

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 физики, технологии и методики обучения

Кочетов Егор Вадимович

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Формирование инженерного мышления обучающихся на основе  
образовательных робототехнических комплектов

Направление подготовки 44.04.01 Педагогическое образование  
Направленность (профиль) образовательной программы  
Физическое и технологическое образование в новой образовательной  
практике

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

доцент, кандидат педагогических наук  
С.В. Латынцев

15.06.2026

(дата, подпись)

Руководитель магистерской программы  
профессор, доктор педагогических наук

В.И. Тесленко

22.5.26

(дата, подпись)

Руководитель

профессор, доктор педагогических наук

В.И. Тесленко

22.5.26

(дата, подпись)

Дата защиты 25.06.2026 г.

Обучающийся

Е.В. Кочетов

18.05.26

(дата, подпись)

Оценка

удовлетворительно

(прописью)

Красноярск 2026

## **Реферат к магистерской диссертации «Формирование инженерного мышления обучающихся на основе образовательных робототехнических комплектов»**

Данное теоретическое исследование посвящено разработке организационно-методических условий формирования инженерного мышления у обучающихся общеобразовательной школы на основе применения образовательных робототехнических комплектов.

**Объем и структура работы:** магистерская диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, библиографического списка, включающего 36 источников, и четырех приложений. Общее количество страниц — 75, количество таблиц — 1, количество иллюстраций — 18.

**Актуальность исследования.** Современный этап развития общества характеризуется стремительными технологическими преобразованиями, связанными с цифровизацией экономики, развитием Индустрии и формированием новых высокотехнологичных рынков. В этих условиях особую значимость приобретает подготовка инженерных кадров новой формации, способных решать сложные междисциплинарные задачи, создавать конкурентоспособные технологии и работать в условиях быстро меняющейся производственной среды.

Сегодня на повестку дня выходит вопрос о развитии инженерных компетенций уже на уровне школьного образования, тогда как ещё совсем недавно подготовка инженерных кадров считалась прерогативой высших учебных заведений. Однако на практике реализация этой задачи сталкивается с рядом серьёзных трудностей: дефицит педагогических кадров, способных вести занятия по техническим направлениям; недостаток учебно-методических и нормативных ресурсов; слабая материально-техническая база многих школ; отсутствие системного подхода к формированию инженерного мышления на разных возрастных этапах.

Особый потенциал в решении этой проблемы имеют образовательные робототехнические комплекты, которые позволяют организовать практико-ориентированную проектную деятельность, объединяющую конструирование, программирование, исследование и творчество. Однако, как показывает анализ, в существующей практике обучения недостаточно разработаны вопросы системного применения различных робототехнических комплектов в соответствии с возрастными особенностями обучающихся для целенаправленного формирования инженерного мышления. Отсутствуют чёткие методические рекомендации по поэтапному использованию робототехнических средств, позволяющие выстроить непрерывную образовательную траекторию от дошкольного возраста до старшей школы.

Таким образом, возникает противоречие между объективной потребностью общества в формировании инженерного мышления у подрастающего поколения и недостаточной разработанностью организационно-методических условий использования образовательных робототехнических комплектов для решения этой задачи в общеобразовательной школе. Необходимость разрешения данного противоречия определяет актуальность настоящего исследования.

**Объект исследования** — процесс формирования инженерного мышления у обучающихся общеобразовательной школы.

**Предмет исследования** — организационно-методические условия формирования инженерного мышления обучающихся на основе образовательных робототехнических комплектов.

**Цель исследования** — теоретически обосновать и разработать организационно-методические условия применения робототехнических комплектов для формирования инженерного мышления школьников.

**Гипотеза исследования** состоит в предположении о том, что формирование инженерного мышления школьников будет эффективным, если

образовательный процесс строится на основе поэтапного освоения робототехнических комплектов с учётом возрастных особенностей обучающихся; применяются практико-ориентированные формы и методы обучения, включая проектную деятельность; создана система диагностики уровня сформированности компонентов инженерного мышления; обеспечена интеграция урочной и внеурочной деятельности в рамках единого образовательного пространства.

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать состояние исследуемой проблемы в педагогической теории и практике обучения.
2. Выявить особенности организации процесса формирования инженерного мышления школьников.
3. Определить условия, обеспечивающие повышение качества формирования инженерного мышления.
4. Провести анализ образовательных робототехнических комплектов, используемых в процессе формирования инженерного мышления.
5. Разработать методические рекомендации по применению робототехнических комплектов в учебном процессе.

**Методологическая основа** исследования базируется на системном и деятельностном подходах, концепции личностно-ориентированного образования, теории поэтапного формирования умственных действий, положениях STEM-образования. В работе использовались методы теоретического анализа педагогической и методической литературы, обобщение педагогического опыта, метод моделирования.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в уточнении понятия «инженерное мышление школьников», выявлении его структуры и

компонентов, обосновании организационно-педагогических условий его формирования средствами робототехники.

**Практическая значимость** исследования состоит в разработке методических рекомендаций по применению робототехнических комплектов различных уровней (LEGO «Первые механизмы», LEGO Education WeDo 2.0, LEGO SPIKE Prime, LEGO Mindstorms EV3, Arduino) для формирования инженерного мышления обучающихся.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Формирование инженерного мышления обучающихся целесообразно осуществлять поэтапно, используя образовательные робототехнические комплекты, подобранные в соответствии с возрастными особенностями и уровнем подготовки учащихся: LEGO «Первые механизмы» (4+ лет), LEGO Education WeDo 2.0 (7–9 лет), LEGO SPIKE Prime (10–13 лет), LEGO Mindstorms EV3 (14+ лет), Arduino (12+ лет для углублённого изучения).
2. Разработанная методика применения робототехнических комплектов, основанная на принципах системности, преемственности, интеграции урочной и внеурочной деятельности, проектного обучения и соревновательности, обеспечивает целенаправленное формирование всех компонентов инженерного мышления: технического, конструктивного, исследовательского, экономического, а также самостоятельности, ответственности, творческого потенциала и инженерной рефлексии.
3. Организационно-педагогическими условиями, повышающими эффективность формирования инженерного мышления средствами робототехники, являются: создание материально-технической базы (лаборатории, конструкторы, 3D-принтеры), интеграция учебной и внеучебной деятельности, сетевое взаимодействие с учреждениями

дополнительного образования и вузами, повышение квалификации педагогов в области робототехники и STEM-образования, а также внедрение системы диагностики уровня сформированности инженерного мышления.

4. Предложенная система диагностики, включающая оценку десяти компонентов инженерного мышления (техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое мышление, самостоятельность, нацеленность на успех, ответственность, творческий потенциал, инженерная рефлексия, правовая компетенция), <sup>и/м</sup> позволяет осуществлять мониторинг образовательных результатов и своевременно корректировать процесс обучения.

**Апробация результатов исследования.** Основные теоретические положения и выводы диссертационного исследования докладывались и обсуждались на X Всероссийской конференции с международным участием «Информационные технологии для Новой школы» (Санкт-Петербург, 2019)— выступление с докладом по теме «Формирование инженерного мышления школьников на основе образовательных робототехнических комплектов»; на заседаниях методического объединения учителей естественно-научного и технического циклов ГБОУ СОШ №255 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, на которых были представлены разработанные методические рекомендации по поэтапному использованию робототехнических комплектов (2020 г.).

Практическая апробация разработанных методических рекомендаций осуществлялась на базе сети школ цифровых технологий и робототехники «РосРобот» (г. Красноярск). В ходе обсуждения было отмечено, что предложенная расширенная поэтапная система применения робототехнических комплектов органично дополняет существующую образовательную программу школы, позволяя выстроить более плавную траекторию вхождения в робототехнику для младших учащихся и обеспечить

методическую поддержку переходных этапов между различными платформами. Руководством школы «РосРобот» принято решение о расширении существующей уровневой системы обучения за счёт включения дополнительных этапов, предусмотренных разработанными методическими рекомендациями, и внедрении предложенной системы диагностики уровня сформированности инженерного мышления обучающихся на всех этапах обучения.

## ABSTRACT

to the master's thesis

### **"Formation of Engineering Thinking in Students Based on Educational Robotics Kits"**

This theoretical research is devoted to the development of organizational and methodological conditions for the formation of engineering thinking in secondary school students through the application of educational robotics kits.

**Scope and structure of the work:** The master's thesis consists of an introduction, two chapters, a conclusion, a bibliography containing 36 sources, and four appendices. The total number of pages is 74, including 1 table and 8 illustrations.

**Relevance of the research.** The current stage of societal development is characterized by rapid technological transformations associated with the digitalization of the economy, the development of Industry 4.0, and the emergence of new high-tech markets. Under these conditions, the training of a new generation of engineers capable of solving complex interdisciplinary problems, creating competitive technologies, and working in a rapidly changing production environment becomes particularly significant.

Today, the development of engineering competencies at the level of school education is on the agenda, whereas until quite recently the training of engineering personnel was considered the prerogative of higher education institutions. However, in practice, the implementation of this task faces a number of serious difficulties: a shortage of teaching staff capable of conducting classes in technical fields; insufficient educational, methodological, and regulatory resources; a weak material and technical base in many schools; and the absence of a systematic approach to the formation of engineering thinking at different age stages.

Educational robotics kits have particular potential in solving this problem, as they allow for the organization of practice-oriented project activities that combine

construction, programming, research, and creativity. However, as analysis shows, existing educational practice has insufficiently developed issues of the systematic application of various robotics kits in accordance with the age characteristics of students for the purposeful formation of engineering thinking. There is a lack of clear methodological recommendations for the stage-by-stage use of robotics tools that would allow building a continuous educational trajectory from preschool age to high school.

Thus, a contradiction arises between the objective need of society to develop engineering thinking in the younger generation and the insufficient development of organizational and methodological conditions for the use of educational robotics kits to solve this problem in secondary schools. The need to resolve this contradiction determines the relevance of this research.

**Object of research** – the process of forming engineering thinking in secondary school students.

**Subject of research** – organizational and methodological conditions for the formation of engineering thinking in students based on educational robotics kits.

**Aim of the research** – to theoretically substantiate and develop organizational and methodological conditions for the use of robotics kits in the formation of engineering thinking in schoolchildren.

**Research hypothesis** assumes that the formation of engineering thinking in schoolchildren will be effective if the educational process is built on the basis of stage-by-stage mastery of robotics kits taking into account the age characteristics of students; practice-oriented forms and methods of teaching, including project activities, are applied; a diagnostic system for the level of development of engineering thinking components is created; and the integration of curricular and extracurricular activities within a unified educational space is ensured.

### **Research objectives:**

1. To analyze the state of the research problem in pedagogical theory and educational practice.
2. To identify the features of organizing the process of forming engineering thinking in schoolchildren.
3. To determine the conditions that ensure the improvement of the quality of engineering thinking formation.
4. To conduct an analysis of educational robotics kits used in the process of forming engineering thinking.
5. To develop methodological recommendations for the use of robotics kits in the educational process.

**Methodological foundation** of the research is based on the systemic and activity-based approaches, the concept of personality-oriented education, the theory of stage-by-stage formation of mental actions, and the principles of STEM education. The work employed methods of theoretical analysis of pedagogical and methodological literature, generalization of pedagogical experience, and the method of modeling.

**Theoretical significance** of the research lies in clarifying the concept of "engineering thinking of schoolchildren," identifying its structure and components, and substantiating the organizational and pedagogical conditions for its formation through robotics.

**Practical significance** of the research consists in the development of methodological recommendations for the use of robotics kits of various levels (LEGO "First Mechanisms," LEGO Education WeDo 2.0, LEGO SPIKE Prime, LEGO Mindstorms EV3, Arduino) for the formation of engineering thinking in students.

**The following provisions are put forward for defense:**

1. The formation of engineering thinking in students should be carried out in stages, using educational robotics kits selected in accordance with the age characteristics and level of training of students: LEGO "First Mechanisms" (4+ years), LEGO Education WeDo 2.0 (7–9 years), LEGO SPIKE Prime (10–13 years), LEGO Mindstorms EV3 (14+ years), Arduino (12+ years for in-depth study).
2. The developed methodology for the use of robotics kits, based on the principles of systematicity, continuity, integration of curricular and extracurricular activities, project-based learning, and competitiveness, ensures the purposeful formation of all components of engineering thinking: technical, constructive, research, economic, as well as independence, focus on success and achievement, responsibility, creative potential, and engineering reflection.
3. The organizational and pedagogical conditions that increase the effectiveness of the formation of engineering thinking through robotics include: the creation of a material and technical base (laboratories, construction kits, 3D printers), the integration of curricular and extracurricular activities, network interaction with institutions of additional education and universities, professional development of teachers in the field of robotics and STEM education, as well as the implementation of a diagnostic system for the level of engineering thinking development.
4. The proposed diagnostic system, including the assessment of ten components of engineering thinking (technical, constructive, research, economic thinking, independence, focus on success, responsibility, creative potential, engineering reflection, legal competence), allows for monitoring educational results and timely adjusting the learning process.

**Approval of research results.** The main theoretical provisions and conclusions of the dissertation research were presented and discussed at the X All-Russian Conference with international participation "Information Technologies for the New School" (St. Petersburg, 2019) – a presentation on the topic "Formation of engineering thinking in schoolchildren based on educational robotics kits"; at meetings of the methodological association of teachers of natural science and technical cycles of State Budgetary Educational Institution Secondary School No. 255 of the Admiralteysky District of St. Petersburg, where the developed methodological recommendations for the stage-by-stage use of robotics kits were presented (2020).

Practical approval of the developed methodological recommendations was carried out on the basis of the network of schools of digital technologies and robotics "RosRobot" (Krasnoyarsk). During the discussion, it was noted that the proposed expanded stage-by-stage system for the use of robotics kits organically complements the existing educational program of the school, allowing for a smoother trajectory of entry into robotics for younger students and providing methodological support for transition stages between various platforms. The management of the "RosRobot" school decided to expand the existing level-based system of education by including additional stages provided for by the developed methodological recommendations and to introduce the proposed diagnostic system for the level of engineering thinking development in students at all stages of education.

Оглавление	
Введение .....	2
<b>Глава 1. Методические основы организации формирования инженерного мышления у школьников .....</b>	<b>12</b>
1.1. Состояние исследуемой проблемы в практике обучения .....	12
1.1.1. Понятие и сущность инженерного мышления .....	12
1.1.2. Проблема формирования инженерного мышления в современной школе.....	14
1.1.3. Роль робототехники в формировании инженерного мышления .....	15
1.1.4. Вызовы современного образования и необходимость развития инженерного мышления .....	16
1.2. Особенности организации процесса формирования инженерного мышления .....	17
1.2.1. Возрастные этапы формирования инженерного мышления .....	17
1.2.2. Принципы организации образовательного процесса.....	19
1.2.3. Роль педагога в формировании инженерного мышления .....	21
1.2.4. Проектная деятельность как основа формирования инженерного мышления .....	22
1.3. Условия для повышения качества формирования инженерного мышления .....	23
1.3.1. Материально-технические условия .....	23
1.3.2. Организационно-методические условия.....	24
1.3.3. Психолого-педагогические условия .....	25
1.3.4. Социальное партнерство и сетевое взаимодействие .....	26
Выводы по главе 1.....	27
<b>Глава 2. Организационно-методические условия организации обучения школьников на основе робототехнических комплектов.....</b>	<b>29</b>
2.1. Анализ робототехнических комплектов, используемых в процессе формирования инженерного мышления .....	29
2.1.1. Классификация образовательных робототехнических комплектов.....	29
2.1.2. LEGO «Первые механизмы» (4+ лет).....	30

2.1.3. LEGO Education WeDo 2.0 (7–9 лет).....	31
2.1.4. LEGO SPIKE Prime (10–13 лет).....	32
2.1.5. LEGO Mindstorms EV3 (14+ лет).....	34
2.1.6. Arduino (12+ лет) .....	35
2.1.7. Сравнительный анализ комплектов.....	36
2.2. Методика применения робототехнических комплектов в учебном процессе .....	37
2.2.1. Общие принципы методики.....	37
2.2.2. Этапы формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов.....	48
2.2.3. Организационные формы работы .....	49
2.2.4. Методы и приемы работы.....	50
2.2.5. Диагностика сформированности инженерного мышления .....	54
2.2.6. Рекомендации по организации образовательного процесса .....	56
2.2.7. Примеры реализации на практике .....	60
Выводы по главе 2.....	61
Заключение .....	64
Библиографический список.....	67
Приложения.....	71
Приложение А – Состав робототехнических комплектов.....	71
Приложение Б – Примеры проектов обучающихся .....	77

## Введение

**Актуальность исследования.** Современное общество переживает период стремительных технологических преобразований, связанных с цифровизацией экономики, развитием Индустрии и формированием новых высокотехнологичных рынков. [2, 3] В этих условиях особую значимость приобретает подготовка инженерных кадров новой формации, способных решать сложные междисциплинарные задачи и создавать конкурентоспособные технологии.

Государственный заказ на подготовку инженерных кадров, спрос реального сектора экономики, связанный с дефицитом квалифицированных инженеров, а также необходимость модернизации содержания образования для обеспечения готовности выпускников к деятельности в высокотехнологичной экономике — все это определяет актуальность проблемы формирования инженерного мышления уже на уровне школьного образования. [2, 3] Сегодня на повестку дня выходит вопрос о развитии инженерных компетенций у школьников, тогда как ещё совсем недавно вопросы воспитания инженерных кадров были прерогативой высших учебных заведений.

Особый потенциал в решении этой задачи имеют образовательные робототехнические комплекты, которые позволяют организовать практико-ориентированную проектную деятельность, объединяющую конструирование, программирование, исследование и творчество. [28] Робототехника дает возможность использовать на практике те знания, которые в школе традиционно преподаются только в теории. Она позволяет наглядно продемонстрировать, как абстрактные математические и физические закономерности становятся реальным действием, показывает метапредметный характер школьных дисциплин и их связь друг с другом.

**Степень разработанности проблемы.** В педагогической науке проблема формирования инженерного мышления рассматривается в работах П.К. Энгельмейера [5], определявшего инженерию как «искусство целенаправленного воздействия на природу, искусство сознательно вызывать явления, пользуясь законами природы». В современной педагогике значительный вклад в разработку проблемы внесли Е.В. Бондаревская, разработавшая концепцию личностно-ориентированного образования культурологического типа [6], А.А. Ахаян, исследующий проблемы сетевой личности и виртуальных образовательных пространств, а также коллектив авторов проекта «ИСКРА», реализующего инновационную деятельность по формированию инженерного мышления школьников [28, 35].

