

УДК 378.016

Л. В. Воронина, Т. С. Озерова

L. V. Voronina, T. S. Ozerova

Воронина Людмила Валентиновна, д. п. н., профессор, заведующий кафедрой теории и методики обучения естествознанию, математике и информатике в период детства, УрГПУ, г. Екатеринбург, Россия.
Озерова Тамара Сергеевна, старший преподаватель кафедры математики, УГГУ, г. Екатеринбург, Россия.

Voronina Lyudmila Valentinovna, Doctor of Pedagogy, Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Teaching Natural Science, Mathematics and Informatics during Childhood, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia.

Ozerova Tamara Sergeevna, Senior Lecturer, Department of Mathematics, USMU, Yekaterinburg, Russia.

КЕЙС-ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У БУДУЩИХ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

CASE TASKS AS A MEANS OF FORMING CRITICAL THINKING FROM FUTURE MINING ENGINEERS IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

Аннотация. Статья посвящена роли кейс-задач в процессе формирования критического мышления будущих горных инженеров. Приведен фрагмент кейса об определении оптимальных высот наружных геодезических знаков. Данный кейс соответствует разделу дифференциальное исчисление функции нескольких переменных дисциплины «Математика». Кейс разработан для специальности 21.03.02 Землеустройство и кадастры (профиль «Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ»).

Annotation. The article is devoted to the role of case problems in the formation of critical thinking of future mining engineers. A fragment of a case on determining the optimal heights of external geodetic marks is given. This case corresponds to the section on differential calculus of functions of several variables of the discipline «Mathematics». The case was developed for the specialty 21.03.02 Land management and cadasters (profile «Geodetic support of land management and cadastral works»).

Ключевые слова: критическое мышление, кейс-задачи, математика, горный инженер.

Keywords: critical thinking, case problems, mathematics, mining engineer.

Л. В. Воронина, Т. С. Озерова 2021-03-30

Готовность будущих горных инженеров к профессиональной деятельности выражается в умении решать профессиональные задачи, возникающие в реальных условиях: увидеть проблему, разработать пути ее решения, выбрать наиболее оптимальный из них. Для этого выпускники горного вуза должны иметь высокий уровень сформированности критического мышления.

Требования к характеру мышления выпускников прописаны в основном образовательном документе нового образца (ФГОС ВО 3++), где первой универсальной компетенцией указана способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1).

В нашей работе мы определяем критическое мышление как один из видов интеллектуальной деятельности или сложный мыслительный процесс, позволяющий осуществлять оценочно – рефлексивную деятельность, направленную на оптимальное решение проблемной ситуации при ее всестороннем критическом анализе с помощью знаний, опирающихся на прошлый опыт и с помощью аргументированного обоснования истинности выдвигаемых гипотез, построенных на законах логики для последующей всесторонней оценки последствий возможных решений.

Рассмотрим возможность формирования критического мышления будущих горных инженеров при изучении дисциплины «Математика».

Без базовой математической подготовки современный выпускник вуза не всегда способен решать и анализировать возникающие научно-технические и профессиональные задачи в своей трудовой деятельности. Элементарные ошибки в вычислениях, неумение анализировать и корректно интерпретировать результаты инженерных расчетов, полученных с использованием пакетов прикладных математических программ, могут привести к техногенным катастрофам [3]. Поэтому усиление математической подготовки будущих горных инженеров влечет за собой успешность и эффективность их деятельности. Математический склад мышления становится необходимым для специалистов горной промышленности.

При изучении дисциплины «Математика» будущему горному инженеру важно продемонстрировать применение математических методов в технических расчетах, в результате чего студенты осознают необходимость теоретической и практической математической подготовки.

Профессиональные навыки студентов горного вуза развиваются при выполнении ими заданий, направленных на моделирование ситуаций, приближенных к профессиональной деятельности.

