

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В.П. Астафьева  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики  
Кафедра математики и методики обучения математике

**СТРАХОВА ОЛЬГА ИГОРЕВНА**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-6  
КЛАССОВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ**

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы  
Математика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
к.п.н., доцент Шашкина М. Б.

---

Научный руководитель:  
к.п.н., доцент, Тумашева О. В.

---

Дата защиты

---

Обучающийся  
Страхова О. И.

---

Оценка \_\_\_\_\_

Красноярск, 2025

## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Теоретические аспекты формирования инженерного мышления обучающихся на уроках математики .....	7
1.1. Инженерное мышление обучающихся как актуальный образовательный результат .....	7
1.2. Формирование инженерного мышления обучающихся как педагогическая проблема.....	21
1.3. Потенциал учебного предмета математика для формирования инженерного мышления обучающихся.....	31
Глава 2. Методические аспекты формирования инженерного мышления обучающихся 5 – 6 классов на уроках математики .....	36
2.1. Проектирование содержания обучения математики, ориентированного на формирование инженерного мышления обучающихся .....	36
2.2. Проектирование организации обучения математики, ориентированного на формирование инженерного мышления обучающихся .....	49
2.3. Описание и результат опытно-экспериментальной работы .....	58
Библиографический список.....	70
Приложение А .....	76
Приложение Б .....	81
Приложение В .....	110

## Введение

В эпоху Четвертой промышленной революции, характеризующейся конвергенцией цифровых, физических и биологических технологий, подготовка инженерных кадров нового поколения превращается в ключевой фактор технологического суверенитета и национальной безопасности. Согласно прогнозам Всемирного экономического форума (2023), 65% профессий в инженерной сфере к 2035 году потребуют принципиально новых компетенций, связанных с системным мышлением, кроссдисциплинарностью и адаптивностью к стремительно меняющимся технологическим ландшафтам. При этом в России, на фоне санкционных ограничений и задач импортозамещения, дефицит инновационно мыслящих инженеров приобрел критический характер (данные НИУ ВШЭ, 2024).

Формирование инженерного мышления необходимо начинать в средней школе, где происходит нейрокогнитивный «скачок» в развитии префронтальной коры мозга, отвечающей за абстрактное мышление и решение комплексных задач. Особую роль здесь играет математика – фундамент для цифровых двойников, симуляций и алгоритмов искусственного интеллекта. Однако традиционные программы 5-6 классов остаются замкнутыми на рутинные вычисления, игнорируя проектно-инженерный контекст (анализ ФИОКО, 2023). Это противоречит духу Национальной инициативы "Инженерные классы" (2022) и обновленным ФГОС. Параллельно растет запрос на «гибридные» навыки: математическую грамотность в сочетании с основами программирования (Scratch, Python), 3D-моделирования и анализа данных.

Таким образом, **актуальность исследования** обусловлена:

1. техно-экономическим императивом. Острая потребность в инженерах-новаторах, способных решать задачи в условиях VUCA-мира (нестабильность, неопределенность, сложность, неоднозначность), включая разработку «зеленых» технологий, кибербезопасность и аддитивное производство;

2. цифровой трансформацией образования. Необходимость интеграции STEM-подхода и цифровых инструментов (Tinkercad, математические симуляторы) в математическое образование средней школы для преодоления разрыва между теорией и индустриальными практиками;
3. возрастным нейропотенциалом. Уникальная восприимчивость учащихся 10-12 лет к развитию вычислительного мышления и системного видения проблем, что подтверждается нейроисследованиями в области образовательной когнитивистики (СберУниверситет, 2024).

Педагогические аспекты формирования инженерного мышления в процессе обучения школьников нашли отражение в трудах А. Н. Варгина, М. М. Зиновкиной, Е. Ю. Ивановой, С. В. Комарова, В. А. Мижерикова и других.

Психологические основы, сущность, факторы и способы развития инженерного мышления исследованы в работах В. В. Давыдова, В. В. Гузеева, Е. А. Дума, Джона Дьюи, П. В. Зуева и других.

Однако большинство исследований посвящено старшеклассникам или студентам, тогда как методы развития инженерного подхода у обучающихся 5 – 6 классов на уроках математики остаются малоизученными. Проведенный анализ результатов научных исследований, направленных на формирование инженерного мышления позволил определить ряд **противоречий**:

– между востребованностью государства в раннем формировании инженерного мышления школьников и недостаточной разработанностью на сегодняшний день технологических и методических аспектов обучения, направленных на формирование этих результатов у обучающихся.

– между потенциалом, представляемым предметной областью «Математика» для формирования у обучающихся инженерного мышления и недостаточным использованием этих возможностей в организации обучения.

Потребность в разрешении вышеизложенных противоречий определяет **проблему исследования**, которая заключается в поиске результативных методических решений формирования элементов инженерного мышления у обучающихся 5 – 6 классов в рамках школьного курса математики.

**Цель исследования:** теоретически обосновать и разработать методические рекомендации по формированию инженерного мышления обучающихся 5 – 6 классов на уроках математики.

**Объект исследования:** процесс обучения математике обучающихся 5 – 6 классов в общеобразовательной школе.

**Предмет исследования:** содержание и организация обучения математике, ориентированные на формирование инженерного мышления обучающихся 5 – 6 классов.

**Гипотеза исследования:** формирование инженерного мышления обучающихся 5 – 6 классов на уроках математики будет результативно, если:

- при проектировании содержания обучения математике в 5 – 6 классах обеспечить интеграцию инженерного контекста в ядро математических понятий; целенаправленный отбор и адаптацию учебного материала; разобрать систему контекстных задач и проектных заданий инженерной направленности; обеспечить формирование метапредметного языка описания; учитывать возрастные и психологические особенности обучающихся;
- при проектировании организации обучения математике в 5 – 6 классах сделать акцент на проектной деятельности и реализации межпредметных связях.

Для достижения поставленной цели и проверки выдвинутой гипотезы были поставлены следующие **задачи**:

1. на основе анализа научно-педагогической и методической литературы охарактеризовать инженерное мышление как актуальный образовательный результат и описать современные подходы к его формированию в образовательной практике;
2. раскрыть дидактический потенциал учебного предмета «Математика» для формирования инженерного мышления обучающихся;

3. разработать рекомендации по проектированию содержания обучения математике, ориентированного на формирование инженерного мышления обучающихся на уроках математики в 5 – 6 классах;
4. разработать рекомендации по проектированию организации обучения математике, ориентированной на формирование инженерного мышления обучающихся на уроках математики в 5 – 6 классах;
5. проверить эффективность разработанных рекомендаций в процессе экспериментальной работы и описать ее результаты.

**Опытно-экспериментальная база:** Опытно-экспериментальная часть исследования проводилась на базе МБОУ «Школы №100» г. Железногорска, Красноярского края.

**Практическая значимость** работы заключается в создании методических рекомендаций для учителей, включающего в себя системы заданий и рекомендации по формированию инженерного мышления на уроках математики в 5 – 6 классах.

**Структура работы** состоит из введения, двух глав, шести параграфов, заключения, библиографического списка и трех приложений. В работе приведены приложения, рисунки, схемы, таблицы и диаграммы.

## **Глава 1. Теоретические аспекты формирования инженерного мышления обучающихся на уроках математики**

### **1.1. Инженерное мышление обучающихся как актуальный образовательный результат**

Образовательный результат в системе общего образования – это совокупность знаний, предметных и метапредметных умений, ключевых компетенций, а также личностных качеств, достигнутых учеником к окончанию определенного этапа обучения. Краеугольным камнем формирования этих результатов выступает государственный заказ, определяемый стратегическими потребностями развития страны, ее экономики и технологической базы. В ответ на вызовы современности, требующие подготовки будущих инженерно-технических кадров и технологически грамотных граждан, государство через Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) целенаправленно закладывает в школьные программы основы инженерного мышления. Это проявляется в акценте на развитие у школьников способностей к системному анализу, проектному подходу, решению практико-ориентированных задач, критическому мышлению и пониманию основ конструирования и технологических процессов, прежде всего, в рамках предметов естественно-научного цикла (физика, математика, информатика, технология) и внеурочной деятельности. Таким образом, школьный образовательный результат уже на ранних этапах начинает формировать интеллектуальный фундамент и практические предпосылки для будущей инженерной деятельности, отвечая на долгосрочные экономические и инновационные запросы государства.

Новый тип экономики формирует новые требования, предъявляемые к выпускникам школ. Для определения компетенций, которыми должны обладать нынешние выпускники общеобразовательных учреждений, чтобы быть востребованным на рынке труда, проведем анализ трендовых профессий и тех, что остаются в прошлом, учитывая потребности общества в будущем. Ряд

исследователей России совместно с Московской школой «СКОЛКОВО» и Агентством стратегических инициатив провели масштабное исследование «Форсайт Компетенций 2030». Учитывая все технические изменения, социальные и экономические процессы, влияющие на структуру рабочих задач, строили отраслевые «карты будущего», при помощи которых выявили спрос на новые компетенции, и выстраивали образ новых профессий. Результаты исследования были собраны в «Атлас новых профессий»[2].

Атлас новых профессий – это альманах перспективных отраслей и профессий на ближайшие 10–15 лет. Он поможет понять, какие отрасли и профессии будут активно развиваться, какие в них будут появляться новые технологии, продукты, практики управления и какие новые специалисты потребуются работодателям.

«Атлас новых профессий» включает в себя перечни востребованных в разное время профессий, соответствующие им над профессиональные навыки и умения, рекомендации абитуриентам по выбору вузов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Содержательные единицы «Атласа новых профессий»

По мнению составителей атласа, в будущем люди уже не смогут обойтись одним дипломом вуза. Необходимы будут так называемые над профессиональные навыки и умения, к которым относится системное мышление, способность к

межотраслевой коммуникации, умение управлять процессами и проектами, навыки программирования IT-решений. Системное мышление является частью инженерного мышления. Оно помогает использовать накопленные знания и представления о мире и объекте, рассматривать их как комплекс, как систему.

Человек чувствует необходимость в воплощении идеи в реальной жизни, а инженерному мышлению свойственно осознанное и целенаправленное генерирование идеи. Отсюда глобальная задача основной школы – формирование у школьников именно системного инженерного мышления, чтобы рационально использовать базу общенаучных и специально-профессиональных знаний в различных областях.

Результат и качество любой интеллектуальной деятельности в настоящее время во многом определяются условием сфорсированности инженерного мышления индивида. Инженерное мышление является не только теоретической формой отражения действительности в виде понятий, гипотез, теорий. С его помощью более просто решаются практические задачи. Развитие инженерного мышления человека играет не только значительную роль в развитии науки, но и сформированности личностных качеств обучаемых. Люди с развитым инженерным мышлением создают сегодняшнюю повседневность, совершают научные открытия и модернизируют уже имеющиеся приборы, продукты и так далее.

В настоящее время возрастает потребность в инженерных кадрах, которые должны уметь выявлять и применять определенные математические знания для решения поставленных профессиональных задач. Это обусловлено необходимостью использования в производстве новейших систем и технологий. Одной из основных целей «Национальной доктрины об образовании» является «подготовка высокообразованных людей и высококвалифицированных специалистов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности в условиях информатизации общества и развития новых наукоемких технологий» [38].

Исследование проблемы формирования инженерного мышления обучающихся в процессе обучения математике обуславливает необходимость раскрытия таких ключевых понятий как «инженер» и «мышление», «инженерное мышление».

В русских источниках слово инженер впервые встречается в середине XVII века в «Актах Московского государства».

Слово «инженер» происходит от латинского *ingenium*, которое можно перевести как изобретательность, способность, острая выдумка, талант, гений, знание.

Так, согласно словарю С. И. Ожегова [41], инженер – специалист с высшим техническим образованием. Инженер путей и сообщения. Военный и горный инженер. Инженерный – технический; связанный с технической деятельностью. Инженерная геология. Инженерные войска. Инженерная находка (новое удачное техническое решение).

О.В. Крыштановская [28] рассматривает инженера как специалиста, способного создать проекты, продукцию и экономичные жизнеспособные объекты на основе теоретических соображений.

В работах Н.А. Некрасовой [39], инженер понимается как человек, который профессионально осуществляет техническое творчество, это специалист с высшим техническим образованием, который в своей деятельности соединяет науку с производством, т.е. становится проводником науки в производстве.

А.И. Ракитов [44] понимает под инженерной деятельностью постоянный анализ, совершенствование и организацию индивидуального и группового труда, управление производством, технологическими процессами, конструирование и проектирование изделий и инструментальных систем.

О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин и Р.Н. Егоров [13] определяют инженера, как специалиста, который, опираясь на теоретические знания, профессиональные навыки, деловые качества, обеспечивает создание, преобразование, поддержание в работоспособном состоянии технических, технологических и других систем с требуемыми (заданными) показателями их функционирования.

По мнению М.Ю. Сизовой [51], инженер – это человек, который должен уметь собирать, обрабатывать и анализировать и систематизировать информацию по технической проблеме, а так же проведение опытов и измерений, анализ и обобщение результатов.

Проведя анализ определений "инженер" и обобщая их, сформулируем определение понятия "инженер".

Инженер – это человек, с высшим техническим образованием, который в своей деятельности соединяет науку с производством и обеспечивает создание, преобразование, поддержание в работоспособном состоянии технических, технологических и других систем.

Базовым для дефиниции «инженерного мышления» выступает понятие «мышление», под которым А.Н. Леонтьев [30] понимает процесс отражения объективной реальности, составляющий высшую ступень человеческого познания. Мышление дает знание о существенных свойствах, связях и отношениях объективной реальности, осуществляет в процессе познания переход «от явления к сущности».

В свою очередь С. Л. Рубинштейн [46] давал следующее определение понятию мышление. Мышление – это познавательная деятельность субъекта, но в мышлении ничего нельзя понять, если рассматривать его сначала как чисто субъективную деятельность и затем вторично соотносить с бытием; в мышлении ничего нельзя понять, если не рассматривать его изначально как познание бытия. Даже внутреннюю структуру мышления, состав его операций и их соотношение можно понять, лишь отправляясь от того, что мышление есть познание, знание, отражение бытия.

В словаре С. И. Ожегова [41], мышление - высшая ступень познания – процесс отражения объективной действительности в представлениях, суждениях, понятиях. Формы и законы, мышления.

Мышление – это особая психическая способность, связанная с возможностью человека решать мыслительные задачи. Своеобразие мыслительной задачи состоит в том, что человек должен лишь найти средство

решения этой задачи. Данное определение можно встретить в образовательной системе Д.Б Эльконина, Давыдова [11].

По мнению З.С. Сазоновой, Н.В. Чечеткиной [52], мышление – это социально обусловленный, неразрывно связанный с речью познавательный психический процесс, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением связей и отношений между объектами в окружающей действительности.

Проведя анализ определений понятия «мышление» и обобщая их, сформулируем определение понятия «мышление», под которым понимается процесс познавательной деятельности, направленный на отражение связей и отношений между объектами.

Рассмотрим соотношение смысловых единиц определения понятия «инженер» и смысловых единиц определения понятия «мышление» с целью установления взаимосвязей между данными понятиями (рисунок 2).



Рисунок 2 – Взаимосвязь смысловых единиц определения понятия "инженер" и смысловых единиц определения понятия "мышление"

Анализ смысловых единиц показал, что данные понятия "инженер" и "мышление" взаимосвязаны по смысловому значению. В связи с этим целесообразно обратиться к понятию "инженерное мышление".

Так, по мнению С.В. Комарова [25] инженерное мышление – это социально обусловленный, неразрывно связанный с речью познавательный психический процесс, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением связей и отношений между объектами в окружающей действительности.

Дума Е.А. [15], представляет инженерное мышление, как особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, позволяющих быстро, точно и оригинально решать поставленные задачи, направленные на удовлетворение технических потребностей в знаниях, способах, приемах, с целью создания технических средств и организации технологий. Автор предлагает следующую структуру инженерного мышления, представленную на рисунке 3.

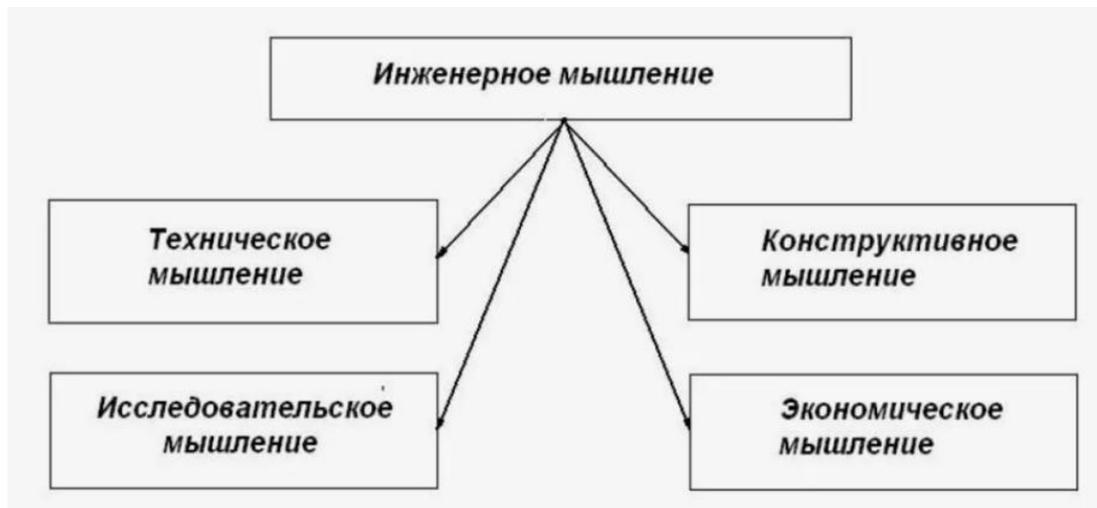


Рисунок 3 – Структура инженерного мышления по Е.А. Дума

Д.А. Мустафина, Г.А. Рахманкулова, Н.Н. Короткова [37] определяют инженерное мышление как вид мышления, выделяющийся при решении инженерных задач, который позволяет быстро и точно решать поставленные задачи, которые направлены на осуществление технических потребностей в

знаниях, способах приемах, с целью создания технических средств и организации технологий.

По мнению В.Е. Столяренко и Л.Д. Столяренко [54] инженерное мышление – это системное образование, объединяющие разные типы мышления: логическое, образно-интуитивное, практическое, научное, эстетическое, экологическое, эргономическое, управленческое и коммуникативное творчество.

В.М. Никитаев [40] определяет инженерное мышление как практическое мышление, основными чертами которого являются наличие критической ситуации, анализ, постановка цели. Пути разрешения критической ситуации – последовательное построение конструкции как способа и средства преобразования ситуации.

А.П. Усольцев и Т.Н. Шамало [58] определяют инженерное мышление, как мышление, направленное на обеспечение деятельности с техническими объектами, осуществляемое на когнитивном и инструментальном уровнях и характеризующееся как политехническое, конструктивное, научно- теоретическое, преобразующее, творческое, социально-позитивное.

З.С. Сазонова и Н.В. Чечеткина [52] относят к компонентам инженерного мышления следующие черты:

- способность выявлять техническое и физическое противоречие и осознанно изначально ориентировать ход размышлений на идеальное решение, при котором главная функция объекта будет выполняться как бы сама собой, без затрат и средств и энергии;

- ориентация мыслительной деятельности в наиболее перспективном, с точки зрения законов развития технических систем, направлений;

- способ осознанно форсировать творческое воображение, управлять психологическими факторами.

О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин и Р.Н. Егоров [12] делят весь инженерный корпус на четыре группы:

- конструирование и проектирование новых изделий, систем и сооружений (конструкторы, проектировщики, испытатели и др.);

- промышленное изготовление новых изделий и систем или индустриальное строительство сооружений (технологи, производители работ и др.);
- поисково-изыскательские работы (геодезисты, геологи, картографы и др.);
- эксплуатация изделий, сооружений и систем (технологии-эксплуатационники, электрики, гидравлики, инженеры по техническому обслуживанию и ремонту и др.).

В целом инженерное мышление можно представить в виде структуры, приведенной на рисунке 4.



Рисунок 4 – Структура инженерного мышления

*Понятийный компонент* составляет фундаментальную базу инженерного мышления. Он представляет собой систему глубоких теоретических знаний, усвоенных принципов, законов природы и техники, а также специфической инженерной терминологии. Сюда входят дисциплины, такие как математика, физика, химия, механика, материаловедение, теория систем, стандартизация и основы проектирования. Понятийный компонент отвечает на вопросы «почему?» и «как это устроено?», обеспечивая понимание сути явлений, процессов и работы технических объектов. Он позволяет инженеру абстрагироваться от конкретной

ситуации, видеть общие закономерности и оперировать ключевыми концепциями при решении задач. Без прочной понятийной основы невозможно осмысленно проектировать, анализировать или совершенствовать.

*Формальный компонент* отвечает за формализацию инженерной мысли. Он включает в себя методы и инструменты для представления идей, проектов и расчетов в строгой, однозначно понимаемой форме. Сюда относятся инженерная графика, математическое моделирование, алгоритмизация, разработка спецификаций и технической документации, использование систем автоматизированного проектирования, стандартных обозначений и языков описания. Формальный компонент переводит абстрактные понятия и замыслы в конкретные модели, инструкции и планы, понятные для последующей реализации. Он обеспечивает точность, унификацию и возможность анализа проекта до его физического воплощения.

