применяющегося при описании многих процессов действительности, – «Обыкновенные дифференциальные уравнения».

Основной целью освоения данного раздела является изучение математики как мощного инструмента для решения прикладных задач. Решение дифференциальных уравнений способствует:

- формированию умения работать с математическими символами для выражения количественных и качественных отношений объектов;
- освоению приемов обработки и анализа полученных результатов;
- развитию навыков работы с дополнительной литературой;
- обучению навыкам построения математических моделей, в которых важное значение имеет знание законов из области горного дела и геологии;
- развитию логического, критического мышления.

В процессе решения задач с помощью дифференциальных уравнений происходит всестороннее исследование изучаемого процесса, явления, связанного с профессиональной сферой деятельности студентов, здесь непосредственно применяются ранее изученные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры.

Согласно рабочей программе дисциплины «Математика», составленной на основании ФГОС ВО 3++ для подготовки студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология, в результате изучения раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения» студенты должны знать основные сведения о дифференциальных уравнениях, типы дифференциальных уравнений I и II порядков, методы их решения;

Этапы формирования компонентов критического мышления

Этапы	Компоненты критического мышления		
	<i>Мотивационный</i>	<i>Деятельностный</i>	<i>Рефлексивный</i>
<i>Подготовительный</i>	Формирование мотивации к применению критического мышления при изучении дисциплины «Математика» с помощью побуждения потребности к поисковой деятельности как способу решения возникающих проблемных ситуаций.	<i>Знание</i> особенностей анализа, синтеза, обобщения. <i>Умение</i> работать с математической информацией: приводить контрпример при опровержении некоторого утверждения; находить и исправлять ошибки в математических текстах; представлять математическую информацию в виде кластеров, графиков.	Самоорганизация при работе с математической информацией.
<i>Профессионально-прикладной</i>	Формирование потребности в переработке имеющейся информации для построения математических моделей реальных процессов горного дела.	<i>Знание</i> содержания учебной дисциплины «Математика», прописанного в РПД (основные понятия, методы, определения); знания основных терминов, понятий, используемых в профессионально-прикладных дисциплинах. <i>Умение</i> строить математические модели реальных процессов и явлений окружающего мира, анализировать их, интерпретировать результаты.	Осознание важности наличия математических знаний для использования их в дальнейшей профессиональной деятельности.
<i>Технологический</i>	Формирование интереса к самостоятельному поиску, отбору, опровержению, переработке информации из сферы будущей профессиональной деятельности.	<i>Знание</i> законов, правил реальных процессов горного дела и геологии. <i>Умение</i> самостоятельно получать, уточнять, опровергать, расширять, интерпретировать информацию о построенной математической модели реального процесса горного дела и геологии.	Самоорганизация при работе с профессионально-прикладным материалом: выбор модели, точнее описывающей исследуемый процесс; оценка эффективности найденного решения.

уметь составлять дифференциальные уравнения; находить частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее заданному начальному условию.

Кроме того, студенты должны получить возможность овладеть приемами поисковой деятельности, такими как сбор, анализ, оценка и использование информации, необходимыми для составления и исследования математических моделей при решении дифференциальных уравнений, что способствует формированию критического мышления.

Последовательность изучения раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения» будем осуществлять в соответствии с введенными нами этапами формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике: подготовительный, профессионально-прикладной, технологический. Описание указанных этапов при изучении выбранного раздела приведено в Приложении 4.

Рассмотрим пример организации проведения лекционных и практических занятий, способствующих формированию критического мышления у студентов горных вузов при изучении раздела, выбранного нами.

Фрагмент лекции по теме

«Дифференциальные уравнения как инструмент построения математических моделей явлений и процессов окружающего мира»

В начале лекции преподаватель должен мотивировать учебную деятельность студентов на изучение нового материала. Для этого преподаватель отмечает, что при изучении многих физических явлений в сфере производства и в других областях науки часто не удастся найти зависимость между величинами, участвующими в рассматриваемом процессе, зато легко просматривается связь между величинами и их производными. Так возникают уравнения, называемые дифференциальными.

С целью вовлечения студентов в процесс создания математических моделей процессов, явлений окружающего мира, базирующихся на уже имеющихся знаниях и последующей их формализации, преподаватель совместно со студентами рассматривает задачи:

Задача 1. Приведите пример, доказывающий или опровергающий следующее утверждение: «Не существует кривой второго порядка, проходящей через точку

$N(4; 5)$, обладающей свойством: в любой ее точке отрезок нормали, заключенный между осями координат, делится точкой пополам».

Решение. Для решения задачи студенты предполагают, что такая кривая существует, и пробуют совместно с преподавателем написать дифференциальное уравнение, для которого эта кривая удовлетворяет соответствующему начальному условию.

После анализа текста задачи студенты выполняют чертеж и наносят на него все данные задачи (рисунок 22).

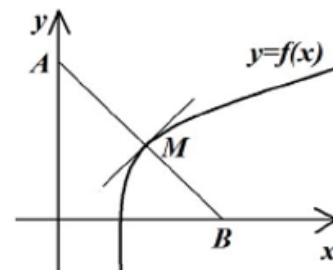


Рис. 22

Решение задачи происходит в форме диалога преподавателя со студентами. Вопросы преподавателя, ответы студентов и соответствующие показатели критического мышления (по модифицированной таксономии Блума) приведены в таблице 11.

Таблица 11

Вопросы преподавателя, ответы студентов и соответствующие показатели критического мышления (по Блуму)

Вопросы преподавателя	Ответы студентов	Показатели (по Блуму)
Что нужно найти?	Уравнение кривой. Вводят обозначение: $y = y(x)$	Помнить
Что известно?	Искомая кривая проходит через точку $N(4; 5)$	
Какие обозначения необходимо ввести?	$M(x; y)$ – точка кривой, через которую проходит нормаль AB ; $A(0; Y_0)$ и $B(X_0; 0)$ – точки пересечения нормали с координатными осями	Понимать
Как записать условия задачи через введенные обозначения?	1) AB – нормаль к искомой кривой; 2) отрезок нормали, заключенный между осями координат, делится пополам: $AM = MB(1)$	
Анализируя данные из условия задачи и введенные обозначения, запишите формулы по математике, которые понадобятся при решении	1. Уравнение нормали: $Y - y_0 = \frac{-1}{y'}(X - x_0)$. 2. Формула нахождения расстояния между двумя точками: $ M_1 M_2 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$	Применять

Вопросы преподавателя	Ответы студентов	Показатели (по Блуму)
Как связать точку M с уравнением нормали?	Подставить ее координаты в уравнение нормали $Y - y = \frac{-1}{y'}(X - x).$	Анализировать
Как связаны введенные точки A и B с уравнением нормали?	Точки $A(0; Y_0)$ и $B(X_0; 0)$ лежат на нормали, поэтому из уравнения нормали получаем: $Y_0 = y + \frac{x}{y'}$ и $X_0 = y y' + x.$	
Какие действия необходимо выполнить?	Используя формулу расстояния между двумя точками, найдем: $AM^2 = (Y_0 - y)^2 + x^2 = \frac{x^2}{(y')^2} (1 + (y')^2) \quad (2)$ $MB^2 = (X_0 - x)^2 + y^2 = y^2 (1 + (y')^2) \quad (3)$	
Как запишется дифференциальное уравнение?	Подставим выражения (2) и (3) в формулу (1), получим $\sqrt{\frac{x^2}{(y')^2} (1 + (y')^2)} = \sqrt{y^2 (1 + (y')^2)}$ или $\frac{x^2}{(y')^2} (1 + (y')^2) = y^2 (1 + (y')^2).$ После упрощения: $x^2 = (y')^2 \cdot y^2$ окончательный вид дифференциального уравнения: $y' = \frac{x}{y}$	Оценивать
Как можно изменить запись данного дифференциального уравнения, используя уже пройденный материал?	Можно вспомнить определение дифференциала функции: дифференциалом функции $y = f(x)$ называется произведение производной y' на дифференциал аргумента dx и обозначается dy т. е. $dy = y' \cdot dx.$ Из этой формулы выразить y' : $y' = \frac{dy}{dx}$ Дифференциальное уравнение примет вид: $\frac{dy}{dx} = \frac{x}{y}$	Оценивать

Окончательное решение задачи происходит в конце занятия.

Задача 2. Скорость обесценивания обогатительного оборудования вследствие его износа пропорциональна в каждый данный момент времени его фактической стоимости. Написать дифференциальное уравнение для функции, выражающей зависимость стоимости оборудования от времени его работы. Найти стоимость обогатительного оборудования при начальной его стоимости, равной A_0 . Во

сколько раз обесценится данное обоганительное оборудование через 6 лет, если через год оно обесценится в 2 раза?

Решение. На основе анализа данных, представленных в условии задачи, студенты совместно с преподавателем выясняют суть процесса, вводят обозначения величин, вводят функцию, которая задает стоимость обоганительного оборудования в момент времени t : $A = A(t)$. Опираясь на уже имеющиеся знания и пользуясь условием задачи, выражают двумя способами скорость обесценивания оборудования. Получают дифференциальное уравнение:

$$\frac{dA}{dt} = -\alpha \cdot A \text{ или } A' = -\alpha \cdot A.$$

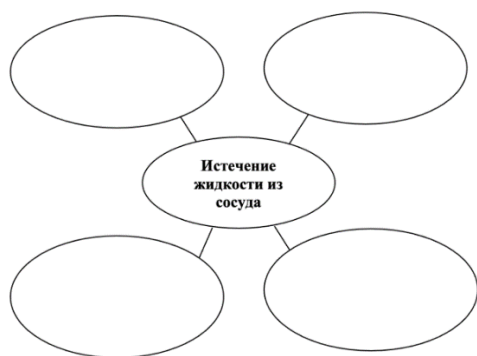
Окончательное решение задачи происходит в конце занятия.

Многолетний опыт преподавания математики в вузе показывает, что наиболее сложным моментом при решении прикладных задач с помощью дифференциальных уравнений является составление математической модели изучаемого процесса.

Поэтому для построения дифференциального уравнения процесса, о котором пойдет речь в следующей задаче из гидростатики, целесообразно раскрыть понятие «истечение жидкости из сосуда». Для этого преподаватель вместе со студентами составляет кластер, позволяющий сделать наглядными мыслительные процессы, происходящие при погружении в проблемную ситуацию. Центром кластера будет понятие «Истечение жидкости из сосуда», а спутниками, которые нужно расположить по орбитам, – наиболее используемые формулы в этой теме (происходит актуализация опорных знаний).

Кластер представлен на рисунке 23 (а, б).

а) кластер до заполнения:



б) кластер после заполнения:

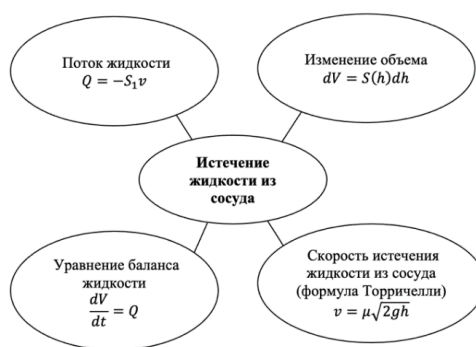


Рис. 23. Кластер с центральным понятием «Истечение жидкости из сосуда»

Преподаватель поясняет, что в формуле Торричелли μ – постоянный (безразмерный) коэффициент, зависящий от свойств жидкости (вязкости и формы отверстия). Например, для воды, вытекающей через стандартное отверстие, $\mu \approx 0,62$. Если же края сосуда имеют прямоугольную форму, то $\mu \approx 0,85$, а для отверстия с закругленными краями $\mu \approx 0,97$.

Задача 3. Из вертикально расположенного цилиндрического резервуара высотой H и радиусом R через отверстие радиусом a в нижней части выливается жидкость. Пренебрегая вязкостью, определить, через сколько минут наполненный доверху резервуар окажется пустым.

Решение. На основе анализа данных, представленных в условии задачи, студенты совместно с преподавателем проводят построение (рисунок 24), вводят обозначения. Используя формулы из заполненного кластера, студенты записывают дифференциальное уравнение описываемого процесса: $\frac{dh}{dt} = \frac{-a^2}{R^2} \sqrt{2gh}$.

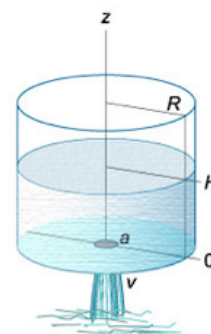


Рис. 24

Окончательное решение задачи происходит в конце занятия.

Для определения основного способа нахождения решения дифференциальных уравнений I порядка преподаватель записывает на доске уравнения (таблица 12) и предлагает студентам вспомнить математические операции, используемые при их решении (курсивом выделены ответы студентов).

Таблица 12

Математические операции, связанные с решением уравнений

Уравнения	Математические операции	
	До решения	Для решения
$x + 3 = 10$	<i>сложение</i>	<i>вычитание</i>
$\frac{x}{3} = 5$	<i>деление</i>	<i>умножение</i>
$x^2 = 4$	<i>возведение в степень</i>	<i>извлечение корня</i>
$\sqrt[3]{x + 4} = 2$	<i>извлечение корня</i>	<i>возведение в степень</i>
Вывод:	<i>конкретная математическая операция</i>	<i>обратная ей математическая операция</i>
дифференциальные уравнения	<i>дифференцирование</i>	<i>интегрирование</i>

Преподаватель предлагает вернуться к задачам, для которых уже были найдены дифференциальные уравнения исследуемых процессов, и закончить их решение.

Продолжение решения задачи 1. В процессе продолжения решения задачи 1 происходит формирование показателя «Создавать» (таблица 13).

Таблица 13

Формирование показателя «Создавать»

Вопросы преподавателя	Ответы студентов	Показатель (по Блуму)
Какие действия нужно совершить для решения задачи?	1) решаем дифференциальное уравнение: $y' = \frac{x}{y}$. Получаем $y^2 - x^2 = C$; 2) определяем, что решение дифференциального уравнения задает семейство равносторонних гипербол; 3) вводим начальные условия: $y(4) = 5$ и находим значение $C = 9$; 4) записываем уравнение искомой кривой: $y^2 - x^2 = 9$ и проводим построение. Студенты приходят к выводу: приведенный пример опровергает предложенное утверждение. Студенты формулируют верное утверждение: «Существует кривая второго порядка, проходящая через точку $N(4; 5)$, обладающая свойством: в любой ее точке отрезок нормали, заключенный между осями координат, делится точкой пополам».	Создавать
Что нужно исправить в изначально данном утверждении, чтобы оно стало верным?	Кривая второго порядка с указанными условиями не существует при $C = 0$, то есть, когда для координат точки $N(a; b)$ справедливо равенство: $a^2 = b^2$	
Сформулируйте несколько верных утверждений.	1. Не существует кривой второго порядка, проходящей через точку $N(4; 4)$, обладающей свойством: в любой ее точке отрезок нормали, заключенный между осями координат, делится точкой пополам. 2. Не существует кривой второго порядка, проходящей через точку $N(-4; 4)$, обладающей свойством: в любой ее точке отрезок нормали, заключенный между осями координат, делится точкой пополам.	

Продолжение решения задачи 2. Найти стоимость обогатительного оборудования при начальной его стоимости, равной A_0 .

$$\frac{dA}{dt} = -\alpha \cdot A; \quad \frac{dA}{A} = -\alpha \cdot dt; \quad A = A_0 e^{-\alpha t}.$$

Используя условия задачи, получим окончательный ответ: через 6 лет обогатительное оборудование обесценится в $\frac{1}{64}$ раза.

Продолжение решения задачи 3. В результате решения дифференциального уравнения с разделяющимися переменными и учета того, что начальный уровень жидкости составляет H , а за время T он уменьшается до 0, студенты получают выражение для вычисления полного времени вытекания жидкости: $T = \frac{R^2}{a^2} \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

Преподаватель отмечает, что, изменяя форму резервуара, его положение в пространстве, можно получить каскад задач на тему вытекания, и предлагает студентам в качестве домашнего задания подумать, как изменится ответ задачи, если:

1) резервуар расположить горизонтально и просверлить отверстие того же радиуса в самой нижней части его боковой поверхности;

2) резервуар будет иметь форму конуса той же высоты H , того же радиуса основания R , наполнен той же жидкостью, но расположен вершиной вниз. В его нижней части имеется круглое отверстие радиусом a , через которое выливается жидкость.

Далее преподаватель вводит определение дифференциального уравнения 1-го порядка, его общего решения, задачи Коши, интегральной кривой, неявное задание решения, формулирует теоремы существования и единственности решения задачи Коши, описывает алгоритм нахождения общего решения для уравнения с разделяющимися переменными.

Таким образом, на лекции были рассмотрены основные понятия и определение дифференциальных уравнений, показаны методы решения дифференциальных уравнений I порядка, сформированы приемы решения дифференциальных уравнений I порядка, показана связь производной с изменением физических величин, в результате чего студенты наглядно увидели междисциплинарные связи математики с другими науками, а также практическую направленность изучаемого раздела.

Специальный семинар по теме:

«Разрешение проблемных ситуаций в геологии

и горной инженерии с помощью дифференциальных уравнений»

Так как для решения задач, предлагаемых на данном семинаре, используются различные по типу дифференциальные уравнения, семинар проходит на завершающем этапе изучения раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения».

Задача 1 (о радиоактивном распаде радия).

Экспериментальным путем установлено, что скорость радиоактивного распада радия прямо пропорциональна массе радия в данный момент времени.

1. Составьте закон изменения массы радия от времени распада, если известно, что через 1590 лет количество радия уменьшится ровно вдвое.

2. Используя выведенный закон, укажите все верные утверждения:

- а) количество радия, не распавшегося через 300 лет, не превысит 83 %;
- б) весь изначально имеющийся радий распадется через 3180 лет;
- в) через 200 лет распадется чуть больше 8 % радия.

Решение. Студент вводит обозначение: $m(t)$ – масса радиоактивного радия в момент времени t . Воспользовавшись законом: скорость радиоактивного распада радия пропорциональна массе радия в данный момент времени, студент записывает уравнение: $v = -\alpha \cdot m$. Получает дифференциальное уравнение: $m' = -\alpha \cdot m$. Определяет его тип и решает по известному алгоритму. Решение оформляет в виде: $m = C \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ (1). Коэффициент пропорциональности α студент определяет, используя дополнительные условия задачи, а именно то, что через 1590 лет количество радия уменьшится ровно вдвое. Для этого вводит следующие значения: $t = 0, m = \frac{m_0}{2}$ и подставляет их в уравнение (1). Получает $\alpha \approx 0,00044$.

Искомая функция имеет вид: $m = m_0 \cdot e^{-0,00044t}$ (2).

Студент:

1) проверяет справедливость первого утверждения. Для этого с помощью найденной функции вычисляет $m(300) = m_0 \cdot 0,887$. Значит, количество радия, не распавшегося через 300 лет, составит 88,7 %. Утверждение неверно;

2) проверяет справедливость второго утверждения. Для этого вычисляет $m(3180) = m_0 \cdot 0,28$. Значит, количество радия, не распавшегося через 3180 лет, составит 28 %. Утверждение неверно;

3) проверяет справедливость третьего утверждения. Для этого вычисляет $m(200) = m_0 \cdot 0,915$. Значит, количество радия, не распавшегося через 200 лет, составит 91,5 %. Следовательно, через 200 лет распадется 8,5 % радиоактивного радия. Утверждение верно.

На занятии студенты разбиваются на группы по два человека. Тем студентам, которые правильно решили задачу раньше остальных, предлагается задание на формирование умений задавать вопросы, а именно записать с помощью таблицы 14 продолжение каждого вопроса так, чтобы в них содержались понятия, явления, законы, формулы, предложенные во втором столбце. Этими составленными вопросами они смогут воспользоваться при объяснении решения студентам, не справившимся с заданием.

