

УДК 372.851

**Ирина Николаевна Семенова,
Александра Тимошина**
г. Екатеринбург

Задания для формирования инженерного мышления при решении экстремальных задач

В статье рассматривается решение задачи формирования инженерного мышления в условиях требования создания регионального конкурентоспособного образования. На языке деятельностного подхода приводятся примеры заданий, направленных на формирование компонент инженерного мышления (технической, конструктивной, исследовательской, экономической), при изучении школьного курса математики в процессе решения особого класса «сюжетных задач» – экстремальных задач. Для конструирования заданий использован эмпирический опыт, представленный в методической литературе, обобщение которого позволило выделить типы заданий и устойчивые словосочетания, определяющие деятельностную сущность указанных и наполненных компонент инженерного мышления. Сформулированный вывод о том, что включение представленных и аналогичных заданий при обучении математике способствует не только формированию у обучающихся компонент инженерного мышления, а также развитию предметных знаний и умений и структурных составляющих универсальных учебных действий, основан на результатах проведенного авторами экспериментального исследования.

Ключевые слова: компоненты инженерного мышления, экстремальные задачи, задания для формирования инженерного мышления, деятельностная сущность компонент.

**Irina Nikolaevna Semenova,
Aleksandra Timoshina**
Yekaterinburg

Tasks for the formation of engineering thinking in solving extreme problems

The article considers solutions to the problem of forming engineering thinking as the need to create a competitive education. In the language of the activity approach, examples of tasks aimed at forming components of engineering thinking (technical, constructive, research, economic) are given when studying a school course of mathematics in the process of solving extreme problems. For construction jobs that used empirical evidence presented in psychological and pedagogical literature, the compilation of which has allowed to identify job types and idioms that define the activity essence of these and filled with component engineering mind. The use of the presented and similar tasks in teaching mathematics contributes not only to the formation of students' engineering thinking components, but also to the development of subject knowledge and skills and structural components of universal educational actions.

Keywords: components of engineering thinking, extreme tasks, tasks for the formation of engineering thinking, activity essence of components.

Одним из направлений долгосрочного социально-экономического развития России, сформулированном в [6], служит создание конкурентоспособного образования, как на уровне всей страны, так и на уровне регионов, при учете их экономической специфики. Так, например, на сегодняшний день основной целью социально-экономического развития Свердловской области является повышение ее конкурентоспособности в глобальной экономике. На решение поставленной задачи направлены реализуемые в рамках государственных программ Свердловской области проекты, одним из которых является «Уральская инженерная школа» [2]. Необходимым условием реализации проекта «Уральская инженерная школа» является создание комплекса мероприятий для пробуждения в ребенке интереса к техническому образованию, инженерным дисциплинам, математике и предметам естественнонаучного цикла. В рамках сформулированных положений актуальной становится необходимость решения задачи формирования инженерного мышления у учащихся, развития у них такого характеристического качества, согласно З.С. Сазионовой и Н.В. Че-

четкиной [7], как мобильность знаний, направленных на поиск оптимального решения инженерных задач и удовлетворение технических потребностей.

Для решения сформулированной задачи рассмотрим структуру самого предмета исследования – «инженерное мышление».

Существуют разные точки зрения о сущности понятия «инженерное мышление».

П.В. Зуев, Е.С. Кошечева [4] под инженерным мышлением понимают комплекс интеллектуальных процессов и их результатов, которые обеспечивают решение задач в инженерно-технической деятельности.

В.Е. Столяренко и Л.Д. Столяренко [11] под инженерным мышлением понимают сложное системное образование, объединяющее в себе разные типы мышления, такие как: логическое мышление, образно-интуитивное мышление, научное мышление.

По мнению Г.А. Рахманкулова и др. [13] инженерное мышление имеет следующую структуру: техническое мышление, конструктивное мышление, исследовательское мышление, экономическое мышление.

Взяв за основу приведенную в [13] структуру, укажем, что на уровне методов решение сформулированной задачи представлено в литературе, например, в [9] и [10]. Учитывая полученные результаты и интегрируя сказанное при использовании терминологии О.Б. Епишевой [3], для поиска средств выделим деятельностную сущность описанных аврами компонент инженерного мышления.