*Практический компонент* воплощает теорию и формальные модели в реальность. Он охватывает практические навыки и умения, необходимые для непосредственного создания, эксплуатации и модификации технических систем. Сюда входят: проектирование и конструирование, технология изготовления, сборка, наладка, испытания, диагностика, эксплуатация, обслуживание и ремонт. Практический компонент – это умение «работать руками и головой» одновременно, решать возникающие на месте проблемы, адаптировать решения к реальным условиям производства или эксплуатации, учитывать технологические ограничения и экономические факторы. Он отвечает за превращение идеи и чертежа в функционирующий объект или процесс.

*Обратный компонент* замыкает цикл инженерной деятельности, обеспечивая ее адаптивность и совершенствование. Он включает в себя постоянную критическую оценку как самого процесса мышления и проектирования, так и полученных результатов. Инженер анализирует: достигнуты ли поставленные цели? Какие ошибки допущены? Какие неучтенные факторы проявились на практике? Какова обратная связь от пользователей, производства или эксплуатации? На основе этого анализа происходит

корректировка проекта, оптимизация решений, исправление ошибок и извлечение уроков на будущее. Обратный компонент обеспечивает непрерывное обучение, повышение качества инженерной продукции и адаптацию к изменяющимся требованиям. Это механизм саморегуляции и развития инженерного мышления.

Следует сказать о том, что формирование инженерного мышления будет эффективным только в том случае, когда формируется каждая отдельная компонента в их взаимосвязи.

Опишем каждый *уровень сформированности инженерного мышления у школьников*, с акцентом на ключевые характеристики и динамику развития:

1 начальный уровень: пробуждение любопытства и первые шаги. Этот уровень – фундамент, закладываемый в младшей школе. Главная цель здесь – не столько решение сложных задач, сколько пробуждение интереса к тому, как устроен мир вещей и явлений вокруг. Школьник начинает свой путь инженера с искреннего удивления: «Как это работает?», «Почему не падает?», «Можно ли сделать по-другому?». Его мышление подвижно любопытством и желанием действовать. На этом этапе ребенок учится видеть простейшие причинно-следственные связи, знакомится с базовыми понятиями: деталь, конструкция, функция, материал, простой механизм (рычаг, колесо). Он осваивает работу по четкому образцу или инструкции (конструкторы типа Lego по схеме, сборка модели), где результат оценивается очень конкретно: получилось/не получилось, работает/не работает, похоже/не похоже. Решение задач происходит часто методом проб и ошибок, но именно эти «пробы» и формируют первичное понимание того, что инженерное решение – это действие, направленное на достижение конкретного результата. Деятельность на этом уровне – это наблюдения, простые опыты, элементарное конструирование по образцу и первые попытки ответить на простые изобретательские вопросы;

2 базовый уровень: понимание правил «игры». Переходя в основную школу, ученик начинает осознавать, что инженерное дело – это не просто сборка, а процесс, подчиненный определенным правилам и ограничениям. На этом уровне формируется понимание наличия конкретной задачи или проблемы, которую

нужно решить. Школьник учится вычленять основные условия и ограничения (материалы, время, размер, вес, цель). Ключевой навык – умение разбивать задачу на последовательные, логичные шаги и следовать им. Он осваивает базовые принципы работы простых систем (передача движения, преобразование энергии, устойчивость конструкции). Решение задач часто носит репродуктивный характер: ученик применяет известные алгоритмы, схемы и способы решения, которые ему показали или которые он нашел по аналогии. Он начинает использовать простые инструменты проектирования: делает эскизы, схемы, простейшие чертежи, составляет алгоритмы действий (в том числе начальное блочное программирование). Его цель – создать объект, точно соответствующий заданным параметрам, возможно, с небольшими вариациями. Важным достижением становится понимание необходимости проверки своего решения – он тестирует его на соответствие явно заданным критериям и может найти очевидные ошибки. На этом уровне ученик впервые знакомится с основными этапами инженерного проектирования (проблема -> идея -> проект -> изготовление -> тест) в их самом простом, линейном виде;

3 продуктивный уровень: от идеи к оптимальному решению. Это уровень активного проектирования и осознанного выбора. Школьник переходит от выполнения инструкций к самостоятельному анализу и решению более сложных, часто нестандартных задач. Он учится не просто принимать задачу, а глубоко анализировать проблему: выявлять скрытые потребности, уточнять неполные условия, самостоятельно формулировать четкую, измеримую цель своего проекта. Важным становится исследовательский этап: поиск информации, анализ существующих решений (аналогов), выявление закономерностей. Ключевая компетенция – генерация нескольких идей решения одной задачи, используя методы мозгового штурма, аналогий или ТРИЗ. Он переходит к сравнительной оценке вариантов не только по заданным, но и по самостоятельно выбранным критериям. На основе этого сравнения он обосновывает и выбирает оптимальную концепцию. Уровень моделирования и проектирования значительно возрастает: создаются более детальные графические модели (в том числе с использованием

CAD), физические прототипы, математические модели; школьник учится прогнозировать возможные проблемы и риски. Он планирует процесс реализации, учитывая ресурсы и время. После создания прототипа следует углубленное тестирование и анализ результатов, выявление причин неудач и внесение осознанных улучшений. На этом уровне приходит понимание цикличности и итеративности инженерного процесса: решение редко бывает идеальным с первого раза, требуется несколько циклов «проектирование-изготовление-тест-анализ-доработка». Деятельность – это полноценные учебные инженерные проекты средней сложности от идеи до работающего прототипа;

4 творческий уровень: видение целого и создание нового. Высший уровень школьного инженерного мышления характеризуется системностью, исследовательским подходом и ориентацией на инновации. Ученик видит проблему не изолированно, а в широком контексте: техническом, социальном, экологическом, экономическом. Он обладает развитым системным мышлением: понимает сложные взаимосвязи и иерархию в системах, видит динамику их развития, способен прогнозировать долгосрочные последствия принимаемых решений. Школьник демонстрирует инициативу в постановке задач: он самостоятельно выявляет актуальные проблемы (в школе, местном сообществе, в интересующей его области техники) и формулирует на их основе собственные исследовательские или проектные цели. Для преодоления технических противоречий и генерации не просто решений, а инноваций, он активно применяет продвинутые методы (ТРИЗ, функционально-стоимостный анализ, теория решения изобретательских задач). Ключевая особенность – глубокая интеграция знаний из различных дисциплин (физика, математика, информатика, химия, биология, экономика) для решения комплексных, междисциплинарных проблем. Моделирование выходит на высокий уровень: используются сложные математические модели, компьютерные симуляции для оптимизации и прогнозирования. Оценка решений становится многокритериальной и всесторонней: анализируется эффективность, устойчивость, жизненный цикл, этические аспекты. Ученик осознанно владеет итеративным подходом, умея не

только улучшать, но и вовремя отказаться от тупикового решения в пользу радикально нового. Он аргументированно защищает свои проекты, понимая их потенциальное место в современном технологическом укладе, и начинает осознавать инженерную ответственность перед обществом и природой. Деятельность – это сложные исследовательские и инженерные проекты, часто с прикладной направленностью и элементами настоящих НИОКР, участие в высокоуровневых конкурсах и олимпиадах, сотрудничество с вузами или предприятиями, создание прототипов с инновационными решениями.

Эти уровни показывают путь школьника от спонтанного любопытства до осознанного, ответственного и системного подхода к решению инженерных задач, закладывая прочный фундамент для будущей профессиональной деятельности или дальнейшего обучения.

В настоящем исследовании с учетом специфики обучения и интеграции рассмотренных выше смысловых единиц определения понятия «инженер» и смысловых единиц определения понятия «мышление» под инженерным мышлением в школе будем понимать комплекс интеллектуальных умений и подходов, позволяющих школьникам решать практические задачи технического и технологического характера через анализ, проектирование, создание и оптимизацию решений с учетом реальных ограничений и системных связей.

Таким образом, инженерное мышление становится ключевым образовательным результатом, отвечающим вызовам современности. Оно предполагает не только усвоение математических знаний, но и развитие способности применять их для решения практических задач, проектирования и инноваций. В условиях быстро меняющегося мира именно это направление позволит выпускникам общеобразовательных школ быстро адаптироваться в высокотехнологичной реальности. В связи с этим, актуализируется необходимость рассмотрения/изучения проблем формирования инженерного мышления.

## **1.2. Формирование инженерного мышления обучающихся как педагогическая проблема**

Формирование подлинного инженерного мышления требует выхода за рамки решения типовых математических задач. Его суть – в прикладном решении открытых, комплексных проблем с учетом реальных ограничений (ресурсы, время, материалы, социальный контекст), через итеративный цикл проектирования, прототипирования, тестирования и анализа ошибок. Как утверждали основоположники деятельностного подхода Джон Дьюи [16] и Сеймур Пейперт [42], такое мышление развивается только через «обучение деланием», активное конструирование и исследование. Эффективными инструментами становятся проектная деятельность (инженерные соревнования типа FIRST Robotics или WorldSkills, разработка устройств на Arduino), техническое творчество (эксперименты в лабораториях, Fab Lab) и исследовательские задачи, где учащиеся сталкиваются с неопределенностью, учатся формулировать гипотезы и находить неочевидные решения.

Критически важно интегрировать системный подход, подчеркиваемый Питером Сенге [49], и междисциплинарность (STEAM), показывая, как технические решения влияют на общество и природу. Практическая работа с реальными инструментами (3D-печать, CAD, пайка) развивает пространственное мышление и понимание технологических ограничений. Не менее значимо развитие «мягких навыков» (команда, коммуникация, управление проектами) в инженерном контексте, что соответствует требованиям международных аккредитаций (АВЕТ). Ключевая роль отводится наставникам-практикам, которые привносят в обучение аутентичный опыт и ценности профессии. Таким образом, инженерное мышление формируется там, где теория встречается с практикой в условиях, максимально приближенных к реальным вызовам, а математика выступает не самоцелью, а важным инструментом для воплощения инновационных идей.

Развивать инженерное мышление можно и нужно далеко за пределами уроков математики. Вот комплекс предложений, основанных на идеях известных авторов и практиках:

Кружки технического творчества / STEM/STEAM-центры / Фаблабы (FabLab). Конструирование роботов (Lego Mindstorms, Arduino, Raspberry Pi), авиамоделизм, судомоделизм, 3D-печать, программирование микроконтроллеров, работа на станках (лазерная резка, ЧПУ). Идея «обучения через делание» (Джон Дьюи[16]), концепция FabLab (Нил Гершенфельд), STEM-образование (интеграция Science, Technology, Engineering, Math), STEAM (+Art). В России - развитие ЦМИТов (Центров Молодежного Инновационного Творчества). Создавать проекты с четкой целью и ограничениями (например, «робот, проезжающий лабиринт за минимальное время с использованием только определенных датчиков»). Акцент на проектировании, сборке, тестировании, доработке.

Проектная и исследовательская деятельность. Участие в проектах по улучшению школьной среды («умный класс»), экологии («система сбора дождевой воды»), социальной сфере («устройство для помощи людям с ограниченными возможностями»), научных исследованиях с инженерной составляющей. Метод проектов (Уильям Килпатрик, развит в России С.Т. Шацким, В.Н. Сорокой-Росинским). Концепция «обучения служением» (Service-Learning). Формулировка реальной проблемы → исследование → генерация идей → выбор решения → создание прототипа → тестирование → презентация. Важен весь цикл, а не только результат.

Соревнования и Олимпиады (не только математические!). Робототехнические (FIRST LEGO League, World Robot Olympiad, Робофест), авиа-/ракето-/судомодельные, инженерные проектные олимпиады (например, «Спутник», «Большие вызовы», Олимпиада НТИ (Национальная Технологическая Инициатива) в треках типа «Инженерные биологические системы», «Аэрокосмические системы» и др.), изобретательские конкурсы. Идея соревновательности как мотиватора и проверки решения в условиях,

приближенных к реальным. Олимпиады НТИ базируются на концепции подготовки кадров для рынков будущего. Участие в командах, решение комплексных задач с жесткими дедлайнами и ограниченными ресурсами, требующих интеграции знаний из разных областей и практической реализации.

Конструкторы (не только Lego). Сложные металлические/деревянные конструкторы (например, Eitech, Engino, Ugears - модели с механизмами), электронные (LittleBits, Snap Circuits), магнитные (Magformers, Geomag), специализированные (типа «Юный химик», «Альтернативные источники энергии»). Развитие пространственного мышления и мелкой моторики (Мария Монтессори - косвенно). Идея «обучения через игру». Сборка не по инструкции, а для решения задачи (построить мост определенной длины и грузоподъемности из имеющихся деталей, создать движущуюся модель). Анализ механизмов в готовых моделях (редукторы, передачи).

Специализированные лагеря и интенсивы. Летние инженерные/робототехнические/IT-лагеря, проектные школы (типа «Сириус»), короткие интенсивные курсы по конкретным технологиям (программирование, схемотехника, биотехнологии). Концепция погружения в среду и интенсивного обучения. Пример - модель образовательного центра «Сириус». Погружение в проектную деятельность с менторами (практикующие инженеры, ученые), работа в командах над амбициозными задачами за короткий срок.

Музеи Науки и Техники с интерактивными экспонатами. Экспериментирование с экспонатами, демонстрирующими законы физики, принципы работы механизмов, технологии. Участие в мастер-классах. Концепция «hands-on» музеев (Фрэнк Оппенгеймер - Exploratorium). Идея обучения через открытие и эксперимент. Не просто нажимать кнопки, а ставить вопросы: «Как это работает?», «Почему так происходит?», «Как можно это улучшить/применить для...?» Анализировать увиденные инженерные решения.

Популярная научно-техническая литература, документалистика, подкасты. Книги и фильмы об истории изобретений, великих инженерах, современных технологиях (космос, энергетика, транспорт, IT). Подкасты на технические темы.

Книги (Айзек Азимов - научно-популярные работы, Генри Петроски – «Эволюция полезных вещей», Джеймс Дайсон– «История великих изобретений»), документальные сериалы (например, «Как это устроено?», «Гении древнего мира», фильмы о SpaceX, Илоне Маске). Подкасты (например, «Люди науки», «Технострелка»). Анализировать описанные инженерные проблемы и пути их решения. Понимать контекст, ограничения, творческий подход изобретателей. Задаваться вопросом: «Как бы я решил эту проблему?»

Инженерные хобби. Радиоловительство, ремонт и модернизация велосипедов/мотоциклов/автомобилей, столярное/слесарное дело, кулинария (как процесс с рецептом-алгоритмом и оптимизацией), программирование (создание полезных скриптов, игр, сайтов), серьезное моделирование (авиасимуляторы, симуляторы строительства городов/заводов - Factorio, Cities: Skylines). Идея «сделай сам» (DIY culture), хакерская этика (в изначальном смысле - исследование систем, поиск нестандартных решений). Видеть в процессе хобби инженерные задачи: диагностика неисправности (анализ), поиск способа ремонта/улучшения (проектирование), реализация (практика), тестирование результата. Играя в симуляторы, ставить сложные цели и оптимизировать процессы.

Общение с практикующими инженерами и экскурсии на предприятия. Встречи, мастер-классы, дни открытых дверей на заводах, в конструкторских бюро, IT-компаниях, научных институтах. Концепция наставничества, важность знакомства с реальным производством и инженерной культурой. Увидеть применение инженерного мышления на практике, понять реальные проблемы и ограничения профессии, задать вопросы, получить обратную связь о своих проектах.

Игры (настольные и компьютерные). Сложные стратегии (Civilization, Factorio - идеально!, Kerbal Space Program), конструкторы (Besiege, Scrap Mechanic), головоломки (SpaceChem, Opus Magnum), настольные игры на логистику, строительство, оптимизацию (например, «Power Grid», «Каркассон», «Билет на поезд»). Использование игровых механик для обучения сложным

концепциям (геймификация). Играть осознанно, ставя перед собой сложные инженерные цели (построить максимально эффективный завод в Factorio, вывести корабль на орбиту с минимальным расходом топлива в KSP), анализировать причины успеха/неудачи, пробовать разные стратегии (итерации).

*Ключевые принципы* для эффективного развития инженерного мышления вне уроков:

1. от проблемы к решению: начинать с реальной потребности или задачи, а не с теории;
2. практика и «Руки в Грязи»: обязательная реализация идеи, пусть даже в виде простейшего прототипа. Ошибки - часть процесса;
3. итерации: Проектирование -> Создание -> Тестирование -> Анализ -> Улучшение. Цикл повторяется;
4. ограничения - двигатель творчества: четкие рамки (бюджет, время, материалы, физические законы) стимулируют поиск оптимальных решений;
5. междисциплинарность: инженерное мышление требует знаний из физики, информатики, биологии, экономики, дизайна и т.д. Нужно учиться интегрировать;
6. командная работа: современная инженерия – это командный спорт. Умение коммуницировать, распределять роли, конструктивно конфликтовать критически важно;
7. рефлексия: обязательный анализ: что получилось, что нет, почему, что можно сделать лучше в следующий раз.

Инженерное мышление – это образ мышления и действия. Его можно и нужно развивать везде, где есть возможность ставить задачи, искать пути их решения в условиях ограничений и воплощать эти решения в жизнь (или прототип). Главное - сместить фокус с абстрактных вычислений на реальные проблемы, практическую реализацию, итерации и работу в команде. Перечисленные выше места и методы предоставляют богатейшие возможности для такого развития.

Одной из ключевых педагогических проблем современного школьного образования является отсутствие четкой связи между теоретическими знаниями и их практическим применением. Обучающиеся заучивают формулы, правила и законы, но часто не понимают, как использовать их в реальных ситуациях. Например, обучающиеся решают квадратные уравнения, но не видят, как эти вычисления применяются в инженерии для расчетов траекторий, оптимизации конструкций или моделировании физических процессов.

Этот разрыв усугубляется тем, что учебные программы делают акцент на абстрактных задачах, а не на кейсах из жизни. В результате у детей формируется представление, что математика, физика и химия – это «сухие» науки, не имеющие отношения к их интересам. Между тем, исследования показывают, что обучающиеся, которые понимают практическую ценность знаний, демонстрируют более высокую мотивацию и успеваемость.

Для решения этой проблемы необходимо пересмотреть подход к подаче материала: включать в уроки реальные инженерные задачи, использовать цифровые симуляторы и организовывать экскурсии на производство, где дети увидят применение знаний «в поле».

Советский психолог Л. С. Выготский [6] в своей культурно-исторической теории подчеркивал решающую роль социального взаимодействия в когнитивном развитии. Он утверждал, что инженерное мышление формируется не изолированно, а в процессе совместной деятельности и общения. Концепция «зоны ближайшего развития» - оптимальный уровень задач, которые обучающийся может решить с помощью учителя или более компетентных сверстников. Так же им озвучивалась идея опосредственно обучения через знаковые системы, то есть чертежи, схемы, формулы. Важно речевое сопровождение практических действий.

Он предлагал следующий выход из проблемной ситуации:

- организовать групповые проекты с распределением ролей;
- использовать схемы и визуальные модели при решении инженерных задач;

- постепенно усложнять задачи с учетом индивидуальных возможностей.

Школьные предметы традиционно преподаются изолированно, хотя в реальном мире науки и технологии существуют в тесной взаимосвязи. Например, при создании робота требуется знание механики (физика), программирования (информатика), расчетов (математика) и даже биологии (если робот имитирует живые организмы). Однако в школе эти дисциплины редко пересекаются, что мешает формированию целостности инженерного мышления.

Эта проблема связана с жестким разделением учебных планов и недостатком совместных проектов между учителями разных предметов. Обучающиеся воспринимают знания как отдельные «блоки», не умея их интегрировать. Например, на физике они могут изучать законы Ньютона, но не связывают их с математическим моделированием движения, которое проходят в алгебре.

Для преодоления этого барьера эффективны:

- 1 Междисциплинарные проекты (расчет экологического следа школы с использованием математики, географии и химии);
- 2 Совместные уроки (физика + информатика: программирование модели падения тела);
- 3 STEM-подход, где науки изучают в комплексе (инженерия + математика + естествознание).

Американский философ и педагог Джон Дьюи [16] разработал концепцию «обучения через деление», которая особенно актуальна для инженерного мышления. Необходима связь обучения с жизненным опытом обучающихся. Приоритет практической деятельности над теоретическими знаниями и развитие мышления через решение реальных проблем.

Он предлагал:

- создать школьные мастерские и лаборатории;
- метод проектов как основная форма организации обучения;
- интегрировать учебные предметы вокруг практических задач.

Традиционная школа ориентирована на репродуктивные методы: учитель объясняет – обучающиеся запоминают и воспроизводят материал. Однако инженерное мышление требует иного подхода – умения ставить задачи, искать решения, тестировать гипотезы и корректировать действия. В существующей системе на это почти не остается места: проектная деятельность часто сводится к формальным докладам или презентациям, а не к реальному конструированию и эксперименту.

Проблема усугубляется нехваткой времени и ресурсов. Например, вместо сборки действующей модели ветрогенератора обучающиеся лишь рисуют схему на бумаге. В итоге они не получают опыта проб и ошибок, который критически важен для инженера.

Для решения данной проблемы необходимо внедрить практико-ориентированные проекты с четкими инженерными задачами. Создание простых механизмов, программирование датчиков умного дома или использование 3D-принтеров для прототипирования.

Сеймур Пейперт [42] разработал теорию конструкционизма, которая легла в основу современного подхода к техническому образованию. Дети лучше все учатся, когда активно создают значимые для них продукты. Программирование как средство развития мышления. Важны «объекты для размышления» - материальные модели и конструкции.

