

# Контроль сформированности инженерного мышления у учащихся при изучении химии

Добротин Дмитрий Юрьевич<sup>1</sup>, Грумова Наталья Анатольевна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Федеральный институт оценки качества образования», Москва, Россия

<sup>2</sup> МБОУ «Гимназия г. Обнинска», Калужская область, ФГБНУ «Федеральный институт оценки качества образования», Москва, Россия

<sup>1</sup> dobrotin@fipi.ru

<sup>2</sup> gimnaziya\_obninsk@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируются компоненты инженерного мышления школьников и рассмотрены общие подходы к оценке его сформированности на уроках химии. Под инженерным мышлением понимается комплекс интеллектуальных процессов и их результатов, которые обеспечивают решение задач в инженерно-технической деятельности. Для определения подходов к разработке содержания заданий выделены компоненты инженерного мышления: техническое, конструктивное, исследовательское, критическое, образное и экономическое.

Определены три основных направления контроля компонентов инженерного мышления: решение качественных и количественных задач с техническим содержанием, показывающих практическую значимость предмета «Химия», его роль в развитии науки и связь с другими науками; составление алгоритмов, создание структурно-логических схем, в которых используются ключевые понятия, знаки и символы, выстроенные в определённой логической последовательности, а также интеллект-карт, позволяющих рассмотреть проблему с разных сторон, что способствует выработке новых, оптимальных вариантов решения; выполнение заданий в форме кейсов, предусматривающих решение практико-ориентированных ситуаций в круге вопросов, связанных с будущей профессией.

В статье приведены примеры заданий химического содержания для разного вида инженерных классов и разного возраста обучающихся. Примеры заданий содержат профильно-ориентированный материал, предусматривают осуществление целой совокупности логических действий по установлению причинно-следственных связей. Отдельные задания направлены на проверку умения разрабатывать алгоритмы решения, преобразовывать информацию из одной знаковой формы в другую, составлять диаграммы и графики по предложенным данным, критически оценивать информацию, находить ошибки или неверные сведения в условии задания.

**Ключевые слова:** инженерное мышление, инженерные классы, контроль сформированности инженерного мышления

**Для цитирования:** Добротин, Д. Ю., Грумова, Н. А. Контроль сформированности инженерного мышления у учащихся при изучении химии // Педагогические измерения. 2026. № 2. С. 48.

doi: 10.52422/25879375\_2026\_2\_48

## Assessing the Development of Students' Engineering Thinking in Chemistry Class

Dobrotin D. Yu.<sup>1</sup>, Grumova N. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Institute for Education Quality Assessment, Moscow, Russia.

<sup>2</sup> Municipal Educational Institution "Obninsk City Gymnasium", Kaluga Region, Federal Institute for Education Quality Assessment, Moscow, Russia.

<sup>1</sup> dobrotin@fipi.ru

<sup>2</sup> gimnaziya\_obninsk@mail.ru

**Abstract.** The article analyzes the components of engineering thinking in school students and discusses general approaches to assessing its development in chemistry class. Engineering thinking is defined as a complex of intellectual processes and their results that enable problem solving in engineering. To determine approaches to developing the content of assignments, the following components of engineering thinking can be identified: technical, constructive, research, critical, imaginative, and economic thinking. Three main areas to assess engineering thinking components have been identified: solving qualitative and quantitative technical problems to demonstrate the practical significance of Chemistry, its role in the development of science, and its connections with other scientific branches; developing algorithms, creating logic block diagrams arranging key concepts, signs, and symbols in a specific logical sequence, and creating mind maps showing a problem from different perspectives to develop a new optimal solution; exploring case-based assignments that involve solving practice-oriented situations within the students' future profession framework. The article provides examples of chemistry-related assignments for various types of engineering classes and students of different ages. These assignments contain subject-specific material and involve a number of logical steps to establish cause-and-effect relationships. Some tasks are designed

to test students' ability to develop solution algorithms, to transform information from one symbolic form to another, to create diagrams and graphs based on the given data, to critically evaluate information, and to identify errors or misinformation in the conditions of a problem.