Вопросы использования робототехники в образовании находят отражение в работах С. А. Филиппова, Д. Г. Копосова, М. М. Киселёва и других исследователей. Однако возникает проблема в том, что недостаточно раскрытыми остаются вопросы системного применения различных робототехнических комплектов в соответствии с возрастными особенностями обучающихся для целенаправленного формирования инженерного мышления.

**Объект исследования** — процесс формирования инженерного мышления у обучающихся общеобразовательной школы.

**Предмет исследования** — организационно-методические условия формирования инженерного мышления обучающихся на основе образовательных робототехнических комплектов.

**Цель исследования** — теоретически обосновать и разработать организационно-методические условия применения робототехнических комплектов для формирования инженерного мышления школьников.

**Гипотеза исследования** состоит в предположении о том, что формирование инженерного мышления школьников будет эффективным, если:

- образовательный процесс строится на основе поэтапного освоения робототехнических комплектов с учетом возрастных особенностей обучающихся;
- применяются практико-ориентированные формы и методы обучения, включая проектную деятельность;
- создана система диагностики уровня сформированности компонентов инженерного мышления;
- обеспечена интеграция урочной и внеурочной деятельности в рамках единого образовательного пространства.

#### **Задачи исследования:**

1. Проанализировать состояние исследуемой проблемы в педагогической теории и практике обучения.
2. Выявить особенности организации процесса формирования инженерного мышления школьников.
3. Определить условия, обеспечивающие повышение качества формирования инженерного мышления.
4. Провести анализ образовательных робототехнических комплектов, используемых в процессе формирования инженерного мышления.
5. Разработать методические рекомендации по применению робототехнических комплектов в учебном процессе.

#### **Методы исследования**

Для решения поставленных задач и проверки выдвинутой гипотезы в работе использовался комплекс взаимодополняющих методов, соответствующих теоретическому характеру исследования.

#### **Теоретические методы:**

1. **Анализ педагогической, психологической и методической литературы.** Данный метод позволил изучить состояние исследуемой проблемы в науке и практике, выявить ключевые теоретические

положения, определить степень разработанности проблемы. В ходе анализа были рассмотрены работы П.К. Энгельмейера, Е.В. Бондаревской, А.А. Ахаяна, Г.И. Щукиной, А.А. Шперха, а также современных исследователей в области робототехники (С.А. Филиппова, Д.Г. Копосова, М.М. Киселёва). Всего проанализировано 36 источников.

2. **Сравнительный анализ.** Использовался для сопоставления различных образовательных робототехнических комплектов (LEGO «Первые механизмы», LEGO Education WeDo 2.0, LEGO SPIKE Prime, LEGO Mindstorms EV3, Arduino) по таким параметрам, как возрастные рекомендации, состав, программное обеспечение, формируемые навыки. Сравнительный анализ позволил выявить специфику каждого комплекта и обосновать их место в поэтапной системе формирования инженерного мышления.
3. **Обобщение педагогического опыта.** Метод позволил систематизировать и обобщить передовой опыт в области использования робототехники в образовательном процессе, в частности опыт реализации проекта «ИСКРА» в ГБОУ СОШ №255 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга и опыт работы школы цифровых технологий и робототехники «РосРобот» (г. Красноярск).
4. **Метод моделирования.** Применялся для разработки поэтапной модели применения робототехнических комплектов в процессе формирования инженерного мышления. Модель включает цели, задачи, содержание, методы, организационные формы и диагностический инструментарий на каждом возрастном этапе.
5. **Анализ нормативной документации.** Изучение Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», Посланий Президента РФ Федеральному Собранию, Государственной программы «Развитие

образования» и проекта ФГОС ООО позволило определить нормативные основания исследования и обосновать актуальность темы.

### **Практические методы:**

1. **Разработка методических рекомендаций.** На основе проведённого теоретического анализа и обобщения опыта были разработаны практические рекомендации по организации образовательного процесса с использованием робототехнических комплектов, включающие описание поэтапной системы работы, организационных форм, методов и приёмов, а также диагностического инструментария.
2. **Апробация разработанных материалов.** Разработанные методические рекомендации были представлены и получили положительную оценку педагогического коллектива школы цифровых технологий и робототехники «РосРобот» (г. Красноярск). По результатам обсуждения принято решение о внедрении предлагаемых этапов обучения в образовательную практику организации.

**Методологическую основу** исследования составляют:

- **Системный подход**, позволяющий рассматривать формирование инженерного мышления как целостную систему, включающую взаимосвязанные компоненты (цели, содержание, методы, формы, средства обучения) и учитывающую их взаимодействие в образовательном процессе.
- **Деятельностный подход**, в рамках которого обучение рассматривается как активная, целенаправленная деятельность самого обучающегося, а формирование мышления происходит через включение в практическую, преобразующую деятельность (конструирование, программирование, проектирование).

- **Концепция личностно-ориентированного образования** (Е.В. Бондаревская), ориентирующая на воспитание гражданина, человека культуры и нравственности, создание условий для саморазвития и самоопределения личности в мире культурных ценностей.
- **Теория поэтапного формирования умственных действий** (П.Я. Гальперин), обосновывающая необходимость последовательного перехода от внешних, материальных действий к внутренним, умственным, что особенно значимо при формировании конструктивных и алгоритмических навыков.
- **Положения STEM-образования** (Science, Technology, Engineering, Mathematics), подчёркивающие интегративность естественно-научных и технических дисциплин, междисциплинарный подход к обучению и практико-ориентированный характер учебной деятельности.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в уточнении понятия «инженерное мышление школьников», выявлении его структуры и компонентов, обосновании организационно-педагогических условий его формирования средствами робототехники.

**Практическая значимость** исследования состоит в разработке методических рекомендаций по применению робототехнических комплектов различных уровней (LEGO «Первые механизмы», LEGO Education WeDo 2.0, LEGO SPIKE Prime, LEGO Mindstorms EV3, Arduino) для формирования инженерного мышления обучающихся.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Формирование инженерного мышления обучающихся целесообразно осуществлять поэтапно, используя образовательные робототехнические комплекты, подобранные в соответствии с возрастными особенностями и уровнем подготовки учащихся: LEGO «Первые механизмы» (4+ лет), LEGO Education WeDo 2.0 (7–9 лет), LEGO SPIKE Prime (10–13 лет),

LEGO Mindstorms EV3 (14+ лет), Arduino (12+ лет для углублённого изучения).

2. Разработанные рекомендации по применению робототехнических комплектов, основанные на принципах системности, преемственности, интеграции урочной и внеурочной деятельности, проектного обучения и соревновательности, предполагается применить в практике обучения для целенаправленного формирования всех компонентов инженерного мышления: технического, конструктивного, исследовательского, экономического, а также самостоятельности, ответственности, творческого потенциала и инженерной рефлексии.
3. Организационно-методическими условиями для реализации разработанных рекомендаций, повышающих эффективность формирования инженерного мышления средствами робототехники, являются: создание материально-технической базы (лаборатории, конструкторы, 3D-принтеры), интеграция учебной и внеучебной деятельности, сетевое взаимодействие с учреждениями дополнительного образования и вузами, повышение квалификации педагогов в области робототехники и STEM-образования, а также внедрение системы диагностики уровня сформированности инженерного мышления.
4. Предложенная система диагностики, включающая оценку десяти компонентов инженерного мышления (техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое мышление, самостоятельность, нацеленность на успех, ответственность, творческий потенциал, инженерная рефлексия, правовая компетенция), на наш взгляд, позволит осуществить мониторинг образовательных результатов и своевременно корректировать процесс обучения.

## Апробация результатов исследования

Основные теоретические положения и выводы диссертационного исследования докладывались и обсуждались на:

- X Всероссийской конференции с международным участием «Информационные технологии для Новой школы» (Санкт-Петербург, 2019)—выступление с докладом по теме «Формирование инженерного мышления школьников на основе образовательных робототехнических комплектов» (секция «Педагогические технологии в цифровой образовательной среде»);
- заседаниях методического объединения учителей естественно-научного и технического циклов ГБОУ СОШ №255 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, на которых были представлены разработанные методические рекомендации по поэтапному использованию робототехнических комплектов (2020 г.).

**Практическая апробация** разработанных методических рекомендаций осуществлялась на базе сети школ цифровых технологий и робототехники «РосРобот» (г. Красноярск). В период с января 2026 — май 2026 года разработанный проект в ходе исследования был представлен руководству и педагогическому коллективу общеобразовательной организации.

В школе «РосРобот» уже сложилась собственная уровневая система обучения, основанная на последовательном освоении робототехнических платформ: **LEGO WeDo** (с 5 лет), **LEGO Mindstorms EV3** и **Arduino** (с 11 лет). Обучение строится по уровням и ступеням, где уровень включает несколько последовательных курсов, а ступень представляет собой отдельный курс. В рамках общего направления изучаются легоконструирование, программирование, микроэлектроника, 3D-моделирование.

В ходе обсуждения разработанных рекомендаций, представленных в диссертации, было отмечено, что предложенная в исследовании **расширенная поэтапная система применения робототехнических комплектов** органично должна дополнить существующую образовательную программу школы. В частности, педагогический коллектив высоко оценил:

- возможность **добавления пропедевтического этапа** (с использованием LEGO «Первые механизмы» для детей 4–6 лет) как подготовительной ступени перед переходом к LEGO WeDo, что позволяет выстроить более плавную траекторию вхождения в робототехнику для самых младших учащихся;
- **методические рекомендации по организации переходного этапа** между LEGO WeDo и LEGO Mindstorms EV3, который в существующей практике школы не всегда был методически обеспечен;
- предложенную систему диагностики десяти компонентов инженерного мышления для мониторинга образовательных результатов обучающихся на каждом этапе обучения;
- практическую значимость методических рекомендаций по организации проектной деятельности в рамках урочной и внеурочной работы.

В результате апробации, описанной выше, **руководством школы «РосРобот» принято решение о расширении существующей уровневой системы обучения** за счет включения дополнительных этапов, предусмотренных разработанными методическими рекомендациями. В рамках данной работы планируется:

1. внедрение пропедевтического этапа с использованием LEGO «Первые механизмы» для детей 5–6 лет;

2. апробация разработанных методических рекомендаций по организации переходных этапов между различными робототехническими платформами;
3. внедрение предложенной системы диагностики уровня сформированности инженерного мышления обучающихся на всех этапах обучения.

## **Глава 1. Методические основы организации формирования инженерного мышления у школьников**

### **1.1. Состояние исследуемой проблемы в практике обучения**

#### **1.1.1. Понятие и сущность инженерного мышления**

Инженерное мышление представляет собой сложный, многоаспектный феномен, который в современной педагогической науке получает все более глубокое осмысление. Для понимания его сущности необходимо обратиться к определению инженерной деятельности как таковой.

Согласно Большому толковому словарю по культурологии, «инженерная деятельность — это деятельность в сфере науки и материального производства, направленная на применение научных знаний и производственного опыта для создания технических устройств и технологии» [5]. Классик российской философии техники П.К. Энгельмейер дает более широкое определение, понимая инженерию как «искусство целенаправленного воздействия на природу, искусство сознательно вызывать явления, пользуясь законами природы».

В современном понимании инженерное мышление — это системное творческое техническое мышление, позволяющее видеть проблему целиком с разных сторон, видеть связи между ее частями. Как отмечают исследователи, инженерное мышление — это тип системного мышления, нацеленный на решение конкретных практических задач с использованием научных и технических знаний. По своей сути, это практическое, инновационное и одновременно критическое мышление, позволяющее не только найти решение, но и оценить его эффективность и возможность реализации.

Важно подчеркнуть, что инженерное мышление не сводится к техническому мышлению в узком смысле. Оно включает в себя целый комплекс интеллектуальных процессов и их результатов, которые обеспечивают решение задач в инженерно-технической деятельности.

Исследователи выделяют четыре основные составляющие инженерного мышления: техническое, конструктивное, исследовательское и экономическое.

Техническое мышление проявляется в умении анализировать устройство и принцип работы технических объектов, понимать их функциональное назначение и взаимосвязи между отдельными элементами. Конструктивное мышление — это способность строить модели решения поставленной проблемы, видеть различные варианты конструктивных решений и выбирать оптимальный. Исследовательское мышление связано с умением выявлять проблемы, формулировать гипотезы, планировать эксперименты и анализировать результаты. Экономическое мышление предполагает оценку затрат и выгод различных технических решений, понимание ресурсных ограничений.

В работе Спиридоновой А. А. и Иофе К. Д. [28] представлена более детальная структура инженерного мышления, включающая десять компонентов: техническое мышление, конструктивное мышление, исследовательское мышление, экономическое мышление, самостоятельность, нацеленность на успех и достижения, ответственность, творческий потенциал, инженерная рефлексия, правовая компетенция.

Особый интерес представляет подход, предложенный в рамках проекта «ИСКРА», где инженерное мышление рассматривается 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».

### **1.1.2. Проблема формирования инженерного мышления в современной школе**

Актуальность формирования инженерного мышления в школе определяется целым рядом факторов. Во-первых, это государственный заказ

на подготовку инженерных кадров новой формации, уровень квалификации которых соответствует требованиям цифровой экономики. Во-вторых, это спрос реального сектора экономики, связанный со сложившимся дефицитом квалифицированных инженерных кадров.

Как отмечается в сборнике статей семинара X Всероссийской конференции «Информационные технологии для Новой школы», «с каждым годом взгляд педагогов все пристальнее сосредотачивается на проблемах, связанных с этой темой. Совсем еще недавно вопросы воспитания инженерных кадров были прерогативой высших учебных заведений, а сегодня на повестку дня выходит вопрос о развитии инженерных компетенций у школьников».

Нормативным основанием для решения этой задачи является Подпрограмма «Развитие дошкольного, общего и дополнительного образования детей» Государственной программы РФ «Развитие образования» на 2013–2020 годы [1, 4]. Одна из задач государственной политики в сфере образования звучит так: «Модернизация содержания образования и образовательной среды для обеспечения готовности выпускников общеобразовательных организаций к дальнейшему обучению и деятельности в высокотехнологичной экономике».

Однако на практике реализация этой задачи сталкивается с рядом трудностей. Среди них — дефицит кадров, недостаток учебно-методических и нормативных ресурсов, слабая материально-техническая база многих школ. Как констатируют авторы проекта «ИСКРА», «можно констатировать высокую потребность в продуктивной и эффективной работе школы в направлении формирования мышления растущих инженерных кадров, при недостаточной поддержке деятельности школ по формированию инженерного мышления обучающихся».

Особую роль в решении этой проблемы играет переход от существующей практики дробления знаний на предметы к целостному образному восприятию мира, к метадеятельности. Как отмечается в материалах конференции, «получить необходимый результат для подготовки будущих инженеров при изучении отдельных предметов невозможно, необходима некая надпредметность, метапредметность знаний и способов деятельности».

### **1.1.3. Роль робототехники в формировании инженерного мышления**

Образовательная робототехника рассматривается сегодня как одно из наиболее эффективных средств формирования инженерного мышления школьников. Это обусловлено несколькими ключевыми факторами.

Во-первых, робототехника позволяет использовать на практике те знания, умения и навыки, которые в школе традиционно преподаются только в теории. Как справедливо отмечается в материалах семинара, «такие предметы, как математика, физика, информатика, технология дают обширную базу знаний, но как их применять в жизни понимают далеко не все». Робототехника показывает, как абстрактные буквы и цифры становятся реальным действием, дает наглядный пример работы школьных уроков в реальном мире и их метапредметность.

Во-вторых, робототехника обучает одновременно конструкторским навыкам и программированию. Причем обе эти компетенции осваиваются на разных уровнях: от сборки простых моделей по инструкции до самостоятельного проектирования сложных систем и программирования на текстовых языках. Это позволяет выстраивать образовательную траекторию с учетом возрастных особенностей и уровня подготовки обучающихся.

В-третьих, робототехника является мощным средством профориентации. Как отмечают педагоги, «сколько выпускников идет в ВУЗы по принципу «Куда мама сказала» или «Ну, сюда, наверное, мне баллов

хватит»? ... А все из-за того, что подростки просто не знают, чем могут заниматься по жизни». Робототехника дает широкий выбор специальностей, на которые ученик может впоследствии поступить: от инженера-конструктора до программиста, от специалиста по электронике до разработчика систем искусственного интеллекта.

В-четвертых, робототехника создает условия для развития у школьников навыков XXI века: командной работы, коммуникации, управления проектами, генерации идей. Работа над робототехническими проектами требует умения распределять роли, сотрудничать, находить компромиссы и совместно решать проблемы.

Исследования показывают, что занятия робототехникой способствуют развитию аналитического мышления и пониманию взаимосвязи между программным управлением и механическими процессами. Это формирует у школьников инженерное мышление, внимательность, способность работать в команде и искать нестандартные решения.

#### **1.1.4. Вызовы современного образования и необходимость развития инженерного мышления**

Современное образование сталкивается с рядом вызовов, которые делают формирование инженерного мышления особенно актуальным.

**Вызов 1:** Быстрая смена и устаревание знаний. Один из главных итогов тотальной цифровизации — информационный избыток. «Раньше доступ к знаниям и данным был открыт только тем, кто получал высшее образование либо работал в области науки. Сегодня информация перестает быть ценным ресурсом». Востребованным навыком становится умение ориентироваться в информации, классифицировать, анализировать и верифицировать ее. Это требует перехода от практики дробления знаний на предметы к целостному образному восприятию мира.

**Вызов 2:** Динамика развития техники и технологий. С учетом увеличения средней продолжительности жизни человека и, наоборот, сокращения жизненного цикла технологии, каждому из нас как минимум однажды придется осваивать новую профессию. Фундаментальные знания, базирующиеся на общих классических естественнонаучных основах, всегда остаются актуальными. Их знание позволяет быстро понять принцип работы технических новинок и эффективно их использовать.

**Вызов 3:** «Цифровое поколение». Организация образования школьников «цифрового поколения» требует новых, часто нестандартных организационных решений. Для этого недостаточно поддерживать интеграцию основного и дополнительного образования; необходимо создание новых институтов в системе образования, организация современных многопрофильных образовательных комплексов.

Как справедливо отмечается в материалах конференции, «система образования должна стать более гибкой. Без этого любые инициативы и затраты в сфере образования бессмысленны». В этой связи особое значение приобретает поиск эффективных инструментов формирования инженерного мышления, одним из которых являются образовательные робототехнические комплекты.