Предлагал практически воплотить:

- разработку языка программирования LOGO для детей;
- создать образовательные конструкторы;
- использовать 3D-моделирование и прототипирование в обучении.

Так же многие школьники считают точны науки «скучными» и «слишком сложными», особенно если не видят их связь с современными технологиями. Опросы показывают, что интерес к математике и физике резко падает в средней школе, когда предметы становятся более абстрактными. Это связано с тем, что обучение часто строится вокруг «идеальных» задач из учебников, а не вокруг реальных вызовов, которые могли бы вдохновить.

Кроме того, в массовом сознании сохраняется стереотип, что инженерия – это «не для всех», а только для «избранных» - тех, кто «родился с техническим складом ума». Это отталкивает детей, которые не уверены в своих силах, хотя исследования доказывают, что инженерное мышление можно развить у любого ребенка через правильные методы.

Как повысить мотивацию? Это можно сделать через геймификации (соревнования по робототехнике, квесты с инженерными задачами), связь с актуальными технологиями (обсуждение ИИ, космических миссий, экологических инноваций), примеры успешных изобретателей (истории молодых инженеров, изменивших мир).

Советский психолог В. В. Давыдов [11] разработал систему развивающего обучения, особо значимую для формирования инженерного мышления. От общего к частному – сначала усвоение общих принципов, затем конкретных случаев. Формировать теоретическое мышление через содержательное обобщение. Использовать учебную деятельность как моделирование научного поиска.

Для решения проблем предлагал практические шаги. Методику решения учебных задач через анализ их условий. Использовать знаково-символические средства. Делать акцент на поисково-исследовательской деятельности.

Анализ педагогических проблем формирования инженерного мышления в школьном образовании выявляет системный характер существующих вызовов. ключевые трудности - разрыв между теоретическим обучением и практическим применением знаний, отсутствие действенных междисциплинарных связей, дефицит проектной деятельности и низкая мотивация обучающихся – взаимосвязаны и требуют комплексного решения.

Как показывают исследования выдающихся педагогов и психологов преодоление этих проблем возможно через:

1. реализацию деятельностного подхода, когда знания приобретаются в процессе решения практических задач;
2. создание интегрированных образовательных программ, объединяющих естественнонаучные и технические дисциплины;

3. внедрение проектных методов обучения как основы образовательного процесса;

4. разработку эффективных механизмов мотивации, основанных на принципах самоопределения и осознанной учебной деятельности.

Особую значимость приобретает переосмысление роли учителя – от транслятора знаний к организатору исследовательской и проектной деятельности. Современные образовательные технологии открывают новые возможности для решения образовательных проблем, но требуют соответствующей методической поддержке и переподготовки педагогических кадров.

Таким образом, формирование инженерного мышления в школе требует системной трансформации образовательного процесса, включающей содержательные, методические и организационные изменения. Решение этих задач позволит не только подготовить будущих инженеров, но и развить у всех обучающихся ключевые компетенции XXI века – критическое мышление, креативность, способность к коллаборации и решению комплексных проблем.

Рассмотрев педагогические проблемы формирования инженерного мышления, закономерно возникает вопрос о поиске эффективных инструментов их преодоления. В этом контексте особый интерес представляет учебный предмет «Математика», обладающий уникальным образовательным потенциалом. Математика как метапредметная дисциплина способна стать связующим звеном между теоретическими знаниями и практическими умениями, выполняя *три* *ключевых* *функции*:

1. служит языком описания инженерных задач;
2. обеспечивает междисциплинарные связи;
3. развивает алгоритмическое и логическое мышление.

Математика может стать мощным инструментом преодоления существующих педагогических проблем и системного формирования инженерного мышления.

### **1.3. Потенциал учебного предмета математика для формирования инженерного мышления обучающихся**

В современном мире, характеризующимся стремительным технологическим прогрессом и усложнение инженерных задач, формирование у обучающихся подлинного инженерного мышления становится не просто желательным, а императивным требованием. Это мышление, выходящее за рамки простого применения формул, представляет собой комплексный когнитивный инструментарий, включающий аналитические способности, системный подход, навыки абстрактного моделирования, критическую оценку решений и прогнозирование их последствий. В этом контексте учебный предмет «Математика» обладает уникальным и фундаментальным потенциалом, выступая не просто как дисциплина, предоставляющая необходимый расчетный аппарат, но и как основополагающая среда для целенаправленного развития ключевых компетенций будущего инженера. Математика, по своей сути, является языком описания закономерностей реального мира и инструментом для работы с идеальными объектами и структурами. Именно в процессе изучения математики и решения математических задач у обучающихся естественным образом формируются и оттачиваются те самые интеллектуальные качества – строгость логических рассуждений, способность к абстрагированию, умение декомпозировать сложные проблемы, строить и анализировать модели, оценивать точность и адекватность результатов, - которые составляют несущую конструкцию инженерного мышления и напрямую переносятся на решение практических инженерно-технических задачах. Таким образом, раскрытие и целенаправленное использование дидактического потенциала математики видится важнейшим направлением в подготовки будущих инженеров, способных к инновациям и эффективной профессиональной деятельности.

Сила математики заключается в ее способности развивать не отдельные навыки, а целостную систему мыслительных операций, лежащую в основе инженерного подхода. Решая задачу на оптимизацию, обучающиеся не просто

находят минимум функции; они учатся формализовать практическую проблему (выделить целевую функцию и ограничения), применять аналитические методы, интерпретировать результат в исходном контексте и критически оценивать его реализуемость. Анализируя геометрическую конфигурацию, они развивают пространственное воображение и понимание взаимосвязей, столь важное для конструктора или архитектора. Работа с доказательствами теорем прививает культуру строгой аргументации и проверки гипотез, без которой немислимо проектирование надежных систем. Каждая математическая дисциплина вносит свой вклад в формирование этого многогранного интеллектуального инструментария, обучая видеть структуру, закономерности и причинно-следственные связи там, где на первый взгляд царит хаос.

Однако реализация этого потенциала требует выхода за пределы традиционного «вычислительного» подхода к обучению математике. Ключевым становится акцент на процессе математического мышления: понимание сути задач, выборе стратегии решения, построении и исследовании моделей, осознанном применении абстрактных понятий для описания реальности, рефлексии над полученными результатами и путями их достижения. Именно такая глубокая, осмысленная работа с математическим содержанием, а не механическое заучивание алгоритмов, позволяет сформировать у обучающихся гибкость ума, способность к творческому поиску нестандартных решений и устойчивую готовность к преодолению интеллектуальных вызовов – качества, определяющие уровень зрелости инженерного мышления. Поэтому интеграция методологии инженерного проектирования и проблемного обучения в математическом образовании является не просто модным трендом, а необходимым условием для раскрытия его трансформационной роли в подготовке инженерных кадров нового поколения.

Фундаментальный вклад математики в инженерное мышление раскрывается через специфику ее отдельных областей, каждая из которых целенаправленно развивает уникальный набор компетенций, критически важных для решения реальных инженерных проблем.

Математика в школе – это не просто набор формул и правил вычислений. Она выступает уникальной и системообразующей дисциплиной, закладывающей фундамент инженерного мышления задолго до профессионального выбора. Ее потенциал раскрывается через специфику содержания на разных этапах обучения, целенаправленно развивая ключевые компетенции будущего инженера.

Арифметика и алгебра: от числовой грамотности к инженерной оптимизации.

Начиная с 5 – 6 классов, арифметика закладывает фундамент инженерного мышления через количественную грамотность. Оперируя дробями, процентами и пропорциями, обучающиеся учатся оценивать ресурсы, рассчитывать материалы и прогнозировать результаты простых проектов, будь то строительство макета или планирование бюджета.

В 7 – 9 классах алгебра превращает реальные зависимости в уравнения и функции. Построение графиков движения или анализа электрических цепей развивает навыки визуализации процессов.

К 10 – 11 классам элементы анализа дают инструменты для принятия инженерных решений: расчет оптимальной формы емкости, минимизация затрат на материалы или определение максимальной нагрузки. Этот путь от счета к оптимизации формирует системное мышление, где каждая переменная – элемент проектной задачи.

Геометрия: пространственный интеллект как основа конструирования.

Стереометрия (10 – 11 классы) и планиметрия (7 – 9 классы) развивают критическое для инженера видение пространства. Когда школьник вычисляет объем сложного тела или доказывает свойства многогранников, он тренирует способность мысленно вращать объекты, ключевой навык для чтения чертежей и 3D-моделирования. Решение задач на расчет площади кровли или угла наклона трассы связывает абстрактные формулы с практикой проектирования. Теоремы о треугольниках или свойствах окружностей раскрывают секреты устойчивости мостов и арок.

Векторный метод (10 – 11 классы) учит представлять силы, скорости и

напряжения в виде математических объектов, закладывая основы расчетов в робототехнике и механике. Через геометрию обучающиеся начинают видеть мир как инженер-конструктор, где форма определяет функцию.

Логика и вероятность: алгоритмическое мышление в условиях неопределенности.

Простейшие логические задачи в 5 – 6 классах тренируют последовательность решений, прообраз алгоритмов управления роботами. Комбинаторика учит просчитывать варианты: от составления безопасных электрических схем до генерации надежных паролей. Элементы теории графов на примерах карт метро или компьютерных сетей развивают системное видение взаимосвязей.

Вероятность и статистика готовят к работе с реальными данными: анализ погрешностей измерений, оценка рисков в проектах, прогнозирование результатов экспериментов. Эти навыки превращают хаотичную информацию в основу для решений, будь то выбор материала с учетом вероятности деформации или оптимизация маршрута беспилотника.

Математическое моделирование: сердце инженерного подхода.

Сквозная линия всех классов, трансформация реальности в математические образы. В 5 – 6 классах это перевод условий задачи про строительство забора в уравнение. К 9 классу, создание формулы для расчета освещенности класса. В старших классах, построение дифференциальных моделей охлаждения двигателя или роста популяции в экосистеме.

Прогрессия от арифметики 5 класса к моделированию в 11 классе создает когнитивный каркас инженера: способность видеть скрытые структуры, прогнозировать последствия решений, улучшать проекты.

Проведенный анализ демонстрирует, что школьный курс математики (5 – 11 классы) обладает уникальным, системным и прогрессирующим потенциалом для целенаправленного формирования основ инженерного мышления у обучающихся. Это не просто дисциплина о числах и фигурах, а мощный когнитивный тренажер, развивающий комплекс интеллектуальных качеств, критически важных для

будущей инженерной деятельности.

Таким образом, математика в школе – это не подготовка к экзаменам, а фундаментальная инвестиция в будущее инженерное поколение. Ее истинный потенциал заключается в способности сформировать у обучающихся специфический способ мышления.

Однако максимальная реализация этого потенциала требует осознанного *переосмысления подходов к преподаванию*:

1. сдвиг фокуса. От доминирования механических вычислений к смысловому применению математики для решения контекстных, практико-ориентированных задач;

2. приоритет деятельности. Акцент на процесс математического познания: постановку проблемы, построение моделей, исследование, критическую оценку результатов, итеративное улучшение решений;

3. межпредметная интеграция. Тесная связь математики с физикой, информатикой, технологией, роботехникой, экологией через совместные проекты, исследовательские задачи и кейсы из реальной инженерной практики;

4. цифровые инструменты. Активное использование компьютерных сред для визуализации, моделирования, анализа данных и автоматизации расчетов, отражающих современные инженерные реалии.

Инвестируя в качественное, осмысленное, прикладное математическое образование сегодня, школа закладывает краеугольный камень для подготовки инженеров завтрашнего дня. Творцов, способных не только понимать окружающий мир через язык математики, но и преобразовывать его, решая сложные технологические вызовы будущего с помощью развитого, гибкого и системного инженерного мышления. Математика перестает быть абстрактной наукой. Она становится живым языком инженерного творчества и проектирования, доступным и необходимым каждому школьнику.

## **Глава 2. Методические аспекты формирования инженерного мышления обучающихся 5 – 6 классов на уроках математики**

### **2.1. Проектирование содержания обучения математики, ориентированного на формирование инженерного мышления обучающихся**

В условиях стремительной технологизации общества и возрастающих требований к кадрам для наукоемких отраслей, раннее формирование основ инженерного мышления у школьников перестает быть узкопрофессиональной задачей, а становится ключевым элементом общеобразовательной подготовки, направленной на развитие системного, проектного, конструктивного и преобразующего отношения к миру. Уроки математики в 5 – 6 классах, приходящиеся на сензитивный период развития абстрактно-логического мышления и познавательной активности обучающихся, обладают уникальным потенциалом для закладки фундамента таких качеств. Однако реализация этого потенциала в полной мере невозможна в рамках традиционного содержания математического образования, которое, несмотря на свою фундаментальность, зачастую остается замкнутым на собственной предметной логике и недостаточно ориентированным на решение прикладных, контекстных задач инженерного типа.

Ключевым барьером на пути эффективного формирования инженерного мышления средствами математики выступает именно не адаптированность содержания. Традиционные программы, сосредоточенные преимущественно на освоении арифметических алгоритмов, геометрических фактов и начал алгебры, редко предоставляют обучающимся 10 – 12 лет возможности для целенаправленного развития таких *компонентов инженерного мышления*, как:

1. системный анализ. Умение видеть объект или процесс как целое, вычленять элементы, связи и функции;
2. моделирование и оптимизация. Способность переводить реальную ситуацию в математическую модель, исследовать ее и находить оптимальные решения;

3. проектное предвидение. Прогнозирование результатов и последствий принимаемых решений на основе расчетов;

4. инженерная эвристика. Поиск нестандартных, ресурсосберегающих решений технических и технологических задач;

5. практико-ориентированная интерпретация. Понимание смысла математических действий и результатов в контексте реальных инженерно-технических проблем.

Таким образом, центральной задачей методики математики для 5 – 6 классов, ориентированной на формирование инженерного мышления, становится *фундаментальное перепроектирование содержания обучения*. Это не косметическая доработка, а глубинная трансформация, предполагающая:

1. интеграцию инженерного контекста в ядро математических понятий. Математические абстракции должны обретать смысл не только в рамках предмета, но и как инструменты описания и преобразования технических, конструкторских, технологических ситуаций;

2. целенаправленный отбор и адаптация учебного материала. Критерием включения или акцента на тех или иных разделах становится их потенциал для формирования компонентов инженерного мышления и решение инженерно-значимых задач;

3. разработку системы контекстных задач и проектных заданий инженерной направленности. Задачи должны выходить за рамки стерильных учебных условий, моделируя реальные проблемные ситуации требующие применения математики как инструмента решения;

4. формирование метапредметного языка описания. Развитие у обучающихся способности «переводить» техническую проблему на язык математики и интерпретировать математический результат обратно в инженерный контекст;

5. учет возрастных и психолого-педагогических особенностей. Содержание должно быть доступным, мотивирующим и соответствовать познавательным

возможностям младших подростков, опираясь на их естественный интерес к конструированию, эксперименту и практической деятельности.

Эффективное формирование основ инженерного мышления у обучающихся 5 – 6 классов средствами математики невозможно без кардинальной перестройки содержания обучения. Это содержание должно отвечать ряду взаимосвязанных и научно обоснованных требований, вытекающих из сущности инженерной деятельности, возрастных особенностей школьников и современных образовательных парадигм.

*Приоритет прикладной направленности и контекстности.* Содержание должен быть глубоко погружено в релевантные и понятные инженерные контексты, характерные для окружающего мира обучающихся 10 – 12 лет. Это могут быть задачи из области строительства, конструирования, транспорта, экологии, бытовых технологий. Математические понятия должны представлять не как абстракции, а как необходимые инструменты для анализа этих ситуаций, постановки задач и поиска практических решений. Учебные задания обязаны моделировать реальные проблемные ситуации инженерного типа, а не предлагать «стерильные» вычисления.

Традиционное абстрактное изложение математики оторвано от практики и не формирует у обучающихся понимание зачем нужны эти знания. Контекстность решает ключевые задачи: мотивирует обучающихся, показывая значимость математики в реальной жизни; обеспечивает глубокое понимание смысла математических операций и понятий; развивает критически важное для инженера умение «переводить» практическую проблему на формальный математический язык и, что не менее важно, интерпретировать полученный математический результат обратно в контекст исходной задачи. Это требование является прямым следствием деятельностного и практико-ориентированного подходов в образовании.

Критически важен на протяжении всего обучения в 5 – 6 классах. Это ключевой период для формирования устойчивой мотивации и понимания «зачем мне это учить?». Лучше всего его реализовывать на этапах: введения новой темы,

изучения и освоения материала, закрепления и применения знаний, повторения и систематизации.

*Интеграция системности и комплексности.* Означает, что учебный материал должен быть структурирован так, чтобы математические знания их разных разделов не изучались изолированно, а интегрировались вокруг решения комплексных, междисциплинарных задач. Например, проект «Парк аттракционов» может потребовать расчета площадей, стоимости билетов и материалов, пропускной способности, оценки надежности простого механизма. Обучающиеся должны учиться видеть объект как целое, вычленять его элементы, анализировать связи между ними и функции.

Инженерное мышление по своей природе системно. Инженер редко имеет дело с простым, одношаговыми задачами. Он работает со сложными системами, где изменение одного параметра влияет на другие. Традиционное линейное и изолированное изучение тем математики не развивает способность к синтезу и целостному анализу. Интеграция содержания формирует системное мышление, учит видеть взаимосвязи и закономерности в сложных явлениях, подготавливает обучающихся к решению многопараметрических проблем, характерных для инженерной практики.

Наиболее эффективна и необходима на определенных этапах обучения, когда у обучающихся уже есть база для обобщения и установления связей. Этапы: структурирования и систематизации нового материала, углубления и осмысления темы, повторения, обобщения и закрепления, изучения сложных, многоаспектных тем.

*Акцент на моделирование и оптимизации.* Содержание должно представлять систематические возможности для математического моделирования. Это означает создание обучающимися упрощенных математических образов реальных объектов или процессов. На основе этих моделей необходимо ставить и решать задачи оптимизации, поиска наилучшего решения по заданному критерию: минимум затрат материалов, максимум прочности конструкции, минимальное время выполнения, максимальная эффективность использования

ресурсов. Задания должны требовать не просто нахождения какого-либо решения, а сравнения альтернатив и выбора лучшего варианта.

Моделирование и оптимизация являются ядром инженерной деятельности. Инженер постоянно переводит реальность в модели, исследует их и ищет оптимальные решения. Данное требование развивает высокий уровень абстрактного мышления, прогностические способности, критическое мышление. Оно учит школьников не просто применять алгоритмы, а целенаправленно искать наиболее эффективные пути достижения цели.

Требует осторожного и дозированного внедрения. Это более сложные мыслительные операции, чем прикладная направленность или системность. Их лучше использовать на этапах углубленного применения знаний, решения задач и проектной деятельности, когда у обучающихся уже есть база для анализа и экспериментирования. Этапы: решение сложных задач, проведение исследований и экспериментов, проектная деятельность.

*Включение проектной логики и предвидения.* Организовывается таким образом, чтобы обучающиеся последовательно проходили этапы инженерного проектного цикла в рамках решения задач и выполнения заданий. Это включает: анализ исходной ситуации, требований и ограничений; постановку конкретной задачи; планирование решения; реализацию плана; проверку полученного решения на соответствие требованиям и оценку его эффективности, возможных последствий и рисков. Особое внимание уделяется этапу предвидения, прогнозированию результатов до их практической реализации на основе расчетов и моделирования.

Инженерная деятельность по своей сути является проектной. Традиционные учебные задачи часто ограничиваются только этапом «решения». Формирование инженерного мышления требует освоения полного цикла. Это требование развивает проектное мышление, ответственность за результат, умение планировать и организовывать свою деятельность, прогнозировать возможные трудности и оценки риска. Именно проектная логика отличает инженерное мышление от простого умения решать математические задачи.

Включение элементов крайне полезно и целесообразно. Это идеально для 5 – 6 классов, для начала их систематического освоения, но важно делать это дозированно и адаптировано. Оптимальные этапы и способы включения в 5 – 6 классах: начало проекта, в процессе работы, завершение проекта.

*Ориентация на эвристику и нестандартные решения.* Включает значительную долю задач открытого типа, не имеющих единственного очевидного верного ответа. Эта задачи, допускающие множественность подходов и решений, зависящих от выбранных критериев или условий. Необходимые задания, требующие изобретательности, поиска нестандартных, ресурсосберегающих решений. На доступном уровне можно вводить простейшие элементы эвристики и ТРИЗ.

Реальные инженерные проблемы часто уникальны и не имеют готовых шаблонных решений. Инженеру необходимы креативность и способность мыслить нестандартно. Данное требование направлено на развитие гибкости мышления, способности генерировать альтернативные идеи, адаптивности к изменяющимся условиям, изобретательности, ключевых качеств инженерного мышления. Оно противодействует формированию шаблонного мышления, которое может развиваться при решении только типовых задач.

Развитие эвристического мышления и нестандартного подхода у обучающихся 5 – 6 классов не только возможно, но и чрезвычайно важно. Это период активного развития абстрактного мышления, любознательности и готовности к творчеству. Однако внедрять его нужно точно и осознанно, интегрируя в учебный процесс на подходящих этапах и в правильной форме.

*Обеспечение деятельностной направленности.* Математические знания и умения в рамках проектируемого содержания должны выступать не как самоцель, а исключительно как средство для достижения практического результата в контексте инженерной деятельности. Акцент смещается с «решить пример» на «используй математику, чтобы рассчитать параметры, спроектировать устойчивую конструкцию, оптимизировать процесс, доказать целесообразность

выбранного варианта». Математика становится рабочим инструментом преобразования ситуаций и решения конкретных практических проблем.