**Keywords:** engineering thinking, engineering classes, assessment of engineering thinking development

**For citation:** Dobrotin D. Yu., Grumova N. A. Assessing the Development of Students' Engineering Thinking in Chemistry Class // Pedagogical Measurements. 2026. No. 2. P. 48. doi: 10.52422/25879375\_2026\_2\_48

© Добротин Д. Ю., Грумова Н. А., 2026.

© Федеральный институт педагогических измерений, 2026.

Развитие естественно-научного и математического образования является одним из ключевых факторов, определяющих технологический и экономический суверенитет России в мире, так как именно образование выступает ключевым фактором подготовки кадров, способных разрабатывать, внедрять и использовать передовые технологии.

Важное значение указанных направлений в образовательной подготовке школьников нашло своё отражение в целой серии документов, принятых руководством страны, одним из которых является Комплексный план мероприятий по повышению качества математического и естественно-научного образования (распоряжение Правительства РФ от 19.11.2024 г.).

В нём выделено четыре направления, по которым уже ведётся системная работа: модернизация содержания образовательных стандартов и учебных программ; повышение качества преподавания естественно-научных предметов и математики и профессиональной подготовки учителей; организация учебно-методического обеспечения преподавания математики и естественно-научных предметов, в том числе за счёт улучшения обеспечения учебного процесса лабораторным оборудованием; совершенствование системы управления качеством образования по математике, физике, химии и биологии, повышение качества профориентационной работы с учащимися.

Значимость указанных направлений образовательной подготовки и возрастающая роль высококвалифицированных специалистов в области математики, естественных и инженерно-технических наук всё в большей степени осознаётся подрастающим поколением. Об этом свидетельствует количество выпускников, выбирающих в качестве экзаменов такие предметы как профильная математика, биология, физика и химия. В 2026 году указанные естественно-научные предметы стали соответственно 4-м, 5-м и 6-м по популярности среди экзаменов по вы-

бору, причём в каждом из них количество потенциальных участников превысило показатели 2025 года [7].

Основой реализации указанных направлений является расширение перечня предпрофильных и профильных классов, в которых к уже привычным классам, организованным по предметному принципу (физико-математическим и биолого-химическим), добавились профильные классы, ориентированные на определённые сферы профессиональной деятельности: инженерные, медицинские классы и классы IT профиля.

Не секрет, что преподавание в каждом из этих классов предусматривает дополнительный отбор материала для изучения, учитывающий, в том числе, область интересов учащихся, специфику их мышления, значимые для них виды будущей профессиональной деятельности. Для понимания указанных особенностей необходимо рассмотреть подходы к определению понятия «инженерное мышление».

Согласно подходу П. В. Зуева и Е. С. Кощеевой, инженерное мышление можно определить как комплекс интеллектуальных процессов и их результатов, которые обеспечивают решение задач в инженерно-технической деятельности [3].

Более подробно направления мыслительной деятельности людей, связанных с инженерной профессией, отражены в другом определении: «...особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, позволяющий быстро, точно и оригинально решать как обычные, так и неординарные задачи в определённой предметной области, направленные на удовлетворение технических потребностей в знаниях, способах, приёмах, с целью создания технических средств и организации технологий» [5].

С учётом приведённых определений, при анализе деятельности школьников, актуальной для успешного обучения в инженерных классах, становится проблема соответствия существующих более узких направлений

инженерных классов, среди которых наиболее распространёнными являются:

- 1) инженерно-техническое направление;
- 2) авиа- или судостроительное направления;
- 3) космические классы;
- 4) инженерно-химическое направление (курчатовские классы);
- 5) агротехнологическое направление (агроклассы).

В аспекте изучения учебного предмета «Химия» наибольшее внимание, в том числе, отражённое в количестве часов в неделю, отведённых на изучение предмета, предусмотрено в инженерно-химическом (курчатовские классы) и агротехнологическом (агроклассы) направлениях инженерных классов.