## **1.2. Особенности организации процесса формирования инженерного мышления**

### **1.2.1. Возрастные этапы формирования инженерного мышления**

Вопрос о том, когда следует начинать формирование инженерного мышления, является одним из ключевых в педагогической теории и практике. Как показывает анализ, подход к решению этого вопроса претерпел существенную эволюцию.

Традиционно считалось, что инженерное образование должно начинаться на этапе профессиональной подготовки в вузе. Однако

современные исследования показывают, что основы инженерного мышления закладываются значительно раньше. Как отмечает А.А. Шперх, «в широком смысле инженерное образование (т.е. учить, как изменять окружающий мир) необходимо начинать с младенчества».

В основе этого утверждения лежит понимание того, что инженерная деятельность — это не только применение научных знаний, но и «искусство целенаправленного воздействия на природу». Ребенок, осваивая мир, интуитивно постигает законы природы, и как только он начинает целенаправленное воздействие на нее, возникает инженерная деятельность. Например, «воздвигнув пирамиду из кубиков, он постиг тем самым законы природы (в этой части) и научился их использовать для воплощения своего замысла».

Однако важно учитывать возрастные особенности познавательной деятельности. Согласно классификации Г. И. Щукиной [20], выделяются три ступени познавательной активности:

- Репродуктивно-подражательная активность, при которой опыт самостоятельной деятельности накапливается через опыт другого.
- Поисково-исполнительская активность, характеризующаяся стремлением ребенка овладеть способами применения знаний в измененных условиях.
- Творческая активность, характеризующаяся высоким уровнем познавательного интереса, самостоятельности, стремлением найти нестандартные пути решения поставленных задач.

По мнению А.А. Шперха, «начинать инженерные занятия нужно не ранее 4-5 летнего возраста. Ребенок до этого возраста, как правило, ограничивается в своей познавательной деятельности подражанием». Примерно с четырехлетнего возраста у ребенка появляется поисково-

исполнительская познавательная деятельность, и здесь как раз появляется место для инженерного творчества.

К шестилетнему возрасту возникает творческая ступень познавательной деятельности, которая характеризуется стремлением найти нестандартные пути решения поставленных задач, самостоятельностью и высоким уровнем интереса. Это тот самый возраст, когда ребенок может начинать заниматься осмысленной инженерной деятельностью.

Важно подчеркнуть, что речь идет не о настоящей инженерной деятельности в полном смысле этого слова, а об инженерном творчестве, которое является одним из центральных аспектов инженерной деятельности. «Именно инженерная деятельность, понимаемая как искусство создания нового, дает возможность ребенку создавать свой собственный мир, необходимый, в том числе и для его собственного развития».

### **1.2.2. Принципы организации образовательного процесса**

Анализ педагогической практики позволяет выделить ряд принципов, которым следует руководствоваться при организации процесса формирования инженерного мышления.

**Принцип деятельностного подхода.** Как справедливо отмечал Дж. Дьюи, «ребенок развивается в действии» [8]. Знания должны получаться одновременно с действием, а не предшествовать ему. «Знания, получаемые через действие, закрепляются надежнее и вернее». Дьюи провозглашал «обучение посредством делания» в процессе игры, труда, изобразительной деятельности, общения.

**Принцип учета возрастных особенностей.** Важно, чтобы задачи, которые ставятся перед ребенком, соответствовали его возрасту и уровню развития. «Простые задачи не мобилизуют ребенка, не запускают процесс познания, к слишком сложным при отсутствии мотивации ребенок после

нескольких неудачных попыток быстро теряет интерес». Задача педагога — «подкидывать» ребенку задачи соответствующего его возрасту уровня.

**Принцип зоны ближайшего развития.** Обучение должно опережать развитие, но не более чем на шаг. Педагог должен создавать условия, в которых ребенок может выполнять задания с помощью взрослого, постепенно переходя к самостоятельному выполнению.

**Принцип метапредметности.** Как отмечает Ю.В. Громыко, «предметный принцип обязательно должен быть сохранен, поскольку предметная организация мышления и деятельности является на настоящий момент самой высокоразвитой и мощной» [7]. Однако необходимо дополнять предметное обучение метапредметными заданиями, которые позволяют увидеть связи между различными дисциплинами.

**Принцип интеграции урочной и внеурочной деятельности.** Формирование инженерного мышления не может быть ограничено рамками отдельных уроков. Оно требует системной работы в рамках внеурочной деятельности, дополнительного образования, проектной и исследовательской работы.

**Принцип практической направленности.** В основе формирования инженерного мышления лежит практическая деятельность по созданию материальных продуктов — моделей, прототипов, действующих устройств. Это позволяет обучающимся пройти полный цикл инженерной деятельности: от замысла до готового продукта.

**Принцип соревновательности.** Включение соревновательного компонента (олимпиады, чемпионаты, конкурсы) создает дополнительную мотивацию, позволяет оценить свои достижения в сравнении с другими, стимулирует к поиску более совершенных решений.

### **1.2.3. Роль педагога в формировании инженерного мышления**

Особая роль в процессе формирования инженерного мышления принадлежит педагогу. Как отмечается в материалах проекта «ИСКРА», «педагогическая поддержка — это комплекс мероприятий, направленных на создание максимально комфортных условий в рамках образовательного процесса, способствующих раскрытию внутреннего потенциала ребенка, усвоению им новых знаний и укреплению в нем желания к совместной исследовательской, инженерно-технической деятельности».

Педагог, работающий в области формирования инженерного мышления, должен обладать рядом компетенций:

- Предметные компетенции — глубокое знание физики, математики, информатики, технологии в объеме, достаточном для решения инженерных задач.
- Методические компетенции — владение методами проектного обучения, организации исследовательской деятельности, использования робототехнических комплектов в образовательном процессе.
- Технические компетенции — умение работать с робототехническими конструкторами, средами программирования, 3D-моделированием, электроникой.
- Психолого-педагогические компетенции — понимание возрастных особенностей обучающихся, умение создавать мотивирующую образовательную среду, поддерживать познавательный интерес.
- Коммуникативные компетенции — умение организовывать командную работу, налаживать сотрудничество с родителями и социальными партнерами.

Особое значение приобретает способность педагога «вовремя заметить, когда можно усложнять условия, давать целенаправленные задания, поддерживать самостоятельные решения». Это требует тонкого

педагогического чутья и умения диагностировать уровень развития обучающихся.

Как показывает практика, эффективным является подход, при котором педагог выступает не столько в роли транслятора знаний, сколько в роли наставника, организатора, фасилитатора, создающего условия для самостоятельного поиска и открытий обучающихся.

#### **1.2.4. Проектная деятельность как основа формирования инженерного мышления**

Проектная деятельность рассматривается как ключевая форма организации образовательного процесса при формировании инженерного мышления. Это обусловлено тем, что инженерная деятельность по своей сути является проектной — она направлена на создание нового продукта, удовлетворяющего определенные потребности.

Как отмечается в Концепции технологического образования, «основными способами организации освоения данного содержания является проектная деятельность обучающихся в формате учебного проекта (выполнения технического задания), включающая все этапы проектирования, и выполнение заданий, предполагающих моделирование и конструирование продуктов с заданными свойствами и способов их получения в заданных условиях».

Работа над проектом позволяет обучающимся:

- познакомиться с полным циклом изготовления изделия — от задумки до создания готового продукта;
- освоить различные виды деятельности — конструирование, программирование, электронику, 3D-моделирование;
- развить социальную ответственность, осознанное жизненное самоопределение;

- приобрести навыки командной работы, коммуникации, управления проектами.

В рамках проекта «ИСКРА» была разработана модель детского научно-образовательного центра, в котором проектная деятельность организована таким образом, что «воспитанники могли осваивать необходимые виды

деятельности посредством посещения необходимых занятий в разных направлениях, это значительно расширяет объем полученных знаний и дает возможность детям участвовать в полном цикле создания готового продукта».

Важной особенностью проектной деятельности в области робототехники является ее междисциплинарный характер. Как отмечают авторы, «в любой инженерно-технической задаче мы всегда сможем выделить упомянутый набор метапредметов, а решение инженерно-математической или естественно-научной исследовательской задачи всегда формирует метапредметные навыки».

### **1.3. Условия для повышения качества формирования инженерного мышления**

#### **1.3.1. Материально-технические условия**

Эффективное формирование инженерного мышления невозможно без создания соответствующей материально-технической базы. Как показывает анализ, недостаточное оснащение образовательных организаций специализированным техническим оборудованием является одним из главных препятствий на пути развития этого направления.

К материально-техническим условиям относятся:

- Наличие робототехнических конструкторов различных уровней сложности, позволяющих выстраивать образовательную траекторию от простого к сложному.

- Компьютерное оборудование и программное обеспечение для программирования роботов, 3D-моделирования, симуляции.
- Оборудование для прототипирования — 3D-принтеры, станки с ЧПУ, позволяющие изготавливать детали и прототипы.
- Лабораторное оборудование для проведения экспериментов в области физики, электроники, мехатроники.
- Организация пространства — наличие специализированных кабинетов, лабораторий, мастерских, оснащенных для проектной и исследовательской работы.

В рамках проекта «Инженеры будущего» создаются мультидисциплинарные инженерные лаборатории, включающие «станки с ЧПУ и 3D-принтеры, оборудование для изучения интернета вещей, робототехники, дополненной и виртуальной реальности; программное обеспечение, аналогичное применяемому передовыми промышленными предприятиями».

### **1.3.2. Организационно-методические условия**

К организационно-методическим условиям относятся:

- Разработка и реализация образовательных программ учебных модулей и вариативных курсов урочной и внеурочной деятельности естественнонаучной и технической направленности.
- Создание интерактивного информационно-образовательного ресурса поддержки деятельности педагогов и учащихся в области технического творчества.
- Разработка механизмов сетевого взаимодействия, обеспечивающих интеграцию ресурсов образовательных учреждений для развития инженерного мышления.
- Повышение квалификации педагогов в области новых технологий, освоение новых компетенций.

- Создание системы диагностики уровня сформированности инженерного мышления.

В рамках проекта «ИСКРА» разработан комплексный подход к решению этих задач. Создан интернет-портал <https://proiskra.ru/> [35], который «может стать помощником, отвечающим на запросы школы комплексными решениями (нормативная база, учебно-методические материалы, электронные образовательные ресурсы), которые апробированы и могут быть перенесены в практику других образовательных учреждений».

### **1.3.3. Психолого-педагогические условия**

Важнейшим условием формирования инженерного мышления является создание психологически комфортной образовательной среды, способствующей раскрытию творческого потенциала обучающихся.

К психолого-педагогическим условиям относятся:

**Формирование положительной мотивации к инженерно-технической деятельности.** Как отмечает А.А. Шперх, «самая большая ошибка, которую только можно сделать, это стремиться «накачать» в ребенка некую сумму знаний, чтобы потом он смог использовать её в «настоящей» жизни». Важно, чтобы занятия вызывали искренний интерес и были продолжением естественной игровой активности ребенка.

**Создание ситуации успеха.** Успешное выполнение заданий, создание работающих моделей, победы в соревнованиях — все это укрепляет веру в свои силы и стимулирует к дальнейшему развитию.

**Развитие самостоятельности и инициативности.** Важно, чтобы обучающиеся не просто выполняли инструкции, но и проявляли инициативу, предлагали собственные решения, брали на себя ответственность.

**Формирование культуры сотрудничества.** Инженерная деятельность в современном мире — это командная работа. Важно развивать у обучающихся

умение работать в команде, распределять роли, договариваться, помогать друг другу.

**Учет индивидуальных особенностей.** Каждый ребенок имеет свой темп, стиль и интересы. Важно создавать условия для реализации индивидуальных образовательных траекторий.

Как отмечается в материалах семинара, в детском научно-образовательном центре «педагоги уделяют внимание не только передаче знаний обучающимся, но и также активно ведется воспитательная работа. Уделяется большое внимание созданию дружелюбной и теплой атмосферы, способствующей раскрытию способностей ребенка и мотивирующей на совместную деятельность, успешную социализацию, формирование индивидуальной творческой реализации».

#### **1.3.4. Социальное партнерство и сетевое взаимодействие**

Эффективное формирование инженерного мышления требует активного взаимодействия школы с внешними партнерами — вузами, предприятиями, общественными организациями.

Как показывает опыт проекта «ИСКРА», соисполнителями проекта являются:

- Научно-исследовательская лаборатория педагогических проблем использования интернет в образовательном процессе Института педагогики РГПУ им. А. И. Герцена (разработка диагностического инструментария и анализ результатов его апробации);
- Образовательные учреждения-партнеры для отработки технологий взаимодействия;
- Центры дополнительного образования для разработки материалов дистанционного обучения.

Участие в таких проектах, как WorldSkills «Молодые профессионалы», WorldSkills Junior, Олимпиада Национальной технологической инициативы, позволяет транслировать лучшие практики продуктивного обучения [32].

Международный образовательный проект «Инженеры будущего» демонстрирует эффективность модели непрерывного обучения инженерным и техническим специальностям «школа—ВУЗ/колледж—предприятие». В ходе проекта учащиеся реализуют на практике жизненный цикл изготовления изделия, от идеи, моделирования, проектирования и расчетов, до изготовления на станках с ЧПУ опытного образца, тестирования и доработки.

### Выводы по главе 1

Инженерное мышление представляет собой сложное системное образование, включающее техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое и другие компоненты. Это тип системного мышления, нацеленный на решение конкретных практических задач с использованием научных и технических знаний.

Формирование инженерного мышления является актуальной задачей современного образования, обусловленной государственным заказом на подготовку инженерных кадров, потребностями экономики и вызовами цифровой эпохи.

Образовательная робототехника обладает высоким потенциалом для формирования инженерного мышления, поскольку позволяет интегрировать теоретические знания с практической деятельностью, развивает конструкторские и программистские навыки, служит средством профориентации.

Процесс формирования инженерного мышления должен учитывать возрастные особенности обучающихся. Начинать инженерные занятия рекомендуется с 4–5 лет, когда появляется поисково-исполнительская познавательная деятельность. К 6–7 годам возникает творческая ступень

познавательной деятельности, позволяющая заниматься осмысленной инженерной деятельностью.

Ключевыми принципами организации образовательного процесса являются деятельностный подход, учет возрастных особенностей, метапредметность, интеграция урочной и внеурочной деятельности, практическая направленность, соревновательность.

Успешность формирования инженерного мышления обеспечивается комплексом условий: материально-технических (наличие оборудованных лабораторий, конструкторов, 3D-принтеров), организационно-методических (разработка программ, создание информационных ресурсов, сетевое взаимодействие), психолого-педагогических (мотивация, ситуация успеха, индивидуальный подход).

Проектная деятельность является основной формой организации образовательного процесса при формировании инженерного мышления, поскольку позволяет обучающимся пройти полный цикл создания продукта и освоить различные виды инженерной деятельности.

## **Глава 2. Организационно-методические условия организации обучения школьников на основе робототехнических комплектов**

### **2.1. Анализ робототехнических комплектов, используемых в процессе формирования инженерного мышления**

#### **2.1.1. Классификация образовательных робототехнических комплектов**

Современный рынок образовательной робототехники предлагает широкий спектр комплектов, различающихся по возрасту целевой аудитории, сложности, функциональным возможностям и педагогическим задачам. Для системного формирования инженерного мышления целесообразно использовать комплекты, выстроенные в логике «от простого к сложному», позволяющие последовательно осваивать различные аспекты инженерной деятельности.

В рамках данного исследования рассматриваются пять основных типов комплектов [12, 13, 14, 15, 19], охватывающих возрастной диапазон от 4 до 14+ лет:

- LEGO «Первые механизмы» (4+ лет)
- LEGO Education WeDo 2.0 (7-9 лет)
- LEGO SPIKE Prime (10-13 лет)
- LEGO Mindstorms EV3 (14+ лет)
- Arduino (12+ лет — для углубленного изучения электроники и программирования)

Данная классификация основана на возрастных рекомендациях производителей, а также на опыте использования этих комплектов в образовательной практике. Каждый из комплектов имеет свои особенности, преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при организации образовательного процесса.

### 2.1.2. LEGO «Первые механизмы» (4+ лет)

Комплект LEGO «Первые механизмы» предназначен для детей дошкольного и младшего школьного возраста (от 4 лет). Это начальный уровень знакомства с основами механики и конструирования.

**Состав комплекта.** В набор входят крупные, безопасные для детей детали LEGO, позволяющие собирать простые механические модели: карусели, качели, машины и другие подвижные конструкции. Детали имеют яркие цвета и удобны для маленьких рук.

Образовательные возможности. Работа с комплектом позволяет:

- развивать мелкую моторику и пространственное мышление;
- знакомиться с базовыми механическими принципами (рычаги, колеса, оси, шестерни);
- осваивать навыки конструирования по инструкции и по собственному замыслу;
- развивать творческое и инженерное мышление в игровой форме.

**Методические особенности.** На этом этапе основное внимание уделяется не столько техническим знаниям, сколько развитию познавательного интереса и формированию установки на создание нового. Как отмечает А.А. Шперх, «инженерное творчество — это не умение собрать по инструкции модель из конструктора. И даже не умение создать самолет из табуреток и подушек. Речь о том, чтобы почувствовать потребность создать этот самолет, если нет готового».

Занятия с комплектом «Первые механизмы» должны строиться как продолжение естественной игровой активности ребенка. «Если эти занятия являются продолжением естественной игровой активности ребенка, никаких перегрузок возникнуть не может». Важно, чтобы ребенок испытывал радость от создания чего-то нового, а педагог поддерживал это желание и стимулировал его.

**Роль в формировании инженерного мышления.** На данном этапе закладываются основы технического и конструктивного мышления. Ребенок учится понимать, как устроены простые механизмы, как соединяются детали, как движение передается от одной части к другой. Это создает базу для более глубокого изучения инженерии на следующих этапах.

### **2.1.3. LEGO Education WeDo 2.0 (7–9 лет)**

LEGO Education WeDo 2.0 представляет собой образовательное решение для начальной школы, сочетающее конструирование, программирование и исследовательскую деятельность.

**Состав комплекта.** В набор входят СмартХаб WeDo 2.0 (программируемый блок), средний мотор, датчики движения и наклона, а также детали LEGO. Связь конструктора с компьютером поддерживается через Bluetooth.

**Образовательные возможности.** Комплект WeDo 2.0 создан для развития у учеников начальной школы навыков ведения научно-исследовательской деятельности. С его помощью ученики моделируют физические законы и явления, изучают флору и фауну, исследуют новые технологии и космическое пространство. Работа над проектами может занять более 40 академических часов.