Техническое мышление – умение определять технические объекты; умение выделять свойства и структуру этих объектов; умения получать новые знания; умение анализировать результаты своей деятельности; умение корректировать процесс при необходимости.

Конструктивное мышление – умение ставить перед собой цель; умение выбирать оптимальные методы и средства для достижения поставленной цели; планировать последовательность своих действий; умение видоизменять объект по заданным параметрам, получая при этом новый объект с заданными свойствами; умение определять степень достижения цели и вносить коррективы в модель.

Исследовательское мышление – умение определить новизну в задаче; умение сопоставлять модель задачи с известными классами задач; умение аргументировать свои действия и полученные результаты.

Экономическое мышление – умение выделять экономические объекты; умение определять цель своих действий; умение принимать рациональные решения; умение оценивать выявленные альтернативы; умение выбирать и оценивать результат своего выбора; умение аргументировать свой выбор.

В дополнение к сказанному отметим, что формирование выделенных компонент будет проводиться нами при изучении школьного курса математики на особом материале – дидактической единице «сюжетные задачи». Указанный выбор обусловлен разделением позиции Д.А. Гурсунова и А.Ж. Кудуева [12] о том, что инженерные задачи подчиняются законам природы, а многие законы природы допускают вывод из так называемых «вариационных принципов», согласно которым истинное движение механической системы, света, электричества, жидкости, газа и т.п. можно выделить из произвольной совокупности допустимых движений тем, что они минимизируют или максимизируют некоторые величины. Таким образом, формировать инженерное мышление считаем целесообразным в процессе обучения математике при решении экстремальных задач, которые, согласно [1] понимаются нами как задачи на максимум или минимум (экстремум) функции по переменным, удовлетворяющим, возможно, некоторым ограничениям.

Для составления формулировок заданий, направленных на формирование компонент инженерного мышления при работе с экстремальными задачами, будем использовать представленный в литературе [5], [8], [14] и др. эмпирический опыт, обобщение которого позволяет выделить устойчи-

вые словосочетания, определяющие деятельностную сущность указанных и наполненных выше компонент инженерного мышления, например, «Сравнить...», «Проанализировать...», «Обобщить...», «Классифицировать...», «Исследовать...», «Установить, верно ли, что если ..., то ...», «Определить, какое из выражений больше ... или ...», «Указать, существуют ли».

Кроме того, будем учитывать то, что в литературе представлены типы заданий, которые при сопоставлении с деятельностной сущностью компонент позволяют сформулировать суждение о возможности их использования при формировании инженерного мышления, в частности: задания на установление аналогий и причинно-следственных связей, задания на построение математической модели, задания на составление нового сюжета задачи, задания на кодирование и декодирование экономических ситуаций или терминов, задания на исполнение и составление алгоритмов, задания на чтение и составление таблиц, простых диаграмм, графиков экономического содержания, задания на финансовую грамотность (выгодно-невыгодно).

На основе представленных материалов сформируем задания для формирования инженерного мышления при решении экстремальных задач.

Задания для формирования технической компоненты.

Пример 1. Из текста задачи выделить основные объекты, их свойства и связи между объектами.

Найти значения плановых показателей x и y , удовлетворяющих системе неравенств:

$$\begin{cases} f(x, y) = x + 2y \rightarrow \max, \\ x + 4y \leq 1000, \\ x + y \leq 700, \\ x > 0, \\ y > 0. \end{cases}$$

Пример 2. Сравнить значения функции $y = x^3 + 2x^2 + x + 3$ в точках экстремума с её значениями на концах отрезка $[-4; -1]$.

Задания на формирование конструктивной компоненты.

Пример 1. Перевести задачную ситуацию на язык математических отношений и зависимостей.

Из имеющихся досок можно построить забор длиной в 400 м. Требуется огородить этим забором прямоугольный двор наибольшей площади, используя для одной стороны двора заводскую стену.

Пример 2. Построить внутри выпуклого четырехугольника такую точку, что сумма расстояний от неё до вершин минимальна.

Задания на формирование исследовательской компоненты.