При работе с такими классами перед учителем на первый план выступает определение подходов к преподаванию, отбор средств обучения, а также продумывание особенностей инструментария оценки учебных достижений учащихся.

В вышеназванных классах контроль сформированности компонентов инженерного мышления может осуществляться с использованием различных форм и моделей заданий. Важным условием в этом случае должна стать реализация главного принципа контрольно-оценочной деятельности — «проверяем то, чему научили». Для его учёта необходимо проанализировать содержательную и умениевую составляющие обучения в инженерных классах.

Важно заметить, что далеко не во всех образовательных организациях есть возможность набрать полный, с точки зрения количества учащихся, инженерный класс. В этом случае в качестве варианта реализации инженерной составляющей можно предложить включение в учебный процесс небольших модулей. Такой подход позволит без нарушения программы дополнять учебный процесс важными с точки зрения инженерной подготовки содержательными и умениевыми составляющими, учитывающими направленность класса. Такой мини-модуль предусматривает наличие мотивирующего, содержательно-деятельностного и контролирующего компонентов, прежде всего в комплексе заданий, предлагаемых для обучения, отработки знаний и умений и контроля.

И если вопросы мотивации учащихся и отбора содержания, как правило, не вызывают проблем у учителей, то подходы к отбору измерителей для оценки учебных достижений обучающихся требуют определённой систематизации.

Для определения подходов к разработке содержания заданий выделим ряд компонентов инженерного мышления, о которых говорится в психолого-педагогической и методической литературе: техническое, конструктивное, исследовательское, критическое, образное и экономическое мышление [8].

При более детальном изучении легко убедиться, что формирование каждого из этих

Таблица 1

**Характеристика компонентов мышления**

| Компоненты                 | Краткая характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Техническое мышление       | предполагает проведение анализа состава, структуры объекта, изучение и анализ технических устройств и принципов их работы                                                                                                                                                                             |
| Конструктивное мышление    | предполагает чёткое понимание сути задачи, построение определённой модели решения задачи или возникшей проблемы, когда необходима интеграция теоретических или практических знаний из разных предметных областей                                                                                      |
| Исследовательское мышление | предполагает определение новизны в задаче, формулирование новой задачи на основе предыдущего опыта практической деятельности, умение сопоставить данное решение с известными классами задач, умение читать и применять техническую документацию при решении задач, умение обосновать принятые решения |
| Критическое мышление       | предполагает способность анализировать информацию, выявлять причинно-следственные связи, оценивать достоверность источников, распознавать предвзятость, формулировать обоснованные выводы и принимать взвешенные решения                                                                              |
| Образное мышление          | предполагает процесс мышления, при котором сознание создаёт зрительные образы, отражающие объекты окружающего мира                                                                                                                                                                                    |
| Экономическое мышление     | предполагает анализ качества процесса с точки зрения экономической целесообразности, эффективности и рынка труда                                                                                                                                                                                      |

компонентов может осуществляться в процессе преподавания курса химии, который включает значительный объём материала, необходимого для достижения поставленной цели: лабораторные и промышленные способы получения веществ и материалов, области применения веществ, глобальные и региональные экологические проблемы, скорость химической реакции, электрохимия, минеральные ресурсы и материалы и др.

Наиболее оптимальными подходами к организации деятельности учащихся, предназначенной для отработки и контроля компонентов инженерного мышления, можно назвать следующие:

- решение качественных и количественных задач с техническим содержанием, показывающих практическую значимость предмета «Химия», его роль в развитии науки и связь с другими науками;

- составление алгоритмов, создание структурно-логических схем, в которых используются ключевые понятия, знаки и символы, выстроенные в определённой логической последовательности, интеллект-карт, позволяющих рассмотреть проблему с разных сторон и выработать новый, оптимальный вариант решения;

- задания в форме кейсов, предусматривающие решение практико-ориентированных ситуаций в кругу вопросов, связанных с будущей профессией.

Как уже ранее отмечалось, это могут быть задания, либо учитывающие предметный принцип комплектования профилей, либо профессиональный профиль класса, между которыми, как правило, сложно провести чёткую грань. Главным образом, этот подход к разработке заданий может реализовываться через контекстную составляющую условия, которая может учитывать содержание и предусматривать проверку сформированности умений, востребованных в дальнейшей профессиональной подготовке.