В результате грамотно организованной преподавателем деятельности происходит совместное (в группе) обсуждение решения задачи.

Созданная преподавателем «проблемная ситуация» побуждает студентов не только проявлять познавательную активность и мыслить критически, но и развивает способность самостоятельно формулировать и задавать «правильные» вопросы.

Таблица 14

Составление вопросов

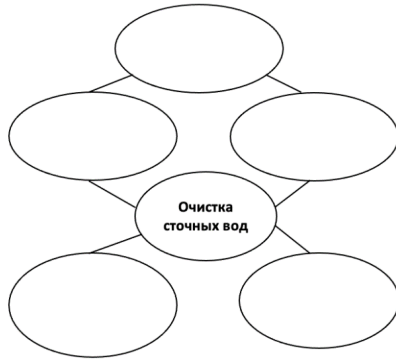
Вопросы	Понятия, законы, формулы
Что?	1. Незвестные величины.
Какая?	2. Независимая, меняющаяся величины.
Как?	3. Закон.
Чем?	4. Дифференциальное уравнение.
Каков?	5. Алгоритм решения.
Является ли ...?	6. Натуральный логарифм.
Согласны ли вы ...?	7. Сумма логарифмов.
Объясните, зачем ...?	8. Изменение массы радия во времени.
Что, если ...?	9. Другой способ.

Задача 2 (дисциплина «Геоэкология»). Проверить справедливость следующего утверждения: «увеличение длины фильтрующего массива ведет к менее эффективной очистке сточных вод от взвешенных частиц».

Решение. Для того чтобы студентам было проще разобраться в условии задачи и найти правильный путь решения, разумно преподавателю вместе со студентами составить кластер с центральным понятием «Очистка сточных вод».

При заполнении кластера студентам предлагается ответить на вопросы: «Что влияет на очистку сточных вод?», «Каков механизм очистки сточных вод?» Кластер представлен на рисунке 25 (а, б).

а) кластер до заполнения



б) кластер после заполнения



Рис. 25. Кластер с центральным понятием «Очистка сточных вод»

После того, как студент проанализировал текст и заполнил кластер, он вводит обозначения величин рассматриваемого процесса, определяет правило, согласно которому будет построена математическая модель: относительное изменение концентрации $\frac{\Delta C}{C}$ приближенно прямо пропорционально (с постоянным коэффициентом пропорциональности α) приращению длины ΔS проходимого фильтрующего массива: $\frac{\Delta C}{C} \approx -\alpha \cdot \Delta S$, где C – текущая концентрация частиц, возникшая при прохождении водами фильтрующих массивов длины S , т. е. $C = C(S)$. Преобразует его, переходя к пределу при $\Delta S \rightarrow 0$. Получает дифференциальное уравнение: $\frac{dC}{dS} = -\alpha \cdot C$.

Пользуясь знаниями, полученными на предыдущих занятиях, студент определяет тип дифференциального уравнения, решает его. Записывает условия, которые задают концентрацию загрязнения сточных вод в начале фильтрации, получает общее решение задачи: $C(S) = C_0 \cdot e^{-\alpha S}$.

Преподаватель предлагает ввести понятие «эффективность очистки сточных вод», обозначить введенное понятие через $K_{эф}$ и считать его значение по формуле:

$$K_{эф} = \frac{\text{концентрация на входе в массив длиной } S}{\text{концентрация на выходе из массива длиной } S} = \frac{C_0}{C(S)} = e^{\alpha S}.$$

В итоге: $K_{эф} = e^{\alpha S}$. Студент вводит: $\alpha = 0,03\text{м}^{-1}$; $S_1 = 50\text{м}$; $S_2 = 100\text{м}$; $S_3 = 150\text{м}$.

Вычисляет: $K_{эф1} = 4,48$; $K_{эф2} = 20,08$; $K_{эф3} = 90,02$.

Студент делает следующие обоснованные выводы:

1) увеличение длины фильтрующего массива ведет к более эффективной очистке сточных вод;

2) проверяемое утверждение о том, что «увеличение длины фильтрующего массива ведет к менее эффективной очистке сточных вод от взвешенных частиц», является недостоверным.

Задача 3 (дисциплина «Гидрогеология»). Для целей водоснабжения пробурена скважина. Определить уровень ее депрессионной кривой.

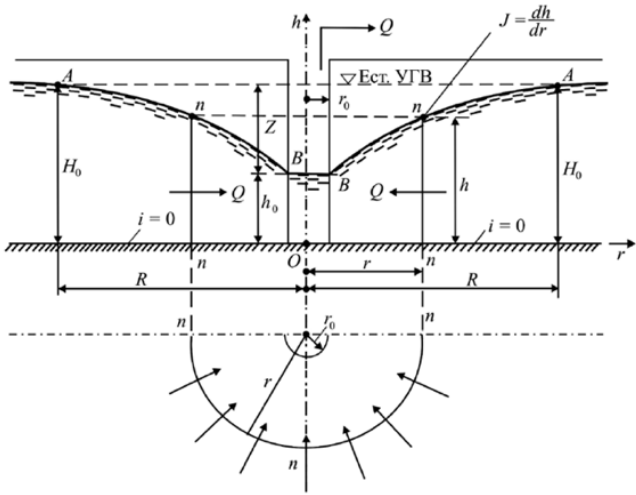
Данная задача является прикладной задачей дисциплины «Гидрогеология». Для того чтобы задача оказалась посильной студентам, преподаватель после прочтения задачи демонстрирует готовый чертеж образованной после вскрытия водоносного горизонта скважины с уже нанесенными на него величинами и предлагает совместно со студентами заполнить схему ориентирования.

Отметим, что на предлагаемом чертеже *содержится много избыточной информации*, поэтому уже на начальном этапе заполнения схемы при всестороннем анализе изображенных величин запустится процесс формирования критического мышления.

Схема ориентирования представлена в таблице 15.

Таблица 15

Схема ориентирования

Вопросы, действия, ориентирующие на решение	Ответы студентов
Общее ориентирование	
Проанализируйте предложенный чертеж	
Определите, что нужно найти	

Сформулируйте предположения о путях решения задачи	
Выясните недостающие данные	
Определите, какие формулы, законы из дисциплин профессионального цикла понадобятся при решении	Перечисление всех необходимых для решения задачи законов из дисциплин профессионального цикла
Опишите действия, которые нужно выполнить для решения задачи	
Ориентирование на выполнение	
На основе анализа описанных действий определите, какие математические умения понадобятся при решении	1. 2. 3. 4. 5.
Проанализируйте ход решения задачи и полученный ответ	
Выявите недостатки в проделанном решении	
Найдите лучшее (оптимальное) решение задачи	

После совместного заполнения со студентами схемы ориентирования преподаватель предлагает студентам самостоятельно выполнить решение **по действиям**, прописанным в ней.

Задача 4 (дисциплина «Геомеханика»). Установить, существует ли кривая распределения вертикальных смещений кровли, удовлетворяющая следующим условиям:

- 1) значение смещений непосредственно на линии забоя составляет 25 см;
- 2) значение смещений на расстоянии один метр составляет 24 см;
- 3) на достаточно большом расстоянии от забоя смещения отсутствуют.

Решение. Сначала студент приводит все величины к единой единице измерения. Обозначает значения смещений на расстоянии s от линии забоя через $Q(s)$. Опираясь на ранее изученный материал из раздела «Дифференциальная геометрия», получает дифференциальное уравнение искомой кривой опорного давления: $Q(s) = \alpha^2 \cdot Q$. Определяет тип полученного уравнения и находит его решение по уже изученному алгоритму. Задает начальные условия для задачи Коши: $Q(0) = 0,25$; $Q(1) = 0,24$.

Студент понимает, что начальных условий не хватает, поэтому вводит еще одно дополнительное условие: $Q(+\infty) = 0$. Получает решение задачи в виде функции: $Q(s) = 0,25 \cdot e^{-0,04s}$. Студент делает обоснованный вывод: кривая распределения вертикальных смещений кровли, удовлетворяющая заданным условиям, существует.

Для того чтобы наглядно показать студенту применение полученных знаний, преподаватель предлагает найти длину зоны влияния очистной выработки, в которой смещения превышают 0,01 м.

Для этого студент решает уравнение $0,01 = 0,25 \cdot e^{-0,04s}$ (с помощью графика или аналитическим способом). Получает ответ $S = 80,5$ м.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. После проведенного эксперимента выяснилось, что в течение года из каждого грамма радия распадается 0,44 мг вещества. Укажите все верные утверждения:

- а) четверть имеющегося радия распадется примерно через 654 года;
- б) весь изначально имеющийся радий распадется через 1000 лет;
- в) через 150 лет распадется чуть больше 10 % радия.

Задача 2. В среднем за месяц распадается примерно половина от первоначального количества радиоактивного вещества. Докажите или опровергните утверждение «Через 200 дней останется 1 % от первоначального количества радиоактивного вещества».

В конце решения задач студентам предлагается заполнить карту самоанализа и карточку оценки своей работы на семинаре.

Карта самоанализа

В предложенной таблице зафиксируйте затруднения, с которыми вы столкнулись при решении задачи. Во втором столбце поставьте галочку напротив моментов, которые вызвали затруднения. В случае появления затруднений, не занесенных в таблицу, впишите их самостоятельно в пустые строки.

Затруднения	Фиксация затруднений
Неумение строить математическую модель исследуемого процесса	
Неумение определять вид дифференциального уравнения	

Незнание алгоритма решения дифференциального уравнения	
Неумение вводить начальные условия для решения задачи Коши	
Неумение анализировать полученный результат	
Неумение проводить оценку правильности решения задачи	
Неумение переводить полученные результаты в область специальной дисциплины	
Неумение составлять вопросы	
Другие затруднения:	
Оценка работы на семинаре Уважаемый студент! Прошу Вас оценить Вашу работу на каждом из этапов сегодняшнего занятия и выставить себе баллы. Для этого заполните предложенную таблицу. Фамилия _____, группа _____	
Вид деятельности	Оценка
Решение задач в паре (карточка о распаде радия) – от 0 до 2 баллов	
Решение задач в группе (карточка ориентирования для нахождения уравнения депрессионной кривой) – от 0 до 2 баллов	
Решение задачи у доски – от 0 до 2 баллов	
Решение задач в тетради – от 0 до 2 баллов	
ИТОГО	

Опираясь на выводы, сделанные после обработки «Карт самоанализа» и «Карт оценки собственной работы на семинаре», преподаватель может диагностировать изменение рефлексивного компонента критического мышления студентов.

В качестве приема формирования критического мышления мы предлагаем **написание эссе**. Написание эссе позволяет студентам размышлять на интересующие их темы, выражать собственное, независимое мнение на обозначенную проблему. В конце изучения раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения» нами были предложены студентам следующие темы: «Обыкновенные дифференциальные уравнения в геологии и смежных дисциплинах», «Применение дифференциальных уравнений при решении профессиональных задач горных инженеров».

К этой работе преподаватель выдвигает ряд требований: присутствие профессиональной терминологии; обобщение структуры изученного материала; конкретные примеры того, где в будущей профессиональной сфере деятельности происходит использование дифференциальных уравнений.

Написание эссе на этапе подведения итогов приводит к усвоению учебного материала по пройденной теме, размышлению над его значимостью в профессиональной области, занесению в личный опыт, осознанию необходимости в самообучении, саморазвитии. Все это ведет к формированию критического мышления.

В данном параграфе выделены этапы обучения математике студентов горных вузов с целью формирования критического мышления: подготовительный, профессионально-прикладной, технологический. Показано, каким образом происходит формирование каждого компонента критического мышления у студентов при обучении математике на выделенных этапах. Рассмотрены особенности организации процесса обучения математике в рамках построенной нами модели на примере изучения раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения».

Выводы по второй главе

1. Обосновано, что в качестве методов обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления целесообразно использовать: метод математического моделирования, кейс-метод, метод проблемного обучения; в качестве приемов: построение кластеров, схем ориентирования, приведение контрпримеров, нахождение ошибок и др.; в качестве средств обучения: математические задачи, прикладные задачи, кейсы.

2. В результате проведенного анализа и обобщения отбора содержания математического материала выделены основные виды математических задач, направленные на формирование критического мышления у студентов: задачи с явно выраженным противоречием; с некорректно представленной информацией; задачи на нахождение ошибок; на реконструкцию решения с пропусками.

3. В результате проведенного анализа и обобщения диссертационных исследований сформулированы требования к содержанию прикладных задач и кейсов, направленных на формирование критического мышления у студентов:

1) содержание должно вызывать интерес у студентов за счет демонстрации взаимосвязи между проблемами, затрагивающими процессы горного производства, и математическим аппаратом, который применяется для их решения;

2) в процессе решения должны быть задействованы знания, умения, навыки, прописанные в программе курса «Математика», накопленные на данный момент обучения в вузе;

3) в процессе решения должно происходить усвоение студентами знаний, умений и навыков построения и критического анализа математической модели исследуемого процесса, а также интерпретации полученных результатов;

4) в процессе решения должно происходить профессиональное развитие личности будущего специалиста.

4. Методика обучения математике студентов горных вузов, разработанная на основе построенной модели, состоит из трех этапов:

1 этап – подготовительный – нацелен на использование критического мышления при решении математических задач;

2 этап – профессионально-прикладной – предполагает реализацию принципа интегративности с помощью введения профессионально-прикладного материала в курс математики;

3 этап – технологический – направлен на приобретение опыта профессиональной деятельности с помощью построения и исследования мат. моделей процессов горного дела и геологии.

ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1. Цель, задачи и организация экспериментальной работы

В нашем исследовании основной целью проведения экспериментальной работы являются выяснение результативности применения разработанной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления и проверка исходной гипотезы о формировании критического мышления с помощью использования различных видов математических задач, кейсов, прикладных задач, позволяющих учитывать междисциплинарные связи математики и специальных дисциплин горного дела и геологии.

Экспериментальная работа осуществлялась в соответствии с общей теоретической концепцией исследования и состояла из трех этапов: поисково-теоретического (2017–2018 гг.); опытно-экспериментального (2019–2020 гг.); обобщающего (2021–2023 гг.) (таблица 16).

Поисково-теоретический этап экспериментальной работы ориентирован на диагностику состояния изучаемой проблемы с помощью проведения анализа научно-методической литературы. В результате были сформированы гипотеза и задачи исследования, разработан понятийно-категориальный аппарат. Также на данном этапе выделены уровни сформированности критического мышления у студентов горных вузов, проведена первичная диагностика, сформированы экспериментальная и контрольная группы испытуемых.

Основные методы данного этапа: опрос, беседы, наблюдения, анкетирование.

Опытно-экспериментальный этап работы ориентирован на реализацию педагогической модели обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления. На данном этапе в образовательный процесс внедрялись математические задачи, прикладные задачи, кейсы, направленные на формирование критического мышления.

Этапы экспериментальной работы

Этапы	Задачи эксперимента	Методы эксперимента	Результаты этапа эксперимента
Поисково-теоретический этап (2017–2018)	– определить цель, задачи исследования, сформулировать гипотезу; – выделить компоненты и показатели уровня сформированности критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике; – выбрать контрольную и экспериментальную группы для проведения констатирующего эксперимента с целью выявления уровня математических знаний и исходного уровня сформированности критического мышления у студентов; обработать полученные результаты; – разработать модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления, состоящую из следующих блоков: нормативно-целевого, методологического, содержательного, организационного, технологического, оценочно-результативного.	– анализ психолого-педагогической литературы, диссертационных исследований по данной проблеме; – тестирование, анкетирование студентов для определения у них исходного уровня сформированности критического мышления; – анкетирование преподавателей для определения важности и возможности формирования критического мышления у студентов при изучении дисциплины «Математика»; – констатирующий эксперимент; – опрос, беседы, наблюдения.	– проведен анализ проблемы с помощью изучения научно-методической литературы; – проведен анализ результатов анкетирования преподавателей УГГУ; – сформулировано понятие «критическое мышление», определены его критерии, компоненты, показатели и уровни сформированности.

Этапы	Задачи эксперимента	Методы эксперимента	Результаты этапа эксперимента
Опытно-экспериментальный этап (2019–2020)	– выделить средства формирования критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике; – определить основные требования к содержанию обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления; – выбрать разделы дисциплины «Математика» для создания математических задач, прикладных задач, кейсов; – проверить влияние выделенных средств на изменение уровня сформированности критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике; – оценить результативность построенной педагогической модели; – ввести в процесс обучения математике разработанную методику для формирования критического мышления у студентов.	– анализ ФГОС 3++ специальностей 21.05.02 Прикладная геология и 21.05.04 Горное дело на предмет выявления специфики профессиональной деятельности студентов горных вузов и в соответствии с ней отбор методов, приемов, форм и средств формирования критического мышления у студентов; – анкетирование; – формирующий эксперимент.	– разработан комплекс математических задач, прикладных задач различного уровня сложности, кейсов; – уточнены способы диагностики каждого компонента критического мышления (мотивационного; деятельностного; рефлексивного).
Обобщающий этап (2021–2023)	– обработать полученные результаты эксперимента.	– систематизация диагностических данных; – обобщение результатов исследования; – формулирование выводов с последующим их внесением в текст диссертации.	– подтверждена результативность разработанной и внедренной методики обучения математике студентов горных вузов с целью формирования у них критического мышления.

В этот период выполнялась промежуточная диагностика.

Обобщающий этап экспериментальной работы ориентирован на обработку, анализ и интерпретацию полученных данных. На этом этапе проводились итоговая диагностика, качественный и количественный анализ полученных результатов исследования.

В результате анализа выделенных компонентов критического мышления (мотивационный, деятельностный, рефлексивный), описанных в параграфе 1.2, нами определены показатели, наиболее точно их характеризующие, а также методики, с помощью которых проводится диагностика каждого показателя (таблица 17).

Таблица 17

Показатели сформированности компонентов КМ

Компоненты КМ	Показатели	Методики диагностики
Мотивационный	Показатель 1. Мотивация на использование КМ при изучении математики	1. Диагностика мотивации на использование КМ при изучении математики (Приложение 1).
	Показатель 2. Потребность в получении и проверке результата	2. Диагностика потребности в получении и проверке результата (адаптированная по А. А. Реан) (Приложение 1).
	Показатель 3. Мотивация обучения в вузе	3. Диагностика мотивации обучения студентов в вузе (по Т. И. Ильиной) (Приложение 1).
Деятельностный	Показатель 4. Умение работать с информацией	4. При входном контроле использовались задачи из школьного курса математики. Текущий и итоговый контроль проходил с применением математических, прикладных задач, соответствующих изученным разделам дисциплины «Математика». 5. Карта педагогических наблюдений (таблица 24).
	Показатель 5. Умение выдвигать гипотезы	
	Показатель 6. Умение строить и исследовать математические модели реальных процессов	
	Показатель 7. Умение выявлять противоречия	
	Показатель 8. Умение выносить оценочные суждения	
	Показатель 9. Умение строить прогнозы	
	Показатель 10. Способность к коммуникации	
Рефлексивный	Показатель 11. Умение проводить самоанализ	6. Изучение заполненных студентами карт самоанализа, самооценки после выполнения предложенных заданий. 7. Карта педагогических наблюдений (таблица 25). 8. Диагностика рефлексивности (по А. В. Карпову [52]).
	Показатель 12. Умение проводить самокоррекцию	
	Показатель 13. Умение проводить рефлексию	

Предложенные методики диагностики использовались нами при проведении входного, текущего (первый срез, второй срез) и итогового контроля. Уровни сформированности критического мышления у студентов горных вузов (начальный, средний, высокий) представлены в таблице 18.

