

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
Фізико-математичний факультет  
Кафедра інформатики та прикладної математики

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Соловйов В.М.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

Реєстраційний № \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ  
УЧНІВ 6-8 КЛАСІВ У НАВЧАННІ РОБОТОТЕХНІКИ**

Кваліфікаційна робота студентки  
групи І-13

ступеня вищої освіти «магістр»  
спеціальності 014.09 Середня освіта  
(Інформатика)

**Тараненко Олени Олександрівни**

Керівник: доц., к. пед.н.

Хараджян Наталя Анатоліївна

Оцінка:

Національна шкала \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_ Кількість балів \_\_\_

Голова ЕК \_\_\_\_\_

Члени ЕК \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

<b>ЗМІСТ .....</b>	<b>2</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ РОБОТОТЕХНІЦІ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Мислення як психологічний процес .....	6
1.2. Конструкторське мислення як особливий спосіб розумової діяльності .....	12
1.3. Метод моделювання в процесі розвитку конструкторського мислення .....	23
Висновки до 1 розділу .....	32
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ У НАВЧАННІ РОБОТОТЕХНІКИ.....</b>	<b>34</b>
2.1. Зміст, методи та форми методичної системи розвитку конструкторського мислення у навчанні робототехніки .....	34
2.2. Інструменти для розвитку конструкторського мислення у навчанні робототехніки .....	41
Висновки до 2 розділу .....	49
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ ЗАСОБАМИ РОБОТОТЕХНІКИ.....</b>	<b>51</b>
3.1. Аналіз існуючих методик оцінювання розвитку конструкторського мислення .....	51
3.2. Керівництво користувача створеної методичної системи .....	58
3.3. Експериментальна перевірка створеної методичної системи. Результати и методика проведення.....	65
Висновки до 3 розділу .....	67
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>68</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>70</b>

## ВСТУП

На сьогоднішній день, в умовах безперервного технічного прогресу, необхідні фахівці, чиї вміння та навички змогли б гідно відповідати сучасним викликам часу. До переліку таких умінь і навичок входять і робота з новітнім обладнанням, і рішення спектра інженерно-технічних завдань, нових для нашого суспільства.

Висококваліфікована інженерна діяльність, крім необхідних знань, умінь і навичок, вимагає певного підходу до розуміння поставлених завдань і пошуку способів їх вирішення, певного способу мислення, говорити про який можна як про "конструкторський". Закладати основи такого мислення якраз і треба на етапі раннього професійного орієнтування, чого на даний момент не відбувається, зокрема і через брак способів і методів формування і розвитку конструкторського мислення.

Розвиток робототехніки, в даний час, включено до переліку пріоритетних напрямів технологічного розвитку в сфері інформаційних технологій. Важливою умовою успішної підготовки інженерно-технічних кадрів в рамках позначеної стратегії розвитку є впровадження інженерно-технічної освіти в систему виховання школярів, як в рамках загальної, так і додаткової системи освіти. Прикладом такого впровадження може бути позаурочний гурток з робототехніки для школярів 6-8 класів, який виступає в ролі пропедевтичного етапу вищої технічної освіти і дозволяє провести ранню професійну орієнтацію.

Робототехніка має пряме відношення до технічної області наукового знання, отже, її вивчення природним чином сприяє розвитку особливих форм мислення, зокрема, конструкторського мислення, інакше кажучи - гурток з робототехніки має не тільки яскраво виражену попередньо-професійно орієнтаційну функцію, а й розвиваючу. У зв'язку з цим, заняття в гуртку корисно не тільки учням старшої школи, як певний практичний досвід

інженерної діяльності, а й, навіть більшою мірою, більш молодшим, так як дозволить збільшити час пропедевтичного етапу, а значить - підготувати більш конкурентоспроможні кадри дефіцитної, інженерної спрямованості.

Аналізуючи стан системи освіти в галузі підготовки інженерних кадрів, ми можемо виділити деякі протиріччя:

1) між вимогами сучасного суспільства до якісної підготовки інженерних кадрів і недостатньою готовністю системи освіти до забезпечення такої підготовки;

2) між необхідністю пропедевтичної підготовки інженерних кадрів на етапі шкільного навчання і недостатньою підготовкою навчальних програм і методичного забезпечення для розвитку конструкторського мислення у школярів середнього та старшого ланки загальноосвітньої школи;

3) між можливістю формування конструкторського мислення школяра в процесі вивчення основ робототехніки в різновікових групах і відсутністю методів і способів, що забезпечують необхідний рівень сформованості конструкторського мислення;

Виділені протиріччя дозволяють сформулювати проблему дослідження: як змодельовати процес розвитку дітей робототехніці в різновікових групах, що формує та розвиває конструкторське мислення.

**Об'єкт дослідження:** процес навчання робототехніці школярів.

**Предмет дослідження:** моделювання розвитку школярів 6-8 класів робототехніці.

Проблема, об'єкт і предмет дослідження визначають мету дослідження: теоретично обґрунтувати та розробити методику навчання школярів 6-8 класів, що забезпечує формування у них конструкторського мислення.

**Метою роботи** є моделювання розвитку конструкторського мислення учнів 6-8 класів у навчанні робототехніки

Для досягнення мети, поставлені наступні **завдання:**

– визначення предметної області;

- проаналізувати засоби для розвитку конструкторського мислення;
- проаналізувати методики оцінювання розвитку мислення;
- розробити методичну систему розвитку конструкторського мислення за допомогою робототехніки та експериментально її перевірити;

**Основні методи дослідження:** теоретичний аналіз; критичний аналіз; теоретичний синтез; спостереження за освітнім процесом, описовий метод, опрацювання експериментальних даних.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в можливості використання створеного методичної системи на заняттях з робототехніки для учнів 6-8 класів.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків

## РОЗДІЛ 1.

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ РОБОТОТЕХНІЦІ

#### *1.1. Мислення як психологічний процес*

У філософській енциклопедії мислення визначається як вища форма активного відображення реальності, що складається в цілеспрямованому, опосередкованому і узагальненому пізнанні суб'єктом суттєвих зв'язків і відносин предметів і явищ, в утворенні нових ідей, в прогнозуванні подій і дій [1].

У педагогічній енциклопедії мислення визначається як процес пізнавальної діяльності людини, що характеризується узагальненим і опосередкованим відображенням предметів і явищ дійсності в їх сутнісних властивостях, зв'язках і відносинах [2].

Більш детально зупинимося на обговоренні таких спільних рис мислення, які важливі для дослідження проблеми розвитку конструкторського мислення.

Найбільш розгорнута теорія мислення у вітчизняній психології міститься в роботах С. Л. Рубінштейна. С.Л. Рубінштейн неодноразово підкреслює, що мислення розуміється як діяльність суб'єкта, що взаємодіє з об'єктивним світом. Він пише: «Процес мислення - це, перш за все аналізування та синтезування того, що виділяється аналізом; це потім абстракція і узагальнення, що є похідними від них. Закономірності цих процесів в їхніх взаєминах один з одним суть основні внутрішні закономірності мислення» [3].

Розкриємо зміст розумових операцій, що становлять мислення, які виділив С.Л. Рубінштейн.

Аналіз полягає в розчленуванні перекриваючих один одного залежностей, у виявленні «внутрішніх», істотних властивостей речей в їх закономірному взаємозв'язку. За допомогою синтезу здійснюється зворотний перехід від абстрактних положень до конкретних. Синтезом є всяке співвіднесення, зіставлення, встановлення зв'язку між різними елементами. «Аналіз і синтез - це дві сторони, або два аспекти, єдиного розумового процесу. Вони взаємопов'язані і взаємозумовлені». Аналіз і синтез є основними розумовими операціями, оскільки будь-яка розумова дія ці операції включає.

Абстракція - значить відволікання. Уявне виділення одних властивостей предметів і відволікання від будь-яких інших називається абстрагуванням.

Узагальнення - це логічний прийом, за допомогою якого відбувається розумовий перехід від С.Л. Рубінштейн одиничного до загального. С.Л. Рубінштейн підкреслює, що мислення внутрішньо пов'язане з узагальненнями. «Мислення здійснюється в узагальненнях і веде до узагальнень все більш високого порядку». виділяє різні форми узагальнення: елементарне і наукове. При цьому елементарні форми узагальнення, як стверджує С.Л. Рубінштейн, відбуваються незалежно від теоретичного аналізу [4].

Під основними операціями мислення розуміють також порівняння, конкретизацію, класифікацію та систематизацію. Єдність аналізу і синтезу чітко виступає в порівнянні. «Порівняння - аналіз, який здійснюється за допомогою синтезу і веде до узагальнення, до нового синтезу» [4]. Конкретизація припускає розгляд абстрактного в конкретних проявах і теж завжди включає операції аналізу і синтезу. Класифікацією називають віднесення одиничних об'єктів або явищ до відповідного виду, роду або класу. Класифікація нерозривно пов'язана з систематизацією. Але якщо класифікація встановлює приналежність одиничного об'єкта чи явища до

певного роду, то систематизація утворює вже цілу групу об'єктів або явищ. «У міру того, як в процесі мислення складаються певні операції - аналізу, синтезу, узагальнення, у міру того, як вони генералізуються і закріплюються у індивіда, формується мислення як здатність, складається інтелект».

В даний час в психології виділяють різні класифікації мислення, з яких ми розглянемо лише основні.

В першу чергу, в психології виділяють теоретичне і практичне мислення.

Теоретичне мислення спрямоване на відкриття законів, властивостей об'єктів. Практичне мислення - процес мислення, що відбувається в ході практичної діяльності.

Обговоримо це питання докладніше для того, щоб з позиції цієї класифікації розглянути конструкторське мислення. С.Л. Рубінштейн говорить про теоретичне мислення, як виділеному з практичної діяльності в якості особливої теоретичної діяльності, спрямованої на вирішення абстрактних теоретичних завдань, лише опосередковано пов'язаних з практикою. «Теоретичне мислення, найчастіше спираючись на практику, не залежить від одного окремого випадку» [3], - стверджує С.Л. Рубінштейн. В рамках цього мислення людина в процесі виконання завдання звертається до понять, виконує дії в розумі, безпосередньо не маючи справи з досвідом, що отримується за допомогою органів почуттів. Він обговорює і шукає рішення від початку до кінця в розумовому плані, користуючись готовими знаннями, отриманими іншими людьми, вираженими в понятійній, образній формі, судженнях, умовиводах. Таке мислення характерно для наукових теоретичних досліджень. Але з практикою, в кінцевому рахунку, пов'язане будь-яке мислення. Наприклад, С.Л. Рубінштейн вважає: «Практика залишається основою і кінцевим критерієм істинності мислення; зберігаючи свою залежність від практики в цілому, теоретичне мислення вивільняється з первісної прикутості до кожної одиничної нагоди практики ... Мислення бере



на себе функцію планування. Воно піднімається на той рівень, коли можливо стає теорія, яка випереджає практику і служить керівництвом до дії».