Для классов физико-математического профиля и инженерно-технических классов актуальными могут быть задания, предусматривающие расчёт эффективности использования того или иного вида топлива при отоплении дома, или задания на составление графика, отражающего характер изменения скорости коррозии в зависимости от используемого металла/сплава, интерпретацию результатов физико-химических методов анализа и т. п.

Учащимся классов биолого-химического профиля, медицинского или инженерно-технического направления должны быть интересны задания, позволяющие прогнозировать перечень продуктов реакции, с учётом данных об их составе, строении и свойствах, или определение минеральных удобрений с учётом различий в массовых долях нужного компонента в их составе и др.

Так, например, учащимся IT-классов или медиаклассов могут быть предложены задания на формулирование промпта, позволяющего сравнивать параметры в таблице с характеристиками каких-либо объектов (технических устройств, технологических процессов) с последующим выбором наиболее качественного процесса.

Приведём примеры заданий, ориентированных на различные области предпрофессиональной подготовки [1, 4].

**Пример 1. 8-й класс. Медицинский класс. Биохимический профиль. (3 балла)**

Кальций — распространённый макроэлемент в организме растений, животных и человека. В организме человека и других позвоночных большая его часть находится в скелете и зубах. Лекарственные средства, включающие соли кальция, в течение многих десятилетий используют в медицине.

1. Выберите формулу вещества, в котором массовая доля кальция наибольшая:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

2. Дайте название выбранному веществу.

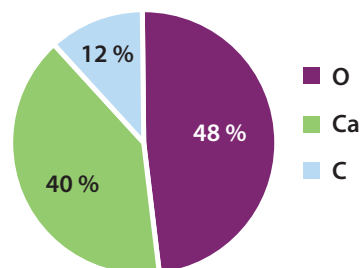
3. Составьте круговую или столбчатую диаграмму, отражающую распределение массовых долей элементов в выбранном веществе.

**Вариант решения:**

1) Выбрано вещество с наибольшей массовой долей кальция:  $\text{CaCO}_3$ .

2) Записано название выбранного вещества: карбонат кальция.

3) Составлена круговая диаграмма, отражающая распределение массовых долей в карбонате кальция:



**Пример 2. 9-й класс. Инженерно-химический класс. Физико-математический профиль. (2 балла)**

Продавец в магазине «Автозапчасти» случайно разбил ёмкость, содержащую 500 г аккумуляторной серной кислоты, содержание серной кислоты — 33,5 %. Не растерявшись, он взял 200-граммовую пачку кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и высыпал соду на кислоту.

На основании проведённых расчётов сделайте вывод о том, достаточно ли продавцу одной пачки соды для полной нейтрализации кислоты? (1 балл)

Какова роль серной кислоты в аккумуляторе? (1 балл)

**Вариант решения:**

1) Составлено уравнение реакции и рассчитано количество вещества серной кислоты:



2) Рассчитаны масса и количество вещества серной кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 500 \cdot 0,335 = 167,5 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 167,5 : 98 = 1,7 \text{ моль.}$$

3) Рассчитаны количество вещества и масса соды:

по уравнению реакции:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,7 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,7 \cdot 106 = 180,2 \text{ г.}$$

4) Сделан вывод о том, что данной массы соды достаточно для полной нейтрализации кислоты.

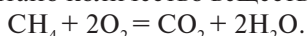
5)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выполняет роль электролита — вещества, которое обеспечивает химические реакции, необходимые для накопления и отдачи электрической энергии.