Сущность инженерного мышления заключается в преобразующей деятельности, направленной на создание нового или улучшение существующего. Это требование формирует операциональное мышление, прагматическое отношение к знаниям, глубокое понимание функциональной роли математики как универсального языка описания и инструмента преобразования реального мира. Это ключевой аспект метапредметности – математика служит основой для решения задач других областей.

*Соблюдение принципа возрастной адекватности и доступности.* Все инженерные контексты, задачи, проекты и используемый математический аппарат должны быть понятны, значимы и реально выполнимы обучающимися 10 – 12 лет. Математическая сложность задач должна строго соответствовать программам 5 – 6 классов. Инженерные проблемы должны быть масштабированы до уровня возможностей младших подростков. Сложность заданий должна нарастать постепенно, обеспечивая доступность первого успеха и дальнейшее развитие.

Игнорирование возрастных возможностей приводит к фрустрации, потере мотивации и, как следствие, к не успешности. Это требование обеспечивает психологическую комфортность обучения, успешность деятельности каждого обучающегося, поддержание устойчивого интереса и высокой познавательной активности. Оно опирается на естественную склонность детей этого возраста к конструированию, экспериментированию и практической деятельности, а также учитывает этап развития их абстрактно-логического мышления, который еще не позволяет легко оперировать высокими уровнями абстракции без опоры на конкретику и действие.

Это основополагающий принцип, который должен учитываться на всех этапах планирования, проведения и рефлексии учебного процесса в 5 – 6 классах. Он является фундаментом, на котором строится все остальное.

*Формирование метапредметного языка, технико-математической коммуникации.* Содержание должно целенаправленно развивать у обучающихся

умения двустороннего перевода между сферами. С одной стороны, обучающиеся должны научиться адекватно описывать техническую или технологическую ситуацию, используя точные математические теоремы, символы, формулы, чертежи и схемы. С другой стороны, они должны уметь правильно интерпретировать полученные в ходе расчетов или моделирования математические результаты, объясняя их значение и последствия в терминах исходной практической задачи.

Способность к точному «переводу» между языком техники/технологии и языком математики. Фундаментальный навык инженера, без которого невозможно ни корректное понимание проблемы, ни адекватное объяснение решения. Это требование развивает коммуникативную компетентность, точность мышления и выражения, глубинное понимание сути математических объектов и их неразрывной связи с реальными процессами и явлениями. Оно формирует основу для профессиональной коммуникации в будущем.

Строгое соблюдение указанных требований при проектировании содержания курса математики 5 – 6 классов является необходимым условием его трансформации из системы абстрактных знаний в действенный педагогический инструмент. Такой инструмент целенаправленно формирует ключевые компоненты инженерного мышления на уровне, доступном и развивающем для младших подростков. Пренебрежение этими требованиями обрекает традиционное содержание на неэффективность в решении задачи раннего развития инженерной культуры мышления.

Программа по математике для 5 – 6 классов с фокусом на инженерное мышление должна сохранять фундаментальные математические знания, но подавать их через призму решения практических задач, анализа данных, понимания пропорций, работы с моделями и развития пространственного воображения. Целью программы является развитие инженерного мышления через освоение ключевых математических понятий и формирование навыков их применения для анализа, моделирования и решения практических задач. Примерное содержание представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание программы 5 – 6 классов

№	Раздел	Тема	Инженерный контекст
1	2	3	4
5 класс			
1	Числа и вычисления: инженерный инструментарий	.Натуральные числа и дроби: повторение и углубление. Операции	Расчет материалов, понимание спецификаций, чтение технических чертежей с размерами.
		Десятичные дроби: сложение, вычитание, умножение, деление.	Точные измерения, расчеты стоимости материалов, работа с микрометрами/штангенциркулем, представление данных в таблицах.
		Округление. Погрешность измерений: понятие точности и приближенности. Абсолютная и относительная погрешности.	Почему точность важна? Расчет допустимых отклонений в конструкции. Запись результатов измерений с учетом погрешности.
		Проценты: нахождение процента от числа и числа по его проценту.	Расчет скидок на материалы, содержание примесей в сплавах, КПД простых механизмов, изменение параметров.
2	Геометрия: форма, размер, пространство	Плоские фигуры: углы. Треугольники, четырехугольники, окружность и круг.	Чтение и построение простых технических эскизов, расчет параметра участка/рамки, определение центра тяжести плоской фигуры.
		Площади: прямоугольника, квадрата, треугольника. Площадь плоских фигур.	Расчет площади поверхности, площади сечения балок/проводов, эффективная площадь.

2	Геометрия: форма, размер, пространство	Объемы и поверхности: понятие объема. Формулы объема прямоугольного параллелепипеда, куба. Площадь поверхности.	Расчет объема материалов, объема емкостей, площади поверхности корпусов устройств.
		Масштаб: понятие масштаба. Чтение карт и чертежей. Построение планов помещений/участков в масштабе.	Работа с географическими картами, техническими чертежами деталей и схем, создание макетов.
3	Введение в зависимости и анализ данных	Таблицы и диаграммы: построение и чтение столбчатых, круговых, линейных диаграмм.	Представление результатов экспериментов, анализ характеристик материалов из таблиц.
		Координатная плоскость: построение точек по координатам.	Основы ЧПУ, построение простых графиков зависимостей.
6 класс			
1	Дроби и проценты: основы расчетов	Обыкновенные дроби: действия. Сравнение.	Расчет передаточных отношений в простых зубчатых передачах, долей компонентов в смесях/сплавах.
		Отношения и пропорции: прямая и обратная пропорциональность. Решение задач с пропорциями.	Расчет по схемам и чертежам, определение неизвестных размеров, расчет скорости, времени, пути. Расчет сопротивлений в простых электрических цепях.
		Модуль числа: геометрический смысл.	Расчет абсолютных отклонений от номинала.

2	Рациональные числа и координаты: точность и ориентация	Положительные и отрицательные числа: координатная прямая. Сравнение. Действия.	Температура шкалы, уровни высот/глубин, напряжение электрического тока, декартовы координаты на плоскости.
		Координатная плоскость: углубление. Построение графиков простых линейных зависимостей.	Графики движения, зависимости силы тока от напряжения, траектории.
3	Алгебраические начала: формализация задач	Буквенные выражения: составление, вычисление значений.	Записать формул, подстановка значений для расчета.
		Уравнения: решение линейных уравнений.	Нахождение неизвестного параметра в технической задаче.
4	Геометрия: пространство и преобразования	Геометрические тела: цилиндр, конус, шар, призма, пирамида.	Моделирование объектов, расчет площади поверхности и объема сложных тел.
		Симметрия: построение симметричных фигур.	Балансировка механизмов, дизайн, устойчивость конструкций.
		Параллельность и перпендикулярность прямых в пространстве.	Построение каркасов, понимание чертежей.
5	Элементы комбинаторики, теории вероятностей и статистики	Комбинаторные задачи: перебор вариантов, дерево решений.	Оптимизация маршрутов, выбор материалов/конфигураций из ограниченного набора.
		Случайные события. Вероятность: понятие на интуитивном уровне и частотное определение.	Оценка надежности простых систем, анализ рисков.
		Среднее арифметическое. Медиана: расчет и интерпретация.	Анализ результатов испытаний материалов, обработка данных измерений с учетом погрешности.

В качестве практического задания в 5 классе можно предложить проект «Макет комнаты или участка». Он подразумевает: измерения, масштаб, расчет площади поверхностей и объемов, составление спецификации материалов. В 6 классе проект «мост из спагетти» (расчет прочности, пропорций, нагрузок. Создание чертежей, сборка, тестирование).

Для реализации представленного содержания предлагаю выполнять следующие задания.

Задание 1. Измерьте длину и ширину классной комнаты рулеткой с точностью до сантиметра. Запишите результаты. Рассчитайте периметр и площадь.

Задание 2. На техническом чертеже детали указаны размеры: 12.5 см, 3.75 см, 8 см. запишите эти размеры в миллиметрах. На чертеже указано, что погрешность изготовления 0.5 мм. В каком диапазоне может быть реальный размер каждой детали?

Задание 3. Для покраски 1 кв. м стены требуется 120 мл краски. Рассчитайте, сколько литров краски потребуется для покраски стен в классе. В инструкции к краске указано, что на второй слой уходит на 15% меньше краски. Сколько краски потребуется всего на два слоя?

Данные задания направлены не только на правильный ответ, но и на ход рассуждений, анализ условий, выбор стратегии решения, оценку реалистичности ответа. При работе с заданиями необходимо постоянно подчеркивать, где и как подобные задачи решают настоящие инженеры, строители, дизайнеры, логисты. Цифры в заданиях можно менять для создания аналогичных заданий разного уровня сложности. Поощряйте анализ ошибок как важный этап инженерного процесса.

Комплекс заданий прилагаются в Приложении А.

Таким образом, предлагаемый подход к проектированию содержания обучения математике, обеспечивающего формирование инженерного мышления для обучающихся 5 – 6 классов представляет собой целенаправленный шаг по трансформации традиционного курса в инструмент развития ключевых

компетенций инженерного мышления. Она не просто сохраняет фундаментальные математические знания, но кардинально меняет подход к их освоению. Через систематическое погружение в практико-ориентированный контекст (расчеты материалов и конструкций, анализ технических чертежей и схем, моделирование физических процессов, работу с измерениями и их погрешностями, интерпретацию данных эксперимента) обучающиеся учатся видеть в математических абстракциях мощный инструмент для решения реальных задач.

## **2.2. Проектирование организации обучения математики, ориентированного на формирование инженерного мышления обучающихся**

Успешная реализация измененного содержания, ставящей во главу угла формирование инженерного мышления через призму математики, неизбежно требует коренной трансформации образовательного процесса. Традиционная модель, где учитель объясняет, а обучающиеся решают типовые задачи по образцу, не способна развивать комплекс компетенций, необходимых будущему инженеру: умение видеть проблему, переводить ее на язык математики, экспериментировать, конструировать решения и критически их оценивать. Поэтому ядром организации обучения становятся активные, исследовательские и продуктивные педагогические технологии, подкрепленные конкретными методическими приемами. Их выбор и интеграция прямо вытекают из целевых установок программы и требуют от учителя принципиально новой роли. Не транслятора готовых знаний, а фасилитатора, конструктора учебных ситуаций и наставника в процессе познания.

Это требует принципиально иного подхода к организации учебного процесса, где приоритет отдается активным, исследовательским и конструкторским формам работы. Поэтому ключевым становится вопрос проектирования образовательной среды и методического инструментария, обеспечивающих эффективное освоение обучающимися заявленных инженерно-математических компетенций.

Акцент на проектной деятельности и межпредметных связях обеспечивает не только глубокое усвоение математического аппарата, но и его естественную интеграцию в целостную картину познания мира. Обучающиеся перестают воспринимать математику как набор абстрактных правил. Они начинают использовать ее как рабочий язык для анализа, проектирования, прогнозирования и принятия обоснованных решений. В итоге, данная программа закладывает не просто базу, а фундаментальные навыки прикладного мышления. Она целенаправленно готовит обучающихся к осознанному и успешному изучению более сложных дисциплин естественно-научного и технического циклов,

формируя у них критически важные компетенции будущего инженера, исследователя и технически грамотного человека: умение ставить задачу, искать оптимальное решение, проверять его на практике и нести ответственность за результат. Это инвестиция в развитие логики, креативности и способности преобразовывать мир вокруг себя с помощью точных наук.

*Проблемное обучение: зажигание искры запроса на знание.*

Обучение начинается не с теории, а с предъявления содержательной, контекстно-значимой инженерной проблемы, которая сознательно лишена готового алгоритма решения и создает у обучающихся когнитивный диссонанс. Эта проблема формулируется как конкретный практический вызов, требующий математического осмысления:

«Как точно рассчитать количество краски для стен класса, минимизируя отходы и учитывая окна, двери и неизбежную погрешность измерений?»;

«На основе чертежа детали с одним пропущенным размером и указанным масштабом, как определить этот размер, чтобы деталь подошла в сборку?»;

«Почему велосипедисту легче крутить педали на маленькой звездочке сзади, но при этом он едет медленнее? Как это выразить числами?».

Формирует внутреннюю мотивацию. Проблема, взятая из реального мира техники или строительства, делает изучение математики осмысленным и необходимым. Обучающийся видит непосредственную применимость будущих знаний.

Учит обучающихся не просто решать, а видеть и формулировать проблему, задавать правильные вопросы («Какие данные мне нужны?», «Какие математические отношения здесь скрыты?», «Каковы ограничения?»), что является краеугольным камнем инженерного подхода.

Новые математические понятия (проценты, площади, пропорции) вводятся не как абстракция, а как инструмент, необходимый для преодоления возникшего затруднения, обеспечивая глубокое и контекстное усвоение.

Осознанная проблема естественно порождает потребность в исследовании и проектировании решения, становясь непосредственным стартом для следующей технологии – проектной деятельности.

Конкретная реализация в программе:

Тема «Десятичные дроби и погрешность» стартует с задачи точного замера габаритов парты разными инструментами и анализа, почему результаты различаются и как это влияет на расчет площади столешницы.

Изучение «Пропорций» начинается с анализа реальной велосипедной трансмиссии: подсчет количества зубьев на звездах, наблюдение за изменением усилия и скорости, постановка вопроса о математической зависимости между ними.

Тема «Объемы» вводится через проблему расчета необходимого количества бетона для фундамента садовой скамейки прямоугольной формы, требующей разбиения на простые геометрические тела.

*Проектная технология: Моделирование полного инженерного цикла – от идеи до воплощения и анализа.*

Возникшая в ходе проблемного обучения задача находит свое развитие в долгосрочном (несколько уроков/недель), комплексном проекте. Обучающиеся (индивидуально или в группах) проходят все этапы инженерной практики:

1. исследование и анализ. Четкая постановка цели проекта («спроектировать и построить модель моста из заданных материалов с максимальной несущей способностью»), определение требований (материалы, размеры, бюджет времени) и ограничений (допустимые нагрузки, способы соединения);

2. планирование и проектирование. Разработка концепции, проведение необходимых математических расчетов (геометрические параметры, пропорции элементов, прогноз нагрузок на основе упрощенных моделей), создание эскизов и чертежей (вручную или в CAD, например Tinkercad);

3. реализация. Создание физического прототипа или действующей модели (мост из спагетти и клея, электрическая цепь в макете комнаты, простой механизм) строго на основе выполненных расчетов и чертежей;

4. тестирование и сбор данных. Экспериментальная проверка функционирования модели в соответствии с целью (нагружение моста до разрушения, измерение КПД рычага, проверка работы электрической цепи), фиксация результатов (величина разрушающей нагрузки, реальный КПД, сила тока) с использованием измерительных инструментов;

5. анализ и рефлексия. Критическое сравнение расчетных прогнозов с экспериментальными данными («Почему мост выдержал меньше, чем мы рассчитали?»), выявление причин расхождений (качество соединений, неравномерность нагрузки, погрешность модели), оценка эффективности решения, формулировка выводов и возможных путей оптимизации. Презентация процесса и результата.

Проект требует синтеза математики (расчеты, геометрия), технологии (материаловедение, конструирование), элементов физики (силы, КПД), информатики (моделирование, презентации), реализуя межпредметность на практике. Формирует системное инженерное мышление: учит видеть объект/процесс как целостную систему, учитывать взаимовлияние элементов, этапов работы и ресурсных ограничений. Развивает метакогнитивные и социальные навыки: Планирование, самоконтроль, командная работа, коммуникация, принятие решений, критическая рефлексия – становятся неотъемлемой частью деятельности.

Лабораторно-практическая составляющая (тестирование) является обязательным и ключевым этапом проекта, демонстрируя непосредственную связь между точностью расчетов и реальным результатом. Ошибки в математических выкладках становятся очевидны и предметом анализа.

Цифровые инструменты (CAD, софт для расчетов и визуализации) естественно интегрируются на этапах проектирования, анализа данных и презентации.

Конкретная реализация в программе:

– 5 класс: Проект «Оптимизация жилого пространства»: Проблема (неэффективное использование площади комнаты) → Исследование (стандарты, эргономика) → Проектирование (масштабный план перестановки мебели с расчетом свободных площадей и зон) → Расчеты (стоимость возможных изменений) → Создание макета/3D-модели → Защита решения.

– 6 класс: Проект «Энергоэффективный подъем»: Проблема (подъем груза на высоту с минимальными усилиями) → Исследование (типы простых механизмов) → Проектирование (выбор и расчет параметров рычага/блока/наклонной плоскости, прогноз КПД) → Реализация (сборка модели) → Лабораторное тестирование (измерение затраченной/полезной работы, реального КПД) → Анализ расхождений с теорией → Построение графиков → Оптимизация.

*Лабораторные и практические работы: Культура точности, эксперимента и верификации.*

Этот элемент не является самостоятельной технологией в отрыве, а выступает как критически важная, часто встроенная в проекты или проблемные задачи, практика. Он фокусируется на коротких, интенсивных сессиях, где обучающиеся:

– отработывают точные измерительные процедуры с использованием специализированных инструментов (штангенциркуль, микрометр, мультиметр, датчики цифровых лабораторий – в дополнение к линейке и рулетке);

– собирают действующие схемы или установки по инструкции или собственному плану (электрическая цепь, рычажные весы, модель гидравлического пресса);

– проводят стандартизированные или поисковые эксперименты для сбора эмпирических данных;

– фиксируют, систематизируют и анализируют данные: Ведение лабораторных журналов, заполнение таблиц, построение графиков в реальном времени;

– проводят критическое сравнение: Сопоставление экспериментальных результатов с теоретическими прогнозами, полученными на предыдущих этапах (в рамках проблемы или проекта), расчет погрешностей, формулировка обоснованных выводов.

Воспитывает понимание неизбежности погрешности, необходимости корректной записи результатов (например,  $(50,2 \pm 0,1)$  мм), оценки влияния инструментальной точности на итоговый расчет. Это фундамент для ответственного инженерного подхода.

Развивает практические навыки работы с оборудованием: учит грамотно и безопасно пользоваться измерительным и экспериментальным инструментарием, что необходимо для успешной реализации проектов.

Обеспечивает обратную связь и верификацию: является ключевым механизмом проверки гипотез и математических моделей, разработанных в ходе проблемного обсуждения или проектирования. Демонстрирует силу и ограничения теории в реальных условиях (трение, сопротивление материалов, не идеальность элементов).

Воспитывает объективность и научную честность: требует непредвзятой фиксации всех данных, даже если они противоречат ожиданиям, и их тщательного анализа.

Напрямую поддерживает проекты: сбор данных для проектных расчетов, проверка работоспособности узлов проекта, окончательное тестирование прототипа – все это лабораторно-практические операции.

Конкретная реализация в измененном содержании (часто в рамках проектов или после постановки проблемы):

«Погрешность – наш неизменный спутник»: Серия измерений одного объекта разными инструментами разной точности → Расчет производных величин (площадь, объем) для каждого набора измерений → Оценка вклада инструментальной погрешности в итоговый результат → Выводы для проектной деятельности (какой инструмент выбрать для точных расчетов?).

«Испытание материалов» (в рамках проекта «Мост»): Определение прочности на разрыв отдельных элементов конструкции (нити, спагетти) при разных способах соединения → Фиксация разрушающей нагрузки → Расчет средней прочности и разброса → Использование данных для проектных расчетов несущей способности моста.

*Цифровое моделирование и визуализация: Усиление возможностей мышления и проектирования.*

Цифровые инструменты не заменяют, а мощно дополняют практическую деятельность, выступая как универсальные усилители познания на всех этапах проблемно-проектного цикла:

Превращение формул и чертежей в динамические, интерактивные образы (построение 3D-геометрических тел в Tinkercad, анимация траекторий в GeoGebra, создание интерактивных графиков зависимостей в Desmos).

Проведение «цифровых экспериментов» – варьирование параметров (размеры, углы, нагрузки, напряжения) и мгновенное получение результатов (объемы, площади, напряжения, деформации), позволяющее быстро проверить множество гипотез без дорогостоящего натурального моделирования.

Обработка больших массивов экспериментальных данных (расчет средних, СКО, построение трендов, аппроксимация кривых), решение сложных систем уравнений.

Разработка профессиональных чертежей, схем, диаграмм и презентаций результатов проекта.

Делает невидимое и абстрактное – видимым и понятным: помогает обучающимся мысленно оперировать сложными пространственными формами, функциональными зависимостями, физическими процессами.

Повышает эффективность и глубину исследований: позволяет исследовать граничные условия и «что, если» сценарии, недоступные в школьной лаборатории, углубляя понимание математических закономерностей и их применимости.

Развивает вычислительное мышление: формирует навыки формализации задачи для ее решения с помощью компьютера.

Формирует критическую цифровую грамотность: учит адекватно интерпретировать результаты моделирования, понимать их ограничения и допущения, отличать симуляцию от реальности.

Неразрывно интегрирован в проблемное обучение, проекты и лабораторные работы: используется для визуализации проблемы, оптимизации проектных решений, обработки и представления лабораторных данных, создания итоговых отчетов.