С.Л. Рубінштейн зазначає, що існує єдиний інтелект, але всередині єдності, в залежності від різних умов, в яких відбувається розумовий процес, диференціюються різні види розумових операцій і характер їх протікання. С.Л. Рубінштейн виділяє «практичне мислення» з теоретичного і під ним розуміє процес, що відбувається в ході практичної діяльності та безпосередньо спрямований на вирішення практичних завдань. У той же час мислення, виділене з практичної діяльності, спрямоване на рішення абстрактних теоретичних завдань, лише опосередковано пов'язаних з практикою, є теоретичним. Таким чином, на думку вченого, практичне і теоретичне мислення відрізняються поставленими перед ними завданнями.

Говорячи про особливості практичного мислення, Б. М. Теплов вказував на те, що воно безпосередньо включено в практичну діяльність, в процесі якої тут же піддається перевірці. Це накладає своєрідну відповідальність на рішення те що вноситься. Найхарактернішою особливістю практичного розуму він вважає вміння вирішувати завдання в жорстких умовах часу, коли немає можливості для висунення і перевірки гіпотез. Б. М. Теплов полемізує з тими психологами, які вважають, що теоретичний розум - найвища форма прояву інтелекту.

«Якщо вже встановлювати градації діяльності за складністю і складності вимог, що пред'являються ними до розуму, то доведеться визнати, що з точки зору різноманіття, а іноді і внутрішньої суперечливості інтелектуальних завдань, а також жорсткості умов, в яких протікає розумова робота, перші місця повинні зайняти вищі форми практичної діяльності»[5], - пише Б. М. Теплов.

Згідно з однією з найважливіших класифікацій виділяють такі види мислення, як наочно-образне і наочно-дієве.

Наочно-образне мислення - вид мислення, яке здійснюється на основі перетворень образів сприйняття в образи уявлення, подальшої зміни, перетворення і узагальнення предметного змісту уявлень, що формують відображення реальності в образно-концептуальній формі. Суттєва особливість цього виду мислення полягає в тому, що розумовий процес у ньому безпосередньо пов'язаний зі сприйняттям мислячої людини навколишньої дійсності і без нього відбуватися неспроможний. Мислячи наочно-образно, людина може подумки маніпулювати образами так, що безпосередньо може побачити рішення задачі. При вирішенні конструктивно-технічних задач недостатньо вміти уявити собі об'єкт в трьох його вимірах, перевести цей об'єкт в креслення або малюнок. Це лише одна з передумов вирішення завдання. Головні вимоги пред'являються до розвитку динамічних просторових уявлень, змістом яких є здатність побачити рух взаємодіючих частин технічного пристрою, вміння побачити просторові зв'язки і відносини між рухомими частинами пристрою. Ці уявлення можуть ефективно функціонувати лише при достатньої сформованості наочно-образного мислення.

Наочно-дієве мислення - один з видів мислення, з якого починається безпосередня взаємодія з реальними об'єктами, визначення їх сутнісних властивостей і відносин. У ньому закладається початок і вихідна основа для узагальненого відображення дійсності. Його особливість полягає в тому, що сам процес мислення є практичною перетворювальною діяльністю, здійснювану людиною з реальними предметами. Основними умовами вирішення задачі в даному випадку є правильні дії з відповідними предметами. Цей вид мислення широко представлений у людей, зайнятих реальною виробничо-технічною працею, результатом якої є створення будь-якого технічного об'єкта. Так, дослідження Е.А. Фарапонтової, що проводилося на першокласниках, виявило ряд цікавих моментів, зокрема,

«найтісніший взаємозв'язок розумових і рухових компонентів в конструкторсько-технічній діяльності».

Наступна класифікація мислення: продуктивне і репродуктивне мислення. При репродуктивному мисленні суб'єкт здійснює знайомі йому дії зі знайомим матеріалом, досягаючи знайомих результатів або здобуваючи нові результати відомими йому шляхами. Характерною рисою продуктивного мислення в порівнянні з репродуктивним є можливість самостійного відкриття нових знань. Але ці знання суб'єктивно нові. Суб'єктивно нове виникає в процесі вирішення навчальних завдань, результатом яких є отримання нового знання, раніше невідомого цій людині, хоча в соціальному досвіді це відкриття вже є. З.І. Калмикова досліджувала продуктивне мислення школярів як основу навченості. Вона обґрунтовує відмінність продуктивного і репродуктивного мислення по «ступеню новизни одержуваного в процесі розумової діяльності продукту по відношенню до знань суб'єкта» [6]. Тим часом, в процесі навчання часом неможливо чітко розділити ці типи мислення, так як при відтворенні в кількох змінених умовах міститься елемент творчості.

Відомо відмінність між інтуїтивним і аналітичним (логічним) мисленням. Аналітичне мислення розгорнене в часі, має чітко виражені етапи, значною мірою представлене у свідомості самої мислячої людини. Інтуїтивне мислення характеризується швидкістю протікання, відсутністю чітко виражених етапів, є мінімально усвідомленим.

На відміну від аналітичного, інтуїтивне мислення більш чуттєве і в свою чергу інтуїтивне мислення піддається аналізу. Наукова психологія розглядає інтуїцію як необхідний, внутрішньо обумовлений природою творчості момент виходу за межі стереотипів поведінки, і зокрема, алгоритмів пошуку рішення задачі. Так, наприклад, «безпосереднє» інтуїтивне знання зазвичай опосередковано досвідом практичної та духовної діяльності людини, що власне і дозволяє говорити про професійну інтуїцію

як необхідної складової професійної творчості, що дуже важливо в конструктивно-технічній діяльності.

Отже, ми дали визначення поняттю «мислення», розкрили основні розумові операції і зупинилися на обговоренні деяких класифікацій, що мають безпосереднє відношення до нашого дослідження. Далі, необхідно виділити і обґрунтувати мислення, властиве інженерної діяльності - конструкторське мислення.

### *1.2. Конструкторське мислення як особливий спосіб розумової діяльності*

Конструкторське мислення є одним з видів мислення. У філософії цей термін зустрічається як термін «технічне мислення», і був введений П. К. Енгельмейер в роботі «Філософія техніки» [1]. Він стверджує, що «існує особливий склад розуму, який можна назвати технічним». Однак психологічної характеристики цього «менталітету» автор не дає.

У «психологічному словнику» Н.З. Богозова, І.Г. Гозмана, Г.В. Сахарова технічне мислення визначається як діяльність, спрямована на самостійне складання і вирішення технічних завдань [7].

Взявши до уваги всі пропонувані в літературі визначення технічного мислення, має сенс зупинитися на наступному, найбільш співзвучному досліджуваної проблеми визначенні конструкторського мислення: під конструкторським мисленням розуміється комплекс інтелектуальних процесів і їх результатів, які забезпечують вирішення завдань професійно-технічної діяльності (конструкторських, технологічних, інженерних і т.д.).

Конструкторське мислення, як і будь-яке інше, здійснюється в процесі вирішення завдань, здійснюється за допомогою відомих розумових операцій: порівняння, протиставлення, аналіз, синтез, класифікація та ін.

В даний час в конструкторському мисленні співіснують три складові його типу. До них можна віднести: повсякденне (ненаукове), класичне

(наукове) і сучасне (наукове, діалектичне за своїм характером конструкторське мислення).

Звичайний тип конструкторського мислення виникає на ранніх щаблях розвитку суспільства і існує, постійно розвиваючись, до цього дня. Подібного роду мисленням наділені слюсар і токар, водій і технік-наладчик і інші, схожі з ними. Таке мислення формується безпосередньо в процесі трудової діяльності, а також в процесі навчання відповідної професії. Більш того, повсякденним конструкторським мисленням, в тій чи іншій мірі, володіє практично кожна людина. Експлуатуючи будь-які технічні пристрої від кухонної плити до комп'ютера і стільникового телефону, людина змушена опановувати повсякденним типом конструкторського мислення.

Класичний (науковий) тип технічного знання і мислення передбачає абсолютне протиставлення суб'єкта і об'єкта пізнання; об'єктивність, незалежність від людини технічних явищ і процесів; можливість отримання абсолютно-істинних, однозначних технічних знань і так далі [13].

Подібний новий (сучасний) тип конструкторського мислення і відповідного йому технічного знання передбачає «включеність» суб'єкта в пізнавальні процеси і операції і його «зворотній» вплив на них, як наприклад: залежність отриманих результатів від використовуваних інструментів пізнання і способів їх застосування або статистично імовірнісний характер одержуваних результатів [13].

Незважаючи на наявні відмінності, не можна абсолютно протиставляти сучасне конструкторське і класичне технічне мислення один одному. Звісно ж, що обидва ці типи мислення в рівній мірі необхідні і не виключають, а скоріше, доповнюють один одного, утворюючи разом зі звичайним технічним мисленням специфічну цілісність - систему конструкторського мислення. Системоутворюючими ознаками конструкторського мислення є (рис. 1.1.):

- спрямованість на осмислення тих чи інших технічних об'єктів (існувавших, існуючих, створюваних) і на різні техніки операцій. Ця ознака свідчить про певну цілісність і специфічний характер цього типу мислення;
- наявність власних, специфічних стереотипів, принципів, що лежать в основі конкретних технічних теорій, дисциплін, уявлень, законів і закономірностей, методів (збірка, розбирання, установка, перевірка, налагодження, пуск і т. д.);
- наявність специфічних технічних ідеалів, таких, як «вічний двигун», абсолютно безвідходна технологія, пересування зі швидкістю світла й інших, які виступають як своєрідні цільові установки, які об'єднують технічне знання і задають спрямованість технічного мислення. Завдяки їх впливу формується система цінностей технічного знання і ефективності конструкторського мислення, основними принципами якої виступають ступінь відповідності наявного і новостворюваного технічного знання існуючими технічними ідеалам.