**Пример 3. 10-й класс. Инженерно-техническое направление. Биохимический профиль. (1 балл)**

В небольшом непроветриваемом помещении объёмом 17 м<sup>3</sup> нагрели в чайнике 3 л воды до кипения. При этом было сожжено 89,6 л метана ( $\text{CH}_4$ ). Вычислите массу углекислого газа, образовавшегося в процессе нагрева воды, и определите, превысит ли содержание углекислого газа в воздухе помещения предельно допустимое значение, равное 9 г на 1 м<sup>3</sup>. (1 балл)

**Решение:**

1. Составлено уравнение реакции и рассчитано количество вещества метана:



$$n(\text{CH}_4) = 89,6 : 22,4 = 4 \text{ моль.}$$

2. Рассчитаны количество вещества и масса углекислого газа:

по уравнению реакции  $n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) = 4 \text{ моль}$

$$m(\text{CO}_2) = 4 \cdot 44 = 176 \text{ г.}$$

3. Определено содержание углекислого газа в воздухе и сделан вывод о превышении допустимой концентрации углекислого газа в воздухе:

$$176 : 17 = 10,35 \text{ г/м}^3.$$

**Пример 4. 9-й класс. Инженерно-химический класс. Биохимический профиль.**

В книге «Мы строим дом» предлагаются следующие рекомендации: для пропитки древесины от поражения грибом нередко используют фториды металлов (например,  $\text{KF}$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{ZnF}_2$ ),  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , смесь борной кислоты с неорганическими солями меди (II), смесь дихромата натрия  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , мышьяковую кислоту и её соль  $\text{Na}_2\text{HSO}_4$ . После обработки деревянной перегородки противогрибковым раствором обычно предполагается её последующее оштукатуривание известковым раствором. Затвердевшая штукатурка на основе извести состоит преимущественно из карбоната кальция.

**Вопросы к заданию:**

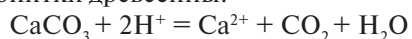
1. Взаимодействие с каким классом веществ привело бы к ухудшению качества слоя штукатурки и ухудшению защитных свойств пропитки древесины? Приведите сокращённое ионное уравнение данного процесса. (2 балла)

2. Какие препараты из перечисленных нецелесообразно использовать в качестве противогрибковой пропитки? Почему? Приведите 2 уравнения реакции, подтверждающие ваше утверждение. (3 балла)

3. Какой из этих препаратов наиболее эффективно использовать в качестве средства для борьбы с грибом при обработке деревянной перегородки? (1 балл)

**Вариант решения:**

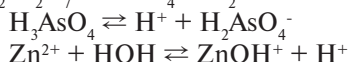
1. Карбонат кальция — соль слабой кислоты, поэтому он может взаимодействовать с более сильными кислотами. При этом будет выделяться углекислый газ. В результате этого процесса ухудшается качество штукатурки и расходуется кислота, использованная для пропитки древесины.



2. Нечелесообразно использовать кислото-содержащие препараты или препараты, водные растворы которых имеют кислую среду, так как при попадании влаги на штукатурку будет происходить взаимодействие кислоты с карбонатом кальция, в результате чего вся кислота (пропитки) может быть израсходована.

Таким образом, к числу малоэффективных могут быть отнесены: смесь борной кислоты с неорганическими солями меди (II), мышьяковая кислота и её соль  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$ .

Кроме того, в процессе гидролиза солей, образованных слабым основанием и сильной кислотой, образуется кислая среда. К таким солям относятся:  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , смесь  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .



3. Наиболее целесообразно использовать препараты, водные растворы которых имеют нейтральную или щелочную среду, например,  $\text{KF}$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{ZnF}_2$ .

**Пример 5. 10-й класс. Медицинский класс. Биохимический профиль.**  
(6 баллов)

Проанализируйте текст рекламы, справочные данные, и ответьте и выполните задания.

«Жевательная резинка «Дирол» с ксилитом и карбамидом — с утра и до вечера защищает ваши зубы от кариеса, обеспечивая им двойную защиту».

Справочные данные: Кариес — заболевание зубов, вызываемое воздействием молочной кислоты, образующейся при брожении углеводов, содержащихся в остатках пищи, в местах скопления зубного налёта.

Ксилит —  $\text{HO}-\text{CH}_2-(\text{CHOH})_3-\text{CH}_2-\text{OH}$  — заменитель сахара; карбамид —  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  — мочеви́на (амид угольной кислоты).