Под моделью в данном случае понимается некоторая реально существующая или мысленно представляемая система, которая замещает и отображает в познавательных процессах другую систему – оригинал и находится с ней в отношении сходства (подобия), благодаря чему, изучение модели позволяет получить информацию об оригинале. Моделирование – это процесс построения модели, воспроизводящей особенности структуры, поведения, а также свойства оригинала, и последующее ее экспериментальное и мысленное исследование [4, с. 13].

Эффективным инструментом формирования критического мышления на практических занятиях является кейс-метод или метод анализа конкретных ситуаций. Его особенность в том, что он может быть внедрен в такие методы обучения как математическое моделирование, метод проектов, а основным его преимуществом является ориентировка на «постановку вопросов». Это позволяет студентам принимать участие в исследовательской деятельности (анализировать, выделять главное и второстепенное, принимать решения и оценивать их), но в то же время, его сложно описать четкой последовательностью действий для достижения результата [1, с. 7].

Основные преимущества включения кейс-метода в процесс вузовской подготовки горных инженеров включает в себя [5, с. 80]:

1. возможность «погружения» студентов в реальную сложную ситуацию, которая является типичной для будущей профессиональной деятельности;
2. повышение эффективности обучения при интенсивном усвоении учебного материала вследствие наглядной визуализации проблемы;
3. эмоциональную вовлеченность студентов в процесс обучения, повышение мотивации изучения дисциплины при ее очевидной практической пользе;
4. углубленное формирование практических навыков и профессиональных компетенций на занятиях с использованием метода кейсов.

Решение кейс-задач состоит из следующих этапов (табл. 1).

Таблица 1

Этапы решения кейс-задач

Этап решения	Содержание этапа	Процесс формирования критического мышления
1. Постановка задачи	Студенты совместно с преподавателем формулируют условия задачи, выявляют проблему, формулируют цель	- понимание проблемной ситуации; - выделение ее базовых составляющих
2. Сбор необходимых данных	Происходит организация поисковых действий по решению задачи. У студентов формируется умение оценивать, что они знают и чего не знают; проявляется любознательность. Они выдвигают гипотезы, аргументируют их. Пользуются достоверными данными, чтобы результаты решения дали реальный эффект	- критический анализ ситуации; - умение добывать информацию; - сортировка информации; - оценка информации
3. Построение математической модели	Происходит формализация задачи в виде математической модели. Условия задачи описываются математическими зависимостями. Четко описывается система переменных, от которых зависит качество решения, выявляются и анализируются условия, которым должно удовлетворять решение. Построение математической модели явления или процесса требует эрудиции, широкого знания фактов, относящихся к изучаемому явлению и понимания их взаимосвязей	- наложение новой информации на жизненный опыт; - выбор критерия оптимальности, который зависит от характера поставленной задачи
4. Решение задачи	Решение выполняется с использованием средств линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей и т.п. В процессе решения должен происходить обязательный анализ и постоянный контроль, которые позволяют удостовериться в том, что математическое решение проходит верно. Если становится очевидно, что дальнейшее решение не приводит к достижению цели, то делается вывод по изменению подхода к решению задачи	- составление и оценка вариантов решения; - аргументированная защита решений; - генерирование альтернативных путей решения и их оценка; - фиксация затруднений.

Приведем фрагмент **кейса об определении оптимальных высот наружных геодезических знаков**. Данный кейс соответствует разделу дифференциальное исчисление функции нескольких переменных дисциплины «Математика». Кейс разработан для специальности 21.03.02 Землеустройство и кадастры (профиль «Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ»). Данный кейс содержит информацию о наземных геодезических знаках. Направлен на отыскание оптимальных высот двух геодезических знаков, разделенных некоторым препятствием. При его решении необходимо учесть, что суммарные затраты на их постройку должны быть минимальными [2, с. 80].

Перед формулировкой задачи студентам можно рассказать, что геодезические знаки – это сооружения, которыми обозначаются и закрепляются на местности геодезические пункты. Наземная часть геодезических знаков обеспечивает взаимную видимость между ними и служит штативом для установки измерительного геодезического инструмента. Наземная часть геодезических знаков имеет различную высоту и конструкцию.

Задача.