Рис. 1.1. Системоутворюючі ознаки конструкторського мислення

Система конструкторського мислення, може бути представлена як сукупність наступних форм (рис. 1.2):

- ідеомоторне-сенсорної форми мислення, що сприяє формуванню операційно-рухових елементів технічного знання. Розвитку цієї форми мислення сприяє, перш за все, робота людини з різними тренажерами, а також управління транспортом, робота на верстатах, вправи зі спортивними снарядами і т.д. Ця форма мислення вдосконалюється через вироблення навичок рухових реакцій організму. Таке мислення формує, в основному, технічне знання того, «як» робити, але не «чому» це треба робити саме так. Це, образно кажучи, «мислення-навичка» дії з технічними об'єктами і власним тілом;

- образно-модельної - чисто розумової або наочної форми конструкторського мислення (наприклад, образи, створювані на екрані комп'ютера, аркуші ватману і т.д.). Це оперування зі всілякими схемами функціонування і пристроями. Причому самі ці схеми можуть існувати не тільки ідеально (в головах людей), але і матеріально - на екрані дисплея, у вигляді плоских або об'ємних діючих моделей, а так само роботів. Ця форма мислення сприяє, перш за все, виробленню наочних технічних уявлень у носіїв цієї форми мислення;

- алгоритмічно-рецептурної форми, певною мірою подібна до ідеомоторне-сенсорної: ця форма також сприяє виробленню технічних знань типу «як», але не «чому». Дана форма мислення утворює технічне знання, побудоване за принципом «якщо ... то». Вона сприяє виробленню як технічних уявлень, так і технічних понять;

- логічно-теоретичної форми конструкторського мислення. Це форма мислення типу «чому». Саме вона сприяє не тільки формуванню, але в ще більшому ступені, умов застосування, а також розробці теорій і гіпотез.

Незважаючи на різноманіття форм конструкторського мислення, воно, як і сформоване ним технічне знання, володіє певною цілісністю, єдністю. Єдність технічного знання і конструкторського мислення, проявляється в наступному (рис. 1.3.):

- єдність понятійного апарату. Такі «технічні» поняття, як «механізм», «операція», «виготовлення», застосовні у всіх областях технічного знання, а також і в інших областях знання і мислення. Ряд понять, які є частиною понятійного апарату технічного знання і конструкторського мислення, навпаки, запозичені ними з інших областей знання, проте тут вони наповнюються «своїм» змістом (форма, блок, програма, еталон). Це пояснюється тим, що технічне знання і конструкторське мислення нерозривно пов'язані з іншими областями мислення і знання;

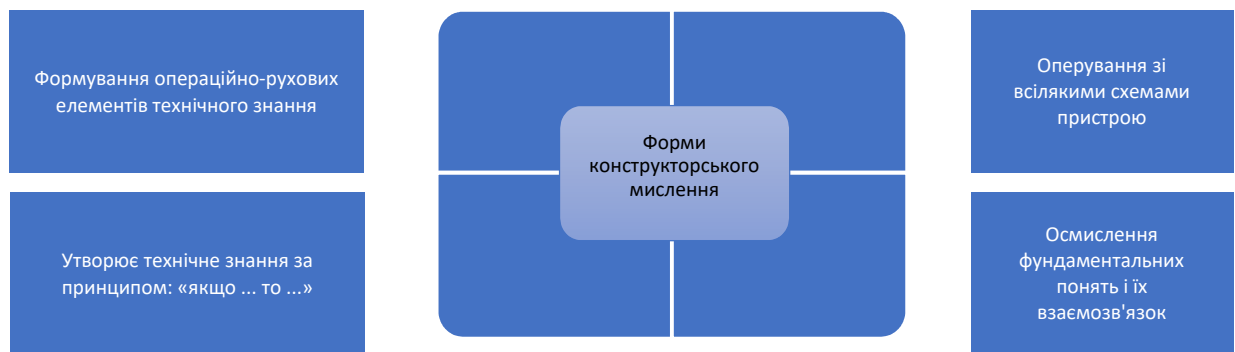


Рис. 1.2. Форми конструкторського мислення

- єдність ідеалів, які задають цільову спрямованість технічного мислення і сприяють виробленню критеріїв оцінки конструкторського мислення і технічного знання, їх якості. Такими ідеалами, як уже говорилося раніше, є «вічний двигун», абсолютно безвідходна технологія, повністю автоматизоване виробництво і безліч інших цільоутворюючих технологій. Очевидно, що два останніх з перерахованих ідеалів в певній мірі досяжні вже сьогодні. Отже, розвиток конструкторського мислення і технічного знання людства - це реальний шлях наближення до ідеалу;

- єдність законів і закономірностей технічного знання і конструкторського мислення, що відкриваються в ході розвитку технічних наук. Сукупність вже відкритих і ще лише виявлених законів і



закономірностей, понятійного апарату, ідеалів технічного знання сприяє виробленню єдиних стереотипів, характерних для конструкторського мислення;

- обумовленість потребами розвитку продуктивних сил. Це особливо яскраво видно на прикладах винаходів, що випередили свій час (спідометр, еоліпіл, ткацький верстат), які не змогли сформувати прорив через брак рівня розвитку виробництва;

- обумовленість конструкторського мислення і його результатів - технічного знання, певною мірою, політичної надбудовою, традиціями, етичними нормами, естетичними уявленнями, розвитком науки і філософії. Кожен тип суспільства, навіть в тому випадку, якщо ці суспільства співіснують у часі, накладає певний відбиток на конструкторське мислення винахідника, впливає на спрямованість його мислення, його характер, на ідеали, до яких слід прагнути, на ієрархію цих ідеалів, а так-же шкалу цінностей конструкторського мислення і технічного знання (наприклад, вплив на пріоритетне осмислення військової, побутової або виробничої техніки), що сприяє цілісності, єдності технічного знання в країні, регіоні, певний тип суспільства.

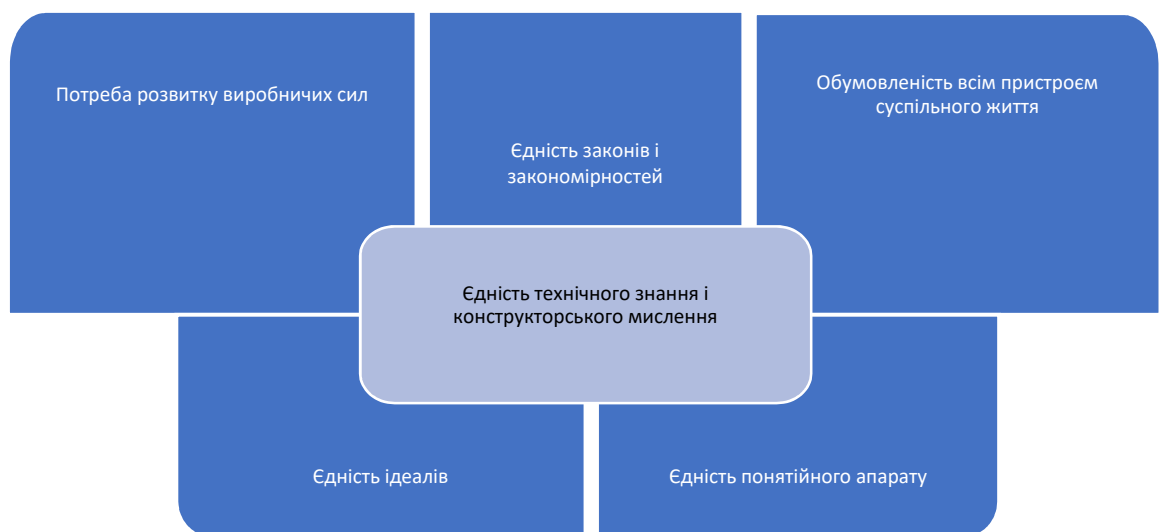


Рис. 1.3. Єдність технічного знання і конструкторського мислення

Таким чином, конструкторського мислення і надбане з його допомогою технічне знання являють собою певну цілісність (єдність), специфічно виявляється на кожному історичному відрізку, в кожному типі суспільства і в зіставленні з іншими областями знання і мислення. Наявність власного понятійного апарату, законів, ідеалів, оцінок, стереотипів, а також взаємозв'язок з іншими формами мислення і типами знання і, разом з тим, незвідність до них, свідчать про системний, цілісний характер конструкторського мислення, про його положення як особливої освіти в мисленні людини.

Як можна помітити, ніхто з авторитетних учених не заперечує необхідність дослідження конструкторського мислення, і, зрозуміло, його існування. Однак, практична і експериментальна розробка цього напрямку, на сьогоднішній день, явно недостатня. Необхідно виявити деяку систему, що дозволяє оцінити сформованість або схильність у учня до конструкторського мислення, а так само організувати такі умови, при яких розвиток цього мислення буде максимальним. Першою з таких умов є різновікові навчання, завданням якого є відхід від звичної класно-урочної системи, з метою підвищити швидкість і якість формування конструкторського мислення, другою – робототехнічний зміст цієї форми організації освітнього процесу, для якого необхідно адаптувати виділені раніше форми конструкторського мислення, під умови навчання робототехніки:

- ідеомоторно-сенсорна форма мислення дозволяє учням вирішувати завдання робототехніки, пов'язані з рухом і знаходженням оптимальної схеми моделі [24]. Працюючи з роботами на рівні теоретичного рішення задачі, розвинена ідеомоторно-сенсорна форма мислення дозволяє розробляти моделі, найбільш суворо відповідаючим умовам завдання, вибирати саме той спосіб, який дозволить досягти найбільшого результату. Наприклад, стандартна задача практично будь-яких змагань з робототехніки -

"Кегельрінг", має на увазі під собою необхідність роботам збити всі кеглі за межі рингу за мінімальний час. Очевидно, що чим більш ефективна модель, тим менше часу вона витратить на виконання цього завдання. Виходячи з цього на етапі планування майбутнього робота необхідно максимально точно спланувати його майбутні дії, та рухи, які він зможе виконувати. Виходячи з цього, можна сказати, що робота над проектуванням роботів безпосередньо розвиває ідеомоторно-сенсорну форму мислення, а значить і конструкторське мислення в цілому;

- образно-модельна форма мислення в рамках робототехніки представлена найяскравіше [24]. Втілення теоретичних схем в практиці максимально повно реалізується на рівні збирання готової моделі. На відміну від інших сфер, де так само задіяно конструкторське мислення, в робототехніці результат візуалізовано найбільшим чином. Всю систему можна розібрати на складові блоки, кожен з яких буде в своєму роді моделлю, що сприяє виробленню наочних технічних уявлень;

- алгоритмічно-рецептурна форма мислення представлена в робототехніці окремим блоком знань і умінь: крім проектування і складання конкретних моделей, важливою складовою частиною робототехніки є програмування роботів, що повністю відповідає запитам алгоритмічно-рецептурної форми мислення [25]. Два адаптовані середовища програмування, розраховані на різний рівень початкових знань про програмування, дозволяють будувати різнорівневе, в даному випадку - різновікові, навчання. Старші учні можуть використовувати Robot-C, як засіб розробки, а молодші - Lego Mindstorms, яке вимагає меншого багажу досвіду і знань;

- логічно-теоретична форма мислення пов'язана з робототехнікою швидше опосередковано, формується при вивченні профільної літератури, проходження майстер-класів і є необхідною базою для побудови фундаменту конструкторського мислення [25].