Таблица 18

Уровни сформированности критического мышления

№	Уровни сформированности КМ	Основные критерии оценки сформированности критического мышления
1.	Начальный	Испытуемый не мотивирован на использование КМ при изучении математики, не проявляет активность в получении и проверке результата, основные мыслительные операции (анализ, сравнение, синтез) развиты слабо. Способен совместно с преподавателем: – сформулировать проблему для последующего поиска и обработки информации; – проводить поиск релевантной информации, содержащейся в различных источниках и представленной в различных формах; – преобразовывать информацию в виде математических отношений и формул. Избегает публичных выступлений в коллективе, не способен в ходе дискуссии отстаивать собственную точку зрения, пассивен при принятии самостоятельных решений, обобщении полученных результатов, формулировании выводов. Не проводит рефлексию своей деятельности.
2.	Средний	Испытуемый не всегда использует КМ при изучении математики, не очень настойчив в достижении цели; при встрече с препятствием пассивно относится к его преодолению. Способен самостоятельно: – интерпретировать информацию (выделять главное, проводить сравнение, противопоставление сведений об изучаемом процессе); – преобразовывать информацию в виде математической модели, тип которой подсказан преподавателем; – решить построенную модель. Ошибается при проведении анализа решения, при обобщении полученных результатов и формулировании выводов. Не способен выявить нелогичность в рассуждениях других студентов, сам допускает логические ошибки. Во время дискуссии не всегда проявляет корректное отношение к ее участникам, «навязывает» собственное мнение без приведения сильных аргументов. Продуктивность деятельности зависит от внешнего контроля; невысокая рефлексия.

№	Уровни сформированности КМ	Основные критерии оценки сформированности критического мышления
3.	Высокий	Испытуемый активно использует КМ при изучении математики, имеет высокую степень в потребности и проверке результата, настойчив при достижении цели; при встрече с препятствием для решения задачи ищет способ его преодоления, при работе с информацией свободно использует основные мыслительные операции (анализ, сравнение, синтез). Способен самостоятельно: – выбирать оптимальный метод решения построенной математической модели; – проверять модель на наличие противоречий между выводами, которые можно сделать из модели и из реальных данных на основе выделенных критериев; – проводить оценку информации: составлять свое мнение о качестве построенной модели, об эффективности ее применения с помощью приведения подтверждающих аргументов; – прогнозировать дальнейшее поведение исследуемого процесса; – проводить поиск и исправление ошибок; – контролировать правильность выполнения отдельных действий и всего решения. Выявляет нелогичность в рассуждениях других студентов, не допускает логических ошибок в своих рассуждениях. Во время дискуссии активен, корректен к мнениям других ее участников, аргументированно отстаивает собственную точку зрения, принимает самостоятельные решения, обобщает полученные результаты, формулирует выводы. Продуктивность деятельности зависит от внутреннего настроя; наличие осознанной рефлексии собственной деятельности.

Проявление начального уровня каждого из выбранных показателей сформированности критического мышления у студентов (таблица 17) мы оцениваем в 0 баллов, среднего уровня – 1 балл, высокого уровня – 2 балла.

Шкала оценки для определения уровня сформированности мотивационного, деятельностного, рефлексивного компонентов критического мышления у студентов горных вузов представлена соответственно в таблицах 19, 20 и 21.

Шкала сформированности рефлексивного компонента КМ

Показатель	Уровень сформированности компонента критического мышления					
	Начальный уровень	Баллы	Средний уровень	Баллы	Высокий уровень	Баллы
Показатель 11. Самоанализ	0–5	0	6–15	1	16–20	2
Показатель 12. Самокоррекция	0–2	0	3–4	1	5–6	2
Показатель 13. Уровень рефлексивности (по А. В. Карпову)	0–4	0	5–6	1	7 и более	2
Максимальное количество баллов: 6						

Общий балл по всем введенным показателям может принимать значения в промежутке от 0 до 26. Выбор интервалов полученной суммарной оценки, соответствующих каждому из указанных уровней сформированности критического мышления, осуществлялся по методике А. А. Ковырялг [58]. Согласно этой методике, начальный уровень характеризуется общей суммой полученных баллов, не превышающей 25 % от максимально возможного результата. Высокий уровень сформированности критического мышления у студентов показывает сумма баллов, превышающая 75 % от максимально возможного результата. Средний уровень сформированности критического мышления определяется промежутком от 25 % до 75 % от максимально возможного результата.

Шкала оценки для определения уровня сформированности критического мышления у студентов горных вузов представлена в таблице 22.

Таблица 22

Шкала оценки определения уровня сформированности КМ

Уровни	Начальный уровень	Средний уровень	Высокий уровень
Интервалы	0–7	8–19	20–26

Пример результатов оценки уровня сформированности критического мышления у студентов горных вузов представлен в таблице 23.

Результаты оценки уровня сформированности КМ

№ п/п	Студент	Показатели и баллы, набранные студентами													Сумма бал- лов	Общий уровень
		Мотива- ционный			Деятельностный							Рефлексив- ный				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Иван А.	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5	началь- ный
2	Данил В.	1	1	2	1	1	2	2	0	1	1	0	1	0	13	средний
	...															

Опишем процедуру измерения каждого из компонентов.

Диагностика мотивационного компонента

Для определения уровня сформированности показателей 1, 2 и 3 студенту предлагалось заполнить соответственно три опросника.

Приведем примеры утверждений, предлагаемых в опросниках. Полные варианты опросников, обработка полученных результатов и критерии оценки представлены в Приложении 1.

Мотивация на использование КМ при изучении математики

(Показатель 1)

Примеры утверждений:

1. После прочтения текста задачи я всегда оцениваю, имеет ли эта задача решение.
2. Анализируя решение задачи, я всегда задумываюсь — за что можно было бы подвергнуть критике найденный способ решения, что требует усиления для доказательства правильности решения.
3. Я способен оценивать важность найденной для решения задачи информации.
4. Я готов воспринимать альтернативные точки зрения при обсуждении путей решения задачи, но только после их убедительной аргументации.
5. При решении задачи я способен отделить существенную информацию от несущественной.
6. При решении задачи я способен понять, что данной в тексте задачи информации недостаточно.

7. Я умею работать с чертежом, схемой, графиком: понимаю информацию, которая на них изображена, без словесного описания.

8. К концу решения задачи я всегда сопоставляю полученные результаты с тем, что нужно было найти.

9. Я понимаю, с чем у меня возникли затруднения в процессе решения задачи, что является их причиной и как их устранить.

10. При решении задачи у меня возникают вопросы, на которые я не могу найти ответы сразу, поэтому ищу их самостоятельно с применением дополнительных источников информации.

Потребность в получении и проверке результата (Показатель 2)

Примеры утверждений:

1. Если в процессе решения проблемы я сталкиваюсь с некоторым препятствием, то не отступаю, а ищу способы его преодоления.

2. Мне интересно формулировать вопросы и находить ответы на вопросы, заданные другими людьми.

3. Я уделяю пристальное внимание детальному восприятию сведений и идей.

4. Я активно участвую в групповых обсуждениях решаемой проблемы.

5. Я внимательно слушаю, какие идеи, гипотезы предлагают другие участники группы.

6. Я могу оценить достоверность полученной информации, применяя законы логики.

7. Я всегда проверяю правильность полученных результатов, выводов.

8. Я способен выявить ошибки в рассуждениях других людей.

Мотивация обучения в вузе (Показатель 3)

Примеры утверждений:

1. Лучшая атмосфера на занятии – атмосфера свободных высказываний.

2. Я самостоятельно изучаю ряд предметов, по моему мнению, необходимых для моей будущей профессии.

3. Я испытываю удовольствие от рассмотрения на занятии трудных проблем.

4. Я средний студент, никогда не буду вполне хорошим, а поэтому нет смысла прилагать усилия, чтобы стать лучше.

5. Я считаю, что для полного овладения профессией все учебные предметы нужно изучать одинаково глубоко.

6. Я учу материал, чтобы стать профессионалом, а не ради экзамена.

7. Чтобы убедить в чем-либо группу, мне приходится самому работать очень интенсивно.

Диагностика деятельностного компонента

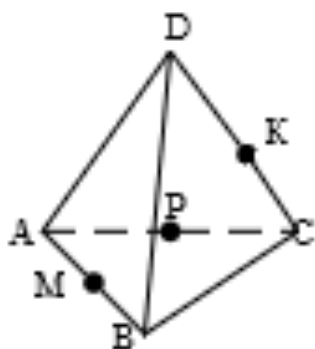
На констатирующем этапе эксперимента для диагностики исходного уровня сформированности деятельностного компонента критического мышления у студентов нами была проведена входная контрольная работа, состоящая из 6 заданий, соответствующих школьному курсу обучения.

Приведем примеры заданий из варианта входной контрольной работы № 1 вместе с описанием цели использования каждого задания в контексте формирования критического мышления (в варианте, предложенном студентам, описание цели использования задания отсутствует). Полный вариант контрольной работы представлен в Приложении 2.

Примеры заданий:

Задание 1 (цель – выявить умение работать с рисунком, выдвигать гипотезы, грамотно обосновывать свои выводы).

Пусть точка D не лежит в плоскости треугольника ABC . Известно, что $BC \perp AD$. Точки M, K, P – середины сторон AB, DC, AC соответственно. Укажите, какое из следующих утверждений верно. Обоснуйте свой ответ.



1) PM пересекает AD ;

2) $AD \perp MP$;

3) MK пересекает AC ;

4) $KM \parallel BC$.

Задание 2 (цель – выявить умение устанавливать причинно-следственные связи; осознанно контролировать чужие действия; выявлять ошибки с помощью привлечения собственного опыта).

Оцените правильность решения уравнения. Если в решении допущены ошибки, исправьте их.

$$\sqrt{(x-3)^2} - \sqrt{2x-4} = -1;$$

$$x - 3 - \sqrt{2x-4} = -1;$$

$$-\sqrt{2x-4} = -1 - x + 3;$$

$$-\sqrt{2x-4} = 2 - x;$$

$$2x - 4 = 4 - 4x + x^2;$$

$$x^2 - 6x + 8;$$

$$x_1 = -2, x_2 = -4.$$

Задание 3 (цель – выявить умение преобразовывать условия задачи таким образом, чтобы можно было применить уже имеющиеся знания на практике. Здесь проявляются гибкость мышления, способность увидеть известное в неизвестном).

Представьте игровой кубик с гранями «1», «2», «3», «4», «5», «6». Вы произвольным образом шесть раз бросаете этот кубик. Докажите или опровергните утверждение «Комбинация из элементов “1 4 6 5 3 2” выпадет с большей вероятностью, чем комбинация “1 1 1 5 5 5”».

Первый срез, второй срез и итоговая диагностика проводились соответственно в конце первого, в конце второго и третьего семестров и осуществлялись на лекционных и практических занятиях по математике.

Уровень сформированности показателей деятельностного компонента критического мышления мы оценивали, основываясь на результатах коллективной и индивидуальной работы студентов над решением прикладных задач, кейсов и по результатам контрольных работ, проведенных в конце семестра.

Работу студентов по решению прикладных задач, кейсов, а также контрольные работы мы оценивали на основе разработанной таблицы наблюдений, заполняемой преподавателями (таблица 24). Нами оценивались: умение работать с информацией (Показатель 4), умение выдвигать гипотезы (Показатель 5), умение

строить и исследовать математические модели реальных процессов (Показатель 6), умение выявлять противоречия (Показатель 7), умение выносить оценочные суждения (Показатель 8), умение строить прогнозы (Показатель 9), способность к коммуникации (Показатель 10).

Для каждого показателя были определены критерии, наиболее точно его характеризующие (таблица 24).

Баллы расставлялись следующим образом:

0 баллов – студент не выполняет деятельность;

1 балл – студент выполняет деятельность с помощью преподавателя;

2 балла – студент самостоятельно выполняет деятельность.

Таблица 24

Карта педагогических наблюдений для диагностики уровня сформированности деятельностного компонента критического мышления

ФИО студента _____ группа _____		
Показатели	Критерии	Баллы
Показатель 4. Умение работать с информацией	проверяет надежность используемой информации	
	проводит поиск информации	
	оценивает важность информации, приводимых аргументов	
	работает с информацией, представленной в различных формах (чертеж, схема, график): понимает информацию, которая на них изображена	
	проводит всесторонний анализ информации, учитывая приведенные аргументы и выдвинутые гипотезы	
	отделяет существенную информацию от несущественной	
	выделяет избыточную информацию	
	способен понять, что предоставленной информации недостаточно	
устанавливает причинно-следственные связи		
<i>Сумма баллов по Показателю 4:</i>		
Показатель 5. Умение выдвигать гипотезы	выдвигает гипотезы	
	применяет отобранную информацию для обоснования выдвинутых гипотез	
	оспаривает чужие гипотезы с помощью обоснованных аргументов	
<i>Сумма баллов по Показателю 5:</i>		
Показатель 6. Умение строить и исследовать математические модели реальных процессов	выбирает свойство (проявление) процесса, которое подлежит исследованию	
	строит математическую модель	
	разрабатывает план математической деятельности, последовательность этапов выполнения решения	

Показатели	Критерии	Баллы
<i>Сумма баллов по Показателю 6:</i>		
Показатель 7. Умение выявлять противоречия	проверяет модель на наличие противоречий между выводами, которые можно сделать из модели и из реальных данных	
	выявляет несоответствие вывода, высказывания признанному стандарту, эталону	
	выявляет наличие противоречия, нестыковок в рассуждениях	
<i>Сумма баллов по Показателю 7:</i>		
Показатель 8. Умение выносить оценочные суждения	оценивает правильность построения цепочки умозаключений, объяснений, высказанных прогнозов	
	оценивает корректность построенных аргументов, логических цепочек при проведении доказательств	
	способен оценить логику рассуждения оппонента	
	оценивает эффективность применения построенной модели	
	проводит оценку полученных результатов, своей деятельности	
<i>Сумма баллов по Показателю 8:</i>		
Показатель 9. Умение строить прогнозы	прогнозируется поведение исследуемого процесса	
	прогнозирует исход полученного в ходе решения задачи результата	
	предвидит последствия принятых решений	
	предвидит последствия возможных ошибок	
<i>Сумма баллов по Показателю 9:</i>		
Показатель 10. Способность к коммуникации	активно участвует в групповых обсуждениях	
	формулирует и задает «правильные» вопросы	
	критически слушает других (контролирует, корректирует, оценивает)	
	перепроверяет и оспаривает доводы собеседников	
<i>Сумма баллов по Показателю 10:</i>		
<i>Сумма баллов по всем показателям:</i>		

Контрольная работа состояла из математических и прикладных задач.

Приведем примеры заданий из варианта контрольной работы № 2 (срез 1) вместе с описанием цели использования каждого задания в контексте формирования критического мышления (в варианте, предложенном студентам, описание цели использования задания отсутствует). Полный вариант контрольной работы представлен в Приложении 2.

Примеры заданий:

Задание 1 (цель – выявить четкое знание терминов и понятий; умение строить логические цепочки).

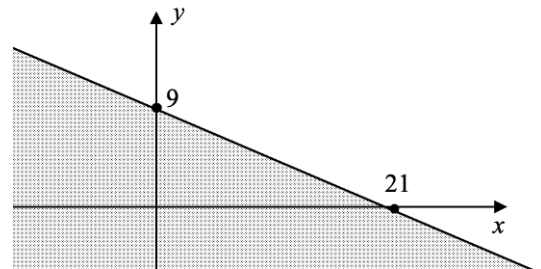
Составьте матрицу B , которую можно умножить как слева, так и справа на матрицу $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 0 \\ -2 & 5 \end{pmatrix}$. Обоснуйте свой ответ, найдите BA .

Задание 2 (цель – выявить умение находить недостающую для решения задачи информацию).

Известно, что корнем некоторого приведенного квадратного уравнения является комплексное число $2 + 3i$. Составьте это уравнение.

Задание 3 (цель – выявить умение доказывать, опровергать утверждения, оценивать соответствие построенной модели и реального процесса, выявлять границы адекватности построенной модели с помощью оценки причинно-следственных связей).

Известны цены двух марок угля 30 ед. и 70 ед. Докажите или опровергните следующее утверждение: «На графике показан состав смеси, стоимость которой не более 630 ед.». Если графический состав смеси изображен неверно, постройте его правильно.



Примеры вариантов контрольных работ № 3 (срез 2) и № 4 (итоговая) приведены в приложении 2.

Диагностика рефлексивного компонента

Определение уровня сформированности умения проводить самоанализ (Показатель 11) и умения проводить самокоррекцию (Показатель 12) проходило на основе анализа заполненных испытуемыми карт самоанализа, самооценки, а также на основе разработанной таблицы наблюдений, заполняемой преподавателями (таблица 25).

Для каждого показателя были определены критерии, наиболее точно его характеризующие (таблица 25).

Баллы расставлялись следующим образом:

0 баллов – студент не выполняет деятельность;

1 балл – студент выполняет деятельность с помощью преподавателя;

2 балла – студент самостоятельно выполняет деятельность.

Таблица 25

Карта педагогических наблюдений для диагностики уровня
сформированности самоанализа и самокоррекции

ФИО студента _____ группа _____		
Показатели	Критерии	Баллы
Показатель 11. Самоанализ	анализирует алгоритм решения задачи	
	анализирует и сравнивает итоговые результаты с поставленной целью, если есть существенные отклонения, то анализирует отклонения	
	способен выбирать оптимальное решение задачи с помощью сравнения различных способов ее решения	
	способен проводить поиск ошибок	
	способен выявлять арифметические ошибки	
	способен выявлять логические ошибки	
	анализирует сделанные ошибки	
	проверяет собственные высказывания, мнения, все выдвигаемые гипотезы и выводы	
	контролирует правильность выполнения отдельных действий	
Сумма баллов по Показателю 11:		
Показатель 12. Самокоррекция	исправляет ошибки	
	объясняет причины ошибок	
	корректирует собственные действия для последующего улучшения результата	
Сумма баллов по Показателю 12:		

Для определения уровня сформированности умения проводить рефлекссию (Показатель 13) студенту предлагалось заполнить опросник.

Приведем примеры утверждений, предлагаемых в опроснике (полный вариант опросника, обработка полученных результатов и критерии оценки представлены в статье [52]).

Примеры утверждений:

- «1. Совершив какой-то промах, я долго потом не могу отвлечься от мыслей о нем.
2. Приступая к трудному заданию, я стараюсь не думать о предстоящих трудностях.
3. Для меня важно в деталях представлять себе ход предстоящей работы.
4. Как правило, что-то задумав, я прокручиваю в голове свои мысли, уточняя детали, рассматривая все варианты.

5. Порой я принимаю необдуманные решения.

6. Закончив разговор, я, бывает, продолжаю вести его мысленно, приводя все новые и новые аргументы в защиту своей точки зрения.

7. Прежде чем принять решение, я всегда стараюсь все тщательно обдумать и взвесить.

8. Я стараюсь не задумываться над тем, какие мысли и чувства вызывают в других людях мои слова и поступки.

9. Решая трудную задачу, я думаю над ней даже тогда, когда занимаюсь другими делами» [52].

Приведем примеры карт самоанализа и самооценки, предлагаемых студентам после решения кейса.

Карта самоанализа

В предложенной таблице зафиксируйте затруднения, с которыми вы столкнулись при решении кейса. Во втором столбце поставьте галочку напротив моментов, которые вызвали затруднения. В случае появления затруднений, не занесенных в таблицу, впишите их самостоятельно в пустые строки.