**Программное обеспечение.** LEGO Education WeDo 2.0 предлагает интуитивно понятное графическое программирование, чтобы процесс «оживления» моделей был доступен для младших школьников. Учебно-методический комплект включает материалы для реализации 17 проектов по окружающему миру, биологии, географии, исследованию космоса и другим темам.

**Методические особенности.** Работа с WeDo 2.0 строится на основе проектного подхода. Ученики получают задание (например, «Создайте модель животного, которое может передвигаться»), исследуют проблему, проектируют

решение, собирают модель, программируют ее и тестируют. Это позволяет пройти полный цикл инженерной деятельности.

**Роль в формировании инженерного мышления.** На данном этапе формируются:

- Техническое мышление — понимание устройства механизмов и принципов их работы.
- Конструктивное мышление — умение проектировать модели для решения поставленных задач.
- Исследовательское мышление — умение формулировать гипотезы, проводить эксперименты, анализировать результаты.
- Алгоритмическое мышление — основы программирования, понимание последовательности действий.

Важно отметить, что WeDo 2.0 соответствует требованиям ФГОС НОО РФ, что позволяет интегрировать его в образовательный процесс начальной школы [36].

#### **2.1.4. LEGO SPIKE Prime (10–13 лет)**

LEGO SPIKE Prime — это образовательное решение для средней школы (5–8 классы), сочетающее цветные LEGO-детали, простое в использовании оборудование и интуитивную среду программирования.

**Состав комплекта.** Набор содержит 528 элементов, включая интеллектуальное оборудование и разнообразные LEGO-детали. Сердцем системы является программируемый хаб. В комплект входят 11 новых LEGO-элементов: соединители, новые колеса, «печенье»-детали, большая база для быстрого прототипирования.

**Образовательные возможности.** SPIKE Prime — это инструмент для практического изучения предметов STEAM (наука, технология, инженерия, искусство, математика). Набор содержит более 50 часов стандартизированного

учебного контента, включая 5 планов уроков по различным темам. Всего предусмотрено 108 уроков.

**Программное обеспечение.** SPIKE Prime предлагает интуитивно понятную среду программирования, основанную на языке Scratch. Это позволяет ученикам легко освоить основы программирования и перейти к более сложным задачам.

**Методические особенности.** SPIKE Prime разработан с учетом возрастных особенностей учащихся 10–13 лет. Как отмечается, «для современных школьников важна наглядность и WOW-эффект, и SPIKE Prime является тем инструментом, который может увлечь детей программированием и точными науками». Комплект предлагает стратегии для учеников любых уровней подготовки по практическому развитию критического мышления, навыков работы с данными и решения задач, тесно связанных с реальным миром.

**Роль в формировании инженерного мышления.** На данном этапе углубляются и расширяются все компоненты инженерного мышления:

- Усложняются конструкторские задачи — требуется создавать более сложные механизмы с использованием различных типов соединений.
- Программирование становится более сложным — используются циклы, условные операторы, переменные.
- Появляются элементы системного мышления — необходимо учитывать взаимодействие различных подсистем робота.
- Развивается проектное мышление — ученики работают над долгосрочными проектами, требующими планирования и организации работы.

### 2.1.5. LEGO Mindstorms EV3 (14+ лет)

LEGO Mindstorms EV3 — это образовательная робототехническая платформа для старшей школы, предоставляющая широкие возможности для изучения робототехники, программирования и инженерии.

**Состав комплекта.** Базовый набор EV3 включает: 3 сервомотора различной мощности (2 больших и 1 средний), 5 датчиков (гироскопический, ультразвуковой, света/цвета, 2 датчика касания), перезаряжаемую аккумуляторную батарею и соединительные провода. Сердцем набора является программируемый интеллектуальный микрокомпьютер EV3 с экраном и портами ввода-вывода. Микрокомпьютер поддерживает беспроводные протоколы связи Wi-Fi и Bluetooth.

**Образовательные возможности.** Наборы LEGO Mindstorms Education EV3 обладают широчайшим учебным потенциалом и могут быть использованы на большинстве технических предметов для повышения эффективности учебного процесса и уровня мотивации обучающихся. Все детали имеют повышенную износостойчивость и при адекватном использовании комплект способен пережить более 10 учебных лет.

**Программное обеспечение.** Для программирования роботов LEGO Mindstorms EV3 компания National Instruments и LEGO создали графическую среду программирования, чтобы сделать программирование роботов доступным для начинающих. Также доступно программирование на текстовых языках, включая RobotC — серьезную текстовую среду на основе языка C.

**Методические особенности.** На этом уровне акцент смещается с освоения базовых навыков на решение сложных инженерных задач. Ученики работают над проектами, требующими интеграции знаний из разных областей — механики, электроники, программирования, математики. Особое значение приобретает подготовка к соревнованиям, которые стимулируют поиск оптимальных решений.

**Роль в формировании инженерного мышления.** На данном этапе формируются:

- Системное инженерное мышление — способность видеть проблему целиком, учитывать взаимосвязи между различными подсистемами.
- Навыки проектирования сложных систем — умение разрабатывать архитектуру робота, распределять функции между компонентами.
- Углубленные навыки программирования — работа с текстовыми языками, понимание принципов работы алгоритмов.
- Исследовательские навыки — проведение экспериментов, сбор и анализ данных, оптимизация решений.

#### **2.1.6. Arduino (12+ лет)**

Arduino представляет собой открытую электронную платформу на основе микроконтроллера, позволяющую создавать различные электронные устройства и системы. В отличие от LEGO-конструкторов, Arduino требует более глубокого понимания электроники и программирования.

**Состав платформы.** Платформа Arduino включает микроконтроллерную плату, набор электронных компонентов (резисторы, конденсаторы, светодиоды, датчики, моторы) и среду программирования. Существует множество различных моделей Arduino, отличающихся по производительности и функциональным возможностям.

**Образовательные возможности.** Arduino дает возможность на примере учебной платформы научить детей программировать микроконтроллеры, разрабатывать электрические схемы и печатные платы, работать с конструкторской документацией, проектировать и собирать готовые устройства, показать практическое применение знаний.

Программа «Электроника и Arduino» рассчитана на 2 года обучения и удовлетворяет техническим потребностям детей и подростков в возрасте от 12

до 18 лет в области робототехники. Arduino используется как для обучения на уроках информатики, так и в рамках дополнительного образования.

**Программное обеспечение.** Программирование Arduino ведется на языке Wiring, близком к C++. Однако существуют также визуальные среды программирования для Arduino, что позволяет начинать с более простого уровня и постепенно переходить к текстовому программированию.

**Методические особенности.** Работа с Arduino требует более серьезной подготовки как со стороны педагога, так и со стороны учеников. Однако именно этот комплект позволяет приблизиться к реальной инженерной деятельности, поскольку на нем создаются устройства, которые могут найти практическое применение.

**Роль в формировании инженерного мышления.** На данном этапе формируются:

- Глубокое понимание электроники — принципы работы электрических цепей, датчиков, исполнительных устройств.
- Навыки низкоуровневого программирования — работа с регистрами, прерываниями, таймерами.
- Инженерное проектирование — разработка схем, выбор компонентов, создание прототипов.
- Навыки работы с документацией — чтение технических спецификаций, даташитов.

### **2.1.7. Сравнительный анализ комплектов**

Для системного формирования инженерного мышления важно понимать, как различные комплекты соотносятся друг с другом и как они могут быть использованы на разных этапах обучения. Сравнительный анализ позволяет выявить сильные стороны каждого комплекта, определить их место в образовательной траектории и обосновать логику перехода от одного средства обучения к другому.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика робототехнических комплектов

Комплект	Возраст	Программирование	Ключевые навыки
LEGO «Первые механизмы»	4+	Не требуется	Мелкая моторика, основы механики, конструирование
LEGO Education WeDo 2.0	7–9	Официальное приложение LEGO Education WeDo 2.0; Scratch 3.0	Исследовательские навыки, базовое программирование, вычислительное мышление
LEGO SPIKE Prime	10–13	Официальное приложение SPIKE App; Scratch 3.0; Python	STEAM, критическое мышление, работа с данными
LEGO Mindstorms EV3	14+	EV3 Classroom (графическое); RobotC; Python; C++	Системное мышление, сложное программирование
Arduino	12+	Arduino IDE (C/C++); визуальные среды	Электроника, низкоуровневое программирование

Как показывает анализ, каждый из комплектов имеет свою нишу и может быть эффективно использован для формирования определенных компонентов инженерного мышления. Важно, чтобы переход от одного комплекта к другому был плавным и учитывал возрастные и индивидуальные особенности обучающихся.

## **2.2. Методика применения робототехнических комплектов в учебном процессе**

### **2.2.1. Общие принципы методики**

Методика применения робототехнических комплектов в учебном процессе представляет собой систему взаимосвязанных педагогических подходов, методов и организационных форм, направленных на целенаправленное формирование инженерного мышления обучающихся. В основе предлагаемой методики лежат общие принципы, которые могут

определять логику построения образовательного процесса, выбор содержания и форм работы, а также способы взаимодействия педагога и обучающихся.

### 1. Принцип системности

Использование робототехнических комплектов рекомендуется выстраивать как часть целостной системы формирования инженерного мышления, а не как разовые мероприятия. Это предполагает наличие образовательной программы, последовательно реализуемой на протяжении нескольких лет обучения.

Принцип системности требует, чтобы работа с робототехническими комплектами была организована как непрерывный, логически выстроенный процесс, охватывающий все возрастные этапы обучения — от дошкольного до старшего школьного возраста. Как показывает анализ практики, «с каждым годом взгляд педагогов все пристальнее сосредотачивается на проблемах, связанных с этой темой», однако часто внедрение робототехники в школах носит фрагментарный характер: отдельные кружки, эпизодические занятия, не связанные общей программой. Такой подход, как показывает анализ, не позволяет сформировать устойчивые инженерные компетенции.

Системность в предлагаемой методике может проявляться в нескольких аспектах:

Во-первых, **временная системность** предполагает, что занятия по робототехнике рекомендуется проводить регулярно на протяжении всего учебного года, а не отдельными «всплесками» в рамках недель науки или тематических мероприятий. Это обеспечивает постепенное и последовательное накопление знаний и умений.

Во-вторых, **содержательная системность** означает, что учебный материал рекомендуется структурировать таким образом, чтобы каждый последующий этап опирался на предыдущий, углублял и расширял полученные знания. Переход от простых моделей к сложным, от

механического конструирования к программированию и электронике должен происходить логично и постепенно.

В-третьих, **организационная системность** предполагает, что робототехника может быть интегрирована в общую образовательную среду школы: представлена как в урочной деятельности (на уроках технологии, информатики, физики), так и во внеурочной (кружки, проектная деятельность, подготовка к соревнованиям) и дополнительном образовании.

В рамках системного подхода особое значение приобретает наличие **образовательной программы**, которая определяет цели, задачи, содержание, планируемые результаты и формы контроля на каждом этапе обучения. Программа может предусматривать не только техническое, но и личностное развитие обучающихся, формирование у них ответственности, самостоятельности, умения работать в команде.

Как показывает опыт реализации проекта «ИСКРА», системный подход позволяет «рассмотреть проблему в комплексе решения нормативных, учебно-воспитательных и методических задач». В школе №255 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, где реализуется этот проект, создана модель детского научно-образовательного центра, в котором «ресурсы и возможности школы объединяются и направляются во второй половине дня на достижение нового качества STEM-образования». Данный опыт может служить ориентиром при проектировании аналогичных систем в других образовательных организациях.

## **2. Принцип преемственности**

Комплекты должны сменять друг друга в логике «от простого к сложному», обеспечивая непрерывное развитие навыков и умений. Переход от одного комплекта к другому рекомендуется заранее подготовить и методически обеспечить.

Преимственность является ключевым принципом при построении образовательной траектории в области робототехники. Он предполагает, что каждый следующий этап обучения логически вытекает из предыдущего и опирается на уже сформированные знания, умения и навыки.

Преимственность в предлагаемой методике может проявляться в нескольких плоскостях:

Во-первых, **техническая** преимущественность означает, что при переходе от одного робототехнического комплекта к другому сохраняются базовые принципы конструирования и программирования. Например, переход от LEGO Education WeDo 2.0 к LEGO SPIKE Prime облегчается тем, что оба комплекта используют схожий подход к программированию (визуальные языки, основанные на Scratch), что позволяет ученикам не испытывать стресса при смене среды разработки.

Во-вторых, **методическая** преимущественность предполагает, что педагогические подходы и методы работы сохраняют свою общую логику на всех этапах обучения: сохраняется проектный подход, сохраняется акцент на практическую деятельность, сохраняется связь с другими учебными предметами. Это создаёт у обучающихся ощущение стабильности и предсказуемости образовательного процесса.

В-третьих, **дидактическая** преимущественность заключается в том, что учебные задачи постепенно усложняются от этапа к этапу, сохраняя общую структуру: проблема → ограничения → продукт. Это позволяет формировать у обучающихся системный подход к решению инженерных задач, не меняя радикально методологию работы.

Особое значение преимущественность приобретает на **переходных** этапах между комплектами. Например, между LEGO WeDo 2.0 и LEGO SPIKE Prime, а также между LEGO Mindstorms EV3 и Arduino. Как показала апробация разработанных методических рекомендаций в школе «РосРобот»,

«методические рекомендации по организации переходного этапа между LEGO WeDo и LEGO Mindstorms EV3» были высоко оценены педагогическим коллективом, поскольку в существующей практике школы этот переход «не всегда был методически обеспечен». Это подтверждает практическую значимость предлагаемых в диссертации подходов.

Принцип преемственности также требует, чтобы педагог, работающий с обучающимися на разных этапах, был осведомлён о содержании предыдущих и последующих этапов. Это позволяет выстраивать индивидуальные образовательные траектории, учитывая реальный уровень подготовки каждого ученика.

### **3. Принцип интеграции**

Робототехника не должна существовать изолированно от других предметов. Напротив, рекомендуется интегрировать её с математикой, физикой, информатикой, технологией, демонстрируя их практическое применение.

Интеграция является одним из важнейших принципов современного образования, особенно в контексте STEM-подхода (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Робототехника, по своей сути, является интегративной дисциплиной, объединяющей знания из различных областей. Как справедливо отмечается в материалах семинара, «получить необходимый результат для подготовки будущих инженеров при изучении отдельных предметов невозможно, необходима некая надпредметность, метапредметность знаний и способов деятельности».

Принцип интеграции в предлагаемой методике может проявляться в следующих направлениях:

**Интеграция с математикой.** В процессе работы над робототехническими проектами обучающиеся могут применять математические знания: вычисление скоростей и углов поворота, работа с

координатами и системами отсчёта, анализ данных с датчиков, работа с пропорциями и процентами (например, при расчёте заряда батареи). Это позволяет увидеть практическое применение математических понятий, которые в традиционном обучении часто остаются абстрактными. «Сколько раз мы слышим от старшеклассников: «Зачем мне эта математика в жизни?» — отмечается в материалах семинара. Робототехника даёт ответ на этот вопрос, демонстрируя, как математические формулы и понятия работают в реальном мире.

**Интеграция с физикой.** Робототехника является практической реализацией многих физических законов: механика (рычаги, блоки, передачи), электричество (работа моторов и датчиков), оптика (работы датчиков цвета и освещённости), магнетизм (принцип работы моторов). Работа с роботами позволяет ученикам «пощупать» физические законы, проверить их на практике, что может значительно повысить уровень понимания и запоминания материала.

**Интеграция с информатикой.** Наиболее очевидная связь — программирование роботов является практическим применением алгоритмического мышления. Ученики могут осваивать основные конструкции языков программирования (циклы, условия, переменные, функции) не в отрыве от реальности, а на примере управляемого робота. Кроме того, работа с роботами развивает такие важные компетенции, как отладка программ, анализ ошибок, оптимизация кода.

**Интеграция с технологией.** Предмет «Технология» является естественной средой для внедрения робототехники, поскольку он ориентирован на практическую деятельность, развитие конструкторских навыков, знакомство с материалами и инструментами. Робототехника расширяет представления обучающихся о современных технологиях, о цифровом производстве, о перспективных профессиях.

Интеграция не означает, что робототехника «подменяет» собой традиционные учебные предметы. Напротив, она может обогатить их, делая более наглядными и практико-ориентированными. Робототехника может выполнять роль «моста» между предметными знаниями и их практическим применением в инженерной деятельности.

#### **4. Принцип проектной деятельности**

В качестве основной формы работы рекомендуется использовать проекты, позволяющие обучающимся пройти полный цикл инженерной деятельности — от идеи до готового продукта.

Проектная деятельность может рассматриваться как ядро методики формирования инженерного мышления. Это обусловлено тем, что инженерная деятельность по своей сути является проектной: она направлена на создание нового продукта, удовлетворяющего определённые потребности, в условиях ограниченных ресурсов.

В Концепции технологического образования отмечается, что «основными способами организации освоения данного содержания является проектная деятельность обучающихся в формате учебного проекта (выполнения технического задания), включающая все этапы проектирования, и выполнение заданий, предполагающих моделирование и конструирование продуктов с заданными свойствами и способов их получения в заданных условиях».

Этапы проектной деятельности в робототехнике:

- 1. Постановка проблемы.** Обучающиеся получают техническое задание или самостоятельно выявляют проблему, которую необходимо решить с помощью робототехнического устройства.

2. **Анализ и исследование.** Изучение существующих решений, анализ требований к продукту, исследование доступных материалов и технологий.
3. **Проектирование.** Разработка концепции продукта, создание эскизов, схем, 3D-моделей, выбор компонентов и материалов.
4. **Конструирование и сборка.** Создание физической модели или прототипа, сборка механической части, подключение электроники.
5. **Программирование.** Написание и отладка программы управления роботом.
6. **Тестирование и анализ.** Проверка работы устройства, анализ ошибок, сбор данных, оценка эффективности решения.
7. **Представление результатов.** Демонстрация готового продукта, защита проекта, участие в соревнованиях.

Как показывает опыт проекта «ИСКРА», «работа над проектом позволяет воспитанникам получить возможность познакомиться с полным циклом изготовления изделия, от задумки до создания готового продукта. Это способствует формированию у них социальной ответственности, осознанного жизненного самоопределения и выбора профессии». Данный опыт может быть рекомендован для использования в других образовательных организациях.

Проектная деятельность также способствует развитию таких важных качеств, как самостоятельность, инициативность, ответственность, умение планировать свою работу, работать в команде, презентовать результаты. Всё это является необходимыми компонентами инженерного мышления.

## **5. Принцип соревновательности**

Участие в соревнованиях, олимпиадах, конкурсах рекомендуется рассматривать как инструмент создания дополнительной мотивации и оценки достижений обучающихся.