Пример 1. Найти наименьшее значение функции $y = \log_{\frac{1}{3}}(x^2 + 6x + 12)$ и определить наиболее подходящий способ решения задачи.

Сформулировать аргументы своего выбора при указании критериев выбора способа.

Пример 2. Исследовать на экстремум функцию $f(x) = (x - 2)^2(x + 1)^3$.

Задания на формирование экономической компоненты.

Пример 1. Решить задачу, предварительно составив таблицу для удобного представления фрагмента условия. Проанализировать решение задачи с неединственным ответом. Сформулировать аргументы выбора ответа.

Консервный завод выпускает фруктовые компоты в двух видах тары — стеклянной и жестяной. Производственные мощности завода позволяют выпускать в день 90 центнеров компотов в стеклянной таре или 80 центнеров в жестяной таре. Для выполнения условий ассортимента, которые предъявляются торговыми сетями, продукции в каждом из видов тары должно быть выпущено не менее 20 центнеров. Информация о себестоимости и отпускной цене завода за 1 центнер продукции для обоих видов тары в позициях «вид тары», «себестоимость 1 центнера», «отпускная цена 1 центнера»:

стеклянная – 1 500 руб., 2 100 руб.;

жестяная – 1 100 руб., 1 750 руб.

Предполагая, что вся продукция завода находит спрос (реализуется без остатка), определите оптимальное количество выпускаемого компота в день.

Пример 2. Используя данные задачи, составить таблицу погашения кредита.

1 января 2015 года Тарас Павлович взял в банке 1,1 млн. рублей в кредит. Схема выплаты кредита следующая — 1 числа каждого следующего месяца банк начисляет 2 процента на оставшуюся сумму долга (то есть увеличивает долг на 2%), затем Тарас Павлович переводит в банк платёж. На какое минимальное количество месяцев Тарас Павлович может взять кредит, чтобы ежемесячные выплаты были не более 220 тыс. рублей?

Задания для комплексного формирования инженерного мышления.

Пример 1. У фермера есть два поля, каждое площадью 10 гектаров. На каждом поле можно выращивать картофель и свёклу, поля можно делить между этими культурами в любой пропорции. Урожайность картофеля на первом поле составляет 400 ц/га, а на втором — 300 ц/га. Урожайность свёклы на первом поле составляет 300 ц/га, а на втором — 400 ц/га.

Фермер может продавать картофель по цене 10 000 руб. за центнер, а свёклу — по цене 11 000 руб. за центнер. Какой наибольший доход может получить фермер?

а) Задания для формирования технической компоненты:

- определить объекты задачи и связи между ними;

- выполнить проверку.

б) Задания для формирования конструктивной компоненты:

- определить математическую модель;

- составить план решения задачи.

в) Задания для формирования исследовательской компоненты:

- определить, какое из полей приносит больший доход (первое или второе).

г) Задания для формирования экономической компоненты:

- построить диаграмму, отражающую максимальный доход, если у фермера есть только первое поле.

Пример 2. Куб, ребро которого равно a , пересекается плоскостью, проходящей через его диагональ. Определить, какую наименьшую площадь может иметь сечение и указать при этом угол наклона сечения к плоскости основания.

а) Задания для формирования технической компоненты:

- провести доказательные рассуждения при построении сечения, используя известную теорему;

- выполнить проверку.

б) Задания для формирования конструктивной компоненты:

- построить фигуру с заданными свойствами;

- придумать новый сюжет задачи, используя иную геометрическую фигуру.

в) Задания для формирования исследовательской компоненты:

- установить, верно ли что, если ребро AA_1 параллельно плоскости BDB_1 , то h равно расстоянию от вершины A куба до плоскости BDB_1 .

г) Задания для формирования экономической компоненты:

- составить алгоритм решения задачи.