Вопросы к заданию:

1. Выполняет ли жевательная резинка функцию защиты зубов от кариеса? Аргументируйте свой ответ. (1 балл)

2. После употребления какой пищи наиболее важно использовать жевательную резинку для предотвращения кариеса? Приведите два аргумента, обосновывающих ответ? (2 балла)

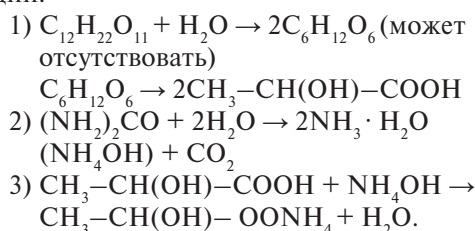
3. Напишите 3–4 уравнения реакций, обосновывающих необходимость использования жевательной резинки «Дирол» с точки зрения протекающих химических реакций. (3 балла)

Вариант решения:

Жевательная резинка выполняет функцию механической очистки зубной поверхности и дёсен от налёта, который способствует появлению кариеса. Наличие карбамида обеспечивает частичную нейтрализацию образующейся повышенной кислотности. Ксилит защитной функции не несёт, однако и не способствует её появлению.

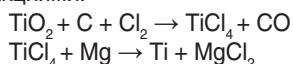
При употреблении белковой пищи, например мяса, рыбы, печени и др., изменения среды в полости рта (в сторону кислотной) будут минимальными, так как процесс брожения практически не идёт. Жевательную резинку целесообразно применять после употребления кондитерских изделий, сладкой пищи, каш и др. В этих продуктах много сахаров, при брожении которых и образуется молочная кислота, которая вызывает кариес.

3. В ответе записаны 3–4 уравнения реакции:



**Пример 6. 9-й класс. Авиационный класс. Физико-математический профиль.**  
(4 балла)

В самолётостроении широко используются конструкционные сплавы на основе титана. На один самолёт МИГ-29 весом 11000 кг требуется до 3 % титана от массы. Титан в промышленности получают из рутила (97 % диоксида титана), процесс можно выразить следующими химическими реакциями:



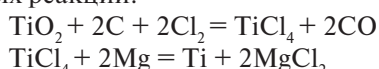
Вопросы к заданию:

1. Расставьте коэффициенты в схеме реакции (1 балл).

2. Вычислите, сколько минерала рутила (в тоннах) понадобится для получения титана для истребительной эскадрильи самолётов МИГ-29. (3 балла)

Вариант решения:

1. Расставлены коэффициенты в уравнениях реакций:



2. Вычислим, сколько титана требуется для изготовления одного самолёта:

$$m(\text{Ti}) = 11000 \text{ кг} \cdot 3 \% : 100 \% = 330 \text{ кг}.$$

Следовательно, для истребительной эскадрильи, в которую входит 12 самолётов, потребуется  $330 \text{ кг} \cdot 12 = 3960 \text{ кг}$  титана.

3. Вычислим количество вещества титана:  
 $n(\text{Ti}) = 396 : 10^4 : 48 \text{ г/моль}$   
 $= 825 \cdot 10^2 \text{ моль}.$

4. Определим массу оксида титана (IV) по уравнениям 1 и 2:

$$\begin{aligned}n(\text{Ti}) &= n(\text{TiCl}_4) = n(\text{TiO}_2) = 825 \cdot 10^2 \text{ моль}; \\m(\text{TiO}_2) &= 825 \cdot 10^2 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = \\&= 66 \cdot 10^5 \text{ г}.\end{aligned}$$

5. Вычислим массу минерала рутила:

$$m = 66 \cdot 10^5 : 97 \% \cdot 100 \% = 68 \cdot 10^5 \text{ г} = 6,8 \text{ т}$$

Приведённые выше задания иллюстрируют подходы к отработке и контролю сформированности составляющих инженерного мышления. Как видно из характеристик заданий, в большинстве случаев они содержат профильно-ориентированный материал и, как правило, предусматривают осуществление целой совокупности логических действий по установлению причинно-следственных связей, которые в многих заданиях необходимы для проведения вычислений.