1 этап. Постановка задачи.

Пусть между двумя пунктами, разделенными некоторым препятствием, нужно установить непосредственную видимость путем постройки наружных геодезических знаков (рис. 1).

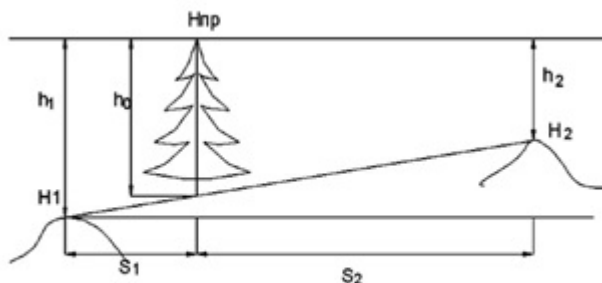


Рисунок 1. Задача

Известны отметки рельефа на этих пунктах H_1 и H_2 , и отметка препятствия $H_{пр}$. Известны также расстояния от первого и от второго пунктов до препятствия S_1 и S_2 .

Нужно найти такие высоты знаков x_1 и x_2 , которые обеспечат непосредственную видимость при минимальных суммарных затратах на постройку (выделили проблемную ситуацию, изобразили чертеж).

2 этап. Сбор необходимых данных

Студенты критически анализируют, сортируют и оценивают информацию: существует множество различных пар высот знаков, которые обеспечат непосредственную видимость. Одна из таких возможностей - выход на горизонт препятствия. В этом случае на первом и втором пунктах нужно построить знаки с высотами h_1 и h_2 .

Студенты вспоминают школьный курс геометрии (подобие треугольников) и математически описывают условие выхода на горизонт препятствия. Преподаватель обращает внимание на то, что в ходе решения задачи нужно учесть поправку за кривизну Земли.

Из подобия треугольников следует

$$\frac{h_1 - h_0}{s_1} = \frac{h_1 - h_2}{s_1 + s_2} \Rightarrow h_0 = \frac{h_1 s_2 + h_2 s_1}{s_1 + s_2}.$$

Для обеспечения непосредственной видимости луч должен проходить в месте препятствия на высоте не менее h_0 над прямой, соединяющей отметки пунктов H_1 и H_2 .

Таким образом, непосредственную видимость над препятствием по направлению 1-2 обеспечивает любая пара высот наружных геодезических знаков с высотами x_1 и x_2 , которые удовлетворяют условию:

$$s_2 x_1 + s_1 x_2 \geq s_2 h_1 + s_1 h_2.$$

Обозначим через b известную для данного направления константу:

$$b = s_2 h_1 + s_1 h_2.$$

Здесь величины h_1 и h_2 определяются через исходные данные по формулам:

$$h_1 = H_{\text{пр}} - H_1 + f_1,$$

$$h_2 = H_{\text{пр}} - H_2 + f_2,$$

где $f_i = \frac{0,42 \cdot s_i^2}{R} \approx \frac{s_i^2}{15}$ – поправка за кривизну Земли (где s_i горизонтальное расположение между пунктами (км), R – радиус Земли, равный $6,37 \times 10^6$ м).

Условие непосредственной видимости над препятствием получено. Для формирования модели остается записать функцию, выражающую суммарные затраты на постройку наружных геодезических знаков.

3 этап (Первый случай). Построение математической модели

Студенты выдвигают предположение, что затраты на постройку растут пропорционально высоте знаков.

Тогда функция Z имеет вид:

$$Z = x_1 + x_2$$

При этом модель реализуется следующей задачей: найти значения переменных x_1 и x_2 которые обращают в $\min$ функцию

$$Z = x_1 + x_2$$

при условиях $s_2x_1 + s_1x_2 \geq b, x_1, x_2 \geq 0$.

4 этап (Первый случай). Решение задачи

Студенты исследуют функцию Z на экстремум. Предполагают, что $x_2 = 0$ (это означает, что на ближнем к препятствию пункте, пусть это будет пункт 1, нужно поставить знак, который на дальнем пункте 2 будет виден с земли).