ФИО студента _____ группа _____	
Затруднения	Фиксация затруднений
Неумение предлагать варианты о способах решения кейса	
Неумение организовывать поисковые действия по решению кейса	
Неумение выдвигать гипотезы	
Неумение обосновывать гипотезы	
Затруднения при внесении предложений по составлению алгоритма проверки гипотезы	
Неумение составлять математическую модель исследуемого процесса	
Неумение оценивать свои действия при разработке решения кейса (правильные/неправильные)	
Неумение проводить анализ решения кейса	
Неумение критически оценивать полученный результат	
Неумение защищать полученные результаты (отвечать на вопросы оппонентов)	
Неумение составлять вопросы	
Неумение выявлять недостатки в предложенном оппонентами решении	
Неумение находить оптимальное решение кейса	
Другие затруднения:	

Оценка работы на семинаре

Уважаемый студент! Прошу Вас оценить Вашу работу на каждом из этапов сегодняшнего занятия и выставить себе баллы. Для этого заполните предложенную таблицу.

Фамилия _____, группа _____	
Вид деятельности	Оценка
Решение задач в паре – от 0 до 2 баллов	
Решение задач в группе – от 0 до 2 баллов	
Решение задачи у доски – от 0 до 2 баллов	
Решение задач в тетради – от 0 до 2 баллов	
ИТОГО	

Достоверность и обоснованность полученных в ходе экспериментальной работы результатов определяется нами с помощью вычисления значения критерия К. Пирсона χ^2 («хи-квадрат»): $\chi^2 = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^3 \left[\frac{(n_1 \cdot Q_{i2} - n_2 \cdot Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}} \right]$, где n_1 – число обучающихся в контрольной группе, n_2 – число обучающихся в экспериментальной группе, Q_{1i} – число обучающихся в контрольной группе, попавших на i уровень сформированности критического мышления, Q_{2i} – число обучающихся в экспериментальной группе, попавших на i уровень сформированности критического мышления [27; 120].

Таким образом, в результате экспериментальной работы нами определены методы диагностики каждого компонента критического мышления. Выделенные показатели компонентов критического мышления и характеризующие их критерии, а также разработанные на их основе задания помогут оценить результативность предложенной нами методики обучения математике студентов горных вузов для формирования у них критического мышления.

3.2. Анализ результатов экспериментальной работы

В настоящем параграфе проанализированы результаты диагностических исследований, полученные на обозначенных выше этапах экспериментальной работы, целью проведения которой было выяснение эффективности использования

разработанной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления.

В ходе констатирующего этапа экспериментальной работы нами был проведен опрос преподавателей с целью выяснения их мнения о необходимости и возможности формирования критического мышления у студентов в процессе обучения математике. В опросе приняли участие 38 преподавателей кафедр математики, геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, маркшейдерского дела Уральского государственного горного университета (УГГУ).

По результатам проведенного опроса можно сделать вывод: 93 % респондентов считают, что критическое мышление возможно формировать в процессе обучения математике. Основанием для этого является прописанная в стандартах ФГОС ВО 3++ первая универсальная компетенция: «УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач».

Анкетирование показало, что 72 % преподавателей считают, что включение в преподавание математики элементов из специальных дисциплин горного дела и геологии, в которых рассматриваются проблемные ситуации, возникающие в указанных областях, будет способствовать формированию критического мышления у студентов. 84 % преподавателей отмечают, что первокурсники недостаточно мотивированы как на развитие критического мышления, так и на качественное изучение дисциплины «Математика».

76 % респондентов считают, что построение математических моделей при решении прикладных задач может стать одной из основ формирования критического мышления с целью использования в будущей профессиональной деятельности.

79 % опрошенных преподавателей хотели бы использовать прикладные задачи в процессе обучения математике, 7 % их активно используют.

В качестве основных причин, по которым на занятиях не используются прикладные задачи, преподаватели отмечают: отсутствие дидактического материала (46 %), недостаток времени из-за сокращения часов, выделенных на изучение дисциплины (77 %).

Таким образом, на основе анализа анкет преподавателей, содержания учебно-методического материала, используемого в процессе обучения студентов горных вузов, нами был сделан вывод о том, использование в процессе преподавания математики элементов из специальных дисциплин горного дела и геологии будет способствовать формированию критического мышления у студентов.

Это позволило определиться с основами построения методики обучения математике, применение которой способствует формированию критического мышления у студентов горных вузов с целью использования его в будущей профессиональной деятельности.

В проведении экспериментальной работы принимали участие 186 студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.05.02 Прикладная геология и 21.05.04 Горное дело ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (г. Екатеринбург). Экспериментальная группа состояла из 90 человек, контрольная – из 96, что достаточно для репрезентативности результатов и обеспечения условий применимости статистических методов.

На констатирующем этапе для диагностики исходного уровня сформированности критического мышления были проведены анкетирование, контрольные работы, описанные в параграфе 3.1. Методы исследования мотивационного, деятельностного, рефлексивного компонентов критического мышления перечислены в таблице 17.

Результаты распределения студентов экспериментальной группы по уровням сформированности критического мышления на констатирующем этапе эксперимента приведены в таблице 26 и на рисунке 26.

Таблица 26

Распределение студентов КГ и ЭГ по уровням сформированности критического мышления на констатирующем этапе эксперимента

Группа	Диагностика	Уровни					
		Начальный		Средний		Высокий	
		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
КГ (96 чел.)	первичная	46	48	42	44	8	8
ЭГ (90 чел.)	первичная	48	53	33	37	9	10

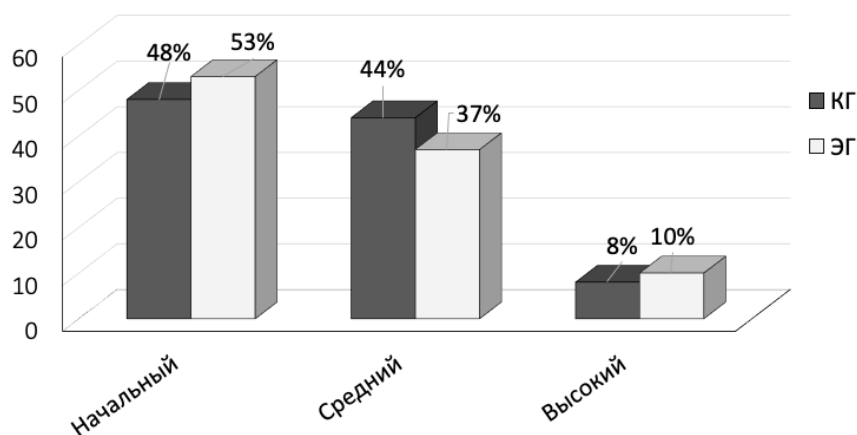


Рис. 26. Разделение студентов КГ и ЭГ по уровням сформированности критического мышления на констатирующем этапе эксперимента

Представленные данные показывают, что на начальном этапе изучения в контрольной и экспериментальной группах преобладает начальный уровень сформированности критического мышления: 52 % и 53 % соответственно. Следовательно, у студентов отсутствует потребность к использованию критического мышления при решении математических задач (отсутствует установка на деятельность, связанную с составлением плана решения задачи, проверкой достоверности используемой информации, оспариванием выдвигаемых гипотез, полученных результатов, приводимых аргументов). Базовые мыслительные процессы (анализ, сравнение, синтез) у студентов развиты слабо. Это подтверждается результатами входной контрольной работы № 1, приведенными в таблице 27.

Таблица 27

Результаты контрольной работы № 1

№ задания Кол-во справившихся (в %)	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5	Задание 6
ЭГ	85 %	94 %	68 %	58%	38 %	10 %
КГ	90 %	96 %	72 %	50 %	46 %	8 %

Анализ результатов контрольной работы позволяет сделать следующие выводы: как видно из таблицы 27, лучше всего студенты справились с заданием № 2, в котором нужно было на основе логических рассуждений определить верный ответ, а хуже всего – с заданиями № 4, № 5 и № 6, проверяющими умения анализировать,

сравнивать, выдвигать гипотезы при работе с информацией, представленной в виде графика, оценивать правильность предложенного решения, выявлять чужие ошибки, доказывать, что у задачи нет решения. В той или иной степени были выполнены всеми студентами задания № 1, № 3.

Нами проведен анализ данных, представленных в таблице 26, на основе использования критерия К. Пирсона.

Были вычислены и сопоставлены значения χ^2 и $\chi^2_{\text{крит}}$. Так как $\chi^2 < \chi^2_{\text{крит}}$ ($0,988 < 5,99$ статистически не значимо), следовательно, на констатирующем этапе эксперимента подтверждена нулевая гипотеза, согласно которой распределение студентов контрольной и экспериментальной групп по уровням сформированности критического мышления является случайным.

По результатам констатирующего эксперимента можно сделать выводы:

1) традиционная практика преподавания математики не способствует формированию критического мышления, поэтому исследуемый нами мыслительный процесс, с помощью которого учащиеся оценивают установку на деятельность, процесс осуществления этой деятельности и ее результат находятся на начальном уровне сформированности;

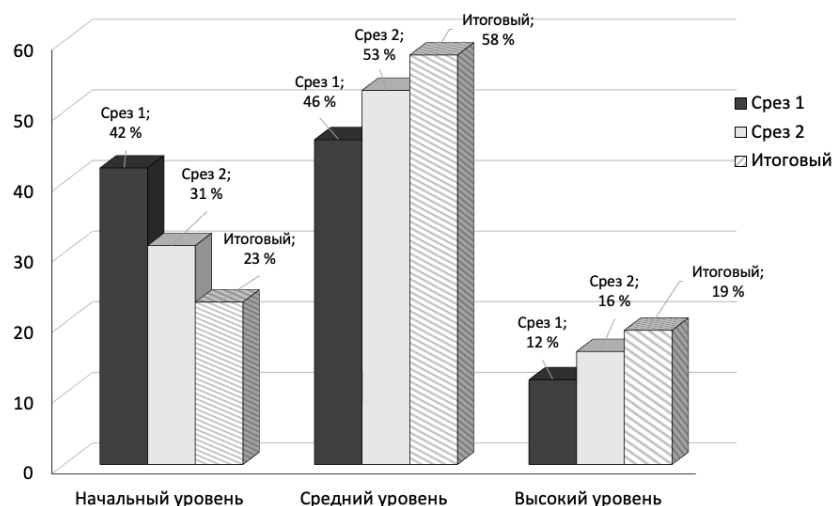
2) для формирования критического мышления у студентов горных вузов необходимо разработать и внедрить в процесс обучения методическое обеспечение, содержащее в себе математические задачи, прикладные задачи, кейсы, реализующие построенную нами модель методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления.

В процессе формирующего этапа экспериментальной работы была проведена диагностика уровней сформированности критического мышления у студентов горных вузов, предполагающая три среза (по окончании первого, второго и третьего семестров).

Динамика изменения уровней сформированности критического мышления у студентов в экспериментальной группе приведена в таблице 28 и на рисунке 27.

**Динамика изменения уровней сформированности
критического мышления у студентов в ЭГ**

ЭГ (90 чел.)	Диагностика	Уровни					
		Начальный		Средний		Высокий	
		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
		срез 1	срез 2	срез 1	срез 2	срез 1	срез 2
	срез 1	38	42	41	46	11	12
	срез 2	28	31	48	53	14	16
	итоговая	21	23	52	58	17	19



**Рис. 27. Динамика изменения уровней сформированности
критического мышления у студентов в ЭГ (в %)**

Таким образом, при использовании разработанной нами методики обучения математике наблюдается положительная динамика повышения уровня сформированности данного вида мышления у студентов горных вузов.

В конце эксперимента разделение студентов КГ и ЭГ по уровням сформированности критического мышления представлено в таблице 29 и на рисунке 28.

Таблица 29

**Разделение студентов КГ и ЭГ по уровням сформированности
критического мышления в конце эксперимента**

Группа	Уровни						Всего студен- тов
	Начальный		Средний		Высокий		
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	
Контрольная	$Q_{11} = 42$	44	$Q_{12} = 44$	46	$Q_{13} = 10$	10	$n_1 = 96$
Экспериментальная	$Q_{21} = 21$	23	$Q_{22} = 52$	58	$Q_{23} = 17$	19	$n_2 = 90$

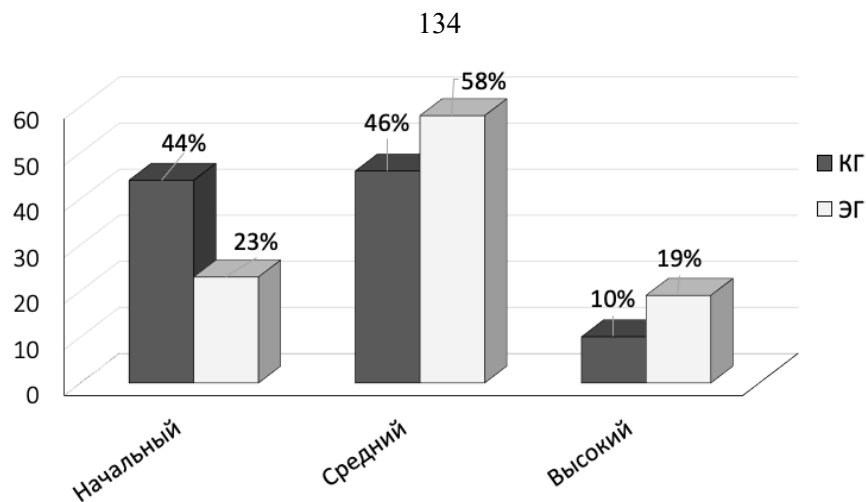


Рис. 28. Разделение студентов КГ и ЭГ по уровням сформированности критического мышления в конце эксперимента

Для проверки достоверности итогов экспериментальной работы нами выполнена статистическая обработка полученных результатов на основе критерия χ^2 Пирсона.

С использованием данных, представленных в таблице 29, были вычислены и сопоставлены χ^2 и $\chi^2_{\text{крит}}$. Так как $\chi^2 > \chi^2_{\text{крит}}$ ($9,298 > 5,99$), следовательно, подтверждена альтернативная гипотеза, согласно которой распределение студентов в экспериментальной группе по уровням сформированности критического мышления не является случайным, а обусловлено применением в образовательном процессе горных вузов предлагаемой методики.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что в экспериментальной группе критическое мышление у студентов сформировано лучше, чем в контрольной, что еще раз подтверждает эффективность предложенной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления.

Для проверки достоверности результатов экспериментальных данных мы провели уровневый анализ сформированности каждого компонента критического мышления в контрольной и экспериментальной группах в начале и в конце эксперимента, представленный в таблицах 30 и 31.

Таблица 30

**Сформированность компонентов критического мышления у студентов
в группах в начале эксперимента**

Компонент критического мышления	Уровень	КГ (96 человек)		ЭГ (90 человек)	
		Кол-во	%	Кол-во	%
Мотивационный	Начальный	43	45	43	48
	Средний	44	46	37	41
	Высокий	9	9	10	11
Деятельностный	Начальный	52	54	38	42
	Средний	36	38	46	51
	Высокий	8	8	6	7
Рефлексивный	Начальный	46	48	45	50
	Средний	41	43	36	40
	Высокий	9	9	9	10

Таблица 31

**Сформированность компонентов критического мышления у студентов
в группах на конец эксперимента**

Компонент критического мышления	Уровень	КГ (96 человек)		ЭГ (90 человек)	
		Кол-во	%	Кол-во	%
Мотивационный	Начальный	32	33	16	18
	Средний	50	52	51	57
	Высокий	14	15	23	25
Деятельностный	Начальный	39	40	21	23
	Средний	46	48	45	50
	Высокий	11	12	24	27
Рефлексивный	Начальный	40	42	22	24
	Средний	46	48	50	56
	Высокий	10	10	18	20

Сравнение уровней сформированности компонентов критического мышления в контрольной и экспериментальной группах в начале и конце эксперимента приведено на рисунке 29.

Достоверность полученных результатов экспериментальной работы оценивалась по критерию χ^2 К. Пирсона.

Расчет проведен в онлайн калькуляторе <https://www.psychol-ok.ru/statistics/pearson/?ysclid=l86z6pggm1168409953>. Полученные данные занесены в таблицу 32.

Таблица 32

Сравнение результатов сформированности компонентов критического мышления у студентов по критерию χ^2 Пирсона

Группа	$\chi^2_{\text{крит}}$	Мотивационный компонент		Деятельностный компонент		Рефлексивный компонент	
		χ^2	Гипотеза Н	χ^2	Гипотеза Н	χ^2	Гипотеза Н
КГ _{нач}	5,991	0,465	Н ₀	3,49	Н ₀	0,142	Н ₀
ЭГ _{нач}							
КГ _{нач}	5,991	3,082	Н ₀	3,552	Н ₀	0,758	Н ₀
КГ _{кон}							
ЭГ _{нач}	5,991	19,706	Н ₁	15,708	Н ₁	13,176	Н ₁
ЭГ _{кон}							
КГ _{кон}	5,991	7,355	Н ₁	10,046	Н ₁	7,489	Н ₁
ЭГ _{кон}							

Были рассмотрены следующие гипотезы.

H₀: Различия в распределении студентов горных вузов в контрольной и экспериментальной группах по уровням сформированности компонентов критического мышления (мотивационного, деятельностного, рефлексивного) являются незначительными.

H₁: Различия в распределении студентов горных вузов в контрольной и экспериментальной группах по уровням сформированности компонентов критического мышления (мотивационного, деятельностного, рефлексивного) являются статистически значимыми.

Результаты обработки полученных данных позволяют сделать вывод, что в начале экспериментальной работы различия в распределении студентов горных вузов в контрольной и экспериментальной группах по уровням сформированности каждого из компонентов критического мышления незначительные. На конец экспериментальной работы выявлено, что различия в распределении студентов в экспериментальной и контрольной группах по уровням сформированности всех трех компонентов критического мышления статистически значимы.

Проанализируем полученные результаты.

Сформированность мотивационного компонента в конце эксперимента у студентов, проходивших обучение в экспериментальной группе, составляет 82 %, а у студентов, проходивших обучение в контрольной группе, – 67 %.

У студентов контрольной группы прослеживается невысокая степень потребности в использовании критического мышления в процессе обучения: 42 % мало настойчивы в достижении цели, не умеют или неохотно формулируют и задают вопросы; у 52 % продуктивность деятельности зависит от внешнего контроля. У 57 % студентов экспериментальной группы наблюдается высокая активность при коллективном обсуждении решаемой проблемы, они аргументированно отстаивают собственную точку зрения, принимают самостоятельные решения, обобщают полученные результаты. 62 % студентов экспериментальной группы настойчивы в достижении цели; при встрече с препятствием ищут способы его преодоления; способны

оценить достоверность полученной информации, продуктивность деятельности зависит от внутреннего настроя.

Сформированность деятельностного компонента в конце эксперимента у студентов, проходивших обучение в экспериментальной группе, составляет 77 %, а у студентов, проходивших обучение в контрольной группе, – 60 %. Это свидетельствует о том, что при работе с информацией студенты свободно используют основные мыслительные операции (анализ, сравнение, синтез). Студенты экспериментальной группы уверенно проводят построение математических моделей, выбирают для них оптимальный метод решения, составляют свое аргументированное мнение о качестве построенной модели, об эффективности ее применения.

Студенты же контрольной группы затруднялись при проведении той же деятельности, в частности проводят построение математических моделей 34 % студентов и 26 % выбирают для них оптимальный метод решения. Только у 10 % студентов в экспериментальной группе возникли описанные трудности.

Наибольшие сложности у студентов контрольной группы вызывали задания, требующие умения анализировать условия задачи на избыток и недостаток информации, формулировать гипотезы. Также затруднения были при прогнозировании дальнейшего поведения исследуемого процесса.

Лучше всего у студентов контрольной группы оказались развиты умения находить решение задачи известным способом, разрабатывать план математической деятельности, соблюдать последовательность этапов выполнения решения при реализации намеченного плана (72 % – в экспериментальной и 58 % – в контрольной).