Кроме специальным образом отобранного содержания задания, предназначенного для контроля сформированности инженерного мышления, они могут быть направлены на проверку умения разрабатывать алгоритмы решения предложенных заданий, преобразовывать условия заданий в другую форму предъявления исходной информации (схему, таблицу) или оформления записи решения задания, составлять диаграммы и графики по предложенным данным, критически оценивать информацию в условии задания, например, находить ошибки или неверные сведения в нём и т. п.

Не секрет, что за последний год в школьную жизнь активно вошёл искусственный интеллект (ИИ), который в зависимости от подхода к его использованию может давать как положительный, так и отрицательный результат. Так, например, обработка больших объёмов информации (данных) и оформление результатов в различной форме при грамотно заданном промпте могут быть важной составляющей процесса формирования инженерного мышления. Возможен вариант и обратного применения ИИ: разработка условий заданий, подкреплённых иллюстративным материалом, также требует последовательного обучения школьников [2].

Более распространённым вариантом работы с ИКТ на уроках химии в настоящее время является применение электронных образовательных интернет-ресурсов: анализ изображений моделей технических устройств, посещение виртуальных экскурсий, моделирование лабораторного оборудования, создание проектов и др.

Вместе с тем необходимо помнить о желании школьников минимизировать затраты времени и сил, заменив свою работу ресурсами ИИ. Поэтому учителю очень важно оценивать степень самостоятельности школьника при получении результата, например, проведя блиц-опрос, обсуждение или собеседование по результатам выполненной работы или решённых заданий.

Следует обратить внимание и на ещё один значимый компонент оценки сформированности инженерного мышления. Речь идёт об использовании диагностических методик, которые позволяют выявить предрасположенность школьников к инженерной, технической, конструкторской, творческой деятельности [9, 10]. В значительной степени это психологическая составляющая деятельности педагогов, психологов, работающих в образовательной организации. Одним из таких инструментов является тест механической понятливости Г. Беннета — методика на выявление технических способностей (умения читать чертежи, разбираться в схемах технических устройств и их работе), склонности к работе с аппаратами, устройствами, оборудованием, решения простейших физико-технических задач и др. [6].

Таким образом, процесс контроля сформированности у учащихся инженерного мышления должен предусматривать целенаправленный процесс, включающий практико-ориентированные, компетентностно- и контекстно-ориентированные задания, а также задания, используемые в рамках ТРИЗ-технологии. Именно предложенный подход к применению указанных вариантов заданий позволяет в комплексе проконтролировать динамику в формировании составляющих инженерного мышления.

### Список использованных источников:

1. Добротин, Д. Ю. Компетентностный подход в контрольно-оценочной деятельности в естественно-научном образовании. Биология в школе. — 2018. — № 2. — С. 20–25.
2. Добротин, Д. Ю., Добротина, И. Н. О перспективах использования нейросетей в контрольно-оценочной деятельности. Педагогические измерения. — 2024. — № 4. — С. 166–172.
3. Зуев, П. В., Кошечева, Е. С. Развитие инженерного мышления в процессе обучения. Педагогическое образование в России. — 2016. — № 6. — С. 44–49.
4. Каверина, А.А. Моделирование учебно-познавательных и учебно-практических задач по химии для оценки учебных достижений выпускников основной школы // Педагогические измерения. — 2016. — № 1. — С. 59–65.
5. Мустафина, Д. А., Рахманкулова, Г. А., Короткова, Н. Н. Модель конкурентоспособности будущего инженера-программиста // Педагогические науки. — 2010. — № 8. — С. 16 — 20.
6. Немов, Р. С. Психология. Книга 3. Психодиагностика. — М.: Владос, 2001.
7. Проведение основных периодов ЕГЭ и ОГЭ 2026 года. Рособrnadzor. <https://obrnadzor.gov.ru/news> (дата обращения 30 мая 2026 г.)
8. Рахманкулова, Г. А., Кузьмин, С. Ю., Мустафина, Д. А., Ребро, И. В. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность. — Екатеринбург: Издательские решения, 2015. — 114 с.
9. Туник, Е. Е. Лучшие тесты на креативность. Диагностика творческого мышления. — СПб.: Питер, 2013. — 320 с.
10. Шигабетдинова, Г. М., Давлетшина, Л. Х., Гапонова, С. В. Опыт организации диагностики сформированности инженерного мышления школьников // Вестник Ульяновского государственного технического университета. — 2019. — № 3 (87). — С. 8–13.