Зведемо всі наявні дані в одну загальну таблицю (див. табл. 1.1), яка стане основою для аналізу рівня сформованості конструкторського мислення, а так само зможе направляти подальшу роботу над способами його розвитку.

Зміст цієї таблиці демонструє, чим саме характеризується сформованість конструкторського мислення (здатний учень виконувати зазначені пункти чи ні), а так же, які саме чинники впливають на розвиток конкретної форми мислення, однак не відображає динаміки розвитку учня, або, іншими словами, не може вказати на якому етапі формування конструкторського мислення знаходиться учень в поточний момент часу. Для конкретизації цих даних необхідно виділити і описати ключові характеристики кожного з таких етапів. Крім того, існує потреба в первинній оцінці рівня сформованості конструкторського мислення учня на момент його входження в освітній процес. Для реалізації останнього доцільно виділити кілька критеріїв, відповідність яким може відобразити наявність передумов для подальшого більш успішного процесу формування конструкторського мислення.

В цілому, можна виділити 4 основні критерії (таблиця 1.2):

- когнітивний - демонструє яким способом і наскільки закінченого результату досягає учень [9];
- емоційний - відображає мотиваційні аспекти і усвідомленість учня при виборі робототехнічного гуртка [9];
- рефлексивний - відображає здатність учня до рефлексії отриманих результатів та його реакції на зміни поставленої раніше завдання [10];
- організаційний - демонструє рівень самоорганізації учня і його дії в разі ускладнень при досягненні необхідного результату [10].

У сукупності, ці критерії допомагають відобразити загальну картину передумов для успішного формування конструкторського мислення в учня в процесі навчання.

Таблиця 1.1.

### Прояви форм конструкторського мислення в різних формах діяльності

Форма мислення	Теоретичний аспект підготовки в рамках заняття	Колективна робота в рамках заняття	Самостійна робота (змагання, лабораторії і т.д.)
<i>Ідеомоторно-сенсорна форма</i>	на підставі готової (створеної учителем або іншими учнями) моделі учень розуміє і може описати: 1) основні блоки пристрою моделі 2) принципи організації руху моделі	колективна розробка можливих архітектур моделей, пошук найкращого втілення моделі в залежності від умов завдання.	реалізація відомих (вивчених) ідей і їх інтеграція в умовах нестачі часу, оптимізація структури готового робота.
<i>Образно-модельна форма</i>	пошук найкращого рішення на етапі проектування своєї моделі, зовнішня оцінка ефективності моделі	колективна робота на етапі складання спроектованої моделі, обговорення ефективності зібраної конструкції	вибір структури моделі залежно від умов, дій суперників і попереднього досвіду
<i>Алгоритмічно-рецептурная форма</i>	пошук найкращого алгоритму розв'язання задачі, вміння знаходити помилку в чужому алгоритмі	аналіз алгоритмів і програмних кодів на ефективність, адаптація готових рішень під нові завдання	адаптування програмного коду в умовах нестачі часу.
<i>Логічно-теоретична форма</i>	вміння вибрати необхідну інформацію з наявних джерел (книги з програмування, конструювання, сайти і т.д.)	колективна робота учнів над завданням, обмін досвідом, знайденої (обраної) інформацією, отримання консультацій від вчителя і старших учнів.	отримання знань, умінь і навичок виходячи з роботи над своїми помилками, помилками суперників, аналіз вдалих і ефективних рішень.

Таблиця 1.2.

## Критерії для успішного формування конструкторського мислення

<b>Критерій</b>	<b>Показник</b>	<b>Вище середнього</b>	<b>Середній</b>	<b>Нижче середнього</b>
<i>Когнітивний</i>	результат діяльності і спосіб його досягнення	результат діяльності має закінчений вигляд, рішення відображає власний підхід	вірні передумови до досягнення результату, спосіб досягнення - інтеграція наявного досвіду	результат досягається тільки при спільній діяльності на основі зразка
<i>Емоційний</i>	мотивація і усвідомлення особистої значущості діяльності	демонструє аргументовану позицію особистої необхідності в заняттях	демонструє неаргументований інтерес / бажання до діяльності	відсутня особиста мотивація
<i>Рефлексивний</i>	рефлексія результатів; реакція на зміну завдання	присутній; готовий до пошуку нових рішень	присутній; до самостійного пошуку не готовий	відсутній; реакція захисна
<i>Організаційний</i>	потреба в зовнішньому контролі; реакція в разі виникнення труднощів	самостійний у діяльності; звертається за порадою	потрібне зовнішнє спостереження; звертається за фактичною допомогою	необхідно постійне спостереження; припиняє діяльність

Дана таблиця дозволяє педагогу відстежити передумови для подальшого формування конструкторського мислення кожного учня, тим самим налаштувавши освітній процес під запит конкретної навчальної групи. В ході освітньої діяльності такої групи, при вивченні робототехніки, учні будуть проходити кілька етапів формування конструкторського мислення. Для зручності спостереження за цим процесом необхідно описати кожен з таких етапів.

Умовно, можна виділити 4 основних етапи, які детально представлені в таблиці 1.3:

- Пропедевтичний етап - це етап формування уявлень інженерної сфери. Він націлений на засвоєння знань, необхідних для подальшої діяльності і накопичення досвіду простих операцій з роботами.
- Репродуктивний етап - як випливає з назви, основна мета цього етапу - навчити учнів вирішувати класичні для робототехніки задачі. За допомогою навчальних завдань формується база готових рішень технічного та програмного комплексу, багаторазове використання яких формують навички учнів.
- Продуктивний - на цьому етапі учні готові до змагальної діяльності. Основне завдання етапу - виробити ряд самостійних інтеграційних рішень для кожного типу змагальних завдань.
- Творчий - на цьому етапі формуються змагальні команди. Учні створюють власні мікрогрупи, функціонування яких демонструє успішність в рішеннях задач. На цьому етапі учні готові як до зовнішніх загальним завданням, так і до розробки власних.

### *1.3. Метод моделювання в процесі розвитку конструкторського мислення*

В даний час в педагогічних дослідженнях широко використовується метод моделювання. Моделювання - це метод створення і дослідження

моделей. Вивчення моделі дозволяє отримати нове знання, нову цілісну інформацію про об'єкт.

*Таблиця 1.3.*

**Етапи формування конструкторського мислення**

<b>Назва етапу</b>	<b>Зміст етапу</b>	<b>Результат етапу</b>
Пропедевтичний	Формування науково-понятійного базису, уявлення про інженеру діяльність та робототехнічного мінімуму (знайомство з конструктором, середовищем програмування і т.д.)	Вільне оперування термінами робототехнічної і інженерної сфери; виконання найпростіших операцій з конструктором, програмним середовищем
Репродуктивний	Відтворення вихідних моделей і алгоритмів на апаратному та програмному рівнях	Збірка базових моделей, безпомилкове написання програмного коду для таких моделей
Продуктивний	Інтегрування декількох конструкторських і алгоритмічних рішень при виконанні одного завдання, розподіл обов'язків в команді, практичний досвід змагальної діяльності	Збірка власних моделей, їх конструкторське вдосконалення, поліпшення програмного коду, адаптація рішень і швидке орієнтування в умовах, що змінюються завдань
Творчий	Самостійна робота (з кураторством старших учнів) з освоєння додаткового матеріалу і вдосконалення багажу наявних рішень програмної і апаратної спрямованості	Готовність до самостійної роботи (в тому числі і над помилками), постановка особистих освітніх результатів, готовність до змагальної діяльності

Суттєвими ознаками моделі є: наочність, абстракція, елемент наукової фантазії та уяви, використання аналогії як логічного методу побудови,



елемент гіпотетичність. Іншими словами, модель являє собою гіпотезу, висловлену в наочній формі. Важливою властивістю моделі є наявність в ній творчої фантазії. Формами моделювання, скажімо, виховного процесу можуть стати концепції, парадигми, різні сценарії, ділові та пізнавальні ігри і т.д. Процес створення моделі досить трудомісткий, дослідник як би проходить через кілька етапів.

Перший - ретельне вивчення досвіду, пов'язаного з цікавлять дослідника явищем, аналіз і узагальнення цього досвіду та створення гіпотези, що лежить в основі майбутньої моделі.

Другий - складання програми дослідження, організація практичної діяльності відповідно до розробленої програми, внесення в неї коректив, підказаних практикою, уточнення первісної гіпотези дослідження, взятої в основу моделі.

Третій - створення остаточного варіанта моделі. Якщо на другому етапі дослідник як би пропонує різні варіанти явища, що конструюється то на третьому етапі він на основі цих варіантів створює остаточний зразок того процесу (або проекту), який збирається втілити.

Розвиток сучасних технологій привів до такого стану речей в суспільстві, коли складне електронне устаткування стає природною частиною життя людини. Діти, ще не освоїли грамоту, легко орієнтуються в мобільних пристроях начебто планшетів, знаходять в інтернеті необхідну їм інформацію, самостійно запускають цікаві їм додатки. При цьому загальний інтелектуальний рівень дитини, який орієнтується в комп'ютері краще своїх літніх родичів, може залишатися досить низьким. Така ситуація пов'язана з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом пристроїв і сильною мотивацією дітей. Вимоги ж суспільства до підростаючого покоління продовжують підвищуватися: все більш затребуваними стають грамотні технічні фахівці, здатні не просто виконувати знайомі операції по розробленим одному разу схемами, але володіють системним мисленням, вмінням ставити і вирішувати

проблеми, здійснювати відкриття різного рівня - всім тим, що становить когнітивну функцію, зване конструкторське мислення.