В экспериментальной группе 61 % студентов анализируют и сравнивают итоговые результаты с поставленной целью, 54 % способны выбрать оптимальное решение задачи с помощью сравнения различных способов ее решения, 48 % в состоянии самостоятельно составить прикладную задачу по некоторым заранее заданным элементам. На наш взгляд, это связано с тем, что во втором семестре к изучаемым дисциплинам присоединились основы горного дела, геология, геодезия, маркшейдерия, что привело к более осознанному подходу при решении прикладных задач. Студенты смогли лучше проследивать междисциплинарные связи мате-

матики с перечисленными дисциплинами. В конце второго семестра в рамках проведения «Уральской горнопромышленной декады» у студентов была возможность выступить на научно-практической конференции «Уральская горная школа – регионам», опубликовать свои статьи, участвовать в олимпиадах различной направленности (по физике, математике и др.), что также способствовало формированию критического мышления.

Сформированность рефлексивного компонента в конце эксперимента у студентов, проходивших обучение в экспериментальной группе, составляет 76 %, а у студентов, проходивших обучение в контрольной группе, – 58 %.

45 % студентов контрольной группы не проводят самоанализ, 32 % делают это под руководством преподавателя с помощью наводящих вопросов. 62 % студентов экспериментальной группы самостоятельно проверяют собственные высказывания, мнения, действия, все выдвигаемые гипотезы и выводы, проводят оценку самого мыслительного процесса рассуждений, 66 % самостоятельно анализируют алгоритм решения задачи, способны обнаружить ошибки и самостоятельно их исправить.

По результатам обработки полученных данных можно сделать вывод, что в экспериментальной группе произошло значительное изменение в сформированности каждого из компонентов критического мышления у студентов, что свидетельствует об эффективности использования внедренной нами методики и повышении качества подготовки студентов горных вузов при использовании интеграции математики и специальных дисциплин горного дела и геологии.

На основе анализа всего периода проведения экспериментальной работы по формированию компонентов критического мышления можно сделать вывод о том, что у участников экспериментальной группы нами были отмечены следующие положительные изменения:

- обучающиеся предпочитают оформлять собранную информацию в виде кластеров, таблиц, схем, диаграмм;
- работая с аргументами при доказательстве гипотез, студенты помимо оценки их убедительности стали определять, достаточно ли информации в аргументации, возможно ли найденную информацию использовать в качестве аргумента;

- у студентов стала преобладать уверенность в рассуждениях;
- при выдвижении предположений пропал страх того, что они могут быть оспорены;
- обучающиеся осознали, что нужно внутренне быть готовыми к тому, что они могут оказаться неправыми, ошибочно рассуждать, тогда придется уточнять, исправлять, корректировать;
- научились проводить самоанализ, самооценку и самокоррекцию.

Отметим, что работа над прикладными задачами, кейсами позволила студентам увидеть смысл в изучении математического материала для использования его в своей будущей профессиональной деятельности. Обучающиеся перестали задавать вопросы типа: «Зачем нам нужно изучать дисциплину “Математика”? Где нам в дальнейшей работе понадобятся определители, векторы, матрицы, пределы, функции, интегралы с производными, ряды и т. д.?»

Сложнее всего дело обстоит с доказательством и опровержением утверждений, гипотез, исследованием математических моделей изучаемых процессов горного дела. Это связано с тем, что для проведения доказательств необходимо не только применять заученные факты, формулы, законы, но и понимать теорию из профессиональной области знаний; не только выявлять, но и оценивать причинно-следственные связи.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что в экспериментальной группе критическое мышление у студентов сформировано лучше, чем в контрольной, что еще раз подтверждает результативность разработанной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления.

Параллельно с формированием критического мышления мы оценивали качество освоения студентами математики как учебной дисциплины (знания, умения и навыки). Нами были проведены контрольные работы, тематика которых соответствовала разработанным программам изучаемой дисциплины. Контрольные работы проводились в начале первого и в конце каждого из трех семестров. Результаты контрольных работ представлены на рисунке 30.

Результаты входной к.р.						Результаты к.р. за 1 семестр					
	неуд	удв	хор	отл	ср. балл		неуд	удв	хор	отл	ср. балл
КГ (96 чел.)	20	46	24	6	3,2	КГ (96 чел.)	16	48	26	6	3,23
ЭГ (90 чел.)	12	42	28	8	3,3	ЭГ (90 чел.)	8	34	38	10	3,55

Результаты к.р. за 2 семестр						Результаты к.р. за 3 семестр					
	неуд	удв	хор	отл	ср. балл		неуд	удв	хор	отл	ср. балл
КГ (96 чел.)	12	50	28	6	3,3	КГ (96 чел.)	12	46	32	6	3,33
ЭГ (90 чел.)	7	30	41	12	3,64	ЭГ (90 чел.)	6	20	46	18	3,84

Рис. 30. Результаты контрольных работ

Достоверность того, что развитие критического мышления оказывает положительное влияние на освоение студентами дисциплины «Математика», оценивалась по критерию χ^2 К. Пирсона.

Полученные после расчета данные занесены в таблицу 33.

Таблица 33

Определение статистической значимости влияния
развития КМ на освоение студентами дисциплины «Математика»
(по критерию χ^2 Пирсона)

Диагностика	Группы	χ^2	$\chi^2_{\text{крит}}$	Сравнение χ^2 и $\chi^2_{\text{крит}}$	Выводы
входная	КГ и ЭГ	2,584	5,991	$2,584 < 5,991$	статистически не значимо
1 семестр	КГ и ЭГ	8,12	5,991	$8,12 > 5,991$	статистически значимо
2 семестр	КГ и ЭГ	10,575	5,991	$10,575 > 5,991$	статистически значимо
3 семестр	КГ и ЭГ	20,597	5,991	$20,597 > 5,991$	статистически значимо

Также были вычислены значения средних баллов за контрольные работы в ЭГ и КГ (таблица 34).

Значение средних баллов за контрольные работы

	Средний балл			
	Входная	1 семестр	2 семестр	3 семестр
ЭГ	3,3	3,55	3,64	3,84
КГ	3,2	3,23	3,3	3,33

Результаты сравнения средних баллов показывают, что качество математической подготовки студентов в ЭГ выше, чем в КГ.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что формирование критического мышления повышает качество математической подготовки студентов.

Выводы по третьей главе

1. Результативность использования разработанной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления определяется по уровню сформированности всех компонентов критического мышления (мотивационного, деятельностного, рефлексивного).

2. Результаты, полученные в ходе статистической обработки данных, подтверждают, что наблюдается положительная динамика формирования критического мышления.

3. Результативность разработанной методики обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования у них критического мышления подтверждается проверкой достоверности данных экспериментальной работы с помощью критерия χ^2 К. Пирсона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенного исследования по теме «Формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе обучения математике» была подтверждена выдвинутая гипотеза, решены поставленные задачи, получены следующие выводы и результаты:

1. Проведен анализ психологической, педагогической литературы, нормативных документов, диссертационных исследований по исследуемой проблеме формирования критического мышления у студентов. Уточнено определение критического мышления.

Под критическим мышлением понимается мыслительный процесс, позволяющий провести всесторонний анализ проблемной ситуации для выбора оптимального пути ее решения и оценки возможных последствий на основе личного опыта, проверенных фактов и проведенной рефлексии.

Специфика критического мышления заключается в его неразрывной связи с осуществлением деятельности, направленной на проверку достоверности информации, используемой для решения проблемы, постоянного контроля правильности выполнения отдельных действий и всего выбранного пути.

2. В структуре критического мышления определены следующие компоненты: мотивационный, деятельностный, рефлексивный. Выделены три уровня сформированности компонентов критического мышления: начальный, средний и высокий. Определены основные критерии и показатели сформированности компонентов критического мышления: мотивация на использование критического мышления при изучении математики; потребность в получении и проверке результата; мотивация обучения в вузе (мотивационный компонент); деятельность, направленная на работу с информацией, выдвижение гипотез, построение и исследование математических моделей реальных процессов, выявление противоречий, вынесение оценочных суждений, построение прогнозов, коммуникацию (деятельностный компонент); самоанализ, самокоррекция деятельности (рефлексивный компонент).

3. На основе комплексного использования компетентностного и деятельностного подходов разработана модель обучения математике студентов горных вузов в контексте формирования критического мышления, представленная нормативно-целевым, методологическим, содержательным, организационным, технологическим, оценочно-результативным блоками, реализация которой обеспечивается применением принципов активного взаимодействия, опоры на личный опыт, интегративности, управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации.

4. На основе предложенной модели разработана и представлена методика обучения математике с целью формирования критического мышления у студентов горных вузов, использование которой предполагает управляемый переход от деятельности в учебной ситуации к деятельности в профессиональной ситуации. Средствами обучения являются математические задачи, прикладные задачи, кейсы. Основная идея, положенная в основу методики, заключается в поэтапном приближении математических задач, решаемых студентами, к проблематике производственной деятельности студентов горных вузов.

5. Результативность разработанной методики подтверждается результатами проведенного педагогического эксперимента, который выявил статистически значимые различия в распределении студентов контрольной и экспериментальной групп по уровням сформированности мотивационного, деятельностного, рефлексивного компонентов критического мышления и всего критического мышления в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аммосова, М. С. Профессиональная направленность обучения математике студентов горных факультетов вузов как средство формирования их математической компетентности : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / М. С. Аммосова ; Якутский гос. ун-т. – Красноярск, 2009. – 180 с. – Текст : непосредственный.
2. Андреев, В. И. Педагогика: Учебный курс для творческого саморазвития / В. И. Андреев. – 3-е изд. – Казань : Центр инновационных технологий, 2012. – 608 с. – Текст : непосредственный.
3. Андреева, Г. М. Социальная психология : учебник для высших учебных заведений / Г. М. Андреева. – М. : Аспект Пресс, 2007. – 363 с. – Текст : непосредственный.
4. Андрюхина, Л. М. Проблема стиля в психологии и педагогике: философский анализ / Л. М. Андрюхина ; Департамент образования Администрации Свердлов. обл., Ин-т развития регион. образования. – Екатеринбург : [б. и.], 1992. – 77 с. – Текст : непосредственный.
5. Анищенко, В. А. Профессионально-ориентированные задачи как фактор развития мотивации достижений при подготовке бакалавров-строителей / В. А. Анищенко, О. А. Сорокина. – Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. – С. 413.
6. Арнольд, В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели / В. И. Арнольд. – Москва : МЦНМО, 2004. – 32 с. – Текст : непосредственный.
7. Бабич, В. Н. Методы и модели исследования систем управления / В. Н. Бабич, Н. Б. Сиразутдинова. – Текст : непосредственный // Уральская горная школа – регионам : сборник докладов международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 11–12 апреля 2016 года. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2016. – С. 21–22.
8. Байденко, В. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода) / В. Байденко. – Текст : непосредственный // Высшее образование в России. – 2004. – № 11. – С. 3–13. – EDN IBMZCV.

9. Балл, Г. А. Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект / Г. А. Балл. – Москва : Педагогика, 1990. – 184 с. – Текст : непосредственный.
10. Беляев, В. П. Развитие навыков критического мышления : учеб. пособие для студентов бакалавриата и специалитета очного и заочного обучения / В. П. Беляев, И. В. Гладкова. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2020. – 78 с. – Текст : непосредственный.
11. Болотов, В. А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В. А. Болотов, В. В. Сериков. – Текст : непосредственный // Педагогика. – 2003. – № 10. – С. 8–14.
12. Брюшинкин, В. Н. Критическое мышление и аргументация / В. Н. Брюшинкин. – Текст : непосредственный // Критическое мышление, логика и аргументация / под ред. В. Н. Брюшинкина, В. И. Маркина. – Калининград : Изд-во Калининград. гос. ун-та, 2003. – С. 29–34.
13. Бутенко, А. В. Критическое мышление: метод, теория, практика : учеб.-метод. пособие / А. В. Бутенко, Е. А. Ходос. – М. : МИРОС, 2002. – 173 с. – Текст : непосредственный.
14. Быстрой, Е. Б. Рефлексивно-оценочный компонент как составляющая часть системы формирования коммуникативно-рефлексивной компетенции будущих менеджеров / Е. Б. Быстрой, О. В. Мухаметшина. – Текст : непосредственный // Вестник Челябинского государственного университета. – 2013. – № 26. – С. 124–133.
15. Варлакова, М. Л. Развитие критического мышления учащихся в процессе обучения физике : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / М. Л. Варлакова ; Курганский гос. ун-т. – Курган, 2016. – 162 с. – Текст : непосредственный.
16. Векслер, С. И. Развитие критического мышления старшеклассников в процессе обучения : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / С. И. Векслер ; Науч.-исслед. ин-т пед. УССР, Науч.-исслед. ин-т психологии УССР. – Киев, 1974. – 22 с. – Текст : непосредственный.
17. Вендина, А. А. Применение технологии критического мышления при изучении математических дисциплин студентами педагогического образования /

А. А. Вендина. – Текст : непосредственный // *Universum: психология и образование*. – 2016. – № 9 (27). – С. 24–27.

18. Вербицкий, А. А. Теория и технологии контекстного образования : учебное пособие / А. А. Вербицкий. – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2017. – 268 с. – Текст : непосредственный.

19. Воевода, Е. В. Критическое мышление как культурный феномен / Е. В. Воевода. – Текст : непосредственный // *Язык и коммуникация в контексте культуры : сборник статей по материалам 7-й Международной научно-практической конференции*, Рязань, 21–22 мая 2012 года / ответственный редактор: С. В. Лобанов. – Рязань : Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, 2012. – С. 120–126. – EDN PCZGIH.

20. Воронина, Л. В. Кейс-задачи как средство формирования критического мышления у будущих горных инженеров в процессе обучения математике / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // *Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании*. – 2021. – № 4 (73). – С. 69–76.

21. Воронина, Л. В. Критическое мышление как необходимый навык будущих горных инженеров / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // *Уральская горная школа – регионам : материалы Международной научно-практической конференции*, Екатеринбург, 24–25 мая 2021 года. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2021. – С. 424–426.

22. Воронина, Л. В. Модель формирования критического мышления будущих горных инженеров и инженеров-геологов в процессе обучения математике / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // *Педагогическое образование в России*. – 2021. – № 5. – С. 67–78. – DOI: 10.26170/2079-8717_2021_05_08.

23. Воронина, Л. В. О математическом моделировании в процессе подготовки будущих горных инженеров / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // *Уральская горная школа – регионам : материалы Международной научно-практической конференции*, Екатеринбург, 24–25 мая 2021 года. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2021. – С. 427–428.

24. Воронина, Л. В. Средства повышения качества математической подготовки будущих горных инженеров / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы IX Международной научно-практической конференции, Нижневартовск, 10 ноября 2021 года / отв. редактор Д. А. Погоньшев. – Нижневартовск : Нижневартовский государственный университет, 2021. – С. 449–455.

25. Воронина, Л. В. Формирование профессиональных качеств будущих горных инженеров при изучении темы «дифференциальные уравнения» / Л. В. Воронина, Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 26-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20–21 апреля 2021 года / под научной редакцией В. А. Федорова. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. – С. 22–25.

26. Ворошилов, В. Г. Математическое моделирование в геологии : учеб. пособие / В. Г. Ворошилов. – Томск : ТПУ, 2001. – 124 с. – Текст : непосредственный.

27. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – Москва : Высшая школа, 2004. – 479 с. – Текст : непосредственный.

28. Гоголин, В. А. Основы математики применительно к горному делу : учеб. пособие / В. А. Гоголин, И. А. Ермакова ; КузГТУ. – Кемерово : [б. и], 2018. – 112 с. – Текст : непосредственный.

29. Голованова, Ю. В. Инновационный подход к обучению при использовании метода кейсов / Ю. В. Голованова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 21 (155). – С. 415–418. – EDN YPMKBH.

30. Гордиенко, О. В. Креативный подход к развитию лингвометодического мышления студента-физиолога : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / О. В. Гордиенко ; Московский пед. гос. ун-т. – Москва, 2019. – 472 с. – Текст : непосредственный.

31. Гортско, А. Б. Познакомьтесь с математическим моделированием / А. Б. Гортско. – Москва : Знание, 1991. – 160 с. – Текст : непосредственный.

32. Гребенкин, Д. Ю. Учебные затруднения как феномен структуры мотивационных компонентов личности учащихся : дис. ... канд. психол. наук : 19.00.07 / Д. Ю. Гребенкин ; Удмуртский гос. ун-т. – Ижевск, 2006. – 204 с. – Текст : непосредственный.

33. Групповые и макросоциальные интервенции в программах изменения поведения, связанного со здоровьем: возможности и ограничения / Е. И. Рассказова, А. Ш. Тхостов, М. С. Ковязина, Н. А. Варако. – Текст : непосредственный // Клиническая и специальная психология. – 2021. – Т. 10, № 2. – С. 23–46.

34. Гульбин, Ю. С. Математические методы моделирования в геологии : методические указания к лабораторным работам / Ю. С. Гульбин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный ин-т, 2005. – 46 с. – Текст : непосредственный.

35. Даль, В. И. Толковый словарь живого великорусского языка : в 4 т. Т. 2 / В. И. Даль. – Москва, 1989. – 809 с. – Текст : непосредственный.

36. Дьюи, Д. Психология и педагогика мышления / Д. Дьюи. – Москва : Совершенство, 1997. – 208 с. – Текст : непосредственный.

37. Евсеева, Е. Г. Концепция проектирования и организации обучения математике студентов высших технических учебных заведений на принципах деятельностного подхода / Е. Г. Евсеева. – Текст : непосредственный // Дидактика математики: проблеми і дослідження. – 2013. – № 40. – С. 108–117. – EDN VZGMFF.

38. Епифанцева, М. В. Развитие социологического мышления учащихся : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / М. В. Епифанцева ; Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2000. – 147 с. – Текст : непосредственный.

39. Заводчикова, Е. В. Методика применения кейс-технологии как условие продуктивного обучения в условиях реализации ФГОС / Е. В. Заводчикова. – Текст : непосредственный // Развитие непрерывного педагогического образования в условиях реализации профессионального стандарта : материалы сетевого семинара ЦПК ЛГУ им. А. С. Пушкина, СПб ИУО РАО и СПб ГБП ОУ ИПЛ для работников общего и профессионального образования, управления образованием, Санкт-Петербург, 18–25 марта 2017 года. – Санкт-Петербург : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2017. – С. 126–131.

40. Загашев, И. О. Критическое мышление: технология развития / И. О. Загашев, С. И. Заир-Бек. – Санкт-Петербург : Альянс Дельта, 2003. – 284 с. – Текст : непосредственный.

41. Зайкин, М. И. Провоцирующие задачи как средство развития критического мышления школьников / М. И. Зайкин, В. А. Колосова. – Текст : непосредственный // Начальная школа. – 2002. – № 9. – С. 70–75.

42. Захаров, А. И. Как предупредить отклонения в поведении ребенка / А. И. Захаров. – Москва : Просвещение, 1993. – 192 с. – Текст : непосредственный.

43. Землянская, Е. Н. Моделирование как метод педагогического исследования / Е. Н. Землянская. – Текст : непосредственный // Преподаватель XXI век. – 2013. – № 3. – С. 36–43.

44. Зимняя, И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. Авторская версия / И. А. Зимняя. – Москва : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 42 с. – Текст : непосредственный.

45. Зимняя, И. А. Учебная деятельность – специфический вид деятельности / И. А. Зимняя. – Текст : непосредственный // Инновационные проекты и программы в образовании. – 2009. – № 6. – С. 3–13. – EDN MVRDKV.