### References:

1. Dobrotin D. Yu. Kompetentnostnyy podkhod v kontrol'no-otsenochnoy deyatel'nosti v yestestvenno-nauchnom obrazovanii. Biologiya v shkole. — 2018. — № 2. — S. 20–25.
2. Dobrotin D. Yu., Dobrotina I. N. O perspektivakh ispol'zovaniya neyrosetey v kontrol'no-otsenochnoy deyatel'nosti. Pedagogicheskiye izmereniya. — 2024. — № 4. — S. 166–172.
3. Zuyev P. V., Koshcheyeva Ye. S. Razvitiye inzhenerenogo myshleniya v protsesse obucheniya. Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii. — 2016. — № 6. — S. 44–49.
4. Kaverina, A.A. Modellirovaniye uchebno-poznavatel'nyh i uchebno-prakticheskikh zadach po himii dlya ocenki uchebnykh dostizheniy vypusknikov osnovnoy shkoly // Pedagogicheskiye izmereniya. — 2016. — № 1. — S. 59–65.
5. Mustafina D. A. Rakhmankulova G. A., Korotkova N. N. Model' konkurentosposobnosti budushchego inzhenera-programmista // Pedagogicheskiye nauki. — 2010. — № 8. — S. 16 — 20.
6. Nemov R. S. Psikhologiya. Kniga 3. Psikhodiagnostika. — M.: Vlados, 2001.
7. Provedeniye osnovnykh periodov YEGE i OGE 2026 goda. Rosobrnadzor. <https://obrnadzor.gov.ru/news> (data obrashcheniya 30 maya 2026 g.)
8. Rakhmankulova G. A., Kuz'min S. Yu., Mustafina D. A., Rebro I. V. Formirovaniye inzhenerenogo myshleniya studentov cherez issledovatel'skuyu deyatel'nost'. — Yekaterinburg: Izdatel'skiye resheniya. — 2015. — 114 s.
9. Tunik Ye. Ye. Luchshiye testy na kreativnost'. Diagnostika tvorcheskogo myshleniya. — SPb.: Piter, 2013. — 320 s.
10. Shigabedinova G. M. Davletshina L. Kh., Gaponova S. V. Opyt organizatsii diagnostiki sformirovannosti inzhenerenogo myshleniya shkol'nikov // Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. — 2019. — № 3 (87). — S. 8–13.

### Информация об авторах

**Добротин Д. Ю.** — кандидат педагогических наук, заведующий лабораторией естественно-научных учебных предметов, математики и информатики ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений», Москва

**Грумова Н. А.** — учитель химии МБОУ «Гимназия города Обнинска» Калужской области, член комиссии по разработке КИМ для ГИА по химии ФГБНУ «Федеральный институт оценки качества образования», г. Обнинск, Калужская область

### About the Authors

**Dobrotin D. Yu.** — PhD in Pedagogy, Head of the Laboratory of Natural Sciences, Mathematics, and Computer Science at the Federal Institute of Pedagogical Measurements, Moscow

**Grumova N. A.** — Chemistry Teacher at the Obninsk City Gymnasium, Kaluga Region, Member of the Committee for the Development of Control Measurement Materials for the State Final Examination in Chemistry at the Federal Institute for Education Quality Assessment, Obninsk, Kaluga region

Статья поступила в редакцию 05.06.2026.

Одобрена после рецензирования 15.06.2026; принята к публикации 22.06.2026.

The article was received by the editors on June 5, 2026; approved after review on June 15, 2026; accepted for publication on June 22, 2026.