Конкретная реализация в программе (пронизывает все):

– GeoGebra: Расчет и визуализация центра тяжести конструкции моста. Анализ данных: Построение графика зависимости прогиба балки от приложенной силы по результатам симуляции или реальных измерений;

– Tinkercad (CAD): Проектирование: Создание 3D-модели и развертки коробки для проекта «Упаковка», проектирование элементов моста. Верификация: Проверка сборки виртуального прототипа перед изготовлением. Презентация: Демонстрация 3D-модели итогового проекта;

– табличные процессоры (Excel/Sheets): Лабораторная работа/Проект: Обработка данных измерений силы тока и напряжения, автоматический расчет сопротивления и построение графика. Проект: Создание интерактивной сметы расходов на материалы с формулами. Анализ данных: Расчет статистических параметров в задаче «Контроль качества деталей».

Ключевая сила данной модели – не в отдельных технологиях, а в их системной взаимосвязи и взаимодополнении. Проблема запускает мысль, проект структурирует деятельность и требует интеграции знаний, лабораторная работа обеспечивает точность и верификацию, цифровые инструменты расширяют возможности на всех этапах. Рефлексия (анализ успехов, ошибок, причин расхождений теории и практики) замыкает цикл, превращая опыт в осознанное знание и навык.

Роль учителя трансформируется кардинально: от лектора к архитектору учебной среды, дизайнеру проблемных ситуаций, консультанту по ресурсам и методам, фасилитатору групповой работы, эксперту по постановке "правильных" вопросов («Как ты это проверишь?», «Почему расчеты не совпали с экспериментом?», «Какое допущение в твоей модели могло привести к ошибке?», «Как можно оптимизировать решение?») и организатору глубокой рефлексии.

На основе вышесказанного была разработана серия мини-проектов направленная на формирование инженерного мышления обучающихся 5-6 классов (приложение Б).

Таким образом, реализованная стратегия поэтапного развития математических компетенций в инженерном контексте для обучающихся 5 – 6 классов – начиная с целенаправленного формирования и отработки ключевых навыков (вычислительных, геометрических, логико-алгоритмических) на материале, приближенном к инженерным задачам, и последовательно переходя к их комплексному применению в рамках небольших, но содержательных проектов. Создает прочный фундамент и формирует у обучающихся готовность к практическому действию. Эта эволюция, от решения изолированных учебных задач к проектированию и реализации собственных решений (макетов, моделей, расчетов, прогнозов), логически и дидактически неизбежно подводит к кульминационному этапу инженерного цикла: апробации. На данном этапе фокус смещается с процесса создания решения на его практическую проверку, испытание и верификацию в условиях, максимально приближенных к реальности. Именно апробация позволяет обучающимся непосредственно столкнуться с последствиями своих расчетов и конструктивных решений, проверить жизнеспособность гипотез, оценить влияние неучтенных факторов и, что критически важно, получить эмпирическую основу для глубокой рефлексии и последующей доработки проекта. Переход к этому этапу знаменует качественный скачок: от владения инструментарием к его осмысленному использованию для ответа на ключевой инженерный вопрос: «Работает ли это так, как задумано, и почему?»

### 2.3. Описание и результат опытно-экспериментальной работы

Разработанный комплекс заданий, мини-проекты и методика формирования инженерного мышления у обучающихся 5 – 6 классов общеобразовательной школы легли в основу планирования и проведения педагогического эксперимента.

Опытно-экспериментальная работа была организована в течении 2024/2025 учебного года на базе Муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения Железнодорожная школа №100 с участием обучающихся 6-х классов.

Целью эксперимента является доказательство эффективности развития инженерного мышления в процессе обучения математике.

Экспериментальная работа проводилась в *три этапа*:

1. констатирующий этап. Диагностика исходного уровня сформированности инженерного мышления у шестиклассников МБОУ Школы №100;

2. поисково-формирующий этап. Внедрение комплекса заданий для развития инженерного мышления и реализации мини-проектов с применением специальных форм и методов обучения, направленных на повышение уровня инженерного мышления обучающихся 6 классов;

3. контрольно-обобщающий этап. Определение итогового уровня сформированности инженерного мышления обучающихся 6 класса с учетом результатов внедрения разработанных методических рекомендаций.

На констатирующем этапе опытно-экспериментальной работы основной целью являлось теоретическое и практическое обоснование актуальности темы исследования. На этом этапе нами были использованы такие методы исследования: анализ психолого-педагогической литературы по теме исследования, наблюдение за процессом учебной деятельности, обобщение передового отечественного и зарубежного педагогического опыта.

В ходе констатирующего этапа были *решены следующие задачи*:

1. анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы по проблеме исследования позволил определить и уточнить ключевые понятие исследования «инженерное мышление»;

2. осуществление опытно-поисковой работы на данном этапе педагогического эксперимента позволило: выделить основные навыки и умения входящие в понятие инженерное мышление; определить уровни сформированности инженерного мышления и критерии, их характеризующие; обосновать содержательный и технологический компоненты методики в формировании математической инженерного мышления;

3. выявление исходного уровня сформированности инженерного мышления обучающихся 6 классов общеобразовательной школы и проведение отбора экспериментальных и контрольных групп по результатам проведенной диагностики.

Для выявления исходного уровня сформированности инженерного мышления обучающимся 6 класса было предложена письменная диагностическая работа, включающая 10 заданий. Задания фокусируются на практичности и ключевых навыках инженерного мышления, а также включали компоненты прогнозирования, оценки рисков, оптимизации и понимания последовательности действий.

*Целью тестирования* является оценка исходного уровня базовых компонентов инженерного мышления.

Бумажный тест, состоящий из заданий на все компоненты инженерного мышления в 6 классах (приложение В). Критерии оценивания по заданиям от 0 до 2 баллов, где 2 балла – высокий уровень проявления навыка. Максимальное количество баллов – 20. На выполнения обучающимся выделяется 40 минут. Выполнять тест обучающихся посадили индивидуально за парты, для того чтобы во время работы они не помогали друг другу и не советовались. Это было сделано для того чтобы результаты не исказились и была возможность оценить реальный исходный уровень сформированности инженерного мышления.

Полученные в ходе работы баллы вносятся в итоговую таблицу, по каждому обучающемуся. Итогом тестирования является определение исходный уровень сформированности инженерного мышления у обучающихся 6 класса. Результаты, полученные в ходе диагностики исходного уровня, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходный уровень сформированности инженерного мышления у обучающихся 6 класса МБОУ Школы №100, г.Железногорск

Обучающийся	Количество баллов, полученных за ответы на вопросы										Итог
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Обучающийся 1	2	1	0	2	0	0	1	1	1	1	8
Обучающийся 2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	6
Обучающийся 3	0	2	1	0	1	2	0	0	2	1	9
Обучающийся 4	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	5
Обучающийся 5	2	0	1	1	1	0	1	0	0	1	7
Обучающийся 6	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	6
Обучающийся 7	2	1	0	2	2	0	1	1	0	2	11
Обучающийся 8	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Обучающийся 9	2	1	0	2	2	0	0	1	0	0	8
Обучающийся 10	1	1	2	0	1	1	1	1	2	2	12
Обучающийся 11	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	7
Обучающийся 12	0	0	2	2	2	0	0	2	0	1	9
Обучающийся 13	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	6
Обучающийся 14	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
Обучающийся 15	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Обучающийся 16	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	6
Обучающийся 17	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	4
Обучающийся 18	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	7
Обучающийся 19	1	1	0	0	0	1	2	1	0	0	6
Обучающийся 20	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	17
Обучающийся 21	1	2	0	0	1	1	0	2	1	1	9

Продолжение таблицы 2

Обучающийся 22	2	0	0	1	1	1	0	0	1	0	6
Обучающийся 23	2	0	1	2	1	0	1	1	1	2	11

Шкала оценивания:

0 – 7 баллов: начальный уровень. Навыки инженерного мышления проявляются фрагментарно или слабо. Требуется значительная работа по развитию системного взгляда, анализа, генерации идей.

8 – 14 баллов: базовый уровень. Ученик демонстрирует понимание основных компонентов инженерного мышления в знакомых контекстах, но может испытывать трудности с более сложным анализом, обоснованием, прогнозированием или применением в новых ситуациях. Есть потенциал для развития.

15 – 20 баллов: продвинутый уровень (для входа в 6 класс). Ученик уверенно проявляет ключевые навыки: наблюдение, выявление проблем, генерацию идей в рамках ограничений, простой анализ, понимание последовательностей, работу с данными. Хорошая база для углубленного развития инженерного мышления.

Результаты диагностики исходного уровня сформированности инженерного мышления представлены на диаграмме 1.

Анализ результатов тестирования показал, что большинство обучающихся 6 класса МБОУ Школы №100 демонстрируют начальный уровень сформированности инженерного мышления. Обучающиеся испытывают значительные трудности с применением полученных на уроках математики знаний к решению практических задач, требующих использования инженерных навыков.

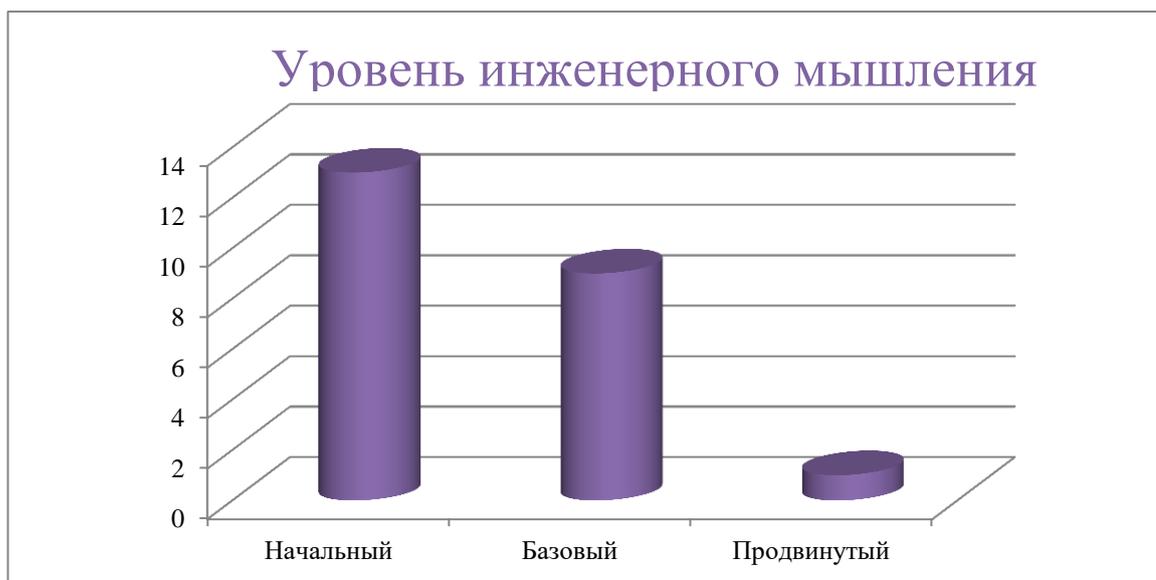


Диаграмма 1 – Исходное распределение обучающихся 6 класса по уровням сформированности инженерного мышления

Основываясь на результатах констатирующего этапа, был реализован поисково-формирующий этап эксперимента. Его целью являлась разработка комплекса заданий и мини-проектов для формирования инженерного мышления у обучающихся 6 классов общеобразовательной школы. А также апробация данного комплекса. В ходе этапа отслеживалась динамика уровня сформированности инженерного мышления в результате внедрения разработанных материалов.

На заключительном контрольно-обобщающем этапе экспериментальной работы была проверена выдвинутая гипотеза исследования. Для этого проводилось измерение достигнутого уровня сформированности инженерного мышления. В качестве инструмента мониторинга использовался контрольный тест, аналогичный применявшемуся на констатирующем этапе для определения исходного уровня. При этом контрольные вопросы и ситуации в тесте были изменены. Данный подход позволил оценить уровень сформированности инженерного мышления после реализации предложенного комплекса заданий и мини-проектов.

Результаты итогового тестирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Итоговый уровень сформированности инженерного мышления у обучающихся 6 класса МБОУ СОШ №100 г.Железногорск

Обучающийся	Количество баллов, полученных за ответы на вопросы										Итог
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Обучающийся 1	2	1	0	2	0	0	1	1	1	1	8
Обучающийся 2	2	0	0	1	0	0	1	1	1	1	7
Обучающийся 3	0	2	1	0	1	2	0	0	2	1	9
Обучающийся 4	0	0	1	0	1	1	2	0	1	1	7
Обучающийся 5	2	0	1	1	2	1	1	2	1	1	12
Обучающийся 6	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	6
Обучающийся 7	2	1	0	2	2	0	1	1	1	2	12
Обучающийся 8	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1	7
Обучающийся 9	2	1	0	2	2	1	1	1	1	0	11
Обучающийся 10	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	15
Обучающийся 11	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	7
Обучающийся 12	0	0	2	2	2	0	0	2	0	1	9
Обучающийся 13	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	6
Обучающийся 14	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	7
Обучающийся 15	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	10
Обучающийся 16	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	6
Обучающийся 17	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	5
Обучающийся 18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Обучающийся 19	1	1	0	0	0	1	2	1	0	0	6
Обучающийся 20	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19
Обучающийся 21	1	2	0	0	1	1	0	2	1	1	9
Обучающийся 22	2	0	0	1	1	1	0	0	1	1	7
Обучающийся 23	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	13

Результаты диагностики уровня сформированности инженерного мышления, на заключительном этапе, представлены на диаграмме 2.



Диаграмма 2 – Распределение обучающихся 6 класса по уровням сформированности инженерного мышления на заключительном этапе

Анализ результатов итогового тестирования показал, что большинство обучающихся 6 класса МБОУ Школы №100 по-прежнему демонстрируют начальный уровень сформированности инженерного мышления.

Динамика изменений в уровне сформированности инженерного мышления между констатирующим и контрольно-обобщающим этапами опытно-экспериментальной представлены на диаграмме 3.

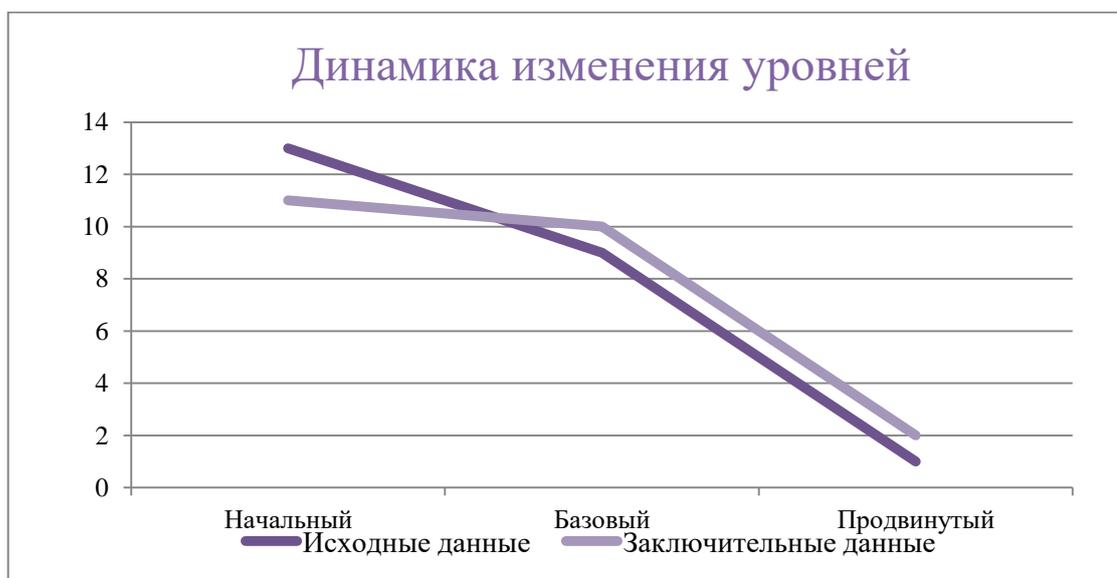


Диаграмма 3 – Динамика изменения уровня сформированности инженерного мышления обучающихся

Систематический анализ данных выявил незначительную положительную динамику показателей.

В ходе эксперимента было принято решение оценить влияние формирования инженерного мышления на академическую успеваемость обучающихся. Для этого проведено сравнение успеваемости между обучающимися 6 «А» (экспериментальная группа) и 6 «В» (контрольная группа) классов.

Исходные данные об успеваемости за курс а 5 класс представлены в таблице 4. Таблица 4 – Годовые оценки обучающихся 6 «А» и 6 «В» за пятый класс

ФИО	Оценка	ФИО	Оценка
Обучающийся 1	4	Обучающийся 1	3
Обучающийся 2	3	Обучающийся 2	4
Обучающийся 3	4	Обучающийся 3	4
Обучающийся 4	3	Обучающийся 4	4
Обучающийся 5	4	Обучающийся 5	4
Обучающийся 6	4	Обучающийся 6	4
Обучающийся 7	5	Обучающийся 7	4
Обучающийся 8	3	Обучающийся 8	5
Обучающийся 9	4	Обучающийся 9	5
Обучающийся 10	5	Обучающийся 10	3
Обучающийся 11	4	Обучающийся 11	3
Обучающийся 12	4	Обучающийся 12	3
Обучающийся 13	4	Обучающийся 13	4
Обучающийся 14	3	Обучающийся 14	4
Обучающийся 15	3	Обучающийся 15	4
Обучающийся 16	4	Обучающийся 16	4
Обучающийся 17	3	Обучающийся 17	3
Обучающийся 18	3	Обучающийся 18	4

## Продолжение таблицы 4

Обучающийся 19	4	Обучающийся 19	3
Обучающийся 20	5	Обучающийся 20	3
Обучающийся 21	4	Обучающийся 21	3
Обучающийся 22	4	Обучающийся 22	3
Обучающийся 23	4	Обучающийся 23	4

Для наибольшей наглядности успеваемость обучающихся за пятый класс представлена в виде диаграммы 4.

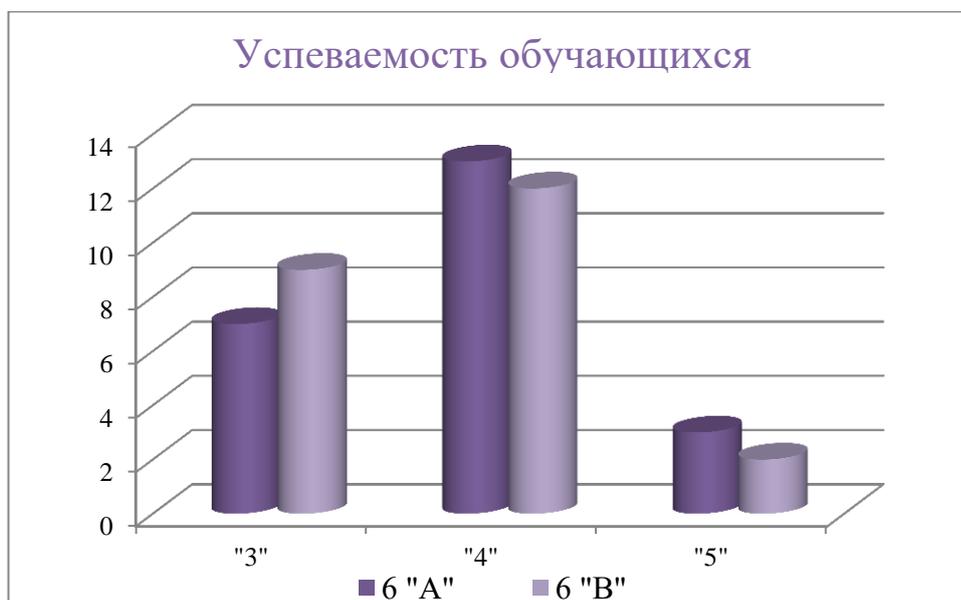


Диаграмма 4 – Годовые оценки обучающихся 6 «А» и 6 «В» за пятый класс

Для сравнения представляем успеваемость обучающихся за шестой класс, которая отражена в таблице 5.

Таблица 5 – Годовые оценки обучающихся 6 «А» и 6 «В» за шестой класс

ФИО	Оценка	ФИО	Оценка
Обучающийся 1	4	Обучающийся 1	3
Обучающийся 2	4	Обучающийся 2	4
Обучающийся 3	4	Обучающийся 3	3
Обучающийся 4	4	Обучающийся 4	4
Обучающийся 5	4	Обучающийся 5	4
Обучающийся 6	3	Обучающийся 6	4

## Продолжение таблицы 5

Обучающийся 7	5	Обучающийся 7	4
Обучающийся 8	4	Обучающийся 8	5
Обучающийся 9	4	Обучающийся 9	5
Обучающийся 10	3	Обучающийся 10	4
Обучающийся 11	4	Обучающийся 11	3
Обучающийся 12	4	Обучающийся 12	3
Обучающийся 13	3	Обучающийся 13	4
Обучающийся 14	3	Обучающийся 14	4
Обучающийся 15	3	Обучающийся 15	4
Обучающийся 16	4	Обучающийся 16	4
Обучающийся 17	5	Обучающийся 17	3
Обучающийся 18	4	Обучающийся 18	4
Обучающийся 19	4	Обучающийся 19	3
Обучающийся 20	5	Обучающийся 20	4
Обучающийся 21	4	Обучающийся 21	3
Обучающийся 22	4	Обучающийся 22	3
Обучающийся 23	4	Обучающийся 23	4

Для наибольшей наглядности успеваемость обучающихся за шестой класс представлена в виде диаграммы 5.