Тогда функция Z - линейная и $x_1 = \frac{s_2h_1 + s_1h_2}{s_2}$.

3 этап (Второй случай). Построение математической модели

Преподаватель обращает внимание на то, что на практике затраты на постройку наружных геодезических знаков растут пропорционально квадратам их высот, тогда студенты описывают функцию Z следующим образом:

$$Z = x_1^2 + x_2^2 \text{ при условии } s_2x_1 + s_1x_2 = b$$

Задача сводится к нахождению условного экстремума функции двух переменных.

4 этап (Второй случай). Решение задачи

Студенты составляют функцию Лагранжа

$$L(x_1, x_2, \lambda) = x_1^2 + x_2^2 + \lambda(s_2x_1 + s_1x_2 - b).$$

После математического решения задачи получают точку $M\left(\frac{s_2b}{s_1^2 + s_2^2}; \frac{s_1b}{s_1^2 + s_2^2}\right)$, в которой и будет условный минимум.

5 этап. Анализ полученных результатов

Для наглядного анализа полученных результатов преподаватель предлагает ввести конкретные числовые значения величин отметок рельефа $H_1 = 100$ м. и $H_2 = 110$ м., отметки препятствия $H_{пр} = 120$ м. и расстояния $S_1 = 3$ км., $S_2 = 7$ км.

Студенты, по выведенным ранее формулам, находят:

$$1) \text{ значения } f_1 \approx 0,6, f_2 \approx 3,2, h_1 = 20,6, h_2 = 13,2, b = 183,8,$$

2) высоты знаков для **линейной** функции

$$x_1 \approx 26,2 \text{ м.}; x_2 \approx 0.$$

Вычисляют $x_1 + x_2 = 26,2$ м. и $x_1^2 + x_2^2 = 689,4$ ед. стоимости.

3) высоты знаков для **квадратичной** функции

$$x_1 \approx 22,1 \text{ м.}; x_2 \approx 9,4 \text{ м.}$$

Вычисляют $x_1 + x_2 = 31,4$ м. и $x_1^2 + x_2^2 = 572,36$ ед. стоимости.

Студенты делают вывод (выбор оптимального решения): при квадратичной функции суммарная высота знаков увеличилась, но суммарные затраты на их постройку уменьшились.

Формирование критического мышления – это не простая задача, которую можно решить и забыть про нее. Нет окончательно заданных путей, которые ведут к критическому мышлению. Мы полагаем, что использование кейс-задач при подготовке будущих горных инженеров в процессе обучения математике, позволяет говорить о формировании у них критического мышления.

Список литературы

1. Вендина, А. А. Активные и интерактивные методы обучения как средство подготовки бакалавров педагогического образования к реализации требований ФГОС [Электронный ресурс]. / А. А. Вендина, К. А. Киричек, В. В. Малиатаки. // Интернет-журнал «Мир науки», 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 1-9. – URL : <http://mir-nauki.com/PDF/54PDMN216.pdf> (дата обращения : 16.01.2021).
2. Коробочкин, М. И. Математическое моделирование в геодезии. Учебное пособие [Текст]. – М.: ГУЗ, 2011. – 316 с.
3. Миншин, М. М. Формирование профессионально-прикладной математической компетенции будущих инженеров: на примере подготовки инженеров по программному обеспечению вычислительной техники и автоматизированных систем: дисс... канд. пед. наук [Текст]. / М. М. Миншин. – Тольятти, 2011. – 286 с.
4. Терешин, Н. А. Прикладная направленность школьного курса математики : кн. для учителя [Текст]. / Н. А. Терешин. – М. : Просвещение, 1990. – 96 с.
5. Хорешок, А. А. Инновационная, интерактивная и языковая детерминанты международной интеграции Российского высшего горного образования [Текст]. / А. А. Хорешок, С. А. Жиронкин, О. В. Жиронкина, М. А. Тюленев. // Горные науки и технологии, 2016. – № 1. – С. 75-84.