Інженеру в епоху інформатизації та комп'ютеризації необхідно вміти вирішувати складні професійні завдання, реалізовувати професійні проекти в конкретних умовах, знаходити необхідну інформацію для здійснення своєї професійної діяльності, оцінювати, контролювати, приймати адекватні рішення, керувати складними технічними пристроями, а в деяких ситуаціях створювати їх. У зв'язку з цим актуальним є педагогічна робота з розвитку логічного мислення у дітей, починаючи з молодшого шкільного віку в процесі гурткової діяльності з робототехніки.

Робототехніка - це проектування, конструювання та програмування всіляких інтелектуальних механізмів - роботів, що мають модульну структуру і володіють потужними мікропроцесорами. Сьогодні людство практично впритул підійшло до того моменту, коли роботи будуть використовуватися у всіх сферах життєдіяльності. Вивчення робототехніки дозволяє вирішити такі завдання, які стоять перед інформатикою як навчальним предметом. А саме, розгляд лінії алгоритмізації і програмування, основи логіки і логічні основи комп'ютера.

Освітня робототехніка стає пріоритетним напрямом навчання дітей в школах, все більше уваги приділяється їй в дошкільному вихованні. При цьому чим молодша дитина, тим більш складним для нього є такий вид діяльності, як програмування роботів. Для того щоб дана діяльність легко освоювалася дітьми, проводиться розвиваюча підготовка, в тому числі формування необхідних когнітивних якостей.

Навчання основам програмування грає в цьому процесі значну роль і включає в себе наступні аспекти:

1. Розуміння основ алгоритмізації, виконання алгоритмів, усвідомлення необхідності коректного виконання алгоритмів, розуміння впливу зовнішніх факторів на виконання.

2. Розуміння принципів побудови блок-схем, конструкції операцій, умов, циклів. Знайомство з принципом обмеженості пам'яті для виконання програми. Усвідомлення послідовності виконання команд при одному потоці і взаємодії декількох потоків в єдиному просторі виконання програми.

3. Знайомство з основами робототехніки. Розуміння того, що роботи мають конструктивні особливості, вони різні за обсягом пам'яті і своїми властивостями. Знайомство з базовими принципами руху роботів в координатах поля їх переміщення, а також базовими принципами сенсорного взаємодії із зовнішнім середовищем і один з одним. Просторове позиціонування роботів. Вивчення основ механіки роботів. Розуміння принципу обмеженості джерел живлення і механізмів.

4. Розвиток конструкторського мислення. Формування здатності передбачення можливих варіантів дій.

Розвиток вміння оцінювати поточну ситуацію і вибирати з можливих рішень оптимальне. Здатність прораховувати дії на кілька ходів вперед. Дослідження показують, що широку можливість для розкриття логічного мислення у дітей молодшого шкільного віку дає область освітньої робототехніки: взаємодія дітей з різноманітними будівельними деталями (як фізичне, так і з використання цифрових технологій) розвиває здатність до нелінійних форм навчання. Діти самостійно добувають знання, а не отримують їх у готовому вигляді; учні переходять від прийняття правил до їх модифікації, від звичного до не знайомій. Діючи таким чином, вони отримують можливість розмірковувати над зробленим вибором в реальному режимі часу, підсвідомо або шляхом спільних зусиль коригувати свої ідеї, досягаючи найкращих результатів при колективній роботі з однолітками; у них з'являється унікальна можливість розвивати технічні можливості.

На заняттях робототехнікою у дітей удосконалюються здібності:

- ставити і вирішувати завдання;
- передбачити результати своєї діяльності;

- варіативно будувати шляхи досягнення поставлених цілей;
- вміння розуміти, виконувати і складати алгоритми;
- навички саморегуляції;
- здатність критично ставитися до себе;
- вміння працювати в команді; здатність узгоджувати свої дії з діями однолітків;
- вміння планувати спільну діяльність.

Актуальність LEGO-технології та робототехніки значима в світлі впровадження, так як є чудовим засобом для інтелектуального розвитку дітей. При роботі з конструкторськими моделями порушується проблема розвитку мислення дітей. Мислення - це психічний процес, за допомогою якого людина вирішує поставлене завдання. За допомогою мислення ми отримуємо знання, тому дуже важливо його розвивати вже з дитинства. Вищою стадією розвитку мислення є формування логічного мислення, воно залежить від створення умов, які стимулюють його практичну, ігрову і пізнавальну діяльність.

Конструювання і робототехніка повністю відповідають умовам розвитку логічного мислення дітей, їх інтересам, здібностям і можливостям, оскільки є винятково дитячої діяльністю. Вправи в конструюванні істотно впливають на розвиток дитини, радикально змінюючи характер пізнавальної діяльності.

В результаті роботи з дітьми за допомогою конструкторів дитина вчиться спостерігати, порівнювати, виділяти істотні ознаки, класифікувати, аргументувати свою точку зору, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, робити найпростіші висновки і узагальнювати - що є основними головними критеріями розвитку логічного мислення. У них розвивається технічне мислення і технічна винахідливість.

У дітей при конструюванні швидше розвивається мова, так як тонка моторика рук пов'язана з центрами мови. Спритні, точні рухи рук дають

дитині можливість швидше і краще опанувати технікою письма. Крім того, у дітей розвиваються пізнавальні здібності, мотивація і інтерес до вирішення різних завдань. Діти вчаться приймати рішення в численних ситуаціях. Велика роль відводиться проектної роботі.

Учні робототехніки опановують цю непросту, але цікаву науку відповідно до вікових особливостей. Вони збирають роботів, програмують і конструюють їх за готовими й авторськими схемами. Це сприяє розвитку уваги, формує вміння зіставляти деталі у правильній площині, вчить навичкам технічної творчості, щоб реалізовувати власні ідеї, втілювати задуми. Для конструювання роботів використовуються спеціальні датчики і сенсори, орієнтовані на відтворення даних органів чуття, двигуни для забезпечення руху конструкцій, спеціальне середовище програмування деталей. Учні робототехніки самостійно керують роботами, компілюють невеличкі прикладні програми для управління - і вже створили не один розумний механізм. На спеціальному полі роботи готуються до деяких видів перегонів – це і їзда за чорною лінією, коли відомі лише основні деталі, але не точний маршрут; і кегельринг, під час якого вправні механізми з'ясовують, який з них є найкращим у справі виштовхування кегель. Існує навіть сумо роботів: під час цих змагань вони виштовхують одне одного за межі рингу з різних вихідних позицій. Важливою умовою для участі у змаганнях є вага механізмів: вона не повинна перевищувати одного кілограму.

П'ять причин для дитини займатися робототехнікою:

1. *Знайомство зі світом нових технологій.* Робототехніка сьогодні - одна з найперспективніших і швидко розвиваються сфер людської діяльності. За останні десять років з'явилися автоматизовані помічники, які прибирають будинок, які проводять медичні обстеження, промислові роботи, що виконують необхідні дії на конвеєрі або замінюють людей на небезпечних виробництвах. І потреба в створенні і програмуванні все нових і нових

роботів в найближчі роки буде тільки зростати. Робототехніка пов'язана з широким спектром затребуваних професій: інженер-проектувальник, оператор робототехнічних комплексів, розробник нейроінтерфейси, програміст, що спеціалізується в області штучного інтелекту.

2. *Освоєння корисних навичок.* Робототехніка дозволяє освоїти на початковому рівні програмування, електроніку, конструювання, формує системне, критичне мислення, дозволяє навчитися працювати руками. Чим раніше дитина починає займатися робототехнікою, тим більше досвіду він придбає до того моменту, коли прийде час вступати до вузу, здобувати професію і монетизувати придбані навички.

3. *Стимуляція творчого мислення.* Сучасна робототехніка є величезне поле для експериментів, дає можливість створення і впровадження нових оригінальних технічних рішень. Займаючись робототехнікою, дитина в повній мірі реалізує свою фантазію, розвиває уяву, змінює своє уявлення про можливе і неможливе в області конструювання.

4. *Втілення ідей на практиці.* Заняття робототехнікою дозволяє не просто мріяти, вигадувати і уявляти, а й втілювати свої абстрактні ідеї на практиці. Конструюючи робота або автоматичний пристрій, дитина самостійно проходить весь шлях від задумки до створення конкретного механізму, який можна не просто помацати руками, але і задіяти для виконання тих чи інших дій або завдань. Практика допомагає засвоювати новий матеріал і пов'язує абстрактні знання з реальним життям.

5. *Тренування вміння працювати в команді.* Більшість великих проектів в сучасному світі реалізується саме завдяки командній взаємодії, час індивідуалістів відходить у минуле. На курсах, гуртках або в школах робототехніки, які зараз відкриваються повсюдно, діти працюють спільно: разом обговорюють ідеї, хід їх втілення, розподіляють обов'язки. Кожен учасник команди відповідає за вирішення певної задачі, без якої вся група не зможе просунути далі. Це вчить домовлятися, планувати, відповідати за

свої дії.

При виборі і поєднанні методів навчання необхідно керуватися наступними критеріями:

- відповідність методів принципам навчання;
- відповідність цілям і завданням навчання;
- відповідність змісту даної теми;
- відповідність навчальним можливостям школярів (віковим особливостям, рівню підготовленості, особливостей класного колективу);
- відповідність наявних умов і відведеного часу для навчання;
- відповідність можливостям самих вчителів.

Під методичною системою навчання в такому випадку розуміється єдність цілей, змісту, внутрішніх механізмів, методів і засобів конкретного способу навчання. При виділенні методичної системи можна з великою часткою вірогідності прогнозувати послідовність застосування тих чи інших методів відповідно до провідного психологічного механізму навчання та супутнім йому основним видам діяльності. Досягнення такої відповідності дозволяє реалізовувати заданий характер навчання з найбільшою ефективністю і досягати не тільки навчальних цілей, але перш за все цілей розвиваючих. Так, наприклад, якщо провідною метою навчання визначено розвиток ініціативи, творчості, самостійності, то основними психологічними механізмами навчання стають механізми творчої діяльності (передбачення, прогнозування, висування і перевірка гіпотез, перебір альтернатив, уявне моделювання, інтуїтивне обґрунтування та ін.). Засобами такого навчання служать висування і аналіз проблем, аналіз нестандартних завдань і ситуацій, творча дискусія і т.п., в результаті чого реалізується методична система проблемного, пошукового навчання.