46. Зубова, Е. А. Формирование творческой активности будущих инженеров в процессе обучения математике на основе исследования и решения профессионально ориентированных задач : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Е. А. Зубова ; Ярославский гос. пед. ун-т. – Ярославль, 2009. – 23 с. – Текст : непосредственный.

47. Ибрагимов, Г. И. Междисциплинарный аналитический проект как средство развития критического мышления аспирантов / Г. И. Ибрагимов, Е. М. Ибрагимова. – Текст : непосредственный // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 27-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 19–20 апреля 2022 года. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2022. – С. 56–60. – EDN FPHLFS.

48. Икрамов, Д. Математическая культура / Д. Икрамов. – Ташкент : УКИ-ТУВЧИ, 1995. – 277 с. – Текст : непосредственный.
49. Ильин, Е. П. Мотивация и мотивы / Е. П. Ильин. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 512 с. – Текст : непосредственный.
50. Калинковская, С. Б. Использование технологии проблемного обучения при организации интерактивного образовательного процесса на заочном отделении вуза. – Текст : непосредственный / С. Б. Калинковская // Научные проблемы гуманитарных исследований. – 2012. – № 4. – С. 145–150. – EDN OZBMZR.
51. Караваев, Н. Л. Структурная организация деятельности человека / Н. Л. Караваев. – Текст : непосредственный // Концепт. – 2014. – № 6. – С. 101–105. – EDN SFRJEB.
52. Карпов, А. В. Рефлексивность как психическое свойство и методика ее диагностики / А. В. Карпов. – Текст : непосредственный // Психологический журнал. – 2003. – Т. 24, № 5. – С. 45–57.
53. Карпова, В. И. Прикладная направленность преподавания математики в военно-инженерном вузе как средство формирования системности научных взглядов : дис. ... канд. пед. наук : 20.01.06 / В. И. Карпова ; Пермский военный Краснознаменный институт ракетных войск. – Пермь, 1999. – 155 с. – Текст : непосредственный.
54. Кириллова, Д. А. Кейс-задачи как основа фонда оценочных средств по математическому анализу для направления 01.03.02 прикладная математика и информатика / Д. А. Кириллова. – Текст : непосредственный // Современные исследования социальных проблем. – 2015. – № 10. – С. 430–446. – DOI: 10.12731/2218–7405-2015-10-40.
55. Кирьякова, А. В. Технология «кейс-стади» в компетентностно-ориентированном образовании : учебно-методическое пособие для преподавателей, магистров, аспирантов / А. В. Кирьякова, И. Д. Белоновская, Т. А. Ольховая, Д. С. Каргапольцева. – Оренбург : НикОс, 2011. – 104 с. – Текст : непосредственный.

56. Кларин, М. В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках / М. В. Кларин. – Москва : Арена, 1994. – 222 с. – Текст : непосредственный.

57. Князева, О. Г. К проблеме профессиональной направленности обучения математике в техническом вузе / О. Г. Князева. – Текст : непосредственный // Современное состояние и проблемы естественных наук : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 17–18 апреля 2014 года / Юргинский технологический институт. – Юрга : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. – С. 345–350. – EDN SWOTAV.

58. Ковырялг, А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Ковырялг. – Таллин : Валгус, 1987. – 334 с. – Текст : непосредственный.

59. Кожуховская, И. И. Нарушение критичности у психических больных / И. И. Кожуховская. – Москва : Изд-во МГУ, 1985. – 79 с. – Текст : непосредственный.

60. Колягин, Ю. М. Задачи в обучении математике. Ч. 1 / Ю. М. Колягин. – Москва : Просвещение, 1977. – 110 с. – Текст : непосредственный.

61. Концепция развития непрерывного образования взрослых в Российской Федерации на период до 2025 года. – Москва, 2015. – 16 с. – Текст : непосредственный.

62. Корешникова, Ю. Н. Барьеры для создания педагогических условий развития критического мышления в российских вузах / Ю. Н. Корешникова, И. Д. Фрумин, Т. В. Пашенко. – Текст : непосредственный // Педагогика. – 2020. – № 9. – С. 45–54.

63. Коробочкин, М. И. Математическое моделирование в геодезии : учебное пособие / М. И. Коробочкин. – Москва : ГУЗ, 2011. – 316 с. – Текст : непосредственный.

64. Крупич, В. И. Теоретические основы обучения решению школьных математических задач / В. И. Крупич. – Москва : Прометей, 1995. – 210 с. – Текст : непосредственный.

65. Кулюткин, Ю. Н. Творческое мышление в профессиональной деятельности учителя / Ю. Н. Кулюткин. – Текст : непосредственный // Вопросы психологии. – 1986. – № 2. – С. 21–30.

66. Кутыкина, О. П. Развитие критического мышления средствами технологии проблемного обучения / О. П. Кутыкина. – Текст : непосредственный // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 6 (43). – С. 286–288. – EDN RVAPMT.

67. Лапицкая, Е. В. Содержание и структура субъектного опыта студентов в образовательной деятельности / Е. В. Лапицкая. – Текст : непосредственный // Образование и педагогические науки. – 2015. – № 6 – С. 348–351.

68. Латышев, О. Г. Математические методы в горном деле : учебник для вузов / О. Г. Латышев, О. О. Казак. – Екатеринбург : УГГУ, 2013. – 146 с. – Текст : непосредственный.

69. Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – Москва : Политиздат, 1977. – 304 с. – Текст : непосредственный.

70. Липатникова, И. Г. Рефлексивный подход к проектированию и оценке деятельности учащихся при выполнении устных упражнений на уроках математики / И. Г. Липатникова. – Текст : непосредственный // Модернизация математического образования: проблемы, мнения, реалии : сборник научных, учебно-методических и публицистических статей. – Екатеринбург : Издательство Дома учителя, 2003.

71. Логинова, В. В. Методика обучения математике будущих менеджеров с эффектом развития организационно-управленческих компетенций : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / В. В. Логинова ; Пермский гос. гум.-пед. ун-т. – Пермь, 2017. – 251 с. – Текст : непосредственный.

72. Лодатко, Е. А. Типология педагогических моделей / Е. А. Лодатко. – Текст : непосредственный // Вектор науки Тольят. гос. ун-та. Серия: Педагогика, психология. – 2014. – № 1 (16). – С. 126–128.

73. Лопатин, В. В. Малый толковый словарь русского языка : Ок. 35000 слов / В. В. Лопатин, Л. Е. Лопатина. – 2-е изд., стер. – Москва : Рус. яз., 1993. – 704 с. – Текст : непосредственный.

74. Лукиных, Т. С. Выбор параметров ступенчатой схемы вскрытия месторождения при подземной выработке / Т. С. Лукиных. – Текст : непосредственный // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам». – 2016. – С. 359–361.

75. Маркова, А. К. Психология труда учителя : кн. для учителя / А. К. Маркова. – Москва : Просвещение, 1993. – 192 с. – Текст : непосредственный.
76. Матюшкин, А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / А. М. Матюшкин. – Москва : Педагогика, 1972. – 206 с. – Текст : непосредственный.
77. Махмутов, М. И. Организация проблемного обучения в школе / М. И. Махмутов. – Москва : Просвещение, 1977. – 240 с. – Текст : непосредственный.
78. Менчинская, Н. А. Мышление в процессе обучения / Н. А. Менчинская. – Текст : непосредственный // Исследование мышления в советской психологии : сб. ст. / под ред. Е. В. Шолохова. – Москва : Наука, 1966. – С. 349–378.
79. Менькова, С. В. Математические задачи как эффективное средство формирования критического мышления школьников / С. В. Менькова. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – №5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32055> (дата обращения: 05.01.2023).
80. Мечик, С. В. Профессиональная ориентация будущих инженеров нефтеперерабатывающей промышленности в процессе обучения математике : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / С. В. Мечик; Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2019. – 178 с. – Текст : непосредственный.
81. Милорадова, Н. Г. Мышление в дискуссиях и решении задач : учебное пособие / Н. Г. Милорадова. – Москва : Ассоциация строит. вузов, 1997. – 154 с. – Текст : непосредственный.
82. Мороченкова, И. А. Формирование критического мышления студентов в образовательном процессе вуза : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / И. А. Мороченкова; Оренбургский гос. пед. ун-т. – Оренбург, 2004. – 23 с. – Текст : непосредственный.
83. Муштавинская, И. В. Технология развития критического мышления на уроках и в системе подготовки учителя : учебно-методическое пособие / И. В. Муштавинская. – Санкт-Петербург : КАРО, 2018. – 144 с. – Текст : непосредственный.
84. Мышкис, А. Д. Элементы теории математических моделей / А. Д. Мышкис. – Москва : КомКнига, 2007. – 192 с. – Текст : непосредственный.

85. Напольнова, Т. В. Познавательные задачи в обучении русскому языку / Т. В. Напольнова. – Текст : непосредственный // Познавательные задачи в обучении гуманитарным наукам : сб. статей. – Москва, 1972. – С. 164–197.

86. Новиков, А. М. Культура как основание содержания образования / А. М. Новиков. – Текст : непосредственный // Педагогика. – 2011. – № 6. – С. 3–14. – EDN OGHEXP.

87. Новиков, А. М. Образовательный объект (методология образовательной деятельности) / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – Москва : Эгвес, 2004. – 120 с. – Текст : непосредственный.

88. Новиков, А. М. Педагогика: словарь системы основных понятий / А. М. Новиков. – М. : Издательский центр ИЭТ, 2013. – 268 с. – Текст : непосредственный.

89. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по промышленной геологии» : Приказ Минтруда России от 22.01.2013 г. № 4, ст. 293. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=9128&ysclid=l5p65z7azj502624429> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст : электронный.

90. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 21.05.02 Прикладная геология : Приказ от 12 августа 2020 г. № 953. – URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/46982?ysclid=l0rx46fndd> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст : электронный.

91. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело : Приказ от 12 августа 2020 г. № 987. – URL: http://www.ursmu.ru/upload/doc/2020/08/31/21.05.04_S_987_12.08.2020.pdf (дата обращения: 16.12.2020). – Текст : электронный.

92. Ожегов, С. И. Словарь русского языка / С. И. Ожегов. – Москва : Изд-во Советская энциклопедия, 1970. – 750 с. – Текст : непосредственный.

93. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка, 41089 словарных статей / С. И. Ожегов, Н. Ю Шведова. – Москва : Азъ, 1992. – 506 с. – Текст : непосредственный.

94. Озерова, Т. С. Использование проблемного метода при обучении математике будущих геологов в рамках реализации компетентностного подхода / Т. С. Озерова, Л. В. Воронина. – Текст : непосредственный // Современные тенденции развития общего и вузовского образования : сборник научных статей всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Ярославль, 01 декабря 2021 года / под науч. редакцией Е. В. Карповой. – Ярославль : Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, 2021. – С. 100–104.

95. Озерова, Т. С. Критическое мышление в профессиональной деятельности будущих горных инженеров-геологов / Т. С. Озерова, Л. В. Воронина. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2021. – № 3. – С. 150–156.

96. Озерова, Т. С. Математика : сборник прикладных задач горно-геологического профиля по дисциплине «Математика» для студентов очного обучения направлений 21.05.02 – «Прикладная геология» и 21.05.04 – «Горное дело» / Т. С. Озерова, И. М. Бойчарова. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2022. – 63 с. – EDN IAXGNG. – Текст : непосредственный.

97. Озерова, Т. С. Роль математики в формировании критического мышления будущих горных инженеров / Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам : материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к юбилею Тамары Николаевны Шамало, Екатеринбург, 26–27 октября 2020 года. – Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2020. – С. 368–372.

98. Озерова, Т. С. Формирование компонентов критического мышления студентов горного вуза на основе интеграции математики и специальных дисциплин горного дела и геологии / Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2022. – № 2. – С. 68–78.

99. Озерова, Т. С. Формирование критического мышления у студентов горных вузов в процессе работы над решением прикладных задач по математике / Т. С. Озерова. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 8. – С. 162–166.

100. Ольховая, Т. А. Критическое мышление как основа развития информационно-познавательной самостоятельности студентов / Т. А. Ольховая, В. Н. Елисеев. – Текст : непосредственный // Высшее образование сегодня. – 2013. – № 9. – С. 46–51.

101. Пирютко, О. Н. Практико-ориентированные задачи как средство формирования метапредметных компетенций / О. Н. Пирютко. – Текст : непосредственный // Международная научно-практическая интернет-конференция «Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе». – Москва, 2019. – С. 383–385.

102. Полухович, Н. В. Схема решения геометрических задач на составление дифференциальных уравнений / Н. В. Полухович. – Текст : непосредственный // Задачи в обучении математике: теория, опыт, инновации : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 115-летию чл. корр. АПН СССР П. А. Ларичева. – Вологда : Русь, 2007.

103. Попков, В. А. Дидактика высшей школы : учеб. пособие / В. А. Попков, А. В. Коржуев. – Москва : Академия, 2001. – 136 с. – Текст : непосредственный.

104. Попков, В. А. Критическое мышление в контексте задач высшего профессионального образования / В. А. Попков, А. В. Коржуев, Е. Л. Рязанова. – Москва : МГУ, 2001. – 168 с. – Текст : непосредственный.

105. Профессиональная педагогика : учеб. по пед. специальностям и направлениям / С. Я. Батышев, Г. М. Романцев, Б. С. Гершунский [и др.]. – Москва : АПО, 1997. – 511 с. – Текст : непосредственный.

106. Рубанова, Н. А. К вопросу о проблемном обучении математике в технических вузах / Н. А. Рубанова, Ю. Г. Галич, Л. В. Долгова. – Текст : электронный // Мир науки. Педагогика и психология. – 2019. – № 2. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/50PDMN219.pdf> (дата обращения: 16.10.2022).

107. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – Москва : Физматлит, 2002. – 320 с. – Текст : непосредственный.

108. Сапа, А. В. Формирование основ смыслового чтения в рамках реализации ФГОС основного общего образования / А. В. Сапа. – Текст : непосредственный // Эксперимент и инновации в школе. – 2014. – № 5. – С. 23–42. – EDN SYUANT.

109. Сапрыкин, А. С. Математические методы в горном деле / А. С. Сапрыкин. – Текст : непосредственный // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов IV Всерос. науч.-практ. конф. для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 09–11 апреля 2013 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ) ; под ред. Д. А. Чинахова. – Юрга : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2013. – С. 608–611.

110. Сапук, Т. В. Развитие критического мышления как базис студоцентрированного образования / Т. В. Сапук. – Текст : непосредственный // Современные исследования социальных проблем. – 2014. – № 9 (41). – С. 202–216.

111. Седакова, В. И. Использование кейс-технологий при изучении математики / В. И. Седакова. – Текст : непосредственный // Наука и современность. – 2011. – № 12–3. – С. 26–30. – EDN RTXLEP.

112. Селютин, В. Д. Формирование системного и критического мышления студентов вуза при обучении математике / В. Д. Селютин, Н. Н. Яремко, Е. Г. Журавлева. – Текст : непосредственный // Образование и общество. – 2019. – № 1 (114). – С. 34–42. – EDN UBDKWV.

113. Скоробогатова, Н. В. Наглядное моделирование профессионально-ориентированных задач в обучении математике студентов инженерных специальностей : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Н. В. Скоробогатова ; Ярославский гос. пед. ун-т. – Ярославль, 2006. – 26 с. – Текст : непосредственный.

114. Смирнов, А. А. Психология / А. А. Смирнов. – Москва : Учпедгиз, 1962. – 556 с. – Текст : непосредственный.

115. Соловьева, А. А. Профессиональная направленность обучения математике студентов гуманитарных специальностей: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / А. А. Соловьева ; Ярославский гос. ун-т. – Ярославль, 2006. – 222 с. – Текст : непосредственный.

116. Солодихина, М. В. Критическое мышление в высшем естественнонаучном образовании: определение и содержание понятия / М. В. Солодихина. – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2022. – 164 с. – ISBN 978-5-4263-1065-0. – DOI: 10.31862/9785426310650. – EDN OVAXNU. – Текст : непосредственный.

117. Солодихина, М. В. Развитие критического мышления магистрантов с помощью STEM-кейсов / М. В. Солодихина, А. А. Солодихина. – Текст : непосредственный // Образование и наука. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 125–153.

118. Сори́на, Г. В. Критическое мышление: история и современный статус / Г. В. Сори́на. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия 7: Философия. – 2003. – № 6. – С. 97–110. – EDN VWFIVH.

119. Спиридонов, В. Ф. Психология мышления: Решение задач и проблем : учебное пособие / В. Ф. Спиридонов. – Москва : Генезис, 2006. – 319 с. – Текст : непосредственный.

120. Стариченко, Б. Е. Обработка и представление данных педагогических исследований с помощью компьютера / Б. Е. Стариченко. – Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2004. – 218 с. – Текст : непосредственный.

121. Стехов, А. В. Педагогические технологии развития критического и креативного мышления / А. В. Стехов. – Текст : непосредственный // Педагогические технологии. – 2020. – № 4. – С. 158–171.

122. Столбникова, Е. А. Развитие критического мышления студентов педагогического вуза в процессе медиаобразования : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Е. А. Столбникова ; Таганрогский гос. пед. институт. – Ростов-на-Дону, 2005. – 25 с. – Текст : непосредственный.

123. Темербекова, А. А. Подготовка студентов к формам текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации : Учебно-методическое пособие (для студентов высших учебных заведений) / А. А. Темербекова, И. В. Соловкина ; Темербекова Альбина Алексеевна, Соловкина Ирина Владимировна. – Горно-Алтайск : Горно-Алтайский государственный университет, 2021. – 147 с. – Текст : непосредственный.

124. Темербекова, А. А. Применение бенчмаркинг технологии в организации самостоятельной работы студентов в вузах / А. А. Темербекова, Л. Р. Зиязиева. – Текст : непосредственный // Непрерывное профессиональное образование: теория и практика : Материалы X Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 29 мая 2020 года. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 323-328.

125. Темпл, Ч. Как учатся дети: свод основ / Ч. Темпл, К. Мередит, Дж. Стил. – Москва : Открытое общество, 1997. – 51 с. – Текст : непосредственный.

126. Терешин, Н. А. Прикладная направленность школьного курса математики : кн. для учителя / Н. А. Терешин. – Москва : Просвещение, 1990. – 96 с. – Текст : непосредственный.

127. Ткачев, В. А. Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горных выработок : учебное пособие / В. А. Ткачев, А. Ю. Прокопов, Е. В. Кочетов. – Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2008. – 244 с. – Текст : непосредственный.

128. Тулысанова, Н. Ю. Развитие критического мышления студентов в процессе обучения иностранному языку : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Н. Ю. Тулысанова ; Ярославский гос. ун-т. – Якутск, 2010. – 22 с. – Текст : непосредственный.

129. Федулова, К. А. Подготовка будущих педагогов профессионального обучения к компьютерному моделированию : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / К. А. Федулова; Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург, 2014. – 210 с. – Текст : непосредственный.