Как показали наши исследования, использование представленных и аналогичных заданий при обучении математике способствует не только формированию у обучающихся компонент инженерного мышления, но и развитию предметных знаний и умений, а так же структурных составляющих универсальных учебных действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Габасов, Р.Ф. Экстремальные задачи в современной науке и приложениях / Р.Ф. Габасов. – Текст : непосредственный // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 6. – С. 115-120.
2. Администрация Свердловской области. Губернатор Свердловской области. О проекте «Уральская инженерная школа» : указ от 06 октября 2014 года N 453-УГ. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/422448790> (дата обращения 11.06.2020). – Текст : электронный.
3. Епишева, О.Б. Технология обучения математике на основе деятельностного подхода : кн. для учителя / О.Б. Епишева. – Москва : Просвещение, 2003. – 223 с. – Текст : непосредственный.
4. Зуев, П.В. Развитие инженерного мышления обучающихся в процессе обучения / П.В. Зуев, Е.С. Кошечкина. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 44-49.

5. Литова, З.А. Развитие технического мышления школьников с помощью реализации системы обучения техническому творчеству / З.А. Литова. – Текст : непосредственный // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2020. – № 1 (53).
6. Российская Федерация. М-во экономического развития. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. – URL: <http://old.economy.gov.ru/minec/about/structure/depMacro/201828113#> (дата обращения 10.06.2020). – Текст : электронный.
7. Сазонова, З.С. Развитие инженерного мышления – основа повышения качества образования : учеб. пособие / З.С. Сазонова, Н.В. Четчикина. – Москва : МАДИ (ГТУ), 2007. – 195 с. – Текст : непосредственный.
8. Седакова, В.И. Формирование исследовательских качеств у школьников в процессе решения математических задач / В.И. Седакова. – Текст : непосредственный // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2010. – № 1 (8). – С. 75-81.
9. Семенова, И.Н. К вопросу о построении системы методов формирования инженерного мышления в условиях использования информационной образовательной среды / И.Н. Семенова, А.В. Слепухин. – Текст : непосредственный // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы всерос. науч.-практ. конф., апрель, 2016. – Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т., 2016. – С. 167-173.
10. Семенова, И.Н. Методологические аспекты построения системы методов формирования инженерного мышления в условиях использования информационной образовательной среды / И.Н. Семенова, А.В. Слепухин. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 86-90.
11. Столяренко, Л.Д. Психология и педагогика для технических вузов : учебник / Л.Д. Столяренко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 512 с. – Текст : непосредственный.
12. Турсунов, Д.А. Задачи оптимизации как средство формирования инженерного мышления / Д.А. Турсунов, А.Ж. Кудуев. – Текст : непосредственный // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2015. – С. 239-243.
13. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность : монография / Г.А. Рахманкулова [и др.]. – Москва : ЛитРес, 2015. – 110 с. – URL: <https://www.litres.ru/raznoe/formirovanie-inzhenernogo-myshleniya-studentov-cherez-issledovatel'skuyu-deyatelnost/> (дата обращения 16.05.2020). – Текст : электронный.
14. Формирование экономической культуры в процессе обучения математике в школе и в вузе / Н.А. Корощенко [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2, ч. 13. – С. 2956-2960.