Соревновательный компонент может рассматриваться как мощный стимул для развития инженерного мышления. Участие в соревнованиях, таких как WorldSkills (компетенции «Инженерная графика CAD», «Прототипирование», «Мобильная робототехника», «Интернет вещей»), Олимпиада Национальной технологической инициативы, FIRST Tech Challenge и другие, предоставляет обучающимся возможность проверить свои знания и умения в условиях реального соревнования.

Функции принципа соревновательности:

**Мотивационная функция.** Соревнования создают дополнительный стимул для углублённого изучения материала, поскольку обучающиеся стремятся достичь высоких результатов, превзойти других участников, завоевать призовые места. Это особенно важно для подростков, у которых в этом возрасте сильно развит дух соперничества.

**Диагностическая функция.** Соревнования позволяют объективно оценить уровень подготовки обучающихся, выявить сильные и слабые стороны, сравнить свои достижения с достижениями сверстников из других школ и регионов. Это даёт возможность педагогу корректировать образовательный процесс, а обучающемуся — понять, над чем ещё нужно работать.

**Развивающая функция.** Участие в соревнованиях требует от обучающихся не только технических знаний, но и умения работать в стрессовой ситуации, быстро принимать решения, адаптироваться к изменяющимся условиям. Это развивает такие важные инженерные качества, как гибкость мышления, способность к импровизации, нацеленность на результат.

**Функция профессиональной ориентации.** Соревнования знакомят обучающихся с широким спектром инженерных и технических профессий, позволяют «примерить» на себя различные профессиональные роли, узнать о

требованиях к специалистам в разных областях. Как отмечается в материалах семинара, «участие в этом движении является мощным ресурсом профориентации».

В Санкт-Петербурге движение WorldSkills Junior является одним из ключевых направлений развития инженерного образования. Олимпиада Национальной технологической инициативы также является «уникальным форматом инженерных состязаний для школьников 7–11 классов, направленным на выявление и развитие талантливых детей, способных решать сложные междисциплинарные задачи» Данные форматы могут быть рекомендованы для включения в образовательную практику.

## **6. Принцип доступности**

Принцип доступности является одним из фундаментальных принципов дидактики. В контексте формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов он приобретает особое значение, поскольку робототехника требует от обучающихся владения достаточно широким спектром знаний и умений.

Принцип доступности в предлагаемой методике может проявляться в следующих аспектах:

**Возрастная доступность.** Как уже отмечалось в параграфе 1.2.1, «начинать инженерные занятия нужно не ранее 4–5-летнего возраста». До этого возраста ребёнок ограничивается репродуктивно-подражательной деятельностью. Примерно с четырёх лет появляется поисково-исполнительская познавательная деятельность, которая позволяет начинать инженерное творчество. Поэтому рекомендуется, чтобы сложность задач соответствовала возрасту и уровню развития обучающихся.

**Индивидуальная доступность.** Обучающиеся различаются по темпу обучения, способностям, интересам. Рекомендуется создавать условия для

реализации индивидуальных образовательных траекторий, предлагая задания разного уровня сложности, используя дифференцированный подход.

**Мотивационная доступность.** Рекомендуется, чтобы занятия робототехникой вызывали у обучающихся искренний интерес. Занятия рекомендуется строить как увлекательные, практико-ориентированные, связанные с реальным миром.

**Инструментальная доступность.** Робототехнические комплекты должны быть доступны для работы с ними детей разного возраста. LEGO-конструкторы имеют крупные детали и интуитивно понятные соединения, что делает их доступными для младших школьников. Arduino, в свою очередь, требует более серьёзной подготовки, поэтому рекомендуется для старших учащихся, уже освоивших основы программирования и электроники.

**Экономическая доступность.** Робототехнические комплекты имеют разную стоимость. LEGO «Первые механизмы» и WeDo 2.0 относительно доступны, тогда как SPIKE Prime и EV3 стоят значительно дороже. Однако, как показывает анализ, даже при ограниченном финансировании можно организовать занятия с использованием виртуальных сред программирования, таких как TRIK Studio, ScratchDuino, RobotC, которые позволяют моделировать работу роботов без дорогостоящих комплектов. Данный подход может быть рекомендован для школ с ограниченным бюджетом.

Принцип доступности требует от педагога чуткости к индивидуальным особенностям обучающихся, готовности адаптировать задания, темп работы, формы контроля к реальным возможностям каждого ученика.

Таким образом, выделенные принципы — системности, преемственности, интеграции, проектной деятельности, соревновательности и доступности — в своей совокупности могут определять логику построения образовательного процесса по формированию инженерного мышления на основе робототехнических комплектов. Каждый из этих принципов может

найти своё воплощение в разработанной методике и определять выбор организационных форм, методов и средств обучения на каждом этапе. Предлагаемые в диссертации подходы могут служить основой для проектирования образовательных программ в области робототехники и инженерного образования в общеобразовательных организациях и учреждениях дополнительного образования.

### **2.2.2. Этапы формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов**

На основе анализа возрастных особенностей и возможностей различных комплектов можно выделить следующие этапы формирования инженерного мышления:

#### **Этап 1. Пропедевтический (4–6 лет).**

На этом этапе используется комплект LEGO «Первые механизмы». Основные задачи: развитие познавательного интереса к техническому творчеству, формирование базовых навыков конструирования, развитие мелкой моторики и пространственного мышления. Занятия строятся в игровой форме, дети собирают простые модели по инструкции и по собственному замыслу.

**Этап 2. Начальный (7–9 лет).** Используется LEGO Education WeDo 2.0. Основные задачи: освоение основ проектной деятельности, знакомство с программированием, развитие исследовательских навыков. Ученики работают над проектами, связанными с изучением окружающего мира, моделируют физические явления, создают простых роботов.

**Этап 3. Базовый (10–13 лет).** Используется LEGO SPIKE Prime. Основные задачи: углубление знаний в области STEAM, развитие критического мышления, освоение более сложного программирования. Ученики работают над проектами, требующими интеграции знаний из разных областей, участвуют в соревнованиях.

**Этап 4. Продвинутый (14+ лет).** Используется LEGO Mindstorms EV3 и/или Arduino. Основные задачи: формирование системного инженерного мышления, освоение текстовых языков программирования, углубленное изучение электроники. Ученики работают над сложными проектами, участвуют в соревнованиях высокого уровня (WorldSkills, Олимпиада НТИ).

### **2.2.3. Организационные формы работы**

Эффективное формирование инженерного мышления требует использования различных организационных форм:

**Урочная деятельность.** Элементы робототехники могут быть включены в уроки информатики, технологии, физики, математики. Например, на уроках информатики можно изучать алгоритмизацию и программирование на примере управления роботом. На уроках физики — исследовать механические и электронные принципы работы роботов. На уроках математики — решать задачи, связанные с расчетом траекторий, скоростей, углов поворота.

**Внеурочная деятельность.** Как отмечается в материалах семинара, «сколько же возможностей, сколько свободы предоставляет нам внеурочная деятельность! Внеурочная деятельность похожа на «встречу без галстуков», она позволяет нам узнать те качества ребенка, которые не всегда удастся рассмотреть на уроке, завоевать больше доверия с его стороны, показать красоту и изящество математических форм и, наконец, «зажечь факел»».

В рамках внеурочной деятельности могут быть организованы:

- Кружки робототехники
- Проектные мастерские
- Подготовка к соревнованиям
- Лекционные занятия по истории техники и инженерии

**Дополнительное образование.** Как показывает опыт проекта «ИСКРА», эффективной формой является организация детского научно-образовательного

центра, в котором «ресурсы и возможности школы объединяются и направляются во второй половине дня на достижение нового качества STEM-образования». Учебный план такого центра строится по модульному принципу и включает программы по математике, естественным наукам, робототехнике, электронике, 3D-моделированию.

**Соревновательная деятельность.** Участие в соревнованиях является мощным стимулом для развития инженерного мышления. Как отмечается в материалах семинара, «включение учащихся в олимпиаду Национальной технологической инициативы» позволяет «выявлять и развивать талантливых детей, способных решать сложные междисциплинарные задачи».

#### **2.2.4. Методы и приемы работы**

В процессе формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов может быть использована система методов и приемов, направленных на активизацию познавательной деятельности обучающихся, развитие их самостоятельности и творческого потенциала. Выбор конкретных методов зависит от возрастных особенностей обучающихся, уровня их подготовки, целей конкретного занятия и используемого робототехнического комплекта.

**Метод проектов.** Данный метод является основным в предлагаемой методике, поскольку инженерная деятельность по своей сути является проектной. Обучающиеся работают над проектами, которые имеют практическую значимость и требуют применения знаний из разных областей — математики, физики, информатики, технологии. В процессе проектной деятельности обучающиеся проходят все этапы инженерного цикла: от постановки проблемы и анализа требований до создания и тестирования готового продукта. Проектный метод позволяет интегрировать теоретические знания с практической деятельностью, развивает у обучающихся системное мышление, умение планировать свою работу и распределять ресурсы.

**Исследовательский метод.** Данный метод предполагает, что обучающиеся не просто получают готовые знания, а самостоятельно «открывают» их в процессе исследовательской деятельности. Обучающиеся проводят эксперименты, собирают данные, анализируют результаты, формулируют выводы. В контексте робототехники исследовательский метод может реализовываться, например, при изучении работы различных датчиков: обучающиеся самостоятельно исследуют, как изменяются показания датчика в зависимости от внешних условий, строят графики, выявляют закономерности. Это развивает исследовательское мышление, навыки работы с информацией, умение делать обоснованные выводы.

**Решение инженерных задач.** Данный метод предполагает постановку перед обучающимися задачи, которая имеет практический контекст и требует применения инженерного подхода к решению. Как отмечается в методических рекомендациях, «инженерная задача» может быть представлена по формуле: «Проблема → Ограничения → Продукт» [9, 16]. Это позволяет структурировать процесс решения и формировать системное мышление. При решении инженерных задач обучающиеся должны учитывать различные ограничения: временные, ресурсные, технические. Это приближает учебную деятельность к реальной инженерной практике, где любое решение принимается в условиях ограничений.

**Метод «обучение через делание» (learning by doing).** Суть данного метода заключается в том, что знания приобретаются обучающимся непосредственно в процессе практической деятельности, а не предшествуют ей. Обучающийся становится активным участником образовательного процесса, самостоятельно решая практические задачи, проводя эксперименты и анализируя результаты. Знания, получаемые через непосредственное действие, закрепляются более надёжно и осознанно, поскольку они приобретаются не в отрыве от реальности, а в контексте решения конкретной практической задачи. Такой подход особенно эффективен в робототехнике, где

теоретические знания немедленно находят применение в сборке, программировании и тестировании моделей. Это обеспечивает более глубокое и осознанное усвоение материала, формирует устойчивые практические навыки и развивает инженерное мышление. Данный метод особенно значим на начальных этапах обучения, когда у обучающихся ещё недостаточно теоретических знаний, но уже есть интерес к практической деятельности.

**Игровые методы.** Для младших школьников особенно важны игровые формы работы, которые делают обучение увлекательным и естественным. Игровые методы позволяют снизить тревожность, повысить мотивацию, создать положительный эмоциональный фон. В контексте робототехники игровые методы могут реализовываться через соревновательные задания, квесты, командные игры, а также через использование игровых персонажей и сюжетов при работе с младшими школьниками.

**Метод «перевернутого класса».** Данный метод предполагает, что обучающиеся самостоятельно изучают теоретический материал (например, с помощью видеоуроков, электронных пособий, интерактивных материалов), а на занятиях под руководством педагога занимаются практической работой. Это позволяет рационально использовать время на занятиях для практической деятельности, а теорию осваивать в индивидуальном темпе. «Перевернутый класс» особенно эффективен при работе со старшими школьниками, которые уже обладают достаточной самостоятельностью и навыками работы с информационными ресурсами.

**Дифференцированный подход.** Учитывая разный уровень подготовки и способности обучающихся, важно предлагать задания разного уровня сложности. Это позволяет каждому ученику работать в зоне своего ближайшего развития: более подготовленные получают усложнённые задания, а те, кто испытывает трудности, — задания базового уровня. Дифференциация может осуществляться как по содержанию (разные типы заданий), так и по объёму (разное количество заданий), а также по степени самостоятельности

(работа по образцу, работа по инструкции, самостоятельное решение). Такой подход обеспечивает доступность обучения для всех категорий обучающихся и создаёт условия для индивидуального прогресса каждого.

Представленная система методов и приёмов не является жёстко фиксированной. Педагог может комбинировать различные методы в зависимости от целей занятия, возраста обучающихся, используемого оборудования и других факторов. Важно, чтобы выбранные методы обеспечивали

деятельностный

характер

обучения,

стимулировали

познавательную активность обучающихся и способствовали формированию всех компонентов инженерного мышления. Комплексное применение описанных методов позволяет создать образовательную среду, в которой теоретические знания органично сочетаются с практической деятельностью, а обучающиеся выступают не пассивными наблюдателями, а активными участниками образовательного процесса.

#### 2.2.5. Диагностика сформированности инженерного мышления

Важным компонентом предлагаемой методики является система диагностики, позволяющая оценить уровень сформированности инженерного мышления и корректировать образовательный процесс. Поскольку в первой главе настоящего исследования были выделены десять компонентов инженерного мышления, для их оценки целесообразно использовать апробированный диагностический инструментарий, разработанный в рамках проекта «ИСКРА», который полностью соответствует предложенной структуре.

В рамках проекта «ИСКРА» разработана система оценки по 10 компонентам: техническое мышление, конструктивное мышление, исследовательское мышление, экономическое мышление, самостоятельность, нацеленность на успех и достижения, ответственность, творческий потенциал, инженерная рефлексия, правовая компетенция. Данная система может быть рекомендована для использования в рамках предлагаемой методики, поскольку

она позволяет отслеживать динамику формирования каждого из выделенных компонентов и даёт возможность педагогу своевременно корректировать образовательный процесс.

Для диагностики могут быть использованы следующие методы:

**Наблюдение за деятельностью обучающихся в процессе работы над проектами.** Данный метод позволяет фиксировать проявление различных компонентов инженерного мышления в реальной деятельности: как обучающийся подходит к решению задачи, насколько самостоятельно действует, как взаимодействует с другими членами команды, как реагирует на возникающие трудности. Наблюдение может быть как неструктурированным (свободная фиксация значимых проявлений), так и структурированным (с использованием заранее разработанных карт наблюдения, где отмечены критерии оценки по каждому компоненту).

**Анализ продуктов деятельности (моделей, программ, проектов).** Данный метод предполагает оценку созданных обучающимися материальных и нематериальных продуктов: собранных моделей, написанных программ, оформленных проектов. Анализ позволяет оценить техническую грамотность, конструктивную сложность, функциональность, эстетику, соответствие поставленной задаче. Особое внимание уделяется тому, насколько продукт демонстрирует проявление исследовательского и конструктивного мышления.

**Решение диагностических задач.** Данный метод предполагает выполнение обучающимися специально разработанных заданий, направленных на выявление уровня сформированности отдельных компонентов инженерного мышления. Диагностические задачи могут включать как теоретические вопросы (например, объяснить принцип работы механизма), так и практические задания (например, собрать модель за ограниченное время или найти ошибку в готовой программе). Задания должны

быть разработаны с учётом возрастных особенностей и уровня подготовки обучающихся.

**Самооценка и взаимооценка.** Важным аспектом диагностики является формирование у обучающихся навыков рефлексии собственной деятельности и умения объективно оценивать работу других. Самооценка позволяет обучающемуся осознать свои сильные и слабые стороны, определить направления для дальнейшего развития. Взаимооценка в процессе работы в команде способствует формированию критического мышления, умения аргументированно высказывать своё мнение и конструктивно воспринимать замечания других.

**Портфолио достижений.** Портфолио представляет собой накопительную систему оценки, в которой фиксируются все значимые достижения обучающегося: реализованные проекты, участия в соревнованиях, сертификаты, грамоты, отзывы. Портфолио позволяет проследить динамику развития обучающегося на протяжении длительного времени, увидеть его прогресс, выявить устойчивые интересы и склонности. В области робототехники портфолио может включать как фотографии и описания собранных моделей, так и видеозаписи работы программ, а также тексты защитных речей и презентаций.

Использование данного инструментария позволяет проводить системный мониторинг и оценивать динамику развития обучающихся, что даёт возможность своевременно корректировать образовательный процесс и индивидуализировать обучение. При этом важно подчеркнуть, что диагностика должна проводиться не эпизодически (например, только в начале и конце учебного года), а на регулярной основе, позволяя отслеживать текущий прогресс и оперативно реагировать на возникающие затруднения. Комплексное использование всех перечисленных методов даёт наиболее полную и объективную картину уровня сформированности инженерного мышления у каждого обучающегося.

## **2.2.6. Рекомендации по организации образовательного процесса**

На основе проведённого теоретического анализа и обобщения педагогического опыта могут быть сформулированы следующие рекомендации по организации образовательного процесса с использованием робототехнических комплектов для формирования инженерного мышления обучающихся. Данные рекомендации адресованы педагогам общеобразовательных организаций, учреждений дополнительного образования, а также администрации школ, заинтересованной в развитии инженерного образования.

**1. Обеспечение преемственности.** Важно, чтобы использование робототехнических комплектов не было эпизодическим, а представляло собой систему, охватывающую все этапы обучения — от начальной до старшей школы. Переход от одного комплекта к другому должен быть методически обеспечен: необходимо заранее планировать, какие знания и умения должны быть сформированы на каждом этапе, чтобы обеспечить плавный переход к следующему. Рекомендуется разрабатывать образовательные программы, в которых последовательность использования комплектов была бы чётко прописана и обоснована. Особое внимание следует уделять переходным этапам между комплектами, так как именно здесь обучающиеся могут испытывать наибольшие трудности, связанные со сменой среды программирования, усложнением конструкторских задач и появлением новых технических понятий.

**2. Интеграция с предметным обучением.** Робототехника должна быть интегрирована с изучением математики, физики, информатики, технологии. Это позволяет показать практическое применение знаний и формировать метапредметные компетенции. Рекомендуется разрабатывать межпредметные проекты, в которых обучающиеся применяют знания из разных областей для решения единой практической задачи. Например, при создании робота для движения по линии используются знания из физики (работа датчиков),

математики (расчёт углов и скоростей), информатики (программирование) и технологии (конструирование). Такие проекты способствуют формированию целостной картины мира, пониманию взаимосвязей между науками и развитию метапредметного мышления.