130. Фридман, Л. М. Логико-психологический анализ школьных задач / Л. М. Фридман. – Москва : Педагогика, 1977. – 208 с. – Текст : непосредственный.
131. Халперн, Д. Психология критического мышления / Д. Халперн. – Москва : Питер, 2000. – 512 с. – Текст : непосредственный.
132. Хуторской, А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А. В. Хуторской. – Текст : непосредственный // Народное образование. – 2003. – № 2. – С. 58–64.
133. Чан, Тхи Тхань. Химический эксперимент как метод формирования критического мышления школьников : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Чан Тхи Тхань ; Московский пед. гос. ун-т. – Москва, 2019. – 164 с. – Текст : непосредственный.
134. Шадриков, В. Д. Введение в психологию: интеллект и творчество / В. Д. Шадриков. – Москва : ВСГТУ, 2004. – 280 с. – Текст : непосредственный.
135. Шакирова, Д. М. Критическое мышление / Д. М. Шакирова. – Казань : ГАОУ ДПО ИРО РТ, 2019. – 146 с. – Текст : непосредственный.
136. Шакирова, Д. М. Формирование критического мышления учащихся и студентов: модель и технология / Д. М. Шакирова. – Текст : непосредственный // Образовательные технологии и общество. – 2006. – Т. 9, № 4. – С. 284–292.
137. Шакирова, Д. У. Опыт внедрения интерактивных методов обучения бакалавров направления подготовки «Математика и компьютерные науки» / Д. У. Шакирова, Л. Б. Усова. – Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 6. – С. 233. – EDN YVMNDF.
138. Шантаренко, В. Г. Системный подход к обучению студентов математике на основе моделирования в визуальном информационном поле как инструмент формирования информационной компетентности будущих специалистов / В. Г. Шантаренко. – Текст : непосредственный // Сибирский педагогический журнал. – 2008. – № 6. – С. 155–164.
139. Шапиро, И. М. Использование задач с практическим содержанием в преподавании математики / И. М. Шапиро. – Москва : Просвещение, 1990. – 96 с. – Текст : непосредственный.

140. Шаров, Д. А. О роли критического мышления учащихся в процессе разработки компьютерных программ / Д. А. Шаров. – Текст : непосредственный // Математика и информатика. Наука и образование. – 2002. – Вып. 2. – С. 215–220.

141. Шестак, Н. В. Компетентностный подход в дополнительном профессиональном образовании / Н. В. Шестак, В. П. Шестак. – Текст : непосредственный // Высшее образование в России. – 2009. – № 3. – С. 29–38.

142. Шестаков, Ю. Г. Математические методы в геологии : учеб. пособие для студентов геологических специальностей / Ю. Г. Шестаков. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1988. – 208 с. – Текст : непосредственный.

143. Шкери́на Л. В. Новые дидактические принципы теоретической подготовки студентов / Л. В. Шкери́на, Т. А. Шкери́на. – Текст : непосредственный // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им В. П. Астафьева. – 2017. – № 3 (41). – С. 95–104.

144. Щадов, М. И. Математические модели в горном менеджменте : учебное пособие / М. И. Щадов, И. А. Огнев, В. Ю. Конюхов. – Иркутск : ИрГТУ, 2011. – 64 с. – Текст : непосредственный.

145. Ядровская, М. В. Модели в педагогике / М. В. Ядровская. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 336. – С. 139–143.

146. Яковлева, Н. О. Педагогическое проектирование инновационных образовательных систем / Н. О. Яковлева. – Челябинск : Изд-во Челябинского гуманитарного института, 2008. – 279 с. – Текст : непосредственный.

147. Яковлева, Н. Ф. Проектная деятельность в образовательном учреждении : учеб. пособие / Н. Ф. Яковлева. – 2-е изд. – Москва : Флинта, 2014. – 144 с. – Текст : непосредственный.

148. Ялалов, Ф. Г. Профессиональная многомерность: многомерные компетенции / Ф. Г. Ялалов. – Текст : непосредственный // Филология и культура. – 2015. – № 2. – С. 326–330.

149. Almeida, L. S. Critical thinking: its relevance for education in a shifting society / L. S. Almeida, R. A. H. Franco. – Текст : непосредственный // *Revista de Psicología*. – 2011. – Vol. 29, № 1. – P. 175–195.
150. Bailin, S. Conceptualizing critical thinking / S. Bailin, R. Case, J. R. Coombs, L. B. Daniels. – Текст : непосредственный // *Journal of Curriculum Studies*. – 1999. – Vol. 31, № 3. – P. 285–302. – DOI: 10.1080/002202799183133.
151. Bloom, B. S. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain / B. S. Bloom. – New York : Longman, 1956. – Текст : непосредственный.
152. Ennis, R. H. Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research / R. H. Ennis. – Текст : непосредственный // *Educational researcher*. – 1989. – Vol. 18, № 3. – P. 4–10.
153. Facione, P. A. Critical Thinking for Life: Valuing, Measuring, and Training Critical Thinking in All its Forms / P. A. Facione. – Текст : непосредственный // *Inquiry*. – Spring, 2013. – Vol. XXVIII, № 1.
154. Johnson, R. H. Some observations about teaching critical thinking / R. H. Johnson. – Текст : непосредственный // *CT News. Critical Thinking Project*. – California State University, Sacramento. – 1985. – Vol. 4, № 1.
155. Paul, R. Defining Critical Thinking. The Critical Thinking Community / R. Paul, M. Scriven. – 2003. – URL: <http://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/410> (дата обращения: 13.12.2022). – Текст : электронный.
156. Ruggiero, V. R. The art of thinking / V. R. Ruggiero. – New York : Pearson Education Inc., 2004. – Текст : непосредственный.
157. Shodi, M. Professional-oriented tasks as a means of implementing the principle of professional orientation of mathematics education in technical institutions of higher learning / M. Shodi. – Текст : непосредственный // *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*. – 2020. – Vol. 8, № 3, Part II. – P. 151–157.

*Диагностика мотивационного компонента
критического мышления*

Показатель 1. Мотивация на использование критического мышления при изучении математики.

Уважаемый студент! Отметьте ваше согласие знаком «+» или несогласие знаком «-» с нижеследующими утверждениями.

1. Я способен самостоятельно изучить отдельные разделы математики.
2. Включаясь в работу по решению задачи, я положительно настроен, надеюсь на успешное решение.
3. Я всегда думаю, прежде чем решить задачу.
4. Я стараюсь внимательно читать текст предложенной задачи.
5. Я без всестороннего анализа проблемы, требующей решения, не начинаю действовать.
6. Я всегда стараюсь самостоятельно решить задачу.
7. Я всегда высказываю предположения о том, как найти способ решения проблемы, описанной в задаче.
8. Я предлагаю всегда несколько вариантов решения задачи.
9. После прочтения текста задачи я всегда оцениваю, имеет ли эта задача решение.
10. Анализируя решение задачи, я всегда задумываюсь – за что можно было бы подвергнуть критике найденный способ решения, что требует усиления для доказательства правильности решения.
11. Я способен оценивать важность найденной для решения задачи информации.
12. Я готов воспринимать альтернативные точки зрения при обсуждении путей решения задачи, но только после их убедительной аргументации.
13. Я могу привести контрпример для опровержения выдвинутого утверждения.
14. Я чувствую в себе силы обосновать выдвинутую гипотезу и привести сильные аргументы в ее поддержку.
15. Прогнозируя исход полученного в ходе решения задачи результата, я предпочитаю не упустить подробности, излагая их в виде кластера, схемы.
16. Я способен самостоятельно определить суть основного вопроса предлагаемой задачи, на который предстоит найти ответ.
17. При решении задачи я способен отделить существенную информацию от несущественной.
18. Я всегда составляю алгоритм решения задачи.

19. При решении задачи я способен выделять избыточную информацию.
20. При решении задачи я способен понять, что данной в тексте задачи информации недостаточно.
21. При поиске ответа на вопрос задачи я использую ранее приобретенные знания.
22. Я умею устанавливать причинно-следственные связи, проводить аналогии, использовать изученные ранее алгоритмы.
23. Я могу по тексту предлагаемой задачи составить чертеж, рисунок.
24. Я умею работать с чертежом, схемой, графиком: понимаю информацию, которая на них изображена, без словесного описания.
25. К концу решения задачи я всегда сопоставляю полученные результаты с тем, что нужно было найти.
26. Я осознаю, что при решении задачи научился(-ась) новому ...
27. Я понимаю, с чем у меня возникли затруднения в процессе решения задачи, что является их причиной и как их устранить.
28. При решении задачи у меня возникают вопросы, на которые я не могу найти ответ сразу, поэтому ищу их самостоятельно с применением дополнительных источников информации.

Обработка результатов и критерии оценки.

За каждое совпадение с ответом «+» испытуемому дается 1 балл. Подсчитывается общее количество набранных баллов.

Если количество набранных баллов **от 0 до 7**, то диагностируется отсутствие мотивации к использованию критического мышления при изучении математики.

Если количество набранных баллов **от 8 до 21**, то диагностируется недостаточный уровень развитости данного показателя, вследствие чего средний уровень мотивации к использованию критического мышления при изучении математики.

Если количество набранных баллов **от 22 до 28**, то следует считать, что испытуемый проявляет высокую мотивацию к использованию критического мышления при изучении математики.

Показатель 2. Диагностика потребности в получении и проверке результата (адаптированная по А. А. Реан).

Уважаемый студент! Читая предложенное утверждение, выберите один из ответов – «да» или «нет».

Диагностика потребности в получении и проверке результата

№	Утверждение (адаптированные по А. А. Реан)	Соответствует	
		Да	Нет
1	Я понимаю, что имеющихся у меня знаний недостаточно, поэтому мне необходимо находить и проверять их истинность самостоятельно		
2	Если в процессе решения проблемы я сталкиваюсь с некоторым препятствием, то не отступаю, а ищу способы его преодоления		
3	Мне интересно формулировать вопросы и находить ответы на вопросы, заданные другими людьми		
4	Я способен сравнивать различные источники информации		
5	Я уделяю пристальное внимание детальному восприятию сведений и идей		
6	Мне легко понять точку зрения моих собеседников и причины, по которым они уверены в своей правоте		
7	Я способен выявить ошибки в рассуждениях других людей		
8	Я могу изменить свое мнение, получив новые сведения		
9	Я внимательно слушаю, какие идеи, гипотезы предлагают другие участники группы		
10	Я не отказываюсь от поставленной цели даже в случае неудачи на пути ее достижения		
11	Я активно участвую в групповых обсуждениях решаемой проблемы		
12	Я внимательно и толерантно отношусь к мнению одноклассников		
13	Я могу обобщить и объяснить полученную информацию		
14	Я могу оценить достоверность полученной информации, применяя законы логики		
15	Я понимаю, что при формулировке оценочных суждений следует полагаться на прошлый опыт, здравый смысл		
16	При решении проблемы я могу ясно и рационально мыслить, понимаю логическую связь между различными концептами и идеями		
17	Продуктивность моей деятельности при решении проблемы зависит от собственной целеустремленности, а не от внешнего контроля		
18	Я проверяю правильность полученных результатов, выводов		

Обработка результатов и критерии оценки.

За каждое совпадение с ответом «Да» испытуемому дается 1 балл. Подсчитывается общее количество набранных баллов.

Если количество набранных баллов **от 0 до 5**, то диагностируются отсутствие потребности в получении и проверке результата, безынициативность, неразвитость потребности в решении проблемных ситуаций.

Если количество набранных баллов **от 6 до 14**, то диагностируется средняя степень потребности в получении и проверке результата: не очень настойчив в достижении цели; при

встрече с препятствием пассивно относится к его преодолению; продуктивность деятельности зависит от внешнего контроля; невысокая рефлексия.

Если количество набранных баллов **от 15 до 18**, то следует считать, что испытуемый проявляет высокую степень потребности в получении и проверке результата: настойчив в достижении цели; при встрече с препятствием ищет способ его преодоления; продуктивность деятельности зависит от внутреннего настроя; наличие осознанной рефлексии собственной деятельности.

Показатель 3. Диагностика мотивации обучения студентов в вузе (по Т. И. Ильиной).

Уважаемый студент! Отметьте ваше согласие знаком «+» или несогласие знаком «-» с нижеследующими утверждениями.

1. Лучшая атмосфера на занятии – атмосфера свободных высказываний.
2. Обычно я работаю с большим напряжением.
3. У меня редко бывают головные боли после пережитых волнений и неприятностей.
4. Я самостоятельно изучаю ряд предметов, по моему мнению, необходимых для моей будущей профессии.
5. Какое из присущих вам качеств вы цените больше всего? Напишите рядом.
6. Я считаю, что жизнь нужно посвятить выбранной профессии.
7. Я испытываю удовольствие от рассмотрения на занятии трудных проблем.
8. Я не вижу смысла от большинства работ, которые мы делаем в вузе.
9. Большое удовольствие мне дает рассказ знакомым о моей будущей профессии.
10. Я средний студент, никогда не буду вполне хорошим, а поэтому нет смысла прилагать усилия, чтобы стать лучше.
11. Я считаю, что в наше время не обязательно иметь высшее образование.
12. Я твердо уверен в правильности выбора профессии.
13. От каких из присущих вам качеств вы хотели бы избавиться? Напишите ответ рядом.
14. При удобном случае я использую на экзаменах подсобные материалы (конспекты, шпаргалки).
15. Самое замечательное в жизни – студенческие годы.
16. У меня чрезвычайно беспокойный и прерывистый сон.
17. Я считаю, что для полного овладения профессией все учебные предметы нужно изучать одинаково глубоко.
18. При возможности я поступил бы в другой вуз.
19. Я обычно вначале берусь за более легкие задачи, а более трудные оставляю на конец.
20. Для меня трудно при выборе профессии остановиться на одной из них.
21. Я могу спокойно спать после любых неприятностей.

22. Я твердо уверен, что моя профессия даст мне моральное удовлетворение и материальный достаток в жизни.
23. Мне кажется, что мои друзья способны учиться лучше, чем я.
24. Для меня очень важно иметь диплом о высшем образовании.
25. Из некоторых практических соображений для меня это самый удобный вуз.
26. У меня достаточно силы воли, чтобы учиться без напоминания администрации.
27. Жизнь для меня почти всегда связана с необычайным напряжением.
28. Экзамены нужно сдавать, тратя минимум усилий.
29. Есть много вузов, в которых я мог бы учиться с не меньшим интересом.
30. Какое из присущих вам качеств больше всего мешает учиться? Напишите ответ рядом.
31. Я очень увлекающийся человек, но все мои увлечения так или иначе связаны с будущей работой.
32. Беспокойство об экзамене или работе, которая не выполнена в срок, часто мешает мне спать.
33. Высокая зарплата после окончания вуза для меня не главное.
34. Мне нужно быть в хорошем расположении духа, чтобы поддержать общее решение группы.
35. Я вынужден был поступить в вуз, чтобы занять желаемое положение в обществе, избежать службы в армии.
36. Я учу материал, чтобы стать профессионалом, а не ради экзамена.
37. Мои родители – хорошие профессионалы, и я хочу быть на них похожим.
38. Для продвижения по службе необходимо иметь высшее образование.
39. Какое из ваших качеств помогает вам учиться? Напишите ответ рядом.
40. Мне очень трудно заставить себя изучать дисциплины, прямо не относящиеся к моей будущей специальности.
41. Меня весьма тревожат возможные неудачи.
42. Лучше всего я занимаюсь, когда меня периодически стимулируют, подстегивают.
43. Мой выбор данного вуза окончателен.
44. Мои друзья имеют высшее образование, и я не хочу отстать от них.
45. Чтобы убедить в чем-либо группу, мне приходится самому работать очень интенсивно.
46. У меня обычно ровное и хорошее настроение.
47. Меня привлекают удобство, чистота и легкость будущей профессии.
48. До поступления в вуз я давно интересовался этой профессией, много читал о ней.
49. Профессия, которую я получаю, самая важная и перспективная.
50. Мои знания об этой профессии были достаточны для уверенного выбора данного вуза.

Обработка результатов.

Шкала «приобретение знаний»: за согласие («+») с утверждениями по п. 4 проставляется 3,6 балла; по п. 17 – 3,6 балла; по п. 26 – 2,4 балла; за несогласие («–») с утверждением по п. 28 – 1,2 балла; по п. 42 – 1,8 балла. Максимум – 12,6 балла.

Шкала «овладение профессией»: за согласие по п. 9 – 1 балл; по п. 31 – 2 балла; по п. 33 – 2 балла; по п. 43 – 3 балла; по п. 48 – 1 балл; по п. 49 – 3 балла. Максимум – 10 баллов.

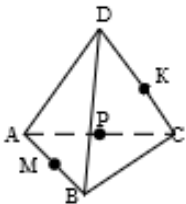
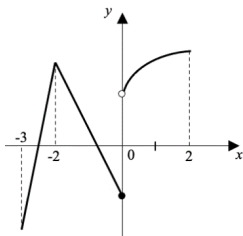
Шкала «получение диплома»: за несогласие по п. 11 – 3,5 балла; за согласие по п. 24 – 2,5 балла; по п. 35 – 1,5 балла; по п. 38 – 1,5 балла; по п. 44 – 1 балл. Максимум – 10 баллов.

Вопросы по п. 5, 13, 30, 39 являются нейтральными к целям опросника и в обработку не включаются.

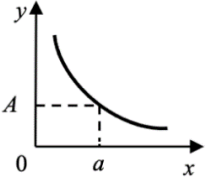
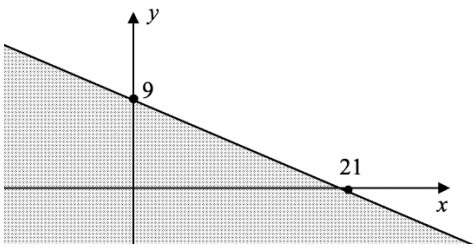
Выводы. Преобладание мотивов по первым двум шкалам свидетельствует об адекватном выборе обучающимися специальности и удовлетворенности ею.