REFERENCES

1. Gabasov R.F. Jekstremal'nye zadachi v sovremennoj nauke i prilozhenijah [Extreme tasks in modern science and applications]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal [Soros educational journal]*, 1997, no 6, pp 115-120.
2. Gubernator Sverdlovskoj oblasti. O proekte "Ural'skaja inzhenernaja shkola": ukaz ot 06 oktjabrja 2014 goda N 453-UG [Governor of the Sverdlovsk region. About the project "Ural Engineering School"]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/422448790> (Accessed 11.06.2020).
3. Episheva O.B. Tehnologija obuchenija matematike na osnove dejatel'nostnogo podhoda [Technology for teaching mathematics based on the activity approach]. Moscow: Prosveshhenie, 2003. 223 p.
4. Zuev P.V., Koshheeva E.S. Razvitie inzhenernogo myshlenija obuchajushhihsja v processe obuchenija [The development of engineering thinking of students in the learning process]. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii [Teacher Education in Russia]*, 2016, no. 6, pp 44-49.
5. Litova Z.A. Razvitie tehničeskogo myshlenija škol'nikov s pomoshh'ju realizacii sistemy obuchenija tehničeskomu tvorčestvu [The development of students' technical thinking through the introduction of a technical creativity training system]. *Uchenye zapiski. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific notes. Electronic scientific journal of Kursk State University]*, 2020, no. 1 (53).
6. Rossijskaja Federacija. M-vo jekonomičeskogo razvitija. Prognoz social'no-jekonomičeskogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2036 goda [Российская Федерация. М-во экономического развития. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года]. URL: <http://old.economy.gov.ru/minec/about/structure/depMacro/201828113#> (Accessed 10.06.2020).
7. Sazonova Z.S., Chechetkina N.V. Razvitie inzhenernogo myshlenija – osnova povyšeniija kachestva obrazovanija [The development of engineering thinking is the basis for improving quality]. Moscow: MADI (GTU), 2007. 195 p.
8. Sedakova V.I. Formirovanie issledovatel'skih kachestv u škol'nikov v processe reshenija matematičeskikh zadach [The formation of research qualities in students in the process of solving mathematical problems]. *Vestnik Surgut'skogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta [Bulletin of Surgut State Pedagogical University]*, 2010, no. 1 (8), pp. 75-81.
9. Semenova I.N., Slepuhin A.V. K voprosu o postroenii sistemy metodov formirovanija inzhenernogo myshlenija v uslovijah ispol'zovanija informacionnoj obrazovatel'noj sredy [On the issue of constructing a system of methods for the formation of engineering thinking in the context of the use of educational information environment]. *Formirovanie inzhenernogo myshlenija v processe obuchenija: materialy vsereos. nauchn.-prakt. konferenc., aprel', 2016 [The formation of engineering thinking in the learning process]*. Ekaterinburg: Ural. gos. ped. un-t., 2016, pp. 167-173.
10. Semenova I.N., Slepuhin A.V. Metodologičeskie aspekty postroenija sistemy metodov formirovanija inzhenernogo myshlenija v uslovijah ispol'zovanija informacionnoj obrazovatel'noj sredy [Methodological aspects of building a system of methods for the formation of engineering thinking in the context of using the educational information environment]. *Pedagogičeskoe obrazovanie v Rossii [Teacher Education in Russia]*, 2016, no. 6, pp. 86-90.

11. Stoljarenko L.D. Psihologija i pedagogika dlja tehničkih vuzov [Psihologija i pedagogika dlja tehničkih vuzov]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2001. 512 p.
12. Tursunov D.A., Kuduev A.Zh. Zadachi optimizacii kak sredstvo formirovanija inženernogo myshlenija [Optimization problems as a means of engineering thinking formation]. *Formirovanie inženernogo myshlenija v processe obučenija: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [The formation of engineering thinking in the learning process]*. Ekaterinburg: Ural. gos.ped.un-t, 2015, pp. 239-243.
13. Rahmankulova G.A., Kuz'min S.Ju., Mustafina D.A., Rebro I.V. Formirovanie inženernogo myshlenija studentov cherez issledovatel'skuju dejatel'nost' [The formation of engineering thinking of students through research]. Moscow: LitRes, 2015. 110 p. URL: <https://www.litres.ru/raznoe/formirovanie-inženernogo-myshleniya-studentov-cherez-issledovatel'skhitat-onlayn/> (Accessed 16.05.2020).
14. Koroshhenko N.A., Kushnir T.I., Shebanova L.P., Jarkova G.A., Demisenova S.V. Formirovanie jekonomičeskoj kul'tury v processe obučenija matematike v shkole i v vuze [The formation of an economic culture in the process of teaching mathematics at school and university]. *Fundamental'nye issledovanija [Basic research]*, 2015, no. 2, ch. 13, pp. 2956-2960.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

И.Н. Семенова, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики и методики обучения математике, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», г. Екатеринбург, Россия, e-mail: semenova_i_n@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6528-031X.

А.Ю. Тимошина, студент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», г. Екатеринбург, Россия, e-mail: a25h94@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9277-4481.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

I.N. Semenova, Ph.D. in Pedagogic Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia, e-mail: semenova_i_n@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6528-031X.

A.Yu. Timoshina, Student, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia, e-mail: a25h94@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9277-4481.