**3. Создание материально-технической базы.** Для эффективной работы необходимо наличие достаточного количества робототехнических комплектов, компьютерного оборудования, программного обеспечения, расходных материалов. При этом важно учитывать, что разные комплекты требуют разных условий: для LEGO-конструкторов достаточно компьютеров и специальных столов, для Arduino необходимы паяльные станции, мультиметры и другое лабораторное оборудование. Рекомендуется постепенно наращивать материально-техническую базу, начиная с наиболее доступных комплектов (LEGO WeDo) и постепенно переходя к более сложным и дорогостоящим (SPIKE Prime, EV3, Arduino). Для школ с ограниченным бюджетом рекомендуется использовать возможности виртуальных сред программирования, позволяющих моделировать работу роботов без дорогостоящего оборудования.

**4. Повышение квалификации педагогов.** Педагоги, работающие в области робототехники, должны обладать соответствующими компетенциями: знание технических основ, владение методиками проектного обучения, понимание возрастных особенностей обучающихся. Необходима система повышения квалификации, обмена опытом, методической поддержки. Педагогам рекомендуется проходить курсы повышения квалификации, участвовать в профессиональных сообществах, посещать семинары и мастер-классы, знакомиться с опытом коллег из других образовательных организаций. Особое значение имеют такие форматы, как стажировки на базе центров компетенций, участие в соревнованиях в качестве экспертов, а также сетевое взаимодействие с коллегами через специализированные интернет-порталы

(например, [proiskra.ru](http://proiskra.ru), где размещены материалы по формированию инженерного мышления).

**5. Организация внеурочной деятельности.** Робототехника должна быть представлена не только на уроках, но и в системе внеурочной деятельности, дополнительного образования, проектной работы. Внеурочная деятельность предоставляет больше возможностей для углублённого изучения, работы над долгосрочными проектами, подготовки к соревнованиям. Она также позволяет охватить большее количество обучающихся, в том числе тех, у кого по разным причинам не получается реализовать свои интересы в рамках урочной деятельности. Рекомендуется создавать в школе кружки робототехники, проектные мастерские, организовывать временные творческие группы для работы над конкретными проектами. Эффективной формой является также организация на базе школы детского научно-образовательного центра, в котором ресурсы урочной, внеурочной и дополнительной деятельности объединяются для достижения общих целей.

**6. Участие в соревнованиях.** Важно обеспечивать участие обучающихся в соревнованиях различного уровня — от школьных до международных. Это создаёт дополнительную мотивацию, позволяет оценить свои достижения в сравнении с другими, развивает навыки работы в стрессовой ситуации и даёт опыт публичных презентаций. Рекомендуется вести календарь соревнований по робототехнике (WorldSkills, Олимпиада НТИ, FIRST Tech Challenge, региональные и муниципальные соревнования) и систематически готовить к ним команды. Подготовка должна вестись заблаговременно и включать как техническую, так и психологическую подготовку. Важно, чтобы участие в соревнованиях было не разовым событием, а регулярной практикой, позволяющей отслеживать прогресс обучающихся и корректировать образовательный процесс в соответствии с требованиями соревнований.

**7. Сетевое взаимодействие.** Эффективным является сотрудничество с другими образовательными организациями, вузами, предприятиями, центрами дополнительного образования. Это позволяет обмениваться опытом, использовать ресурсы партнёров, организовывать совместные мероприятия (семинары, мастер-классы, соревнования, конференции). Сетевое взаимодействие также даёт возможность обучающимся знакомиться с различными подходами к робототехнике, видеть вариативность решений, осознавать масштабность и разнообразие инженерного мира. Рекомендуется заключать соглашения о сотрудничестве с организациями-партнёрами, разрабатывать совместные образовательные программы, организовывать выездные экскурсии и практики на предприятиях. Как показывает опыт проекта «ИСКРА», сетевое взаимодействие значительно расширяет образовательные возможности и способствует профессиональному росту педагогов.

**8. Диагностика и мониторинг.** Необходима система диагностики, позволяющая оценивать уровень сформированности инженерного мышления и корректировать образовательный процесс. Рекомендуется проводить диагностику на регулярной основе, используя комплекс методов (наблюдение, анализ продуктов, диагностические задания, самооценка, портфолио). Результаты диагностики должны фиксироваться и анализироваться для выявления динамики развития как отдельных обучающихся, так и групп в целом. На основе полученных данных педагог может корректировать содержание и методы работы, индивидуализировать обучение, своевременно выявлять и поддерживать одарённых детей.

Представленные рекомендации не являются исчерпывающими и могут быть дополнены и конкретизированы в зависимости от условий конкретной образовательной организации, особенностей контингента обучающихся и имеющихся ресурсов. Важно, чтобы их реализация носила системный характер: только комплексное применение всех рекомендаций позволяет

создать полноценную образовательную среду для формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов. Отдельные мероприятия (например, только участие в соревнованиях или только оснащение лаборатории) без методического сопровождения и системной организации не дадут устойчивых результатов. Поэтому ключевой рекомендацией является **системный подход** к организации образовательного процесса, в котором все элементы взаимосвязаны и работают на достижение общей цели.

### 2.2.7. Примеры реализации на практике

Опыт реализации проекта «ИСКРА» в ГБОУ СОШ №255 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга демонстрирует эффективность описанного подхода.

В школе создан детский научно-образовательный центр, объединяющий ресурсы урочной и внеурочной деятельности. Учебный план ДНЦ построен по модульному принципу и включает программы «Математические ступеньки», «Естественно-научная картина мира», «Робототехника: шаг за шагом», «Электротехника и электроника: первые шаги», «Инженерное проектирование».

В рамках ДНЦ организована проектная деятельность, в которой «дети разных возрастов, начиная с первого и до одиннадцатого класса имеют возможность принимать участие в совместной проектной деятельности, участвуют в проектах, в подготовке к соревнованиям, фестивалям». Это позволяет формировать не только технические навыки, но и коммуникативные компетенции, умение работать в команде.

Создан интернет-портал <https://proiskra.ru/>, который «является педагогическим пространством поддержки и сопровождения деятельности по формированию инженерного мышления». На портале размещены учебно-методические материалы, нормативная база, примеры проектных работ, диагностический инструментарий.

Опыт школы показывает, что «растет сообщество педагогов, заинтересованных в развитии инженерного мышления учеников, что проявляется в повышении активности участия школьных команд в конкурсах и соревнованиях».

## Выводы по главе 2

Современный рынок образовательной робототехники предлагает комплекты, охватывающие возрастной диапазон от 4 до 14+ лет: LEGO «Первые механизмы» (4+), LEGO Education WeDo 2.0 (7–9), LEGO SPIKE Prime (10–13), LEGO Mindstorms EV3 (14+), Arduino (12+). Каждый из комплектов имеет свои особенности и может быть эффективно использован для формирования определенных компонентов инженерного мышления.

LEGO «Первые механизмы» предназначен для пропедевтического этапа, закладывая основы технического и конструктивного мышления в игровой форме.

LEGO Education WeDo 2.0 ориентирован на начальную школу, сочетает конструирование, программирование и исследовательскую деятельность, соответствует требованиям ФГОС НОО.

LEGO SPIKE Prime — решение для средней школы, обеспечивающее практическое изучение STEAM-предметов, развитие критического мышления и навыков работы с данными.

LEGO Mindstorms EV3 — платформа для старшей школы, позволяющая решать сложные инженерные задачи и участвовать в соревнованиях высокого уровня.

Arduino — открытая платформа для углубленного изучения электроники и программирования, приближающая обучающихся к реальной инженерной деятельности.

Методика применения робототехнических комплектов должна строиться на принципах системности, преемственности, интеграции, проектной деятельности, соревновательности и доступности.

Формирование инженерного мышления на основе робототехнических комплектов включает четыре этапа: пропедевтический (4–6 лет), начальный (7–9 лет), базовый (10–13 лет) и продвинутой (14+ лет).

Эффективными организационными формами являются урочная деятельность, внеурочная деятельность, дополнительное образование и соревновательная деятельность. Ключевым методом является проектная деятельность, позволяющая пройти полный цикл инженерной работы.

Важным компонентом методики является система диагностики, позволяющая оценивать уровень сформированности инженерного мышления по 10 компонентам и корректировать образовательный процесс.

Опыт реализации проекта «ИСКРА» в школе №255 Санкт-Петербурга демонстрирует эффективность системного подхода к формированию инженерного мышления на основе робототехнических комплектов.

## Заключение

Проведенное теоретическое исследование, посвященное проблеме формирования инженерного мышления обучающихся на основе образовательных робототехнических комплектов, позволяет сделать следующие выводы.

1. **Актуальность исследования подтверждена.** Формирование инженерного мышления школьников является одной из приоритетных задач современного образования, обусловленной государственным заказом на подготовку инженерных кадров, потребностями цифровой экономики и вызовами технологического развития. Как показал анализ, сегодня на повестку дня выходит вопрос о развитии инженерных компетенций у школьников, тогда как еще недавно это было прерогативой высших учебных заведений.

2. **Уточнено понятие инженерного мышления.** Инженерное мышление представляет собой сложное системное образование, включающее техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое и другие компоненты. Это тип системного мышления, нацеленный на решение конкретных практических задач с использованием научных и технических знаний. В работе выделены десять компонентов инженерного мышления: техническое мышление, конструктивное мышление, исследовательское мышление, экономическое мышление, самостоятельность, нацеленность на успех и достижения, ответственность, творческий потенциал, инженерная рефлексия, правовая компетенция.

3. **Обоснован потенциал образовательной робототехники.** Робототехника является одним из наиболее эффективных средств формирования инженерного мышления, поскольку позволяет интегрировать теоретические знания с практической деятельностью, развивает конструкторские и программистские навыки, служит средством профориентации и формирует навыки XXI века [11, 28].

4. **Выявлены возрастные этапы формирования инженерного мышления.** Начинать инженерные занятия рекомендуется с 4–5 лет, когда появляется поисково-исполнительская познавательная деятельность. К 6–7 годам возникает творческая ступень познавательной деятельности, позволяющая заниматься осмысленной инженерной деятельностью. Это обосновывает необходимость использования различных робототехнических комплектов на разных возрастных этапах.

5. **Проведен анализ образовательных робототехнических комплектов.** Рассмотрены пять основных комплектов, охватывающих возрастную диапозон от 4 до 14+ лет: LEGO «Первые механизмы», LEGO Education WeDo 2.0, LEGO SPIKE Prime, LEGO Mindstorms EV3, Arduino. Каждый из комплектов имеет свои особенности и может быть эффективно использован для формирования определенных компонентов инженерного мышления на соответствующем возрастном этапе.

6. **Разработана методика применения робототехнических комплектов.** Методика строится на принципах системности, преемственности, интеграции, проектной деятельности, соревновательности и доступности. Выделены четыре этапа формирования инженерного мышления: пропедевтический (4–6 лет), начальный (7–9 лет), базовый (10–13 лет) и продвинутый (14+ лет). Определены организационные формы работы (урочная, внеурочная, дополнительное образование, соревнования) и методы (проектный, исследовательский, решение инженерных задач).

7. **Обоснованы условия эффективности.** Для успешного формирования инженерного мышления необходим комплекс условий: материально-технических (наличие оборудованных лабораторий, конструкторов, 3D-принтеров), организационно-методических (разработка программ, создание информационных ресурсов, сетевое взаимодействие), психолого-педагогических (мотивация, ситуация успеха, индивидуальный подход).

**8. Предложена система диагностики.** Разработана система оценки уровня сформированности инженерного мышления по 10 компонентам, позволяющая проводить мониторинг и корректировать образовательный процесс.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанные методические рекомендации могут быть использованы педагогами общеобразовательных школ, учреждений дополнительного образования, центров технического творчества для организации процесса формирования инженерного мышления на основе робототехнических комплектов.

Перспективы дальнейшего исследования связаны с разработкой конкретных образовательных программ для каждого возрастного этапа, созданием методических пособий по использованию отдельных комплектов, организацией экспериментальной работы по апробации и верификации разработанной методики.

## Библиографический список

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Текст]. – М. : УЦ Перспектива, 2013. – 224 с.
2. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 4 декабря 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/47173> (дата обращения: 12.03.2026).
3. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 1 марта 2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 12.03.2026).
4. Программа для общеобразовательных учреждений. Технология. 5–11 классы [Текст] / под ред. Ю. Л. Хотунцева. – М. : Мнемозина, 2012. – 309 с.
5. Большой толковый словарь по культурологии [Текст] / Б. И. Кононенко. – М. : Вече : АСТ, 2003. – 509 с.
6. Бондаревская, Е. В. Педагогика: личность в гуманистических теориях и системах воспитания [Текст] / Е. В. Бондаревская, С. В. Кульневич. – Ростов-на-Дону: Учитель, 1999. – 560 с.
7. Громыко, Ю. В. Мыследеятельностная педагогика : теоретико-практическое руководство по освоению высших образцов педагогического искусства [Текст] / Ю. В. Громыко. – Минск : Технопринт, 2000. – 376 с.
8. Дьюи, Дж. Психология и педагогика мышления [Текст] / Дж. Дьюи ; пер. с англ. Н. М. Никольской ; под ред. Н. Д. Виноградова. – М. : Совершенство, 1997. – 208 с. – (Классики психологии).
9. Жигулев, Л. А. Направления проектирования работы с одаренными детьми в урочной и внеурочной деятельности. Математика. Физика [Текст] : методические рекомендации / Л. А. Жигулев, Е. Ю. Лукичева, Г. Н. Степанова. – СПб. : СПб АППО, 2015.
10. Канель-Белов, А. Я. Как решают нестандартные задачи [Текст] / А. Я. Канель-Белов, А. К. Ковальджи ; под ред. В. О. Бугаенко. – 6-е изд., стереотип. – М. : МЦНМО, 2010.
11. Киселёв, М. М. Робототехника в примерах и задачах. Курс программирования механизмов и роботов [Текст] / М. М. Киселёв, М. М. Киселёв. – М. : СОЛОН-Пресс, 2022. – 136 с.

12. Копосов, Д. Г. Технология. Робототехника. 5 класс [Текст]: учебное пособие / Д. Г. Копосов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 96 с.: ил.
13. Копосов, Д. Г. Технология. Робототехника. 6 класс [Текст]: учебное пособие / Д. Г. Копосов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 128 с.: ил.
14. Копосов, Д. Г. Технология. Робототехника. 7 класс [Текст]: учебное пособие / Д. Г. Копосов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 176 с.: ил.
15. Копосов, Д. Г. Технология. Робототехника. 8 класс [Текст]: учебное пособие / Д. Г. Копосов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 176 с.: ил.
16. Лукичева, Е. Ю. Внеурочная деятельность по математике в 5–7 классах [Текст] : методическое пособие / Е. Ю. Лукичева, Л. А. Жигулев, И. А. Сарамуд. – СПб.: СПб АППО, 2018.
17. Млодинов, Л. Евклидово окно. История геометрии от параллельных прямых до гиперпространства [Текст] / Л. Млодинов. – М. : Lifebook, 2013.
18. Складорова, Т. В. Возрастная педагогика и психология [Текст] : учебное пособие для студентов педагогических вузов / Т. В. Складорова, О. Л. Янушкявичене. – М. : Покров, 2004.
19. Филиппов, С. А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление [Текст] / С. А. Филиппов; сост. А. Я. Щелкунова. – М. : Лаборатория знаний, 2017. – 176 с.: ил.
20. Щукина, Г. И. Проблема познавательной потребности в педагогике [Текст] / Г. И. Щукина. – М. : Педагогика, 2001. – 351 с.
21. Ахаян, А. А. Сетевая личность как педагогическое понятие: приглашение к размышлению [Электронный ресурс] / А. А. Ахаян // Письма в Эмиссия.Оффлайн : электронный научный журнал. – 2017. – № 8 (декабрь). – ART 2560. – URL: <http://emissia.org/offline/2017/2560.htm> (дата обращения: 12.03.2026).
22. Ахаян, А. А. Виртуальная лекционная композиция: включение элементов виртуальной реальности в образовательный процесс [Электронный ресурс] / А. А. Ахаян // Письма в Эмиссия.Оффлайн : электронный научный журнал. – 2018. – № 4 (апрель). – ART 2604. –

URL: <http://emissia.org/offline/2018/2604.htm> (дата обращения: 01.05.2026).