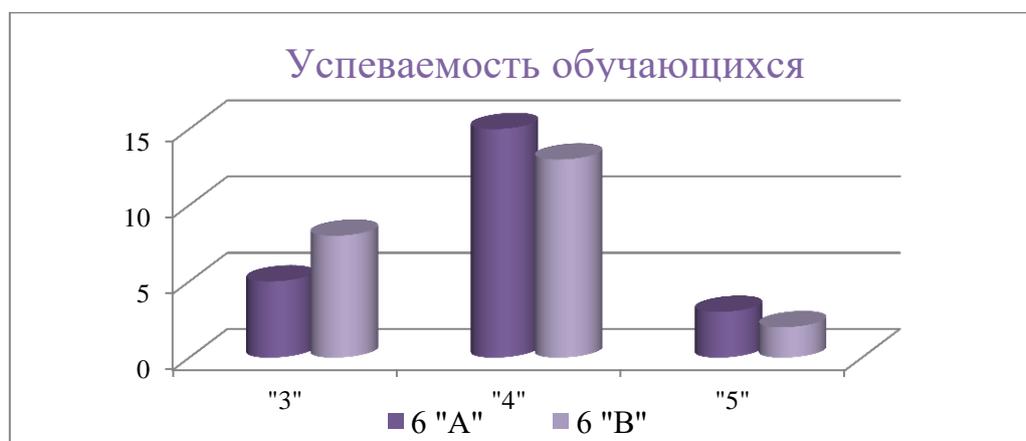


Диаграмма 5 – Годовые оценки обучающихся за шестой класс

Разница в успеваемости обучающихся 6 «А» за пятый и шестой класс представлена на диаграмме 6.

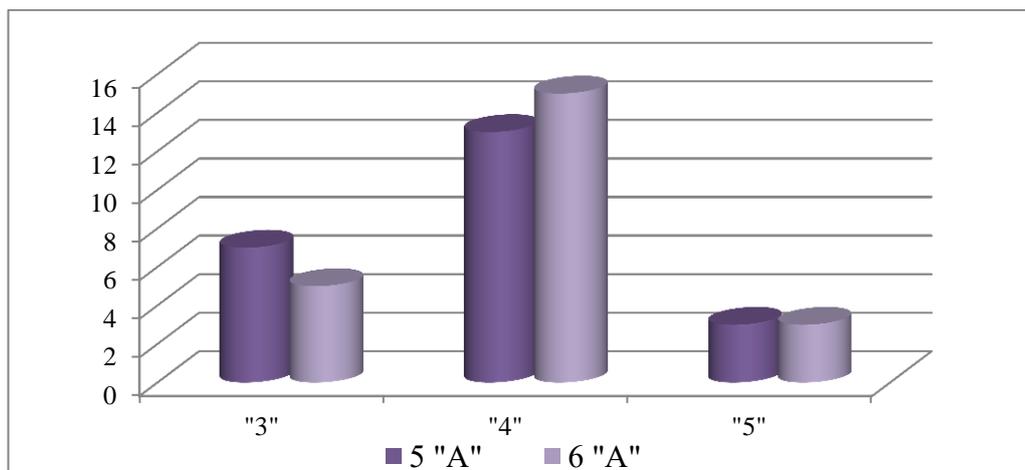


Диаграмма 6 – Сравнение успеваемости обучающихся 6 «А» за пятый и шестой класс

Разница в успеваемости обучающихся 6 «В» за пятый и шестой класс представлена на диаграмме 6.

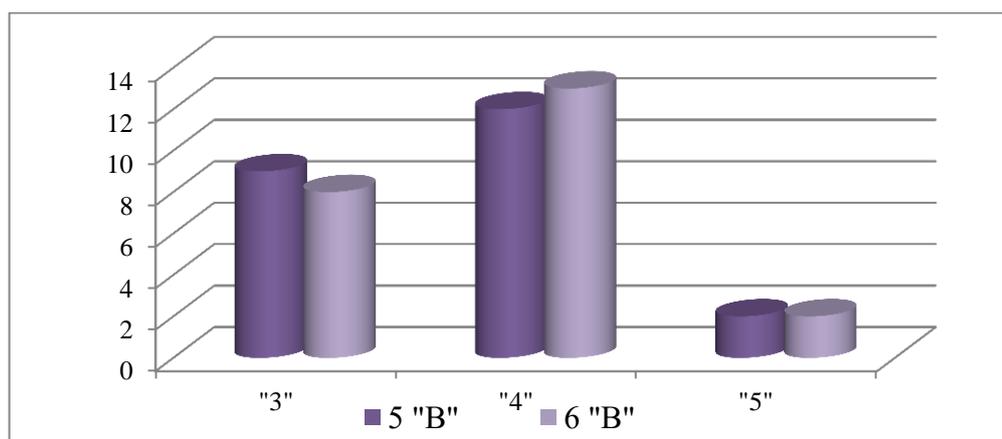


Диаграмма 6 – Сравнение успеваемости обучающихся 6 «В» за пятый и шестой класс

Сравнительный анализ успеваемости позволяет сделать вывод о том, что предложенный комплекс заданий оказывает положительное влияние в динамике успеваемости.

Выявленная положительная динамика в уровнях сформированности инженерного мышления у обучающихся 6 класса МБОУ «Школы №100» свидетельствует о том, что разработанная и апробированная методика эффективно способствует формированию инженерного мышления у обучающихся основной школы.

## **Заключение**

На основе анализа научно-педагогической и методической литературы нами было охарактеризовано инженерное мышление как актуальный образовательный результат. В ходе исследования так же были описаны современные подходы к его формированию в образовательной практике.

В процессе теоретического исследования выявлен потенциал учебного предмета «математика» для формирования инженерного мышления у обучающихся 5-6 классов.

По результатам теоретического исследования и педагогического эксперимента, были разработаны рекомендации по содержанию и организации обучения математике, ориентированные на формирование инженерного мышления. На основе сформулированных рекомендаций, произведена корректировка содержания обучения математике, были разработаны задания и формы организации образовательной деятельности, которые направлены на формирование инженерного мышления обучающихся.

Эффективность разработанной методики, которая способствует формированию инженерного мышления обучающихся общеобразовательной школы, была проверена в ходе опытно-экспериментальной работы. Экспериментальной базой являлась МБОУ «Школа №100».

Полученные, в процессе исследования, данные позволяют утверждать, что уровень сформированности инженерного мышления у обучающихся 6 класса незначительно повысился после проведенного комплекса уроков, которые были направлены на формирование инженерного мышления.

Таким образом, все задачи решены, гипотеза нашла теоретическое и практическое подтверждение, цель исследования достигнута.

Практическая ценность данной работы состоит в том, что предложенное содержание обучения, а также методы и способы организации образовательной деятельности на уроках математики ориентированные на формирование инженерного мышления обучающихся 5-6 классов общеобразовательной школы, могут быть использованы в реальном процессе обучения математике.

## Библиографический список

1. Асмолов А.Г. Формирование универсальных учебных действий в основной школе. — М.: Просвещение, 2021. — 159 с.
2. Атлас новых профессий. — URL: <http://atlas100.ru/>. (Дата обращения: 20.04.2025).
3. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель в образовании // Педагогика. — 2019. — № 8. — С. 13-25.
4. Большая советская энциклопедия. В 30-ти т. / Под ред. А.М. Прохорова — М.: Советская энциклопедия, 1976. — Т. 24 - 608 с.
5. Варгина А.Н., Федоров О.Г. Формирование инженерного мышления у школьников: теория и практика. // Педагогика, 2023, №5. — С. 45–53.
6. Выготский Л.С. Мышление и речь. — М.: Национальное образование, 2021. (Переизд.)
7. Гальперин П.Я. Поэтапное деятельности. М.: МГУ, 1965.-238 с.
8. Глазунова А.И. Инженерное образование в школе: концепция и практика реализации // Педагогика. — 2020. — № 8. — С. 45-53.
9. Громько Ю.В. Инженерно-техническое образование в эпоху цифровизации. — М.: Университетская книга, 2018.
10. Гузеев В.В. Метод проектов как технология формирования инженерного мышления. — М.: Народное образование, 2018.
11. Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования. — М.: Педагогика, 1986. — 240 с.
12. Даль В.И. Толковый словарь русского языка: иллюстрированное издание. — М.: Эксмо, 2023. — 896 с.
13. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Егоров Р.Н. Введение в специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство» : учеб. пособие. — М.: Моск. гос. агро-инженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 2019. — 55 с.

14. Донцова Т.В., Арнаутов А.Д. Формирование инженерного мышления в процессе проектной деятельности // Инженерное образование. 2014. – № 16. – С. 70-75.
15. Дума Е.А. Уровни сформированности инженерного мышления / Е.А. Дума, К.В. Кибеева, Д.А. Мустафина, Г.А. Рахманкулова, И.В. Ребро // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 10 . – с. 143-144.
16. Дьюи, Дж. Демократия и образование / Джон Дьюи; пер. с англ. – М.: Педагогика-Пресс, 2000.
17. Епишева О.Б. Технология обучения математике на основе деятельностного подхода. – М. : Просвещение, 2013. – 223 с.
18. Зиновкина М.М. Инженерное мышление: теория и инновационные педагогические технологии. — М.: МГИУ, 2018. — 210 с.
19. Зуев П.В., Кошечева Е.С. Развитие инженерного мышления учащихся в процессе обучения // Педагогическое образование в России. – 2021. – №6. – С. 44-49.
20. Иванова Е.Ю., Петров А.С. Проектная деятельность на уроках математики в 5–6 классах. М.: Просвещение, 2023. – 192 с.
21. Кац Е.М. Математика вприпрыжку: игровые методы для средней школы. М.: МЦНМО, 2022. – 180 с.
22. Коджаспирова Г. М. Словарь по педагогике [Текст] / Г. М. Коджаспирова, А. Ю. Коджаспиров — М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д; Издательский центр «МарТ», 2015. — 448 с.
23. Колеченко А.К. Энциклопедия педагогических технологий: Пособие для преподавателей / А.К.Колеченко. – СПб.: КАРО, 2011. – 368 с.
24. Колягин М.Ю. Задачи в обучении математики. Часть 2. – М.: Просвещение, 2016. – 146 с.
25. Комаров С.В. Проблема инженерного мышления: дис. ... канд. философских наук: 09.00.01. – Свердловск, 1991.
26. Концепция развития инженерного образования в РФ до 2030 года (утв. Минпросвещения 15.12.2022).

27. Крутова В. И., Попова В. В. Генезис применения методов математического моделирования и этапы их становления в педагогике. – М. : Мир, 2011. – 324 с.
28. Крыштановская О.В. Инженеры: Становление и развитие профессиональной группы. – М.: Наука, 2019. – 144 с.
29. Лазарев В.С. Подготовка педагогов для инженерных классов: проблемы и решения // Инженерное образование. – 2020. – № 26. – С. 32-40.
30. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – М.: Политиздат., 1975. – 352 с.
31. Липатникова И.Г., Бойчук В.И. Формирование умений принимать решения как один из способов развития инженерного мышления учащихся 5-х классов в процессе обучения математике // Педагогическое образование в России. – 2016. – №6. – С. 23-28.
32. Лысак В.И., Гоник И.Л., Фетисов А.В., Юрова О.В., Текин А.В. Формирование инженерного мышления в процессе подготовки специалистов: традиционный подход и вызовы современности // Инженерное образование. – 2021. – № 15. – С. 216-223.
33. Мавлютова А.И. Развитие математической речи учащихся в ходе работы над задачей // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3-2. – С. 294-295; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=14967>. (Дата обращения: 7.05.2025).
34. Мамалыга Р.Ф., Тверская Н.А., Бормотова А.Г. Формирование инженерного мышления у учащихся 5-6 классов с помощью оригами в рамках внеклассной деятельности // Формирование инженерного мышления в процессе обучения. – Екатеринбург: Урал. гос.пед.ун-т, 2015. – с. 114-119.
35. Мижериков В.А. Введение в педагогическую деятельность / В.А.Мижериков. – М.: Педагогическое общество России, 2019. – 268 с.
36. Мустафина Д.А. Негативное влияние формализма в знаниях студентов при формировании инженерного мышления // Инженерное образование. – 2021. – № 7. – С. 10-15.

37. Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А., Короткова Н.Н. Модель конкурентоспособности будущего инженера-програмиста // Педагогические науки. – 2010. – №8. – С. 16-20.
38. Национальная доктрина образования в Российской Федерации // URL: <http://suvagcentr.ru/userfiles/files/links/doktrina.pdf> (Дата обращения:03.04.2025)
39. Некрасова Н.А. Учебник по философии техники для МИИТа. – М.: МИИТ, 2021.
40. Никитаев В.В. О техническом и гуманитарном знании в инженерной деятельности // Высшее образование в России. – № 2. – 1996.
41. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка – М., 2010 г.
42. Пейперт, С. Переворот в сознании: Дети, компьютеры и плодотворные идеи / Сеймур Пейперт; пер. с англ. – М.: Педагогика, 2019.
43. Петерсон Л.Г. Деятельностный метод обучения: образовательная система «Школа 2000...» / Л.Г. Петерсон. – М.: Ювента, 2017. – 224 с.
44. Ракитов, А.И. Философия компьютерной революции / А.И. Ракитов. – М.: Политиздат, 2021. – 287 с.
45. Рахманкулова Г. А., Кузьмин С. Ю., Мустафина Д. А., Ребро И. В. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность: монография. М., 2019.
46. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – Санкт-Петербург: Питер, 2015. – 713 с.
47. Сазонова З.С., Чечеткина Н.В Развитие инженерного мышление – основа повышения качества образования. – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – 195 с.
48. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. – издание второе, исправленное изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 321 с.
49. Сенге, П. Пятая дисциплина: Искусство и практика самообучающейся организации / Питер Сенге; пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2003.
50. Сергеев И.С. Как организовать проектную деятельность учащихся. — М.: АРКТИ, 2020.

51. Сизова М.Ю. Роль графических работ по стереометрии в формировании инженерного мышления при обучении математике // Формирование инженерного мышления в процессе обучения [Текст]: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Урал. гос.пед.ун-т, 2015. – С. 217-221.
52. Сазонова З.С., Чечеткина Н.В Развитие инженерного мышление – основа повышения качества образования. – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – 195 с.
53. Смирнова И.М. Геометрия в проектах: от чертежа до модели. СПб.: Лань, 2022. – 145 с.
54. Столяренко Л.Д. Психология и педагогика для технических вузов: учебник [текст]. / Л.Д. Столяренко, В.Е. Столяренко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 512 с.
55. Суходольский Г.В. Инженерно-психологический анализ и синтез профессиональной деятельности: дис....д-ра пед. наук / Г.В.Суходольский. – Л., 1982. – 407 с.
56. Терешин Н.А. Прикладная направленность школьного курса математики. – М.: Просвещение, 2023. – 97 с.
57. Тихонов Н.Л. Задачи прикладного характера и их роль в формировании и развитии интереса к профессии у школьников при изучении математики в 6-8 классах общеобразовательной школы. – М.: МПГИ им В.И.Ленина, 1980. – 62 с.
58. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. О понятии "Инженерное мышление" // Формирование инженерного мышления в процессе обучения. Екатеринбург: Урал. гос.пед.ун-т, 2015. – с. 3-9.
59. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (2021): Требования к предметным результатам освоения математики. — Разд. 2.7.
60. Хуторской А.В. Мотивация в инженерном творчестве школьников. // Школьные технологии. – 2022. – № 1. – С. 88-95.

61. Шайкина В. А., Ребро И. В., Мустафина Д. А. Особенности исследовательской деятельности при формировании инженерного мышления студента. URL: <http://sjes.esrae.ru> (Дата обращения:11.05.2025)

62. Швецова А.А. Формирование инженерного мышления школьников в процессе проектно-исследовательской деятельности во внеурочное время. URL: [https://infourok.ru/formirovanie-inzhenernogo-mishleniya-vo-vneurochnoe\\_vremya-1192801.html](https://infourok.ru/formirovanie-inzhenernogo-mishleniya-vo-vneurochnoe_vremya-1192801.html) (Дата обращения:15.05.2025)

63. Энциклопедия профессионального образования: в 3 т. Т. 1 / ред. С.Я. Батышев. – Москва: АПО, 1998. – 568 с.

## Приложение А

### Комплекс заданий на формирование инженерного мышления у обучающихся 5 – 6 классов

#### 1 Анализ требований и условий

*Задание 1.* Постройте пешеходный мост длиной 4 м. У вас есть доски длиной 2,5 м, 3 м и 1,8 м. Какие доски понадобятся обязательно? Какие можно использовать разными способами? Какие не подойдут?

*Задание 2.* Сложим пирамиду из 28 одинаковых шаров в основании. Сколько шаров нужно для основания? Сколько всего шаров потребуется, если каждый следующий ряд имеет на 1 шар меньше?

*Задание 3.* Шлюпка вмещает 8 человек или 600 кг. Средний вес пассажира 75 кг. Какое максимальное количество взрослых она может вместить? Может ли вместить 8 детей, если средний вес ребенка 40 кг?

*Задание 4.* Прямоугольный сад 10 м × 15 м. необходимо построить забор. Сколько метров забора необходимо, если калитка шириной 1 м уже есть в наличии?

*Задание 5.* Необходима коробка объемом 2000 см<sup>3</sup>. Какие целые размеры (длина, ширина, высота в см) у нее могут быть? Приведите 3 варианта.

*Задание 6.* Дан прямоугольный кусок ткани 150 см × 90 см. необходимо выкроить как можно больше флажков размером 15 см × 20 см. как их лучше расположить какое количество получится?

*Задание 7.* Курьеру необходимо объехать 4 точки (А, В, С, D) и вернуться на склад. Расстояние до склада А равно 3 км, от А до В равно 5 км, от В до С равно 4 км, от С до D равно 6 км, от D до С равно 2 км, от А до С равно 7 км, от В до D равно 8 км. Какие расстояния обязательно понадобятся для расчетов общего пути? Какие являются избыточными?

## 2 Проектирование и моделирование

*Задание 8.* Нарисуйте план своей комнаты в масштабе 1:50. Измерьте реальные размеры, рассчитайте размеры на плане. Отметьте расположение окна и двери.

*Задание 9.* Спроектируйте макет моста через реку шириной 20 см из бумаги и скотча. Мост должен выдержать вес небольшой игрушечной машинки. Нарисуйте схему с указанием длины пролета и предполагаемой высоты опор.

*Задание 10.* На участке земли 60 м × 40 м нужно разместить: карусель (круг диаметром 10 м), батут (прямоугольник 15 м × 10 м), кафе (квадрат со стороной 8 м) и дорожки. Схематично нарисуйте план размещения соблюдая масштаб. Осталось ли место для дорожек?

*Задание 11.* Разбейте школьный участок на квадраты 1×1. Отметьте координаты: колодец (2,3), грядка А (5,5), грядка Б (8,2). Нарисуйте схему прокладки труб от колодца к каждой грядке кратчайшим путем по сторонам квадратов. рассчитайте длину труб для каждого маршрута.

*Задание 12.* Придумайте и нарисуйте схему упаковки для хрупкой вазы высотой 25 см и диаметром 10 см в коробку. Какой минимальный размер должна иметь коробка? Как расположить амортизаторы по бокам и сверху/вниз?

## 3 Оптимизация

*Задание 13.* Необходимо огородить прямоугольный участок 20 см × 30 м в 2 ряда проволокой. Проволока продается бухтами по 50 м. сколько бухт необходимо купить? Какой способ ограждения потребует меньше соединений?

*Задание 14.* Дорожка длиной 12 м и шириной 1 м. Есть плитка 20 см × 20 см и 25 см × 25 см. Плитки какого размера необходимо наименьшее количество штук? Сколько плиток каждого типа потребуется?

*Задание 15.* Автобус едет со скоростью 60 км/ч и расходует 12 л/100 км. Если снизить скорость до 50 км/ч, расход падает до 10 л/100 км. Сколько литров сэкономит автобус на пути в 300 км, если поедет медленнее? Сколько времени он потеряет?

*Задание 16.* В бассейн ведут две трубы. Через первую он наполняется за 6 часов, через вторую – за 4 часа. Сколько времени потребуется, чтобы наполнить бассейн на  $\frac{3}{4}$ , если открыть обе трубы одновременно?

*Задание 17.* Необходимо сделать коробку без крышки объемом  $1000 \text{ см}^3$ . Какие размеры должны быть у коробки, чтобы на ее изготовление ушло как можно меньше картона?

#### 4 Работа с ограничениями

*Задание 18.* На постройку собачьей будки выделено 2000 руб. Доски: 300 руб./м<sup>2</sup>. Кровельный материал: 150 руб./м<sup>2</sup>. Гвозди/клей: 100 руб. Размеры будки: дно 1 м x 0,8 м, стены высотой 0,6 м (2 торцевые треугольные с основанием 0,8 м и высотой 0,3 м), двускатная крыша (длина ската 0,5 м). Хватит ли бюджета? (Рассчитай площадь всех поверхностей).

*Задание 19.* Полка длиной 80 см должна выдержать 10 кг книг. Какое минимальное количество опор необходимо поставить под полку (с равным шагом), если известно, что одна опора посередине выдерживает 10 кг, но при длине 80 см без опор полка прогибается уже под 5 кг? Где разместить опоры?

*Задание 20.* На сборку одного стула у рабочего уходит 45 минут, а на сборку стола – 1 час 15 минут. За смену (8 часов) нужно собрать 5 столов и 8 стульев. Успеет ли один рабочий? Если нет, сколько стульев/столов он успеет собрать?

*Задание 21.* Цистерна для воды имеет форму цилиндра диаметром 1,2 м. Какой должна быть минимальная высота цистерны, чтобы в нее поместилось 2000 литров воды? (1 литр =  $1000 \text{ см}^3$ ,  $\pi \approx 3,14$ ).