Важливо відзначити, що в методичній системі методи виступають способами реалізації цілей і змісту освіти, втіленням психологічних

механізмів навчання, способами розвитку особистості учня. У сучасній системі освіти співіснує чимало методичних систем, в яких використовуються одні й ті ж методи, але завдяки різному алгоритму їх активізації кожна з систем створює особливу, неповторну своєрідність організації навчальної діяльності в кожному віковому періоді. Перевага орієнтації на методичні системи полягає в тому, що відкривається можливість спростити процедуру вибору і зробити її більш цілісною і гармонійною при досягненні не однієї, а багатьох цілей в ім'я головної – розвиток особистості учня.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що робототехніка є ефективною сучасною технологією формування конструкторського мислення у школярів і впливає на розвиток обдарованості у дітей середнього шкільного віку.

### **Висновки до 1 розділу**

В рамках даного розділу було проведено аналіз літератури з проблем конструкторського мислення і різновікового навчання, за підсумками якого були отримані наступні результати:

- термін конструкторське мислення, незважаючи на сумніви деяких авторів цілком визнається в науковому середовищі, нарівні з іншими предметними мислення (історичним, географічним, науково-технічним та іншими) і є самостійному вигляді інтелектуальної діяльності;
- конструкторське мислення має різноманіття форм свого проявлення, але при цьому володіє цілісністю, єдністю і систематичністю;
- конструкторське мислення найяскравіше проявляється в 4 різних формах: ідеомоторно-сенсорної, образно-модельної, алгоритмічно-рецептурної і логічно-теоретичної;
- конструкторське мислення має 4 етапи формування: пропедевтичний, репродуктивний, продуктивний і творчий. Опис цих етапів



дозволяє конкретизувати рівень сформованості такого мислення в учня в поточний момент часу;

- конструкторське мислення має 4 основні критерії для його успішного формування: когнітивний, емоційний, рефлексивний і організаційний.

- принципи різновікової навчання явно знаходять відображення в процесі вивчення робототехніки, адаптуючи під себе вищевказані форми конструкторського мислення;

На підставі цих результатів були сформовані таблиці, що демонструють, які саме чинники впливають на розвиток конструкторського мислення, критерії, що визначають подальшу успішність формування, а також етапи такого формування, в ході діяльності учня при вивченні робототехніки, з урахуванням вікових особливостей учнів.

## РОЗДІЛ 2.

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ У НАВЧАННІ РОБОТОТЕХНІКИ

#### *2.1. Зміст, методи та форми методичної системи розвитку конструкторського мислення у навчанні робототехніки*

Методична система навчання - це впорядкована сукупність взаємопов'язаних і взаємообумовлених методів, форм і засобів планування і проведення, контролю, аналізу, коригування навчального процесу, спрямованих на підвищення ефективності навчання учнів [18].

Навчання тільки тоді ефективно, коли воно будується як методична система.

Характерними рисами сучасної методичної системи навчання є:

- науково обґрунтоване планування процесу навчання;
- єдність і взаємопроникнення теоретичної і практичної підготовки школярів;
- високий рівень труднощів і швидкий темп вивчення навчального матеріалу;
- максимальна активність і достатня самостійність навчання;
- поєднання індивідуальної та колективної роботи школярів;
- насиченість навчального процесу технічними засобами навчання;
- комплексування різних предметів навчання.

Методична система тільки тоді функціонує, якщо вона визначається цілями, завданнями та змістом навчання, якщо вона включає планування, контроль, аналіз і коригування навчального процесу.

Мета навчання - визначається вчителями з кожного навчального предмету і навчального заняття [18].

Зміст навчання - визначається програмами навчання з кожного навчального предмету і коригується вчителями в залежності від цілей навчальних занять [18].

Планування навчального процесу - складна сукупність дій органів освіти і викладачів, що припускає розстановку занять школярів з предметів, часу і місця проведення [18].

Контроль, аналіз та корегування навчального процесу - діяльність представників органів освіти та вчителів з управління, регулювання та підвищення ефективності навчальних занять [18].

Методика навчання дітей робототехніці в групах побудована на основних дидактичних принципах навчання, деякі з яких найбільш значущі саме для цього напрямку. На сьогоднішній день, в різній літературі зустрічається досить велика кількість дидактичних принципів навчання, з яких найголовніші цілі програми роботи гуртка з робототехніки, було обрано такі:

- Принцип зв'язку теорії з практикою, в рамках якого отримані теоретичні знання відразу ж застосовуються учнем на практиці, що цілком характерно для вивчення робототехніки. Розібравши в теорії функціонування будь-якого елемента або блоку, учень має можливість реалізувати його "в матеріалі", тим самим, закріпивши отримані знання.
- Принцип свідомості і активності, для реалізації якого необхідно: привчати школярів до постановки питань, як перед учителем, так і для самостійної відповіді і дозволу; виробити в учнів самостійний підхід до досліджуваного матеріалу.
- Принцип доступності, відповідність якого зобов'язує певним чином адаптувати новий для учнів інформаційний матеріал, а так же, вибудувати проведення практичних занять, є для учнів різного віку різновікової групи.

В цілому, на підставі принципів методики навчання дітей основам робототехніки ставляться такі вимоги:

1. Цілі і зміст методики навчання повинні повністю відповідати сучасному рівню розвитку науково-технічної творчості.
2. Повинні враховуватися особливості навчання дітей різного віку в групі, навчання повинно бути побудовано відповідно до теорії різновікової навчання.
3. Навчальний матеріал повинен бути представлений в доступній для розуміння учням формі.
4. Повинні бути сформовані блоки теоретичних, практичних, а також творчих завдань спрямованих на формування конструкторського мислення.
5. Повинні застосовуватися сучасні методи навчання.
6. Результати самостійної діяльності дітей повинні використовуватися для їх подальшого навчання.
7. Стимулювання і заохочення самостійної дослідницької діяльності.

В цілому, методику навчання дітей робототехніці в різновікових групах можна представити схемою, зображеної на рис. 2.1.

На підставі вищенаведених вимог можна виділити наступні цілі програми роботи гуртка з робототехніки:

1. Освоєння знань про області застосування різних технологій науково-технічного конструювання, принципах і етапах складання моделей і програмування вже готових роботів.
2. Оволодіння вміннями:
  - конструювання моделі, як за схемою, так і відповідно до власних уявлень;
  - програмної реалізації рішення поставлених завдань.
3. Формування конструкторського мислення, яке проявляється в

сенсорної, образно-модельної, алгоритмічно-рецептурної і логічно-теоретичної формі.

4. Формування комунікабельних особливостей роботи в групі.

5. Застосування на практиці знань з конструювання моделей, програмування їх дій, орієнтованих на вирішення завдань, при постановці яких враховується необхідність формування елементів конструкторського мислення.

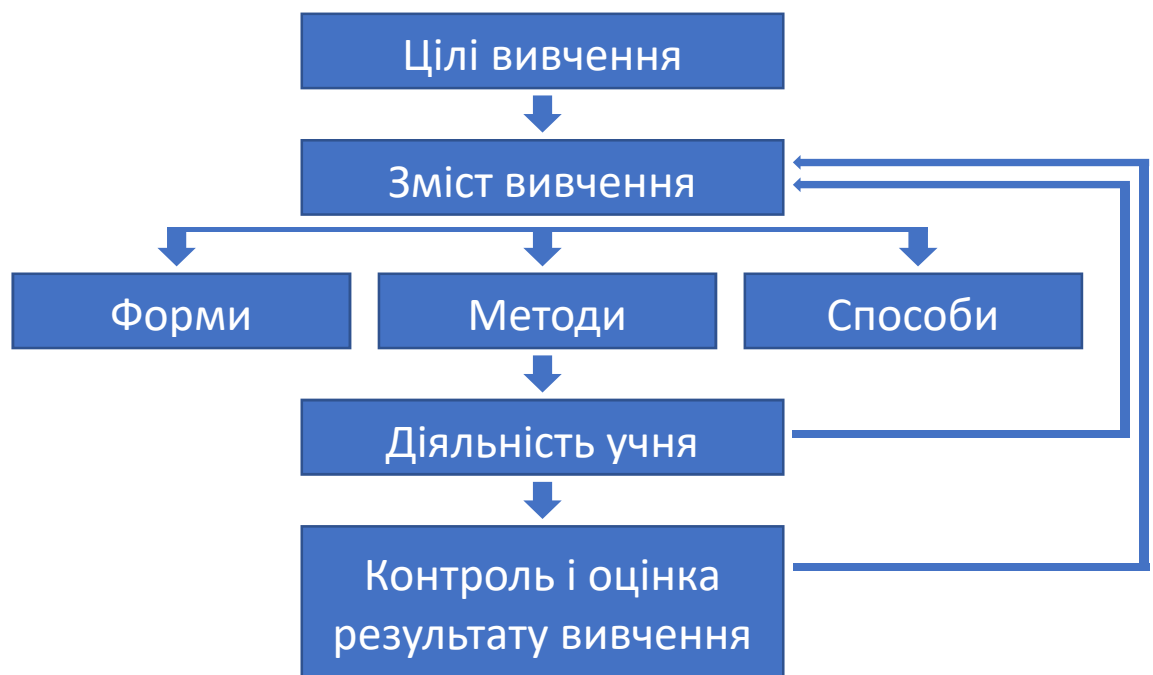


Рис. 2.1. Методика навчання дітей в групах основам робототехніки

В цілому, призначення програми роботи гуртка з робототехніки можна сформулювати наступним чином: підготовка учнів як майбутніх науково-технічних (інженерних) кадрів, через формування конструкторського мислення в ході вивчення робототехніки.

Виходячи з цілей і призначення програми роботи гуртка з робототехніки, було визначено наступне його зміст, що складається з 3 основних модулів.

Вхідний модуль, в рамках якого з учнями проводиться бесіда, з метою виявлення передумов для подальшого формування конструкторського мислення. З цією ж метою учні проходять вхідний тестування. Крім того, знайомляться з основними поняттями досліджуваної теми, обговорюють перспективи розвитку галузі і формують загальне уявлення про робототехніку, як області людського знання. Саме в цьому модулі доцільно проведення екскурсій та майстер класів. Можлива участь учнів у змаганнях в ролі глядачів. Весь цей комплекс заходів дозволить сформувати позитивне мотиваційний поле для подальшого вивчення робототехніки.

2 модуль - конструювання та програмування. У процесі вивчення цього модуля учні знайомляться з конструктором Lego, принципами складання моделей роботів і технологією апаратної реалізації рішень завдань, а так само вивчають програмні засоби для робототехніки.