Диагностика деятельностного компонента критического мышления

Контрольная работа № 1 (входная)

Задания	Цель
Задание 1. Некоторая величина M изменялась следующим образом: сначала величину $M = 40$ увеличили на 40 % а затем уменьшили на 50 %. Найти ее окончательное значение. Указать, на сколько процентов она изменилась.	Выявить умение находить оптимальное решение задачи
Задание 2. Какая из следующих дробей не подходит к остальным трем. Обоснуйте свой ответ. $1\frac{2}{3}; 2\frac{2}{5}; 3\frac{2}{8}; 4\frac{2}{11}$	Выявить умение делать логические выводы
Задание 3. Пусть точка D не лежит в плоскости треугольника ABC . Известно, что $BC \perp AD$. Точки M, K, P – середины сторон AB, DC, AC соответственно. Укажите, какое из следующих утверждений верно. 1) PM пересекает AD ; 2) $AD \perp MP$; 3) MK пересекает AC ; 4) $KM \parallel BC$. Обоснуйте свой ответ. 	Выявить умение работать с рисунком, выдвигать гипотезы, грамотно обосновывать свои выводы
Задание 4. Сколько экстремумов имеет функция, график которой изображен на рисунке? Обоснуйте свой ответ. 	Выявить умение работать с информацией, представленной в виде графика; выдвигать гипотезы; проникать в суть сложного вопроса, делать умозаключения
Задание 5. Оцените правильность решения уравнения. Если в решении допущены ошибки, исправьте их. $\begin{aligned} \sqrt{(x-3)^2 - \sqrt{2x-4}} &= -1; \\ x-3 - \sqrt{2x-4} &= -1; \\ -\sqrt{2x-4} &= -1-x+3; \\ -\sqrt{2x-4} &= 2-x; \\ 2x-4 &= 4-4x+x^2; \\ x^2-6x+8 &; \\ x_1 &= -2, x_2 = -4. \end{aligned}$	Выявить умение устанавливать причинно-следственные связи; осознанно контролировать чужие действия; выявлять ошибки с помощью привлечения собственного опыта
Задание 6. Представьте игровой кубик с гранями «1», «2», «3», «4», «5», «6». Вы произвольным образом шесть раз бросаете этот кубик. Докажите или опровергните утверждение «Комбинация из элементов «1 4 6 5 3 2» выпадет с большей вероятностью, чем комбинация «1 1 1 5 5 5»».	Выявить умение преобразовывать условия задачи таким образом, чтобы можно было применить уже имеющиеся знания на практике. Здесь проявляется гибкость мышления, способность увидеть известное в неизвестном

Контрольная работа № 2 (срез 1)

Задания	Цель
Задание 1. Какая из формул для производных справедлива: а) $(\cos x)' = -\sin x$; б) $(5x)' = 5x^2$; в) $(-5x)' = 5x^3$; г) $(e^x)' = -e^x$.	Выявить умение активизировать личный опыт студентов
Задание 2. Составьте матрицу B, которую можно умножить как слева, так и справа на матрицу $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 0 \\ -2 & 5 \end{pmatrix}$. Обоснуйте свой ответ, найдите BA.	Выявить четкое знание терминов и понятий; умение строить логические цепочки
Задание 3. Известно, что корнем некоторого приведенного квадратного уравнения является комплексное число $2 + 3i$. Составьте это уравнение.	Выявить умение находить недостающую для решения задачи информацию
Задание 4. Можно ли утверждать, что график, приведенный на рисунке, соответствует формуле $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = A$. Обоснуйте свой ответ.	Выявить умение работать с информацией, представленной графически; выдвигать гипотезы; знание терминов и понятий 
Задание 5. Известны цены двух марок угля 30 ед. и 70 ед. Докажите или опровергните следующее утверждение: «На графике показан состав смеси, стоимость которой не более 630 ед.».  Если графический состав смеси изображен неверно, постройте его правильно.	Выявить умение доказывать, опровергать утверждения, оценивать соответствие построенной модели и реального процесса, выявлять границы адекватности построенной модели с помощью оценки причинно-следственных связей
Задание 6. В системе координат XOY многоугольник задан координатами вершин: $(1; 1), (4; 3), (4; 2), (6; 1,5)$. Постройте его. Составьте и запишите условие задачи, используя полученный рисунок и объекты из геологии. Решите составленную вами задачу.	Выявить умение применять полученные знания на практике: правильно интерпретировать информацию; правильно выбирать раздел математики; формулировать задачу на языке геологии; составлять и исследовать математическую модель

Контрольная работа № 3 (срез 2)

Задания
Задание 1. Вычислите те неопределенные интегралы, при нахождении которых придется использовать один и тот же табличный интеграл: $1 \int x dx; 2 \int x \cdot e^{x^2} dx; 3 \int \frac{\sin x}{\cos^2 x} dx; 4 \int \frac{dx}{x \ln(x)}.$
Задание 2. Рассмотрев рисунок 1, вычислите площадь заштрихованной фигуры. Ответьте на вопрос: «Может ли фигура бесконечной протяженности иметь конечную площадь?». Рис. 1
Задание 3. Укажите вид линейного дифференциального уравнения первого порядка: 1) $y^2 + p(x)y = q(x)$; 2) $y = ax + b$; 3) $y' + p(x)y = q(x)$; 4) $P(x; y)dx + Q(x; y)dy = 0$ 5) $y' + p(x)y^2 = q(x)$
Задание 4. Составьте дифференциальное уравнение, фундаментальная система решений которого имеет вид: $y_1 = e^{-5x}, y_2 = xe^{-5x}$.
Задание 5. Выемочный участок залежи полезного ископаемого имеет вид прямоугольника с длиной 800 м и шириной 300 м. Мощность непосредственной кровли распределена по площади выемочного участка и подчиняется закону $m = 0,08x + 0,03y + 6 - 0,0001x^2 - 0,0001y^2$. Найти точки участка, в которых мощность непосредственной кровли принимает наибольшее значение.
Задание 6. В поддерживаемом пространстве комплексно-механизированного очистного забоя шахты образовавшийся купол имеет форму параболоида вращения. Определите объем купола, если его высота равна 0,7 м, а радиус основания равен 0,3 м.

Контрольная работа № 4 (итоговая)

Задания

Задание 1. Для исследования сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[n]{n-9}}$ сравниваем его с рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[n]{n}}$. Делаем вывод:

- а) ряд расходится, так как $\frac{1}{\sqrt[n]{n-9}} > \frac{1}{\sqrt[n]{n}}$;
 б) ряд сходится, так как $\sqrt[n]{n-9} < \sqrt[n]{n}$;
 в) ряд сходится, так как $\frac{1}{\sqrt[n]{n-9}} > \frac{1}{\sqrt[n]{n}}$;
 г) ряд расходится, так как $\frac{1}{\sqrt[n]{n-9}} > \frac{1}{n}$.

Задание 2. Может ли интервал сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n$ быть таким:

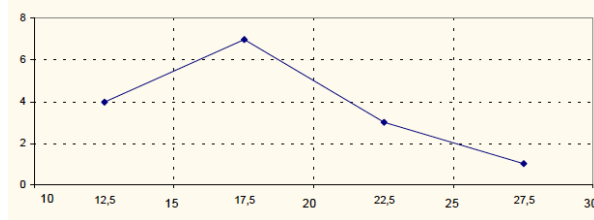
- а) $(-2; 0)$; б) $(-3; 1)$; в) $(-3; 3)$; г) $(0; 2)$; д) $(-\infty; +\infty)$.

Задание 3. Известно, что $P(A)=0,7$; $P(B)=0,2$; $P(A+B)=0,76$.

Тогда можно сказать, что события A и B

- 1) несовместны и независимы; 2) несовместны и зависимы;
 3) совместны и независимы; 4) совместны и зависимы.

Задание 4. Для какой выборки, представленной в виде группированного статистического ряда, построен полигон частот? Обоснуйте свой выбор.



Варианты ответов:

а)

Границы интервалов	10-15	15-20	20-25	25-30
Частоты	4	7	3	1

б)

Границы интервалов	0-12,5	12,5-17,5	17,5-22,5	22,5-27,5
Частоты	20	35	15	5

в) нет правильного ответа.

Задание 5. В забое ствола работают шесть перфораторов. Установлено, что на чистое бурение расходуется только 70 % рабочего времени, т. е. в это время перфоратор потребляет сжатый воздух. 30 % времени идет на перестановку буровых штанг, замену коронки и пр. Для проектирования режима работы компрессорной станции необходимо определить, какова вероятность того, что работают все перфораторы (станки), не работает один, два и т. д.

После чего:

- а) записать закон (математическую модель) распределения неработающих перфораторов и построить его график;
 б) найти числовые характеристики этого распределения;
 в) на основе полученных результатов оценить оптимальный режим работы компрессорной станции, укажите границы эффективности построенной модели.

Задание 6. Взято 900 проб руды. Вероятность промышленного содержания металла в каждой пробе одинакова и равна 0,3. Считая событие, вероятность наступления которого 0,997, достоверным, найти границы числа проб с промышленным содержанием металла во взятой партии проб.

Кейсы, составленные из прикладных задач

1. Кейс о вычислении мощности залежи полезного ископаемого

При поисково-оценочных работах, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых проводится их геолого-экономическая оценка, являющаяся важной частью геологоразведочного процесса. В основе задач, стоящих перед разведкой, лежит необходимость эффективного изучения геологических закономерностей, предопределяющих форму, глубину, качество и условия залегания тел полезных ископаемых. Выяснение этих вопросов должно проводиться с достаточной степенью точности, так как, например, данные о глубине определяют выбор способа вскрытия и отработки месторождения.

Для лучшего понимания сюжета прикладных задач, входящих в данный кейс, преподаватель поясняет студентам смысл понятия «мощность залежи». Для этого вводятся следующие обозначения и строится рисунок 1:

Подошва – нижняя поверхность залежи

Кровля – верхняя поверхность залежи

Мощность – *кратчайшее* расстояние между подошвой и кровлей

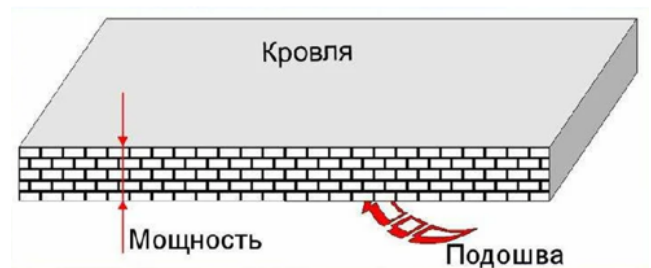


Рис. 1

Далее рассматриваются различные положения подошвы, кровли и соответствующие им мощности. Здесь оговаривается, что редко кровля и подошва расположены параллельно друг другу (рис. 1), поэтому мощность бывает разная (рис. 2). В рассматриваемых задачах мы будем искать истинную мощность, называя ее мощностью.

Мощность - толщина слоя:

- истинная (Б-Г)
- горизонтальная (А-Б)
- вертикальная (Б-В)
- видимая (1-2)

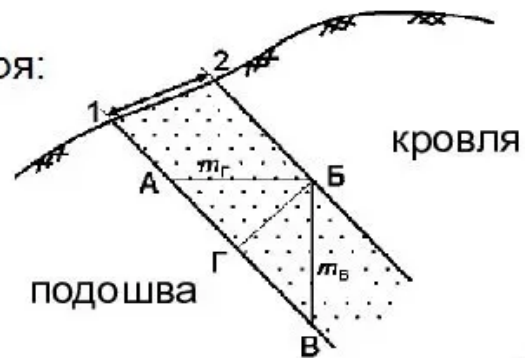


Рис. 2

1. Задача о мощности угольного пласта (решается средствами аналитической геометрии на плоскости): мощность угольного пласта m линейно зависит от расстояния до забоя l . Известно, что при $l = l_1 = 1$ м мощность пласта $m = m_1 = 2,1$ м, а при $l = l_2 = 10$ м мощность пласта $m = m_2 = 3$ м.

Записать уравнение линейной зависимости мощности угольного пласта m от расстояния до забоя l . Построить график зависимости мощности угольного пласта m от расстояния до забоя l .

Аналитическим способом найти:

- 1) мощность пласта при расстоянии от забоя $l_3 = 20$ м;
- 2) расстояние от забоя, на котором мощность пласта $m_3 = 2,5$ м.

Оценить правильность решения задачи с помощью построения графика.

2. Задача о мощности рудного тела (решается средствами дифференциального исчисления функции одной переменной): мощность рудного тела измеряется по длине остаточного штрека по закону $m_1(l) = 0,4l^2 - 2,8l + 20$ при $l \in [0; 6]$ и $m_2(l) = 0,4l + 6$ при $l \in [6; 30]$. Найти наибольшее и наименьшее значения мощности рудного тела. Поясните полученные результаты графически.

3. Задача о мощности выемочного участка залежи полезного ископаемого (решается средствами дифференциального исчисления функции нескольких переменных): выемочный участок залежи полезного ископаемого имеет вид прямоугольника с длиной 800 м и шириной 300 м. Мощность непосредственной кровли распределена по площади выемочного участка и подчиняется закону $m = 0,08x + 0,03y + 6$ –

$0,0001x^2 - 0,0001y^2$. Найти точки выемочного участка, в которых мощность непосредственной кровли принимает наибольшее и наименьшее значения.

4. Задача о сжатии угольного пласта (решается средствами дифференциальных уравнений): кривизна кривой вертикальных смещений кровли и сжатия угольного пласта пропорциональна значению смещения в каждой точке. Значение смещения на линии забоя равно 0,25 м, на расстоянии 1 м от линии забоя – 0,24 м, а на значительном удалении от забоя смещения равно 0. Найти кривую распределения вертикальных смещений кровли.

2. Кейс об определении оптимального режима работы в забое шахты

Будущему горному инженеру в своей профессиональной деятельности нужно уметь получать, обрабатывать, анализировать информацию в области горного дела, строить прогнозы, находить оптимальные режимы работы рабочих в забое шахты. Для этого он должен владеть навыками обработки и анализа результатов исследования процессов горного производства, основанными на вероятностных законах, статической проверке гипотез, дисперсионном и корреляционном анализе.

Прикладные задачи горно-геологического профиля:

1. Задача об определении оптимального режима работы в забое шахты (решается средствами теории вероятностей).

В забое ствола работают шесть перфораторов. Установлено, что на чистое бурение расходуется только 70 % рабочего времени, т. е. в это время перфоратор потребляет сжатый воздух. 30 % времени идет на перестановку буровых штанг, замену коронки и пр. Для проектирования режима работы компрессорной станции необходимо определить, какова вероятность того, что работают все перфораторы, не работает один, два и т. д.

После чего:

- а) записать закон распределения неработающих перфораторов и построить его график;
- б) найти числовые характеристики этого распределения;
- в) на основе полученных результатов оценить оптимальный режим работы компрессорной станции.

2. Задача о влиянии скорости проходки откаточных штреков на сменную производительность проходчиков (решается средствами математической статистики).

Исследуется влияние скорости проходки откаточных штреков x_i , м/мес на сменную производительность проходчиков y_i , см/смену. Результаты наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Корреляционная таблица

Y	X										n_y
	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	
15	4										4
17	1	2									3
19		28	2								30
21		6	10							1	17
23			13						1	1	15
25			2	7	3	1		5	6	2	26
27				20	10	8	2	4			44
29				6	6	20	6	2			40
31				4	10	3	2				19
33						1	1				2
n_x	5	36	27	37	29	33	11	11	7	4	200

На основании данных, занесенных в таблицу:

1. Построить математическую модель, описывающую оптимальную производительность труда проходчиков в забое шахты.
2. Найти границы целесообразности построенной математической модели.
3. Обосновать необходимость введения указанных границ с практической точки зрения.

3. Кейс о проведении анализа и оценке вещественного состава горных пород

Работа будущего геолога связана с исследованием месторождений полезных ископаемых, поэтому в ФГОС ВО по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология» прописано, что одной из профессиональных задач будущего геолога является проведение анализа и оценки вещественного состава горных пород, руд и типов месторождений полезных ископаемых при решении задач по рациональному комплексному освоению материально-сырьевой базы.

Прикладные задачи горно-геологического профиля:

1. Задача о содержании кварца в шлифе изучаемой породы (решается средствами теории вероятностей).

Вероятность встречи минерала кварца в шлифе изучаемой породы равна 0,4. Изготовлено 10 шлифов. Найти наивероятнейшее число шлифов, в которых минерал будет встречен, и соответствующую вероятность появления этого числа. Оценить, как изменится ситуация в случае других значений вероятности встречи минерала в шлифе изучаемой породы ($p = 0,5$ и $p = 0,7$). Полученные результаты вычислений представить в виде графика в форме трех многоугольников биномиального распределения.

2. Задача о содержании металла в пробах руды (решается средствами теории вероятностей): взято 900 проб руды. Вероятность промышленного содержания металла в каждой пробе одинакова и равна 0,3. Считая событие, вероятность наступления которого 0,997, достоверным, найти границы числа проб с промышленным содержанием металла во взятой партии проб.

3. Задача о нахождении зависимости между плотностью и зольностью изучаемых углей (решается средствами математической статистики): в таблице 2 даны значения плотности (г/см^3) и зольности (%) для 18 образцов изучаемых углей.

Таблица 2

Показатели плотности и зольности изучаемых углей

плотность угля (г/см^3)	1,5	1,2	1,7	1,3	1,5	1,5	1,4	1,8	1,3	1,6	1,4	1,6	1,3	1,5	1,7	1,5	1,4	1,4
зольность (%)	25	4	30	4	17	24	20	36	7	25	6	26	5	24	33	24	20	9

Необходимо:

а) провести анализ полученных данных, оценить гипотезу (H_0 о существовании связи между зольностью и плотностью изучаемых углей (подтвердить или опровергнуть)), используя методы математической статистики;

б) если гипотеза будет подтверждена, то данную зависимость представить в виде математической модели, оценить ее точность.

4. Задача о нахождении зависимости содержания серебра и свинца в руде (решается средствами математической статистики): при 296 пробах руды Каданского рудника были получены следующие данные о процентном содержании в руде свинца и серебра (таблица 3).

Таблица 3

Показатели процентного содержания серебра и свинца в руде

Содержание серебра в руде (в %)	Содержание свинца в руде (в %)								
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45
0–4	119	9	–	–	–	–	–	–	–
4–8	9	59	7	–	–	–	–	–	–
8–12	1	4	28	3	–	–	–	–	–
12–16	–	–	8	12	4	–	–	–	–
16–20	–	–	1	6	7	1	1	–	–
20–24	–	–	–	1	1	8	3	–	–
24–28	–	–	–	–	–	2	1	–	–
28–32	–	–	–	–	–	–	3	2	1
32–36	–	–	–	–	–	–	–	–	–
36–40	–	–	–	–	–	–	–	–	1

1. Найти выборочный коэффициент корреляции процентного содержания серебра (x), свинца (y) и выборочный коэффициент регрессии x по y .
2. Написать выборочное уравнение линии регрессии x по y .
3. Оценить среднеквадратическое отклонение (отклонение) коэффициента корреляции x и y .
4. Охарактеризовать связь между x и y .

Требуется: используя критерий Пирсона и приняв за уровень значимости $\alpha = 0,05$, проверить согласие полученных экспериментальных данных с законом распределения Пуассона.

4. Кейс об определении оптимальных высот наружных геодезических знаков (решается средствами дифференциального исчисления функций нескольких переменных)

Между двумя пунктами, разделенными некоторым препятствием, нужно установить непосредственную видимость путем постройки наружных геодезических знаков. Проанализируйте и поясните, какой оптимальной высоты должны быть эти знаки при минимальных суммарных затратах на их постройку, если известны отметки рельефа на этих пунктах, отметка препятствия, расстояния от первого и от второго пунктов до препятствия.

Этапы формирования компонентов критического мышления
при изучении раздела «Обыкновенные дифференциальные уравнения»

Этапы	Цель	Компоненты		
		Мотивационный	Деятельностный	Рефлексивный
Подготовительный	Осуществить развитие потребности в применении критического мышления в процессе обучения математике	В процессе изложения лекционного материала объясняется важность наличия умений решать дифференциальные уравнения при изучении многих физических явлений в сфере горного производства и геологии. В результате у студентов формируется потребность в работе с новой информацией, пробуждается интерес к изучению теоретического материала	Воспроизведение уже имеющихся знаний по данной теме, формирование ассоциативного ряда, постановка вопросов, на которые хочется найти ответы. Происходит вызов «на поверхность» имеющихся знаний для формирования готовности использовать критическое мышление при нахождении математической модели процесса, описываемого в предложенной задаче. В результате реализации данного компонента у студентов возникает необходимость в поиске, отборе и применении математических методов для записи дифференциального уравнения исследуемого процесса	Студенты с помощью преподавателя соотносят новую информацию с уже имеющимися знаниями, проводят аналогии, делают выводы для определения основного способа решения дифференциальных уравнений
Профессионально-прикладной	Введение элементов, связанных с профессиональной деятельностью студентов, с прикладным применением производных для написания дифференциальных уравнений исследуемых процессов	Студенты рассматривают применение производной к составлению и последующему решению дифференциальных уравнений процессов, используемых в прикладных задачах	Студенты на лекции совместно с преподавателем при помощи ассоциативного ряда определяют основной метод решения дифференциальных уравнений первого порядка с разделяющимися переменными	Студенты понимают, в чем заключается их деятельность, могут с помощью преподавателя провести отбор правил из специальных дисциплин горного дела и геологии, используемых в задаче, записать выбранные правила в виде математических формул

Этапы	Цель	Компоненты		
		Мотивационный	Деятельностный	Рефлексивный
Технологический	Непосредственное решение прикладных задач с использованием дифференциальных уравнений	При решении прикладной задачи студенты самостоятельно определяют тип дифференциального уравнения, которое получается в результате формализации математической модели задачи	Студенты осознают внутреннюю готовность применять критическое мышление при решении предложенной прикладной задачи. Студенты самостоятельно проводят всесторонний анализ условий задачи, при котором происходят отбор и обозначение тех величин, которые встречаются в задаче, выбор независимой переменной, выражение изменяющихся введенных величин через независимую переменную для построения математической модели задачи	Студенты без помощи преподавателя интерпретируют и оценивают полученные результаты решения задачи, формулируют выводы