*Задание 22.* В музей могут одновременно находиться 120 человек. Детский билет – 150 руб., взрослый – 300 руб. В группе должно быть не менее 1 взрослого на 5 детей. Какая группа (состав взрослые/дети) принесет максимальную выручку при заполнении музея?

## 5 Оценка решений и поиска ошибок

*Задание 23.* Ученик рассчитал периметр прямоугольного участка  $25 \text{ м} \times 40 \text{ м}$  как  $25 + 40 = 65 \text{ м}$ . Почему это неверно? Какова правильная длина забора?

*Задание 24.* Банки краски хватает на  $15 \text{ м}^2$ . Ученик рассчитал, что для покраски двух стен размером  $4 \text{ м} \times 3 \text{ м}$  и  $5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$  нужно  $4 + 5 + 3 + 3 = 15 \text{ м}^2$ , значит одной банки хватит. В чем его ошибка? Сколько краски нужно на самом деле?

*Задание 25.* Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью  $60 \text{ км/ч}$ , а вторую – со скоростью  $80 \text{ км/ч}$ . Ученик говорит, что средняя скорость равна  $(60+80)/2 = 70 \text{ км/ч}$ . Прав ли он? Объясни почему?

*Задание 26.* Магазин предлагает скидку: «Купи 2 товара по  $500 \text{ руб.}$ , третий получишь со скидкой  $50\%$ !». Другой магазин предлагает скидку  $20\%$  на каждый товар. Где выгоднее купить 3 одинаковых товара стоимостью  $500 \text{ руб.}$  каждый? Проверь расчетами.

*Задание 27.* Инженер предложил два варианта опорной балки для полки: квадратное сечение  $3 \text{ см} \times 3 \text{ см}$  или прямоугольное  $2 \text{ см} \times 4,5 \text{ см}$ . Ученик сказал, что вторая балка прочнее, потому что  $4,5 > 3$ . Прав ли он? Что на самом деле определяет прочность на изгиб (площадь сечения или форма)? Рассчитай площади сечений.

## 6 Прикладная геометрия и логика

*Задание 28.* Фонарный столб высотой  $5 \text{ м}$  отбрасывает тень длиной  $3 \text{ м}$ . Рядом стоит человек. Длина тени человека  $1,2 \text{ м}$ . Какого роста человек? Нарисуй схематичный чертеж.

*Задание 29.* Лестница длиной  $5 \text{ м}$  приставлена к стене. Нижний край лестницы стоит от стены на расстоянии  $1,5 \text{ м}$ . Найти высоту, на которую поднялась лестница, и угол между лестницей и землей (используй теорему Пифагора и таблицу/калькулятор для угла).

*Задание 30.* Дрон стартует из точки  $(0, 0)$ . Он должен пролететь до точки А  $(8, 6)$ , затем до точки В  $(3, 10)$  и вернуться в старт. Рассчитай общую длину маршрута. Можно ли сократить путь? Как?

*Задание 31.* Парковочное место ограничено бордюром: прямой участок 5 м, затем поворот на  $90^\circ$  внутрь с радиусом 2 м, затем прямой участок 3 м. Оцени (разбей на простые фигуры - прямоугольник и часть круга) примерную площадь места.

*Задание 32.* Солнечный луч падает на плоское зеркало под углом  $30^\circ$  к его поверхности. Под каким углом к поверхности отразится луч? Нарисуй схему.

### 7 Творческие и исследовательские задачи

*Задание 33.* Из прямоугольного куска брезента  $2 \text{ м} \times 3 \text{ м}$  необходимо сшить мешок. Как выкроить дно и боковую поверхность (одним прямоугольником или двумя? какого размера?), чтобы получить мешок максимального объема? Сделай эскиз выкройки.

*Задание 34.* Спроектируй простую катапульту (рычаг) из линеек и ластика. Задача: запустить небольшой шарик на расстояние 2 метра. Какой длины должно быть плечо рычага? Под каким углом лучше запускать? Проведи эксперимент, запиши результаты разных запусков (угол, расстояние).

*Задание 35.* Необходимо построить каркас для небольшой теплицы длиной 2 м, шириной 1 м, высотой 1,5 м с двускатной крышей (высота ската 0,5 м). Рассчитай общую длину бруса для каркаса, если он нужен по всем ребрам. Сколько пленки потребуется (минимум) для покрытия стен и крыши?

## Приложение Б

### Мини проекты и их технологические карты

#### Мост через «Пропась»

Задача: постройте мост из бумаги (спагетти/зубочисток и пластилина), который перекрывает «пропась» (расстояние 30-40 см) и выдерживает максимальный груза.

#### Технологическая карта проекта «Мост через «пропась»

Тема проекта	Проектирование и строительство моста из бумаги/спагетти, способного перекрыть пропась и выдержать максимальную нагрузку.
Цель проекта	Развитие основ инженерного мышления через применение математики для решения практической задачи проектирования, строительства, тестирования и оптимизации конструкции.
Возрастная группа	5 – 6 классы.
Время	3-4 учебных часа. Возможно домашнее задание.
Форма работы	Группы по 3-4 человека.
Ключевые элементы	Постановка задачи, проектирование, расчеты/моделирование, создание прототипа,

инженерного мышления	тестирование, анализ/оптимизация, презентация.
Основные математические понятия	Длина, ширина, высота, периметр, площадь, геометрические фигуры, сравнение величин, сбор и представление данных, простые расчеты на прочность.
Материалы и ресурсы	
Основные	Бумага, спагетти, пластилин, клей ПВА.
Инструменты	Ножницы, линейка, карандаш, ластик, циркуль, скотч.
Измерительные	Весы, секундомер.
Груз	Монеты, мелкие металлические грузики, шайбы, мелкие игрушки с известным весом.
Информационные	Фотографии, схемы разных типов мостов, таблица для записи результатов.
Презентационные	Флипчарт, ватман, маркеры.

## Ход проекта

1	2	3	4	5	6
Этап	Время (мин)	Деятельность учеников	Деятельность учителя	Материал/ ресурсы	Формируемые инженерные навыки
1 Погружение. Постановка задачи	15	Обсуждают, какие мосты знают, для чего они нужны; формулируют проблему: «Как построить мост длиной X см, который выдержит вес?»; определяют критерии успеха: длина пролета, грузоподъемность, устойчивость.	Показывает изображения разных мостов, задает наводящие вопросы; четко формулирует задачу и ограничения: •длина «пропасти» (L = 30-40 см); •ширина моста (мин. 8-10 см); •используемые материалы. фиксирует критерии на доске.	Изображения / схемы мостов; доска/ флипчарт.	Постановка задачи; понимание цели и ограничений; критическое мышление; коммуникация.

1	2	3	4	5	6
2 Исследование. Проектирование	25-30	<p>Изучают типы мостов (балочный, арочный);  обсуждают плюсы/минусы, устойчивость к нагрузке;  математика:  •делают эскизы моста на бумаге;  •рассчитывают: длину пролета, высоту/расположение опор, количество материала (листов бумаги, спагетти), форму элементов (арки, треугольные фермы?).  выбирают тип моста и разрабатывают детальный план конструкции.</p>	<p>Предоставляет справочную информацию о типах мостов;  помогает сформулировать вопросы для исследования;  фокусирует на математике: напоминает о необходимости расчетов длины, высоты, количества материала;  консультирует группы по эскизам и расчетам.</p>	<p>Схемы типов мостов;  бумага для эскизов;  линейки, карандаши;  калькуляторы.</p>	<p>Проектирование;  расчеты;  моделирование;  анализ информации;  применение геометрии;  планирование;  принятие решений.</p>

1	2	3	4	5	6
3 Строительство. Создание прототипа	40-50	<p>Распределяют роли в группе (конструктор, строитель, снабженец, контролер); изготавливают мост СТРОГО по утвержденному плану и расчетам; следят за аккуратностью, соединением элементов, прочностью узлов; вносят небольшие коррективы по ходу, если конструкция явно неработоспособна (фиксируют изменения!).</p>	<p>Обеспечивает материалами; контролирует безопасность (работа с ножницами, клеем); наблюдает, консультирует; напоминает: «Строить по плану! Фиксировать изменения!»; - поощряет аккуратность.</p>	<p>Выбранные материалы (бумага / спагетти + пластилин); инструменты (ножницы, линейки, скотч, клей); эскиз/ план группы.</p>	<p>Создание прототипа; работа в команде; практические навыки; следование плану; учет ограничений материалов.</p>

1	2	3	4	5	6
4 Тестирование и анализ	30-40	<p>Подготовка: устанавливают мост над "пропастью" (между столами/книгами на расстоянии L), фиксируют.</p> <p>Тест на грузоподъемность:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 аккуратно помещают контейнер на центр пролета;</li> <li>2 постепенно добавляют груз (монеты/шайбы) ПО ОДНОЙ;</li> <li>3 фиксируют в таблице: вес каждой добавленной монеты, общий вес на момент разрушения (или достижения предела);</li> <li>4 наблюдают и записывают где и как произошло разрушение (прогиб, слом опоры, разрыв полотна и т.д.);</li> <li>5 взвешивают уцелевший груз после разрушения (если нужно).</li> </ol> <p>Обсуждение в группе: «Почему мост сломался? Какое слабое место? Как можно было усилить?».</p>	<p>Организует пространство для тестирования;</p> <p>обеспечивает грузом и весами;</p> <p>раздает шаблоны таблиц для записи результатов;</p> <p>контролирует процесс: «Добавлять груз ПО ОДНОЙ монете! Записывать ВЕС! Фиксировать место разрушения!»;</p> <p>задает аналитические вопросы группам: «Почему сломалось здесь?», «Как ваши расчеты соотносились с реальностью?».</p>	<p>Весы;</p> <p>груз (монеты и т.д.);</p> <p>контейнер для груза;</p> <p>таблицы для записи результатов</p>	<p>Тестирование;</p> <p>анализ;</p> <p>поиск ошибок;</p> <p>научный метод (эксперимент); сбор и запись данных;</p> <p>критический анализ результатов; поиск причинно-следственных связей.</p>

1	2	3	4	5	6
5 Оптимизация (если время позволяет)	20-30	<p>Обсуждают результаты теста и выявленные слабые места; предлагают конкретные изменения в конструкции для усиления (добавить опору? усилить ферму треугольником? сделать арку? добавить слои бумаги? изменить соединение?); вносят изменения в конструкцию (быстро!); повторное тестирование (краткое): проверяют, улучшилась ли грузоподъемность, фиксируют результат.</p>	<p>Стимулирует мозговой штурм по улучшению; помогает сформулировать идеи оптимизации; фокусирует: «Какое конкретно улучшение вы сделали и почему?»; контролирует повторное тестирование.</p>	<p>Дополнительные материалы (по необходимости); таблицы для записи результатов оптимизации.</p>	<p>Оптимизация; креативное мышление; решение проблем; итеративный подход (проектирование-строительство-тестирование-анализ-улучшение).</p>
6 Подготовка к презентации и презентация	20-30	<p>Готовят краткий отчет/ презентацию (3-5 мин):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ тип моста и почему выбрали,</li> <li>▸ ключевые расчеты (длина, высота опор, кол-во материала),</li> <li>▸ процесс строительства (трудности?),</li> <li>▸ результаты теста (макс. вес, место разрушения),</li> <li>▸ анализ причин разрушения,</li> <li>▸ оптимизация (если была) и ее результат,</li> <li>▸ выводы: «Что узнали? Что было самым важным/сложным?».</li> </ul> <p>представляют результаты классу; отвечают на вопросы.</p>	<p>Объясняет требования к презентации (краткость, ясность, все этапы); выделяет время на подготовку; организует порядок выступлений; модерировать обсуждение после презентаций; подводит итоги, подчеркивая инженерный цикл и роль математики.</p>	<p>Флипчарт/ ватман и маркеры или материалы для цифровой презентации; готовый мост (для демонстрации); таблицы с результатами тестов.</p>	<p>Презентация; коммуникация; структурирование информации; аргументация; рефлексия; анализ процесса.</p>

**Критерии оценки** (можно адаптировать):

- 1 понимание задачи и проектирование (20%). Четкость цели, обоснованность выбора типа моста, наличие эскиза и ключевых расчетов (длина, опоры, материал);
- 2 качество прототипа и работа в команде (20%). Аккуратность изготовления, соответствие плану, эффективность работы в группе;
- 3 тестирование и анализ (30%). Аккуратность проведения теста, точность записи данных (вес груза!), глубина анализа причин разрушения (выявление слабого места);
- 4 оптимизация (10%) (если проводилась). Логичность предложенных улучшений, результат повторного теста;
- 5 презентация и рефлексия (20%). Ясность, полнота (все этапы), использование результатов теста/анализа, качество выводов, ответы на вопросы.

### «Экономика Микрогосударства»

**Задача:** необходимо создать модель маленькой страны (города, государства) с населением ~1000 человек. Рассчитайте бюджет: доходы (налоги, туризм), расходы (образование, медицина, инфраструктура), ресурсы (вода, еда, энергия на человека).

#### Технологическая карта проекта «Экономика Микрогосударства»

Тема проекта	Создание и управление экономической моделью воображаемого микрогосударства (остров, город-государство) с населением ~1000 человек.
Цель проекта	Развитие навыков системного анализа, планирования ресурсов, принятия решений на основе математических расчетов (проценты, дроби, пропорции) в рамках ограничений, моделирующих реальные инженерно-экономические задачи.
Возрастная группа	5-6 классы.
Время	3-4 учебных часа (120-180 минут) + возможное домашнее задание.
Форма работы	Группы по 3-4 человека.
Ключевые элементы инженерного мышления	Постановка задачи, анализ потребностей, планирование ресурсов, расчеты/моделирование, принятие решений на основе данных, оценка устойчивости/баланса, презентация.
Основные математические понятия	Проценты (налог, доля бюджета), дроби (доля населения/ресурсов), пропорции (ресурсы на человека, масштабирование), арифметические операции, таблицы, основы анализа данных.

Материалы и ресурсы	
Основные	Большие листы бумаги (А3/ватман), цветные маркеры/карандаши, линейки, стикеры.
Информационные	<p>Шаблоны таблиц для расчетов (бюджет, ресурсы, население).</p> <p>Упрощенные справочные данные (примерные нормы потребления: вода - 50 л/чел/день, еда - 2000 ккал/чел/день, энергия - 5 кВт*ч/чел/день; примерная «стоимость» ресурсов и услуг).</p> <p>Краткое описание возможных отраслей экономики (сельское хозяйство, туризм, ремесла, рыболовство) и их условной «доходности» и «ресурсоемкости».</p>
Презентационные	Флипчарт/ватман для итоговой презентации или материалы для цифровой презентации.

## Ход проекта

1	2	3	4	5	6
Этап	Время (мин)	Деятельность учеников	Деятельность учителя	Материалы/ ресурсы	Формируемые инженерные навыки
1 Погружение. Создание Государства	20	Придумывают название, флаг, расположение (остров? горы? побережье?) своего микросоударства; определяют ключевые характеристики: Население (~1000 чел), основные природные ресурсы (вода, плодородная земля, ветер/солнце для энергии, рыба); формулируют главную цель: обеспечить устойчивую жизнь населения (еда, вода, энергия, услуги) и развивать страну.	Помогает сгенерировать идеи, задает наводящие вопросы; четко задает параметры: ▸ население = 1000 чел. ▸ условные стартовые ресурсы (или их отсутствие). объясняет цель: Баланс ресурсов и потребностей.	Большие листы бумаги, маркеры для создания государства; доска/ флипчарт для фиксации ключевых параметров.	Постановка задачи; креативность; понимание систем (государство = люди + ресурсы + экономика).
2 Анализ Потребностей и Возможностей	30	Рассчитывают БАЗОВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ: ▸ вода: $1000 \text{ чел} \times 50 \text{ л/день} = ? \text{ л/день}; ? \text{ л/год};$ ▸ еда: $1000 \text{ чел} \times 2000 \text{ ккал/день} = ? \text{ ккал/день}; ? \text{ ккал/год};$	Предоставляет справочные нормы потребления и «технические» данные (КПД солнечных панелей ~20%, средний дождь 500 мм/год и т.д. - УПРОЩЕННЫЕ!); помогает перевести потребности	Шаблоны таблиц для расчета потребностей; справочные данные; калькуляторы.	Анализ потребностей; планирование ресурсов; расчеты пропорций (ресурсы на

1	2	3	4	5	6
		<p>•энергия: 1000 чел × 5 кВт*ч/день = ? кВт*ч/день; ? кВт*ч/год.</p> <p>оценивают НАЛИЧИЕ/ПРОИЗВОДСТВО РЕСУРСОВ:</p> <p>•откуда брать воду? (дождь, реки, опреснение - каждое имеет «стоимость» и ограничения).</p> <p>•как производить еду? (сельхоз площадь, урожайность, рыба - расчет необходимых площадей/объемов).</p> <p>•как получать энергию? (солнечные панели - сколько шт. при мощности X? ветряки? - расчет количества/площади).</p> <p>определяют ключевые ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ для доходов (туризм, продажа рыбы, ремесла).</p>	<p>в конкретные величины (литры, ккал, кВт*ч);</p> <p>консультирует по расчетам;</p> <p>фокусирует: «Хватит ли ресурсов на базовые нужды? Как получить недостающее?».</p>		<p>человека);</p> <p>осознание масштаба (1000 чел!);</p> <p>понимание ограничений.</p>
3 Планирование Бюджета и Ресурсов	40-50	<p><b>ДОХОДЫ</b></p> <p>Определяют источники (налоги с граждан - % от условного «среднего дохода», туризм - доход с посетителя, экспорт ресурсов);</p> <p>рассчитывают ожидаемые</p>	<p>Предоставляет условные «ценники» на услуги и инфраструктуру (стоимость 1 солнечной панели, стоимость строительства водоочистного завода на 1000 чел);</p> <p>объясняет принцип</p>	<p>Шаблоны таблиц для бюджета (доходы, расходы); справочные данные по «стоимости»; калькуляторы.</p>	<p>Бюджетирование; приоритизация; расчеты процентов; принятие решений на основе данных; понимание</p>

1	2	3	4	5	6
		<p>годовые доходы.</p> <p><b>РАСХОДЫ</b></p> <p>Категории: здравоохранение, образование, инфраструктура (дороги, вода, энергия), сельское хозяйство, армия/полиция (мин.), администрация.</p> <p>Математика:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•распределяют бюджет по статьям в процентах;</li> <li>•рассчитывают абсолютные суммы;</li> <li>•сопоставляют расходы на инфраструктуру (строительство водозабора, электростанции) с потребностями из Этапа 2. Хватит ли?</li> </ul> <p><b>БАЛАНС</b></p> <p>Сводят «доходы» и «расходы»; стремятся к профициту или объясняют дефицит.</p>	<p>распределения бюджета в %; помогает составить таблицу доходов/расходов;</p> <p>ключевые вопросы: «На что вы тратите больше всего? Почему?», «Хватает ли денег на критически важную инфраструктуру?», «Как покроете дефицит (займы? повышение налогов?)».</p>		<p>компромиссов (образование vs. дороги).</p>
4 Моделирование и принятие решений	30-40	<p>Анализируют сводную картину: Потребности vs. Производство/Импорт vs. Бюджет;</p>	<p>Активизирует дискуссию в группах; предлагает типовые «кризисные» или «развивающие» сценарии</p>	<p>«Паспорт» государства, таблицы потребностей,</p>	<p>Принятие решений; системное мышление;</p>

1	2	3	4	5	6
		<p>принимают ключевые решения для устойчивости:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Как увеличить производство еды? (освоить новые земли? закупить технику? - требует денег!);</li> <li>•Как обеспечить энергией? (строить СЭС? ВЭС? - расчет количества, стоимости, сроков «окупаемости»);</li> <li>•Как справиться с дефицитом воды в засуху? (строить резервуары? опреснение? - дорого!);</li> <li>•Как стимулировать доходные отрасли (туризм)? (строить аэропорт? реклама? - инвестиции!).</li> </ul> <p>фиксируют решения и их ожидаемое влияние (улучшение баланса, рост доходов, решение проблемы).</p>	<p>(Засуха! Наплыв туристов! Открытие месторождения!);</p> <p>фокусирует на инженерном аспекте: «Какое техническое/инфраструктурное решение вы предлагаете? Сколько оно стоит? Как повлияет на систему?»;</p> <p>напоминает о необходимости расчетов для обоснования решений.</p>	<p>таблицы бюджета; стикеры для фиксации решений и эффектов.</p>	<p>оценка последствий; инженерный подход к инфраструктуре; экономическое моделирование; оценка эффективности инвестиций.</p>
<p>5 Подготовка к презентации и Презентация («Отчет Правительства»)</p>	<p>20-30</p>	<p>Готовят краткий отчет/презентацию (3-5 мин):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•кратко о стране (название, особенности).</li> <li>•ключевые потребности</li> </ul>	<p>Объясняет формат презентации («Отчет Правительства»); выделяет время на подготовку; организует порядок выступлений; модерировать обсуждение, задает</p>	<p>Флипчарт/ватман и маркеры или материалы для цифровой презентации;</p>	<p>Презентация; Коммуникация; структурирование информации; аргументация</p>

1	2	3	4	5	6
		<p>(цифры: вода, еда, энергия).            • основные отрасли экономики и доходы.            • структура бюджета (% по статьям).            • главные инфраструктурные /экономические решения и их обоснование (математика!).            • выводы: Удалось ли достичь баланса? Главные трудности? Роль математики в управлении.            представляют «отчет» классу («жителям» или «международным экспертам»);            отвечают на вопросы.</p>	<p>уточняющие вопросы по расчетам и решениям;            подводит итоги, подчеркивая связь математических расчетов (% , пропорции) с управлением сложными системами.</p>	<p>подготовленные таблицы и схемы.</p>	<p>(обоснование решений цифрами);            рефлексия;            публичное выступление.</p>

**Критерии оценки** (можно адаптировать):

- 1 понимание задачи и анализ потребностей (20%). Глубина анализа базовых потребностей населения (точные расчеты воды, еды, энергии), оценка ресурсной базы;
- 2 планирование бюджета и ресурсов (30%). Логичность структуры доходов/расходов, грамотное использование процентов для распределения бюджета, обоснованность приоритетов в расходах, попытка сбалансировать бюджет.
- 3 качество решений и обоснование (30%). Логичность и обоснованность (включая расчеты!) ключевых инфраструктурных/экономических решений для устойчивости. Учет взаимосвязей в системе. Реакция на сценарии;
- 4 работа в команде и организация (10%). Эффективность взаимодействия, распределение ролей, использование времени;
- 5 презентация и рефлексия (10%). Ясность, структурированность, использование данных для аргументации, качество ответов на вопросы, глубина рефлексии о роли математики и инженерного подхода.