1 модуль - модуль самостійної творчості, в рамках якого учні виходять на рівень самовдосконалення. У ньому передбачено проведення пробних випробувальних полігонів, а також участь у змаганнях різного рівня. Учитель переходить в позицію консультує тренера. Так само цей блок включає в себе вихідне тестування на визначення рівня сформованості конструктивного мислення.

При розробці програми роботи гуртка з робототехніки і додавання її в систему додаткової освіти дітей 6-8 класів, однією з проблем є розробка комплексу методів і засобів навчання, що забезпечує успішне освоєння навчального матеріалу, орієнтованого на розвиток форм конструкторського мислення, з урахуванням вікових особливостей кожного учня різновікової групи.

Вивчення робототехніки має свою специфіку, особливо, коли мова йде про різновіковому навчанні. Ця специфіка безпосередньо впливає на вибір методів і засобів навчання.

У комплекс методів навчання основам робототехніки в різновікових

групах були включені наступні провідні методи:

- проблемний виклад;
- частково-пошуковий (евристичний) метод;
- дослідницький метод;
- метод помилок;
- метод проектів.

*Проблемний виклад* передбачає знайомство школярів не стільки з уже існуючими рішеннями деяких, поставленими перед ними завданнями або проблемами, скільки з способами пошуку цих рішень на основі знань, вже наявними спочатку або отриманими на попередніх етапах. Використання цього методу обґрунтовано, з причини того, що він дозволяє актуалізувати знання, тим самим формуючи цілісне уявлення учня про досліджуваному матеріалі.

В рамках програми роботи гуртка з робототехніки даний метод активно використовується в темах другого модуля, при вивченні яких учням ставиться проблемне питання, відповідь на який може, наприклад, якісно підвищити рівень зібраних моделей.

*Частково-пошуковий (евристичний) метод.* Самостійне часткове вирішення складної проблеми. Метод забезпечує ефективність пізнавальної діяльності, сприяє підвищенню мотивації школярів.

*Дослідницький метод.* Даним метод полягає в побудові навчання на зразок процесу наукового дослідження, здійснення основних етапів дослідницького процесу у спрощеній, доступній учням формі в ході рішення пізнавальних і практичних завдань, що вимагають самостійного творчого вирішення. Сутність дослідницького методу навчання обумовлена його функціями: він організовує творчий пошук і застосування знань, забезпечує оволодіння методами наукового пізнання в процесі діяльності по їх пошуку, є умовою формування інтересу, потреби у творчій діяльності, в самоосвіті.

*Метод помилок* - припускає свідоме допущення викладачем помилки в наведеному прикладі. Завдання учнів виявити помилку і запропонувати шляхи її усунення. Даний метод має безпосередній вплив на процес формування конструкторського мислення, безпосередньо розвиваючи логічно-теоретичну форму. Однак, використання даного методу завжди пов'язане з небезпекою формування неправильного уявлення в учня про теми, що вивчається, в зв'язку з чим його використання має ретельно контролюватися вчителем і завершуватися рефлексією про вірному рішенні завдання, в якій була допущена помилка.

*Метод проектів*. Основне призначення методу проектів полягає в наданні учням можливості самостійного придбання знань в процесі вирішення практичних завдань або проблем, що вимагає реалізації як апаратного, так і програмного рішення. Викладачеві в рамках проекту відводиться ролі експерта і консультанта, чие завдання - допомагати в роботі над проектом в разі потреби і в консультаційному порядку і в складанні звіту. Робота над проектом передбачає спільну працю кількох людей об'єднаних в різновікову групу.

Основними засобами навчання, в рамках програми роботи гуртка з робототехніки, є:

- Друковані (картки перевірки теоретичних знань, інструкції по збірці моделей, що використовуються на кожному занятті);
- Електронні освітні ресурси (часто звані освітні мультимедіа: мультимедійні презентації, електронні інструкції, які використовуються на заняттях в міру необхідності);
- Аудіовізуальні (слайди, слайд-фільми, освітні відеофільми, використовуються на заняттях для показу принципів роботи конструюються моделей);
- Наочні площинні (плакати, магнітні дошки);



- Демонстраційні (макети, стенди, моделі демонстраційні, використовуються на заняттях для демонстрації моделей).

## *2.2. Інструменти для розвитку конструкторського мислення у навчанні робототехніки*

Для вивчення робототехніки створено спеціальні навчальні конструктори, які в наш час набирають все більшої популярності серед юних інженерів і їх батьків. На ринку представлений широкий вибір комплектів, розрахованих на дітей різного віку, з різними інтересами і різним рівнем підготовки. Конструктор складається із різних складових: датчики, двигуни, з'єднуючі деталі. За допомогою яких збирається певна конструкція, що називають «роботом». При чому мета таких конструкторів не лише ігрова. Адже, в доступній формі відбувається вивчення механізмів, фізичних законів та явищ і т. ін.

Для дітей різного віку найбільш популярним рішеннями є:

- 4-6 років. Акцент ставиться на простоті конструкції та її різнобарвності, щоб привернути увагу дитини і полегшити її взаємодію з деталями. Зазвичай діти збирають невеликі моделі, з метою розвитку дрібної моторики. Також, це з малечку вчить дітей у роботі в команді, розвиває креативне мислення та уяву [8].

- 7-9 років. Акцент ставиться на трохи складніших моделях, які вмюють рухатись. В цій віковій категорії, діти ще більш розвивають творчість, адже вони мають можливість додати до моделі деталі за її вподобанням. Діти вчаться найпростішим алгоритмам програмування та його середовища [8].

- 10-15 років. Акцент ставиться на більш поглиблене вивчення програмування та робототехніки. В цій категорії, діти вдосконалюють свої здібності конструкторського мислення, адже перед ними ставиться завданням поєднання різних моделей з базової комплектації в одну. З кожною категорію підвищується її навички у робототехніці та творчій діяльності. Дітям

пропонується створення роботи за прикладом, за визначеним алгоритмом, або за їх уявленням в не великій групі, чи самотійно, або в усному, письмову чи графічному виді [8].

Конструювання дітей з вчителем – вчитель демонструє поетапно збирання деталей моделі, показує методи конкатенації, способи використання, варіанти регулювання та налаштування. Таким чином повторюють кроки вчителя, що є репродуктивною діяльністю [15].

Конструювання за прикладом – діти спочатку вивчають зібрану модель, її конструкцію, намагаючись знайти деталі з яких створена модель та методи і чергу їх з'єднання [15].

Конструювання моделі в усному, письмову або графічному виді – модель повинна містити перелік вимог готової конструкції, варіанти її використання, а також данні про її габарити і т.д [17].

Конструювання за власною уявою проводиться на базі здобутого знання і навичок, власних вподобань і творчих навичок дитини. Прикладом готових робіт є уявні істоти, уявні механізми та прилади [17].

Конструювання на вільну тему – єдиним критерієм даного виду конструювання є ліміт часу [17].

Конструювання в невеликій групі – програмування, створення моделей, розділяючи роботу на окремі, незалежні частини.

Вище зазначені види, які застосовуються в робототехніці, при створенні моделей можливо використовувати для навчання дітей в будь-якому віці.

Сьогодні є велика кількість різноманітних конструкторів для навчання школярів навичкам програмування робототехнічних платформ, і часом дуже складно зробити вибір на користь того чи іншого. Розглянемо найбільш популярні платформи, їхні переваги і недоліки.

Навчальні платформи можна розділити [21]:

- за складністю і кількістю елементів для складання;

- за типом програмного забезпечення контролера, керуючого роботом;
- за віком користувачів;
- за вартістю.

Так, наприклад, для дитини 5-7 років для навчання первинним навичкам програмування досить буде моделі конструктора з меншою кількістю елементів і більш спрощеною системою «спілкування» користувача з роботом.

Розглянемо найпопулярніші платформи:

- *LEGO Mindstorms Education*. Набір LEGO Mindstorms Education EV3 [22] підходить для проведення занять з робототехніки в школі і в домашніх умовах, зображений на рис 2.2. Базовий набір дозволяє навчати 1-3 учнів. Програмне забезпечення дозволяє програмувати моделі графічною мовою LabVIEW. Він є хорошим інструментом для освоєння школярами основ складання алгоритмів і програмування. Програмне забезпечення можна безкоштовно використовувати, скачавши його з сайту LEGO Education посилання на сайт. Також можна придбати додаткове ПО для програмування на основі мов Java або C ++. Плюсом LabVIEW є можливість складання графіків для реєстрації експериментальних даних. У базове ПО вже включені заняття з освоєння та практичного застосування дітьми програмування EV3. Можна завантажити додаткове ПО освітньої версії для застосування платформи на уроках інформатики, фізики, здійснення проектування. Конструктор складається з 541 елемента. До складу входять пластикові деталі різної конфігурації, 3 сервомотора, датчики (ультразвуковий, гіроскопічний, кольору, дотику), сполучні кабелі і міні-комп'ютер EV3. Інструкції по збірці і програмування знаходяться в ПО платформи. Мінікомп'ютер EV3 сумісний з планшетами та смартфонами, підтримує Bluetooth і WiFi, має інтерфейс для ручного введення програм, USB-роз'єм, по 4 порту введення і виведення, роз'єм для карти пам'яті. Дану платформу

можна використовувати для дітей старше 10 років, але не виключається можливість навчання молодших учнів.



Рис. 2.2. Lego Mindstorms Education

- *Huna Class Full Kit 3*. Набори цього виробника, призначені для маленьких дітей (Fun & Bot), де можна зібрати танк або пожежну машину і дистанційно керувати ними, зображений на рис 2.3. Конструктор Huna Class Full Kit 3 підійде як для користувачів без досвіду програмування, так і для

більш досвідчених. На відміну від LEGO, тут можна зібрати більше моделей, так як елементи можна кріпити за 6 сторін. Кількість елементів - близько 650. Є 4 сервомотора, 6 сенсорних датчиків, мікрофон, гудок, світлодіоди, сполучні кабелі, пульт ДК і дві плати. Контролер заснований на базі плати ATmega 32. У комплект конструктора входить диск з інструкцією і програмним забезпеченням з графічною оболонкою; досить простою у використанні. Перевагою даного конструктору є можливість комплектації контролером Arduino і програмуванням його за допомогою ПК або смартфона. Існує русифікований варіант ПО Ardublock, за допомогою якого програмуються ці контролери. Перевагою набору є наявність двох плат - програмованої і з закачаними програмами. Коли учень зібрав робота і написав програму, він іноді не може зрозуміти причину відмови сконструйованої техніки (чи то неправильно зібрана сама конструкція, чи то невірно складена програма). Для цих цілей встановлюється плата з готовими програмами для перевірки роботи.