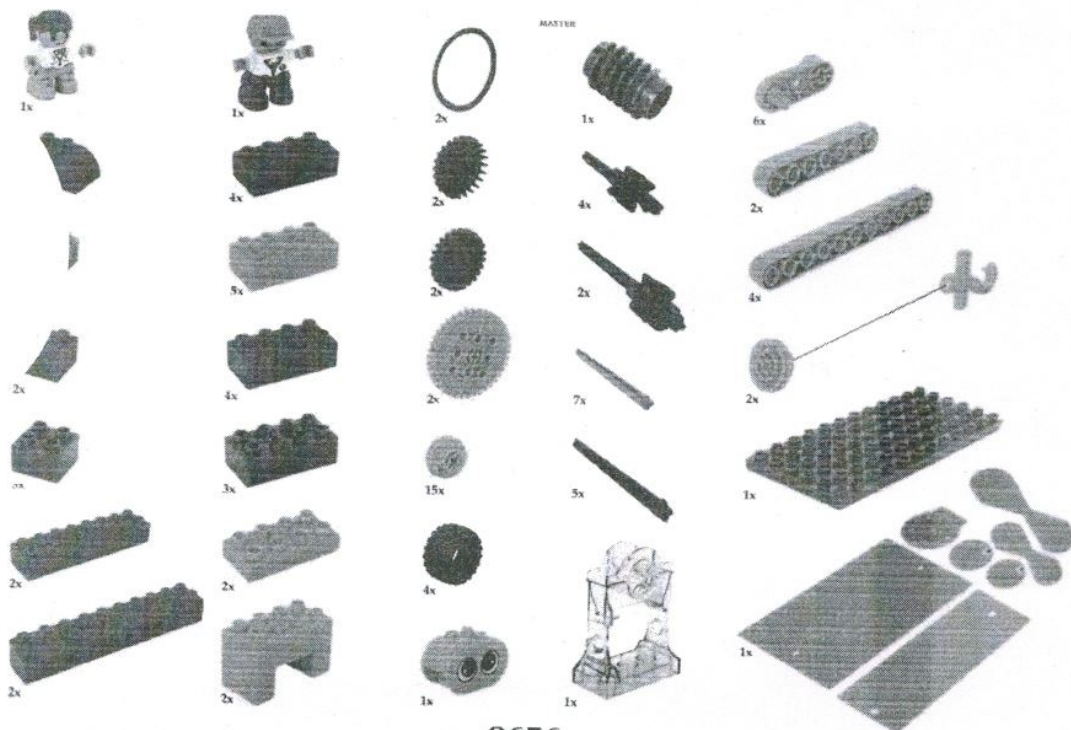
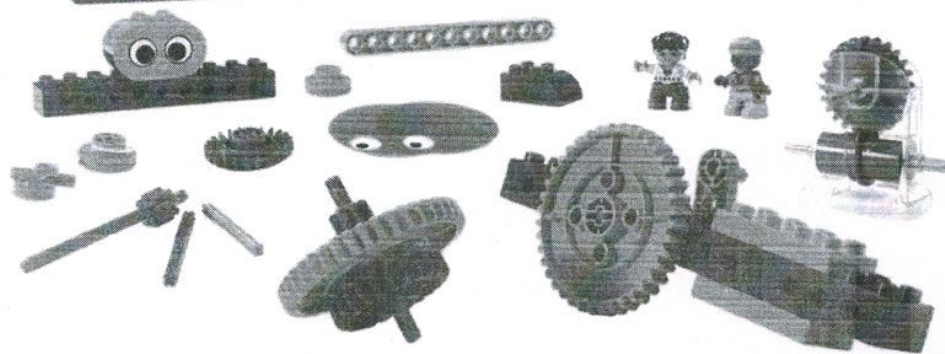
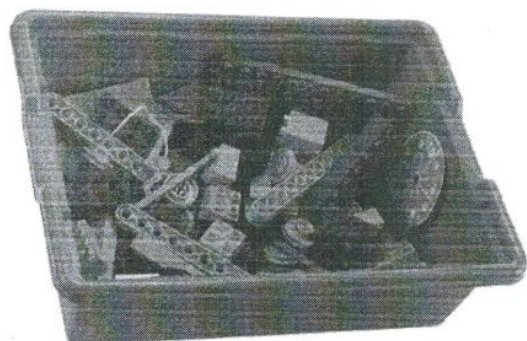
23. Богачёв, К. Ю. Становление и развитие культурологического подхода в российской педагогике [Текст] : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / К. Ю. Богачёв. – Ростов-на-Дону, 2006. – 24 с.
24. Сарамуд, И. А. Декада математики как средство развития мотивации учащихся [Текст] / И. А. Сарамуд, И. С. Шацкова, Л. А. Булатова // Передовые педагогические практики. Альманах. – 2019. – № 5.
25. Сарамуд, И. А. Элементы истории математики на уроках и во внеурочной деятельности в 5–6 классах [Текст] / И. А. Сарамуд // Математика в эпоху инноваций: из опыта работы учителей математики Санкт-Петербурга : сборник методических материалов / под общ. ред. Е. Ю. Лукичевой, Л. А. Жигулева. – СПб.: СПб АППО, 2016.
26. Трифонова, Е. В. Ведущая деятельность дошкольного возраста: проблемы истории и терминологии [Текст] / Е. В. Трифонова // Сборник материалов Ежегодной международной научно-практической конференции «Воспитание и обучение детей младшего возраста». – М., 2012.
27. Трифонова, Е. В. Игра как ведущая деятельность дошкольника. На рубеже веков: движение в сторону свободы [Текст] / Е. В. Трифонова // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия Педагогика и психология. – 2017. – Т. 4, № 42. – С. 80–88.
28. Формирование инженерного мышления в школе: технологии, инструменты, результат [Текст]: сборник статей семинара X Всероссийской конференции с международным участием «Информационные технологии для Новой школы». Серия ФИМ, выпуск № 1 / под ред. М. В. Ярмолинской. – СПб.: НИЦ Арт, 2019. – 120 с.
29. Баранникова, Н. А. Программируемый робот «УМНАЯ ПЧЕЛА» в начальной школе [Электронный ресурс] : методическое пособие для педагогов начальной школы / Н. А. Баранникова. – М. : ООО «Группа Компаний «Активное обучение», 2014. – 32 с. – URL: <https://proiskra.ru/> (дата обращения: 07.05.2026).
30. Галатонова, Т. Е. Рычажные механизмы [Электронный ресурс] / Т. Е. Галатонова // YouTube. – URL: [https://www.youtube.com/watch?v=dX\\_MEt\\_h\\_1Y](https://www.youtube.com/watch?v=dX_MEt_h_1Y) (дата обращения: 12.03.2026).

31. Метапредметный подход. Что это такое? [Электронный ресурс] // Учительская газета. – URL: <http://www.ug.ru/article/64> (дата обращения: 15.04.2026).
32. Национальная технологическая олимпиада [Электронный ресурс]. – URL: <https://nti-contest.ru> (дата обращения: 15.04.2026).
33. Подолян, М. Б. Методы развития технического мышления у обучающихся [Электронный ресурс] / М. Б. Подолян // Социальная сеть работников образования [nsportal.ru](http://nsportal.ru). – URL: <https://nsportal.ru/shkola/materialy-metodicheskikh-obedinenii/library/2012/04/08/metody-razvitiya-tekhnicheskogo> (дата обращения: 19.05.2026).
34. Полякова, В. Г. Формирование метапредметных умений посредством решения проектных задач в рамках учебного занятия [Электронный ресурс] / В. Г. Полякова. – URL: <http://io.nios.ru/articles2/85/3/formirovanie-metapredmetnyh-umeniy-posredstvom-resheniya-proektnyh-zadach-v-ramkah> (дата обращения: 12.03.2026).
35. Проект «ИСКРА» – поддержка и сопровождение деятельности по формированию инженерного мышления школьников [Электронный ресурс] : официальный сайт. – URL: <https://proiskra.ru/> (дата обращения: 12.03.2026).
36. Проект ФГОС ООО [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.preobra.ru/> (дата обращения: 12.03.2026).

Приложения

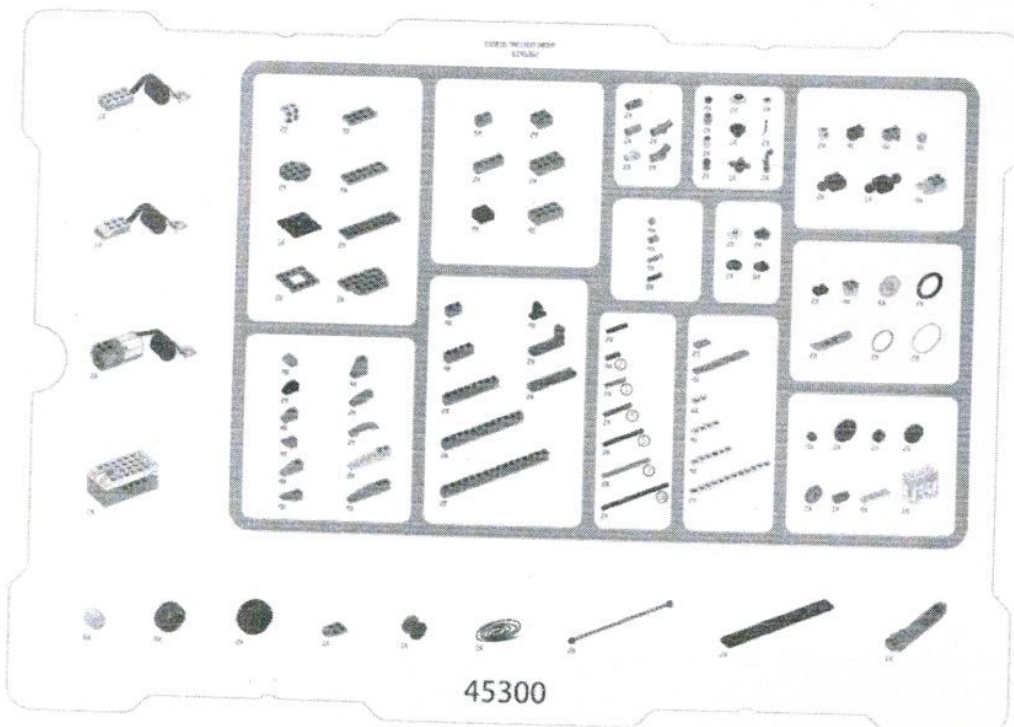
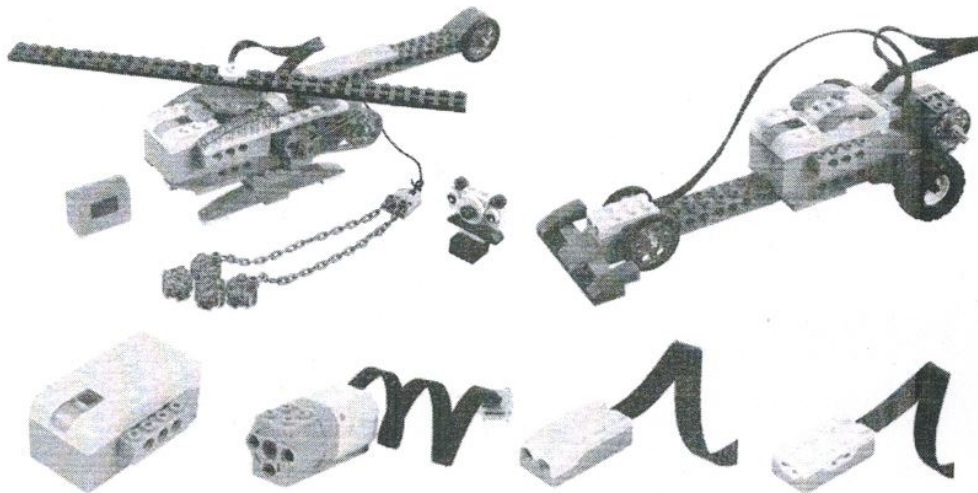
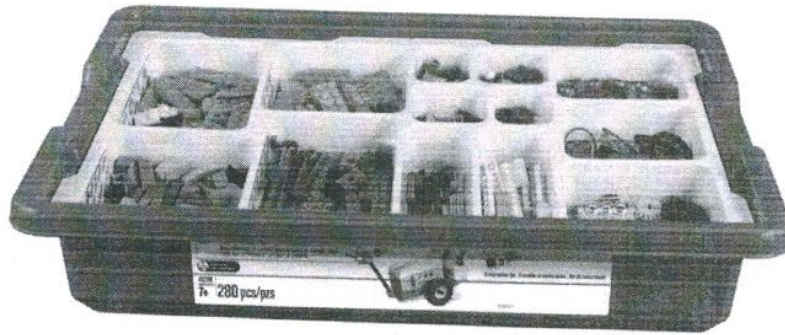
Приложение А – Состав робототехнических комплектов

LEGO «Первые механизмы»