### «Город будущего: Эко-квартал»

**Задача:** Спроектируйте макет экологического квартала города: жилые дома, парки, солнечные панели на крышах, система сбора дождевой воды. Рассчитайте потребность в энергии, площадь зеленых насаждений, эффективность сбора воды.

#### Технологическая карта проекта «Город будущего: Эко-квартал»

Тема проекта	Проектирование макета и расчет экологических показателей (энергия, вода, зелень) для устойчивого квартала города будущего.
Цель проекта	Развитие навыков пространственного планирования, ресурсного расчета и экологической оптимизации с использованием математических инструментов (масштаб, площадь, объем, проценты) для создания модели устойчивого городского пространства.
Возрастная группа	5-6 классы.
Время	3-4 учебных часа (120-180 минут) + возможное домашнее задание (эскиз, сбор идей).
Форма работы	Группы по 3-4 человека.
Ключевые элементы инженерного мышления	Постановка задачи (экологические требования), проектирование пространства, расчет ресурсопотребления и генерации, моделирование (макет), оценка эффективности/оптимизация, презентация.
Основные	Масштаб, площадь (прямоугольник, треугольник, комбинации фигур), объем, проценты

математические понятия	(доля, КПД), пропорции, сравнение величин, оценка.
Материалы и ресурсы	
Основные	Большой лист картона/ватмана (основа), цветная бумага, картон (для зданий), ножницы, клей, скотч, линейки, карандаши, фломастеры/краски.
Информационные	Упрощенные справочные данные: усредненная солнечная инсоляция: 3.5 кВт*ч/м <sup>2</sup> /день (примерно для средней полосы летом). КПД солнечной панели: 20% (0.2). Среднее количество осадков: 600 мм/год (0.6 м/год). Коэффициент сбора дождевой воды с крыши: 0.8 (80%). Норма полива зеленых насаждений: 3 л/м <sup>2</sup> /день (в жаркий период). Рекомендуемая доля зеленых насаждений в квартале: 25-40%. Примерные условные «стоимости» или «эко-баллы» за решения.
Презентационные	Флипчарт/ватман, маркеры или материалы для цифровой презентации.

## Ход проекта

1	2	3	4	5	6
Этап	Время (мин)	Деятельность учеников	Деятельность учителя	Материалы/ ресурсы	Формируемые инженерные навыки
1 Погружение. Вызовы будущего	15	Обсуждают экологические проблемы городов (загрязнение воздуха, нехватка зелени, расход энергии, мусор); формулируют цель: спроектировать квартал, который минимизирует вред и использует ресурсы разумно; определяют ключевые требования к Эко-Кварталу: <ul style="list-style-type: none"> <li>использование солнечной энергии;</li> <li>сбор дождевой воды;</li> <li>достаточное количество зелени (&gt;30% площади);</li> <li>компактная и удобная планировка.</li> </ul>	Показывает изображения экогородов, проблемных и "зеленых" кварталов; четко формулирует техническое задание (ТЗ) с требованиями (солнечные панели, сбор воды, >30% зелени); задает размеры участка в реальном масштабе (напр., 200м x 150м) и масштаб макета (напр., 1:100 или 1:200); фиксирует на доске.	Изображения, видео об экогородах; доска/ флипчарт с ТЗ и масштабом.	Постановка задачи; понимание экологических вызовов; формулировка технических требований; критическое мышление.
2 Проектирование планировки	30-40	Планируют пространство на бумаге (эскиз): <ul style="list-style-type: none"> <li>размечают участок по масштабу;</li> </ul>	Объясняет принцип работы с масштабом (как перевести реальные метры в см на макете);	Бумага для эскизов, карандаши, линейки, калькуляторы; таблица для расчета	Пространственное проектирование; расчет площадей; работа с масштабом;

1	2	3	4	5	6
		<ul style="list-style-type: none"> <li>•располагают здания (жилые дома, школа/сад, магазин);</li> <li>•планируют дороги, тротуары; выделяют ЗЕЛЕННЫЕ ЗОНЫ: парки, газоны, сады на крышах?</li> </ul> <p>Математика 1 (Площадь):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•рассчитывают общую площадь квартала (в реальных м<sup>2</sup>);</li> <li>рассчитывают площадь застройки (под здания);</li> <li>•рассчитывают площадь зеленых насаждений;</li> </ul> <p>проверяют: Доля зелени = (Площадь зелени / Общая площадь) 100% &gt; 30%?</p> <p>Оптимизируют план, чтобы добиться нормы по зелени.</p>	<p>предоставляет шаблон сетки на бумаге или миллиметровку; фокусирует на расчетах площади: напоминает формулы площадей (прямоугольник, квадрат, треугольник для крыш, сложные фигуры разбивать на простые);</p> <p>помогает группам, не выполнившим «зеленый» норматив, найти решения (зеленые крыши? уменьшение дорог?).</p>	<p>площадей.</p>	<p>применение процентов; оптимизация под ограничение.</p>
<p>3 Расчет ресурсов: Энергия и Вода</p>	<p>40-50</p>	<p>Солнечная энергия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•выбирают крыши зданий для панелей;</li> <li>•рассчитывают площадь доступных крыш (упрощенно: прямоугольники/ треугольники).</li> </ul> <p>Математика 2 (Энергия):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•рассчитывают потенциальную выработку: Энергия (кВт*ч/год)</li> </ul>	<p>Предоставляет и объясняет упрощенные формулы и справочные данные (инсоляция, КПД, осадки, норма полива);</p> <p>ключевые вопросы: «На каких крышах выгоднее ставить панели (южный склон)?», «Как рассчитать площадь</p>	<p>Справочные данные; шаблоны таблиц для расчетов (площадь крыш, выработка энергии, сбор воды, потребность в воде); калькуляторы.</p>	<p>Расчет ресурсопотоков; применение формул (площадь, объем); прогнозирование; анализ достаточности; принятие решений на основе данных.</p>

1	2	3	4	5	6
		<p>= Площадь крыш (м<sup>2</sup>) × Инсоляция (кВт*ч/м<sup>2</sup>/день) × КПД (0.2) × 365 дней;</p> <p>•оценивают, хватит ли этой энергии на квартал (дать упрощенную норму, напр. 5000 кВт*ч/год на 50 жителей).</p> <p>Сбор Дождевой Воды: рассчитывают общую площадь крыш для сбора воды.</p> <p>Математика 3 (Объем):</p> <p>•рассчитывают годовой объем сбора: Объем воды (л/год) = Площадь крыш (м<sup>2</sup>) × Осадки (м/год) × Коэфф. сбора (0.8) × 1000;</p> <p>•рассчитывают потребность в воде для полива зелени: Потребность (л/год) = Площадь зелени (м<sup>2</sup>) × Норма полива (л/м<sup>2</sup>/день) × 120 (усл. дней полива);</p> <p>•сравнивают объем сбора и потребность. Хватит ли?</p>	<p>треугольной крыши?», «Хватает ли энергии/воды? Что делать, если нет? (увеличить площадь панелей, уменьшить полив?));</p> <p>помогает с расчетами объемов и преобразованием единиц (м -&gt; л);</p> <p>подчеркивает связь между площадью и ресурсами.</p>		

1	2	3	4	5	6
4 Создание макета / модели	30-40	<p>Переносят утвержденный план на основу (картон); изготавливают модели зданий, дорог; визуализируют экологические решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•обозначают зоны под солнечные панели (синяя бумага/фольга на крышах);</li> <li>•обозначают зеленые зоны (зеленая бумага, мох, искусственная трава);</li> <li>•показывают элементы сбора воды (желоба, условные баки - трубочки, коробочки).</li> </ul> <p>подписывают ключевые объекты.</p>	<p>Обеспечивает основными и декоративными материалами; консультирует по конструкции макета; контролирует соответствие макета плану и расчетам: «Где у вас солнечные панели? Сколько % зелени вы визуально видите? Где собирается вода?»; поощряет аккуратность и наглядность.</p>	<p>Картон-основа, цветная бумага/картон, ножницы, клей, скотч, фломастеры, декоративные элементы; цифровой вариант:ПК/планшеты с ПО.</p>	<p>Моделирование; визуализация идей; точность исполнения; творчество; соответствие проекту.</p>
5 Оценка эффективности и оптимизация	20-30	<p>На основе расчетов и макета оценивают эффективность квартала:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•достигнут ли норматив по зелени? (Да/Нет, %);</li> <li>•покрывает ли выработка энергии потребности? (Да/Нет, % покрытия);</li> <li>•покрывает ли сбор воды потребности полива? (Да/Нет, %</li> </ul>	<p>Раздает шаблон для "Эко-Аудита" (таблица с показателями: Зелень%, Энергия%, Вода%, Итоговый Эко-Индекс (среднее арифметическое %)); организует обсуждение эффективности; стимулирует поиск улучшений: «Как повысить</p>	<p>Таблица «Эко-Аудит»; бумага для записи улучшений.</p>	<p>Анализ эффективности; количественная оценка (%); критическое мышление; оптимизация; расчет ожидаемого эффекта.</p>

1	2	3	4	5	6
		<p>покрытия).</p> <p>предлагают одно улучшение для повышения экологичности (если есть проблемы или для запаса):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•добавить солнечные панели на фасады/навесы;</li> <li>•увеличить площадь зеленой крыши;</li> <li>•установить систему капельного полива (снижает норму полива);</li> <li>•добавить подземный бак для воды.</li> </ul> <p>фиксируют улучшение и его ожидаемый эффект (на сколько % улучшится показатель).</p>	<p>ваш Эко-Индекс хотя бы на 10%?»;</p> <p>помогает оценить эффект от улучшения (прикидка в %).</p>		
6 Подготовка к презентации и презентация	20-30	<p>Готовят краткий отчет/презентацию (3-5 мин):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•название квартала, общая идея.</li> <li>•планировка (основные зоны).</li> <li>•ключевые РАСЧЕТЫ: Площадь зелени (и %), Выработка энергии, Сбор/потребность воды.</li> <li>•результаты «Эко-Аудита» (показатели в %).</li> <li>•предложенное улучшение и его эффект. Выводы: Насколько</li> </ul>	<p>Объясняет формат презентации (акцент на цифрах и решениях);</p> <p>выделяет время на подготовку;</p> <p>организует порядок выступлений;</p> <p>модерирует обсуждение, задает уточняющие вопросы по расчетам и эффективности;</p> <p>подводит итоги, подчеркивая,</p>	<p>Флипчарт/ватман и маркеры или материалы для цифровой презентации;</p> <p>готовый макет;</p> <p>таблицы с расчетами и «Эко-Аудитом».</p>	<p>Презентация;</p> <p>коммуникация;</p> <p>структурирование информации;</p> <p>аргументация цифрами;</p> <p>защита решений;</p> <p>рефлексия.</p>

1	2	3	4	5	6
		квартал устойчив? Роль математики в проектировании. представляют проект классу («комиссии мэрии»); демонстрируют макет; отвечают на вопросы.	как математика помогает создавать города будущего.		

**Критерии оценки** (можно адаптировать):

1 Соответствие ТЗ и планировка (20%). Учет требований (солнечные панели, сбор воды, >30% зелени), логичность и удобство планировки, работа с масштабом.

2 Качество расчетов (30%). Правильность расчетов площадей (квартала, застройки, зелени, крыш), выработки энергии, сбора/потребности воды, доли зелени (%).

3 Эффективность и анализ (25%). Результаты «Эко-Аудита» (зелень%, энергия%, вода%), обоснованность предложенного улучшения, оценка его эффекта.

4 Качество макета/модели (15%). Наглядность, аккуратность, соответствие плану, визуализация экологических решений.

5 Презентация и работа в команде (10%). Ясность, использование расчетов в аргументации, ответы на вопросы, эффективность групповой работы.

### «Тайная переписка: шифровальное устройство»

**Задача:** Разработайте и создайте простое механическое устройство или алгоритм для шифрования и дешифрования текстовых сообщений.

#### Технологическая карта проекта «Тайная переписка: шифровальное устройство»

Тема проекта	Создание механического шифровального устройства или алгоритма для кодирования/декодирования текста.
Цель проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Применить математику (арифметику, модульные операции, паттерны) для решения практической задачи.</li> <li>- Развить навыки проектирования, тестирования и оптимизации криптографических систем.</li> </ul>
Возрастная группа	5-6 классы.
Время	2-3 урока (90-135 мин).
Форма работы	Группы по 2-3 человека.
Ключевые элементы инженерного мышления	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Инженерное проектирование</li> <li>- Логическое мышление</li> <li>- Анализ и оптимизация</li> </ul>
Основные математические понятия	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Арифметические операции</li> <li>- Модульная арифметика</li> </ul>

	- Последовательности, шаблоны - Проценты (оценка надежности).
Материалы и ресурсы	
Основные	Картон, бумага, ножницы, клей, скотч, линейки, карандаши, фломастеры.
Специальные	2 бумажных диска (разных диаметров), кнопка-ось; полоски бумаги для шифрлент.
Информационные	Таблицы алфавита (рус/англ), примеры шифров (цезарь, атбаш), шаблоны расчетов.
Презентационные	Флипчарт, маркеры, материалы для цифровой презентации.

## Ход проекта:

1	2	3	4	5	6
Этап	Время (мин)	Деятельность учеников	Деятельность учителя	Материалы/ресурсы	Формируемые инженерные навыки
1 Погружение: тайны шифров	15	Анализируют примеры исторических шифров; формулируют задачу: создать устройство/алгоритм для шифрования слова с использованием «ключа».	Объясняет принципы шифрования (сдвиг, замена); ставит задачу: «Зашифруйте слово так, чтобы его можно было расшифровать только с ключом!».	Картон, бумага, ножницы, клей, скотч, линейки, карандаши, фломастеры.	Постановка задачи; анализ информации.
2 Проектирование шифра	30	Выбор типа шифра: <ul style="list-style-type: none"> <li>•сдвиг (цезарь): Рассчитывают сдвиг букв (напр., <math>A \rightarrow D</math> при ключе=3);</li> <li>•замена (Атбаш): Создают таблицу замен (<math>A \leftrightarrow Z, B \leftrightarrow Y</math>).</li> </ul> Расчеты: <ul style="list-style-type: none"> <li>•нумеруют алфавит (<math>A=1, B=2...</math>);</li> <li>•применяют формулу: Шифробуква = (Исх.номер + ключ);</li> <li>•фиксируют ключ и правила.</li> </ul>	Объясняет модульную арифметику («алфавит закольцован»); предлагает шаблоны расчетов; консультирует по выбору ключа.	2 бумажных диска (разных диаметров); кнопка-ось; полоски бумаги для шифрлент.	Проектирование; арифметические расчеты; модульные операции.

1	2	3	4	5	6
3 Создание устройства	35	<p>Варианты:</p> <p>1 Дискковый шифратор:            •изготавливают 2 диска с алфавитами;            •скрепляют кнопкой, настраивают сдвиг по ключу.</p> <p>2 Шифрлента:            •создают бумажную ленту с двумя рядами букв (открытый/шифрованный).</p> <p>3 Алгоритм-таблица:            •рисуют таблицу замены.</p>	<p>Помогает с конструкцией дисков;            контролирует безопасность (ножницы, кнопки);            напоминает о соответствии расчетам.</p>	<p>2 бумажных диска (разных диаметров);            кнопка-ось;            полоски бумаги для шифрлент;            таблицы алфавита (рус/англ);            примеры шифров (цезарь, атбаш);            шаблоны расчетов</p>	<p>Моделирование;            точность исполнения;            работа с материалами.</p>
4 Тестирование и взлом	25	<p>Шифрование: кодируют слово «ШКОЛА» своим методом.            Обмен: передают шифр текст другой группе (ключ скрыт).            Взлом: пытаются расшифровать чужое сообщение без ключа.            Анализ: фиксируют время взлома и уязвимости.</p>	<p>Организует «хакерский турнир»;            задает вопросы: «Почему шифр легко взломан? Как его усилить?».</p>		<p>Тестирование;            анализ уязвимостей;            критическое мышление.</p>
5 Оптимизация	15	<p>Усложняют шифр: добавляют двойной сдвиг, перемешивание алфавита, цифры;            фиксируют изменения в инструкции</p>	<p>Стимулирует мозговой штурм:            «Как сделать шифр надежнее?»;            предлагает ввести «стоимость» сложности (время на взлом).</p>	<p>Флипчарт;            Маркеры;            материалы для цифровой презентации.</p>	<p>Оптимизация;            креативность.</p>

1	2	3	4	5	6
6 Презентация	15-20	Демонстрируют устройство/алгоритм; объясняют математическую основу (формулы, ключ); делятся результатами теста: «Наш шифр взломали за 2 мин → Улучшили: теперь 10 мин!».	Организует защиту проектов; анализирует связь математики и надежности.		Презентация; Рефлексия; аргументация.

### Критерии оценки:

- 1 Работоспособность шифра (30%). Корректное шифрование/дешифрование с ключом.
- 2 Математическое обоснование (25%). Правильность формул, использование модуля, сложность ключа.
- 3 Качество устройства (20%). Аккуратность, функциональность, наглядность.
- 4 Анализ и оптимизация (15%). Глубина тестирования, логичность улучшений.
- 5 Презентация (10%). Четкость объяснений, демонстрация работы.

## Приложение В

### Тест на проверку сформированности инженерного мышления (6 класс)

**Инструкция:** Выполните все задания. На решение дается 40 минут.

1 **Логическая задача.** В мастерской есть 3 станка: А, Б и В. Станок А производит 1 деталь за 2 минуты, Б - за 3 минуты, В - за 4 минуты. За какое минимальное время они произведут 60 деталей, работая одновременно?

*Ответ: 60 минут.*

2 **Геометрическая задача.** Начертите прямоугольник со сторонами 6 см и 8 см. Разделите его на равные части так, чтобы из них можно было сложить квадрат. Сколько частей получится?

*Ответ: 12 частей.*

3 **Задача на пропорции.** Для изготовления 10 деталей требуется 5 кг металла. Сколько металла нужно для производства 150 деталей?

*Ответ: 75 кг.*

4 **Задача с практическим применением.** В цехе работают 3 станка. Первый обрабатывает деталь за 15 минут, второй - за 20 минут, третий - за 30 минут. Какой станок наиболее эффективен и почему?

*Ответ: Первый станок (наименьшее время обработки).*

5 **Задача на оптимизацию.** Имеется 24 метра проволоки. Как лучше использовать её для создания прямоугольной конструкции максимальной площади?

*Ответ: Квадрат со стороной 6 метров.*

6 **Задача на последовательность.** На производстве детали проходят 4 этапа обработки. На каждом этапе брак составляет 5%. Какой процент качественных деталей выйдет с конвейера?

*Ответ: 81.45%.*

7 **Задача на моделирование.** Представьте, что вы проектируете лестницу. Высота ступеньки 15 см, глубина 30 см. На какой высоте будет площадка, если ступеней 10?

*Ответ: 150 см.*

8 **Задача на комбинаторику.** У конструктора есть 4 вида деталей: А, Б, В, Г. Сколько различных комбинаций можно составить, используя по 2 детали?

*Ответ: 6 комбинаций.*

9 **Задача на масштаб.** На чертеже деталь изображена в масштабе 1:5. Длина детали на чертеже 12 см. Какова реальная длина детали?

*Ответ: 60 см.*

10 **Задача на планирование.** Для сборки механизма нужно выполнить 5 операций. Каждая операция занимает разное время: 10, 15, 20, 25 и 30 минут. Какое минимальное время потребуется на сборку, если операции можно выполнять параллельно?

*Ответ: 30 минут.*

#### **Система оценивания:**

- **2 балла** - задание выполнено полностью правильно, с подробным обоснованием решения, логичной последовательностью действий и верным ответом.

- **1 балл** - задание выполнено частично верно: правильный ответ получен нелогичным или нерациональным способом; есть небольшие ошибки в вычислениях при верном ходе решения; отсутствует обоснование или пояснение решения; решение неполное, но ведущее к правильному ответу.

- **0 баллов** - задание не выполнено или выполнено неверно: неправильный ответ; отсутствие решения; неверный ход рассуждений; грубые ошибки в вычислениях.

При оценке обращать внимание на:

- логичность рассуждений
- последовательность действий
- умение применять математические знания в практических ситуациях
- рациональность выбранного способа решения
- правильность оформления решения