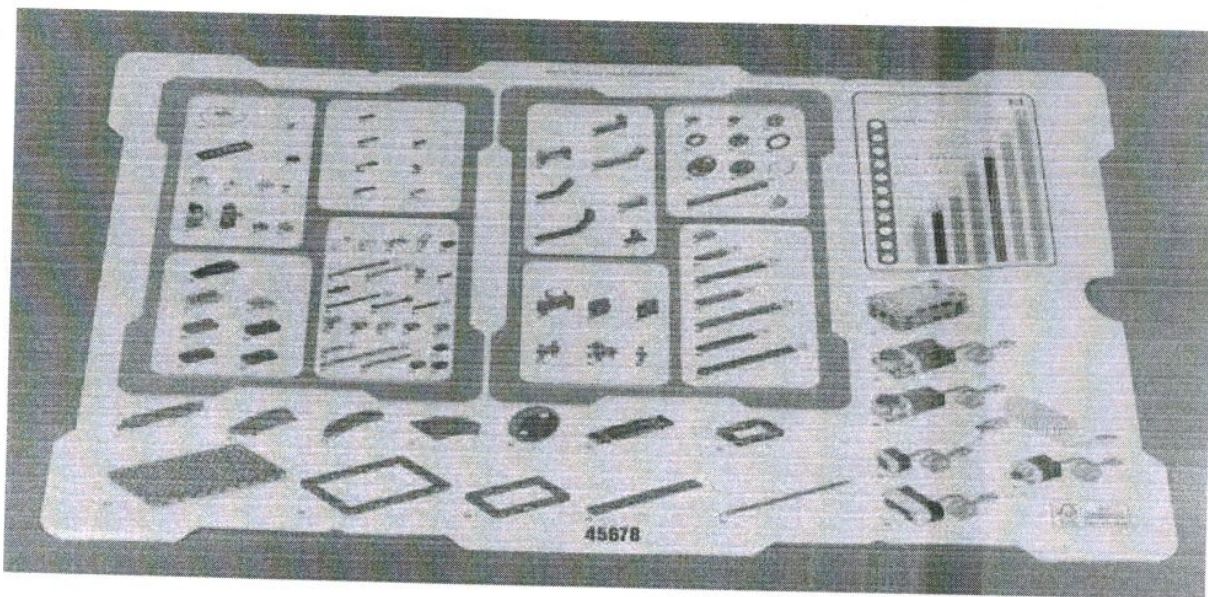


9656

# LEGO Education WeDo 2.0



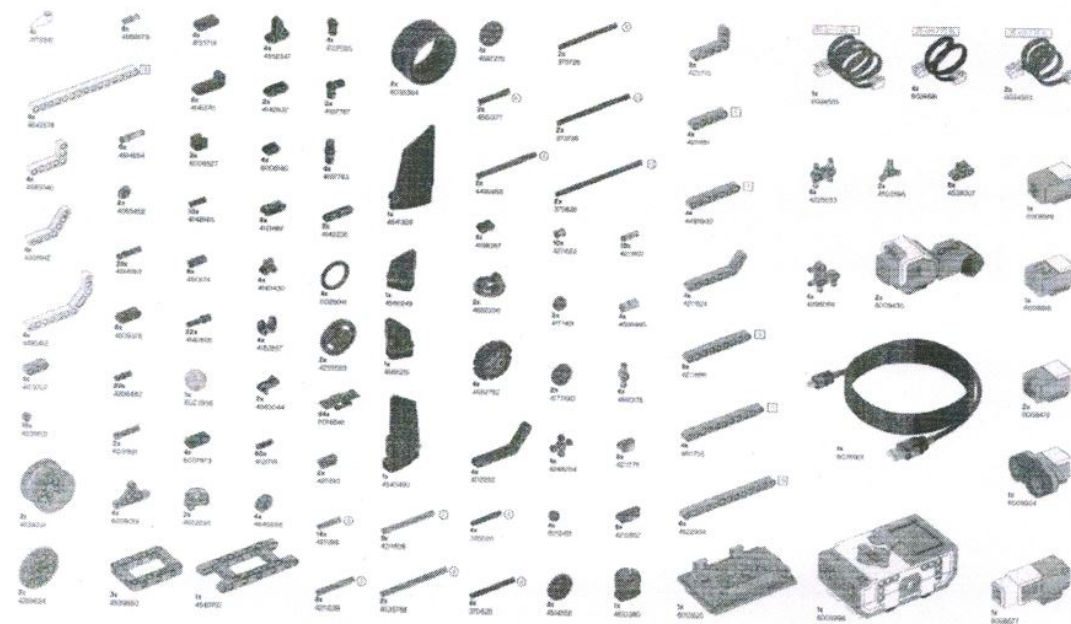
LEGO SPIKE Prime



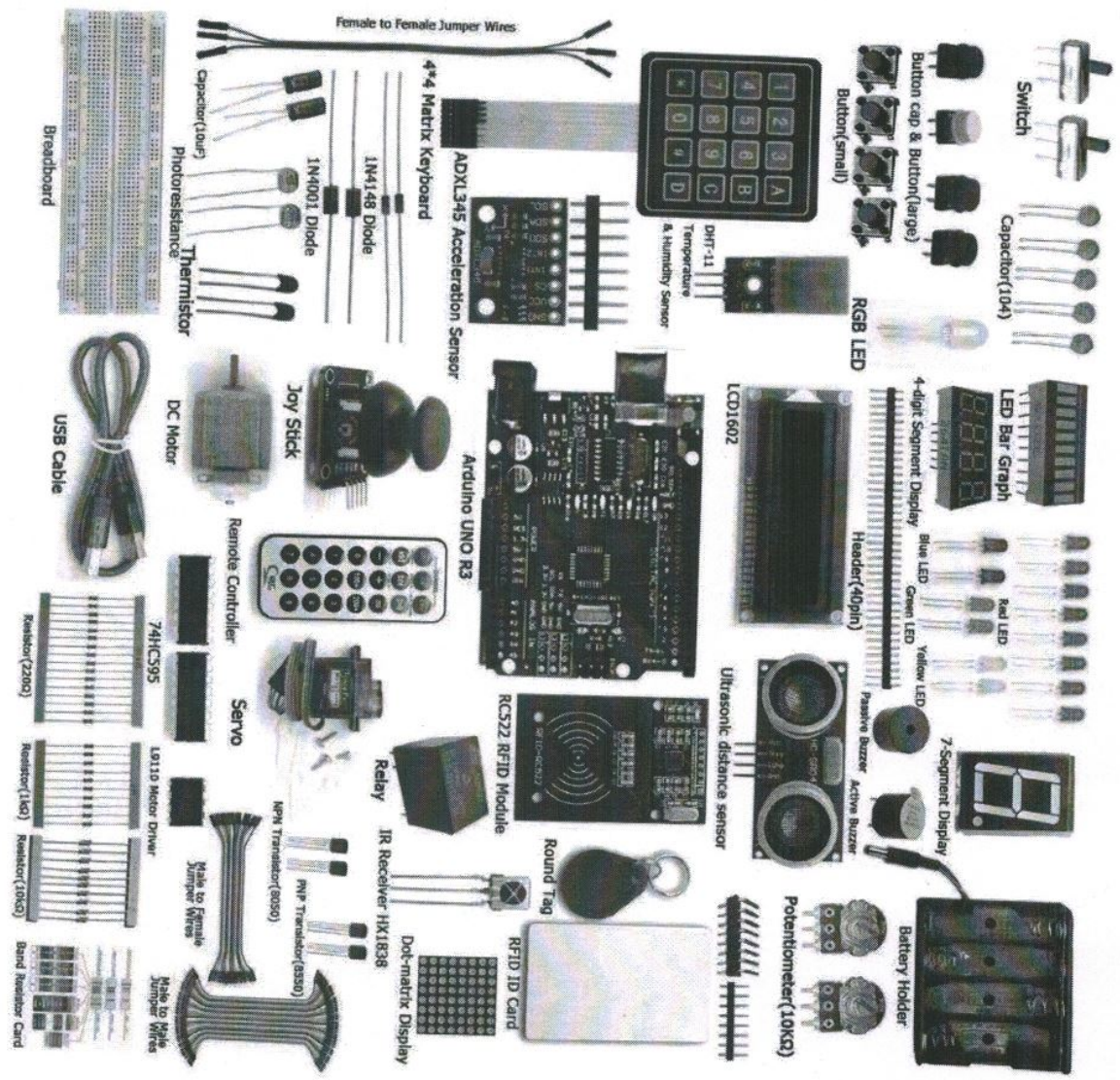
# LEGO Mindstorms EV3



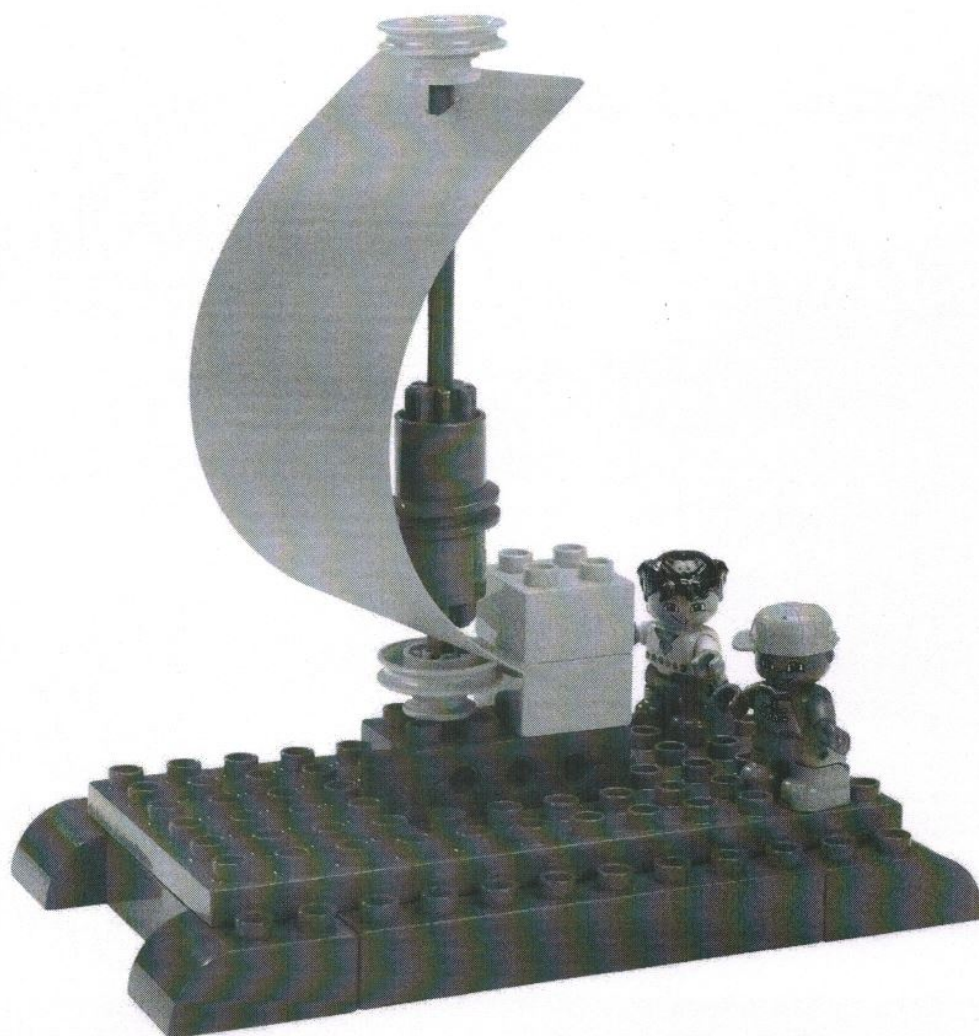
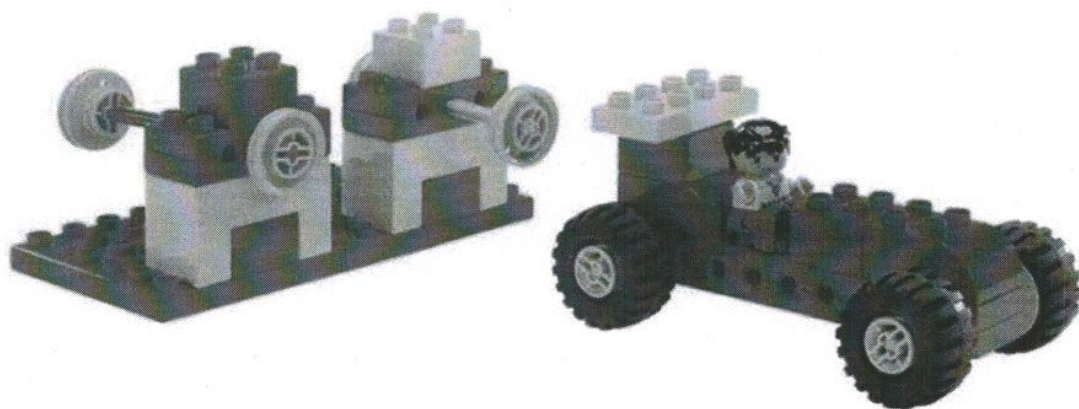
45544

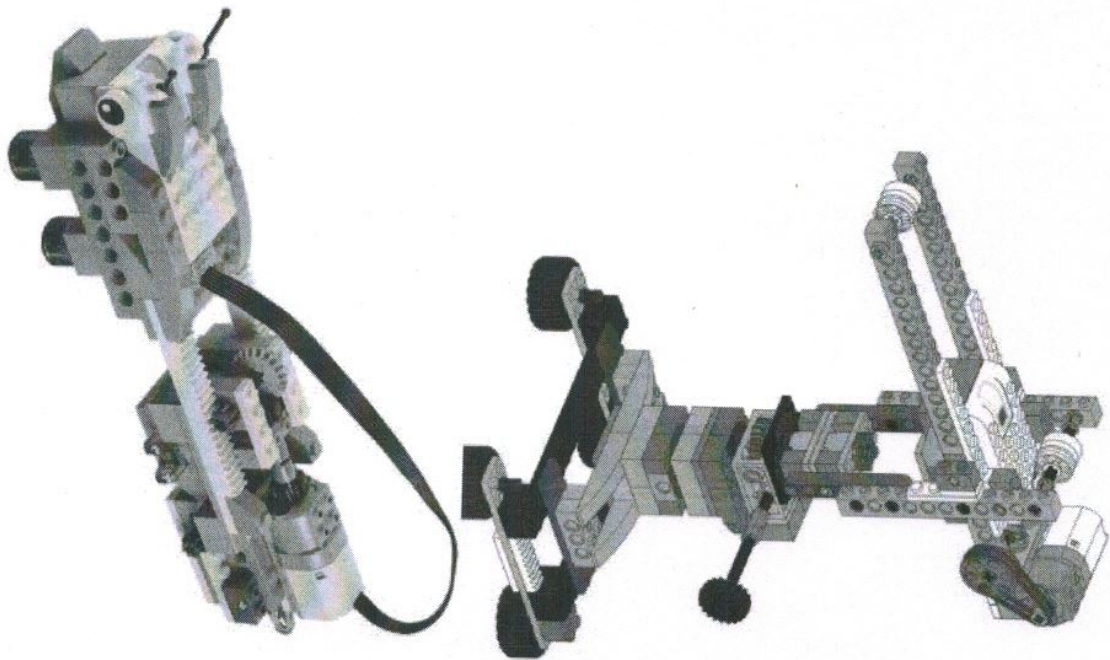
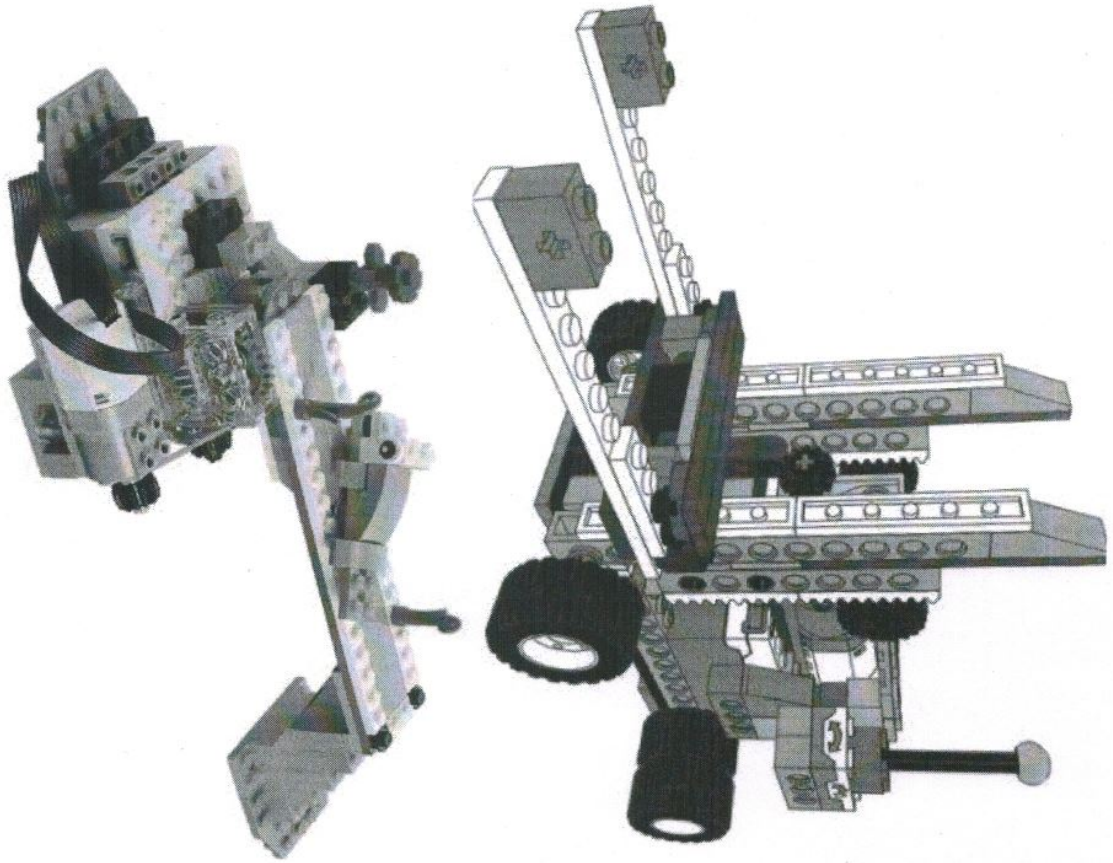




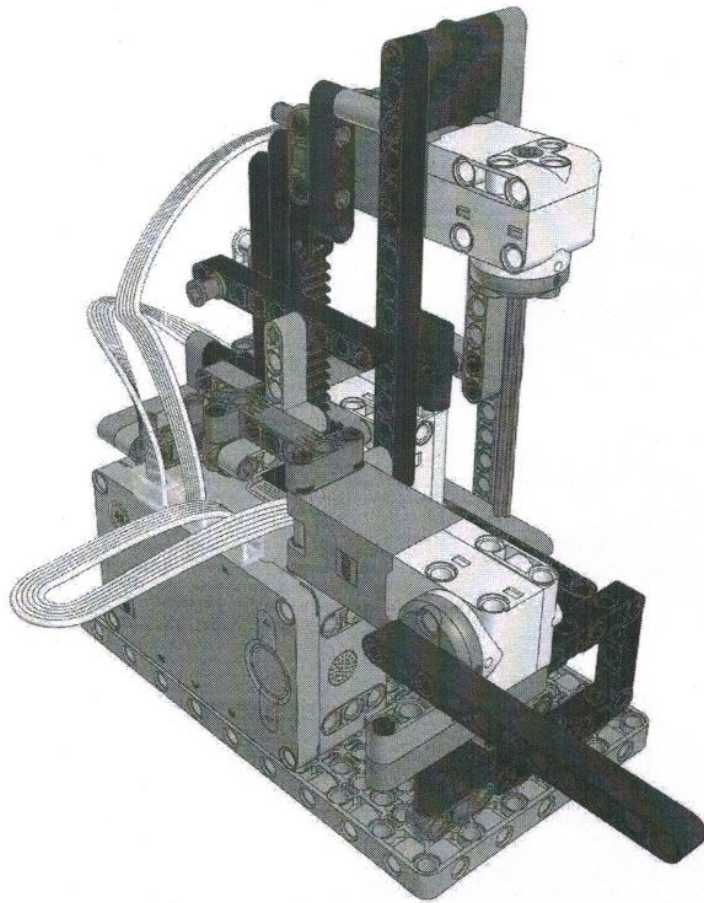
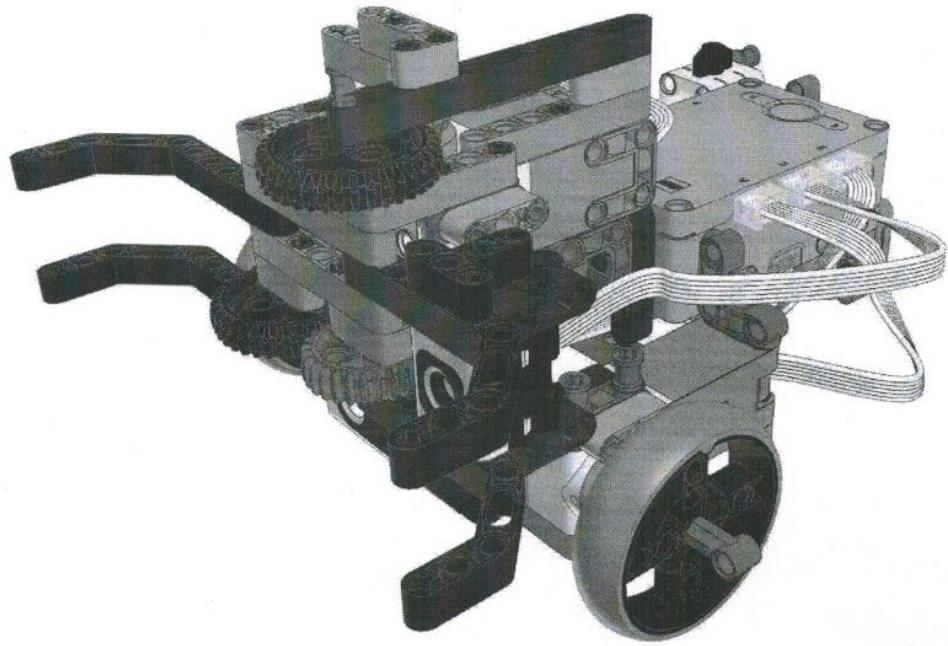


**Приложение Б – Примеры проектов обучающихся**  
**LEGO «Первые механизмы»**

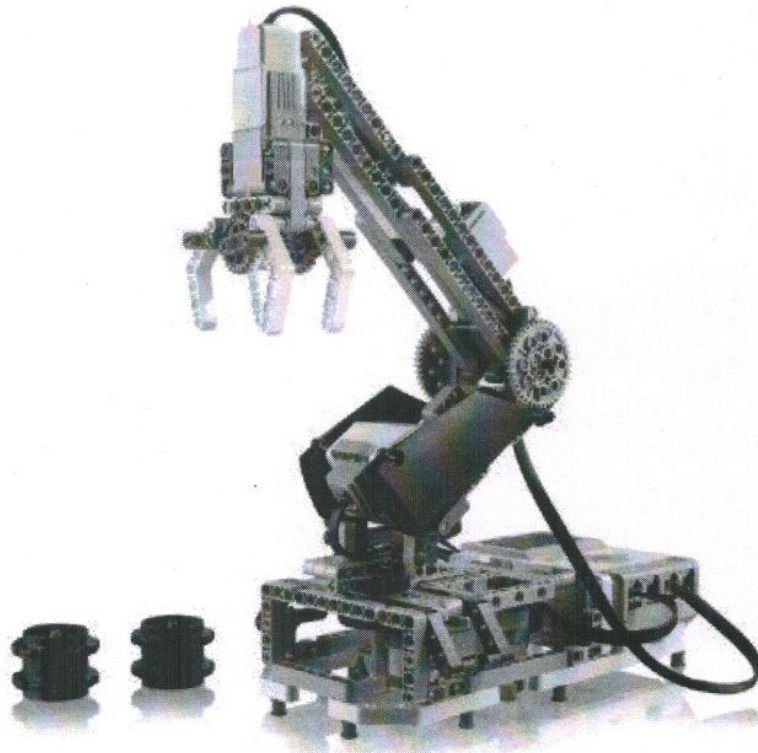
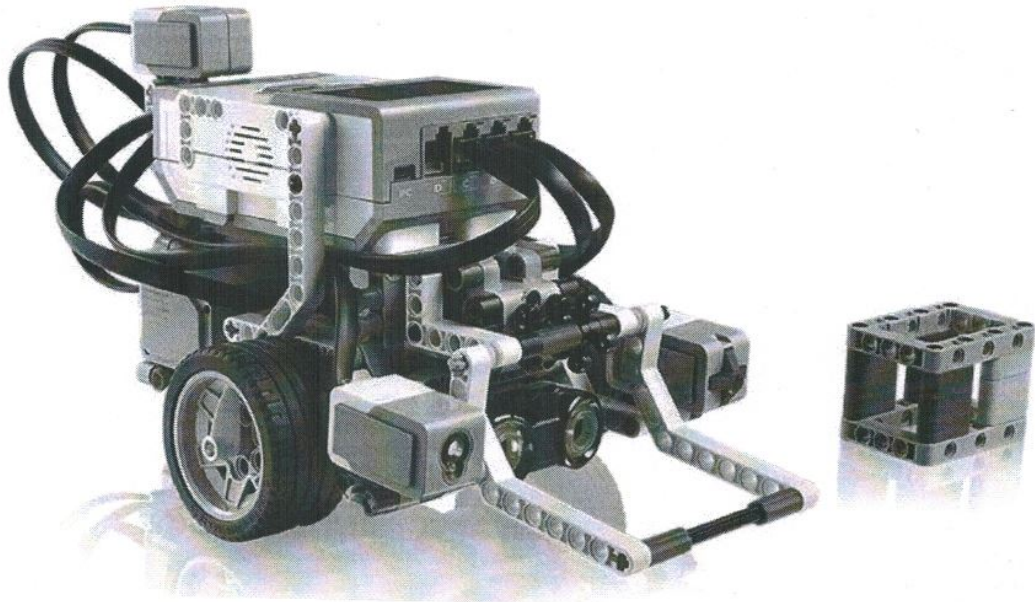




LEGO SPIKE Prime



LEGO Mindstorms EV3



Arduino