Рис. 2.3. Huna Class Full Kit 3

- *ROBOTIS Bioloid*. Конструктор Bioloid STEM підійде для навчання школярів, зображений на рис 2.4. До нього є методичні посібники. Конструктор призначений для отримання знань в сфері програмування, робототехніки, фізики, вчить творчому підходу в конструюванні. Програмне забезпечення RoboPlus йде в комплекті на диску, а також в мобільних додатках. Програмування в цьому середовищі схоже на мову C, і для зручності деякі основні функції реалізовані у вигляді графіки. До складу платформи входять програматор CM-500, 4 сервомотора, 4 датчика, 6 кабелів і елементи (кріплення, заклепки та ін.), Акумулятор.



Рис. 2.4. ROBOTIS Bioloid

- *Fischertechnik ROBOTICS*. Цей виробник має дуже широку видову лінійку, призначену для творців роботів від дошкільнят до студентів вузів, зображений на рис 2.4. Цікаві конструктори з можливістю програмування для користувачів від 8 років ROBOTICS TXT. Унікальною



особливістю є кріплення елементів конструктора (блоки кріпляться за 6 сторін, але з різним видом з'єднання). Самі деталі мають всередині сталевий каркас, що забезпечує міцність конструкції. Елементи платформи максимально наближають учня до реалізму конструювання робототехніки. Двожильний кабель з від'єднаними роз'ємами учень сам повинен розділити на потрібні ділянки і під'єднати до них роз'єми. Використовується 3-контактний вимикач, що дає можливість конструювати нормально замкнуті і розімкнуті контакти. Контролер програмується в графічному середовищі ROBO Pro, що дозволяє навчитися недосвідченому користувачу правильно складати блок-схеми. Через Bluetooth або USB можна завантажувати готові програми. ПО в деяких моделях йде на диску, а іноді його необхідно купувати окремо. Дисплей сучасного контролера кольоровий і сенсорний, має 8 портів для підключення різної електронної апаратури. Склад виробу: контролер ROBOTICS TXT, 4 світлодіода, 3 мотора, фотодатчик і датчик температури, близько 300 деталей, USB-відеокамера.



Рис. 2.4. Fischertechnik ROBOTICS

- *VEX IQ* зображений на рис 2.5. Для початківців робототехніків призначений конструктор VEX IQ Super Kit, для старшокласників - VEX EDR, для професіоналів (які беруть участь в чемпіонаті світу з робототехніки, що проходить в США) - VEX Pro. Конструктор містить покрокову інструкцію, пульт управління у вигляді джойстика, міні-комп'ютер VEX IQ Robot Brain з 12 роз'ємами і дисплеєм, велику кількість деталей (близько 850), 4 двигуни, датчики. Конструктор VEX EDR має більш широкі можливості для дітей від 12 років. З ним можна зібрати велику кількість роботів, є набори для змагань і шкільних занять, де можуть брати участь до 6 школярів.



Рис. 2.5. VEX IQ

Ми обрали конструктор Lego MINDSTORMS Education, тому що це поєднання класичного конструктора, який знайомий всім нам, з електронними компонентами, такими як мотори та датчики. Неможливо уявити дітей, які ніколи не гралися з класичним конструктором LEGO, всі діти його обожають: граються, створюють, конструюють та реалізують свої фантазії. Саме досвід роботи з класичним конструктором відіграє ключову роль в ефективності навчання через гру. Діти вчаться через гру, втілюючи свої фантазії у реальному світі, де вони можуть доторкнутися та



відчути. LEGO MINDSTORMS Education є яскравим прикладом реалізації STEM-освіти. Цей набір дає можливість втілювати в життя свої задуми та бачити кінцевий результат своєї діяльності – це роботи з досить широким спектром можливостей: дистанційне управління; орієнтація на місцевості та пересування, об'їжджаючи перешкоди; розпізнавання звуків; розрахунок відстані до предметів; розпізнавання кольорів та ін. Робототехніка з Lego MINDSTORMS - це можливість:

- Отримати нові і цікаві знання.
- Керувати інформаційним потоком.
- Дізнатися ази забезпечення безпеки інформаційних потоків.
- Дізнатися основи технічного конструювання.
- Вибрати перспективну професію майбутнього.
- Проявити креативність і розвивати свій талант.

## **Висновки до 2 розділу**

В наш час інформаційні технології розвиваються на стільки швидко, що педагогічний процес потребує нових підходів, що відповідали б рівню розвитку сучасного фахівця, який буде конкурентноспроможний та компетентний у своїй справі та відповідає вимогам ринку праці. Для створення такого фахівця сприяє впровадження міжпредметної інтеграції, яка є важливою частиною освітнього процесу. Одним з видів впровадження міжпредметної інтеграції є долучення до освітнього процесу збирання моделей роботів та їх розробка – це особливий вид програмної діяльності, що в свою чергу поєднав дві інженерні практики: художньо-предметну творчість та наково-обґрунтовану інженерну практику. Робототехніка відіграє значну роль в навчанні учнів для розвинення їх інтелекту, логічного та стратегічного мислення.

З цією метою було проаналізовано сучасний ринок конструкторів для формування конструкторського мислення при вивченні робототехіки. Всі представлені рішення можна класифікувати за наступними ознаками:

- за складністю і кількістю елементів для складання;
- за типом програмного забезпечення контролера, керуючого роботом;
- за віком користувачів, які користуються;
- за вартістю.

В результаті аналізу для вивчення основ робототехіки вважаємо доцільно використовувати конструктор Lego MINDSTORMS Education.

### РОЗДІЛ 3.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТОРСЬКОГО МИСЛЕННЯ ЗАСОБАМИ РОБОТОТЕХНІКИ

### *3.1. Аналіз існуючих методик оцінювання розвитку конструкторського мислення*

Вивчення індивідуальних особливостей дітей має велике значення для правильної організації корекційно-педагогічної роботи з ними.

При дослідженні мислення, як правило, рекомендують спочатку давати тести на продуктивність мислення дитини, рівень його інтелектуального розвитку, а потім вже тести для виявлення причин його помилок, аналізу процесу розумової діяльності дитини. Розроблено велику кількість методик для дослідження мислення.

Наведемо короткий опис деяких методик:

- Вивчення процесів аналізу і синтезу (методика «порівняння понять»). Методика відноситься до класичних, використовується для вивчення мислення школярів будь-якого віку. Учневі пропонується порівняти поняття, вказати схожість, а потім відмінності. Невміння виділити ці ознаки говорять про слабкість операцій аналізу, синтезу, узагальнень; схильності до конкретного мислення.

- Методика «Виключення понять». Дозволяє виявити рівень процесів узагальнення і відволікання. Потрібно з п'яти запропонованих слів чотири подібні між собою і їх можна об'єднати однією назвою. Знайти невідповідне слово і сказати, як можна назвати інші чотири. При аналізі оцінюється рівень узагальнення: вищий - при використанні концептуальних понять (віднесення до класу на підставі істотних ознак); середній - при застосуванні функціонального рівня узагальнення; низький - при певних узагальненнях (віднесення до класу на підставі конкретних ознак).

- Методика на вивчення розвитку уяви «домальовування фігур». Дитині дається 10 фігур і пропонується подумати і домалювати ці фігури так, щоб вийшла якась картинка. Після дається якісна оцінка малюнків (є високий, низький, середній рівень розвитку за балами).

- Методика «Вивчення швидкості мислення». Дозволяє визначити темп виконання орієнтовних і операційних компонентів мислення. Індивідуально і з групою. Пропонується бланк зі словами, в яких пропущені букви. За сигналом на протязі трьох хвилин вписуються відсутні в словах літери. Підраховується кількість правильно складених слів на протязі трьох хвилин: менше 20 - низька швидкість мислення; 21-30 - середня; 31 і більш - висока швидкість мислення.

- Методика Виготського-Сахарова призначена для оцінки і дослідження рівня і особливостей понятійного розвитку дитини - особливостей рівня сформованості абстрактних узагальнень і класифікації ознак абстрактних об'єктів. Виявляється можливість об'єднання наочно представлених абстрактних об'єктів на основі виділення одного або кількох провідних ознак, які є актуальними для узагальнюючих операцій дитини. У Комплекті представлено авторський варіант аналізу процедури і результатів виконання з використанням класичного стимульного варіанту. Матеріалом методики є 25 об'ємних дерев'яних фігур, що відрізняються між собою різними ознаками: колір, форма, величина, висота.

- Методика «Прогресивні Матриці Равена». Ця методика може бути визначена як "тести спостереження та ясності мислення". Кожна задача на загальному рівні є "джерелом" певної системи мислення, а порядок, в якому ці завдання пред'являються, забезпечує навчання даному методу роботи [11]. Була обрана саме ця методика, розглянемо її детальніше.

Проаналізувавши всі наведені методики для нашого дослідження була обрана методика "Шкала прогресивних матриць", яка була розроблена в 1936 році Джон Равеном (спільно з Л. Пенроузом). Тест прогресивні матриці

Равена (ПМР) призначені для діагностики рівня інтелектуального розвитку та оцінювання здатності до систематизованої, методичної інтелектуальної діяльності (логічність мислення). Автору методики вдалося створити тест, який би був теоретично обґрунтований, однозначно інтерпретує, і оцінка якого мінімально за лежатиме від різноманіття в утворенні, походженні та життєвому досвіді людей. Є дорослий і дитячий варіант тестів Равена.

Першою формою тесту Прогресивних Матриць були так звані Стандартні ряди [11]. Вони розроблялися з метою охопити весь діапазон розвитку даної можливості - від маленьких дітей та досліджуваних з інтелектуальною недостатністю до самих успішних дорослих та неповнолітніх. Ці ряди потім були розширені, щоб забезпечити можливість більш точного аналізу можливостей, що відноситься до нижнього або верхнього кінців діапазону. Для цього цілі були створені Кольорові Прогресивні Матриці (ЦПМ) і Прогресивні Матриці (ППМ). Перші охоплюють оцінку нижнього повного діапазону можливостей, а другий - верхнього. Все разом ці тести дозволяють вирішити більшу частину виникаючих проблем.

Шкала Стандартних Прогресивних Матриць розділена на п'ять серій по дванадцяти задач у кожній [12]. Кожна серія починається з завдання, яка більш-менш самоочевидна, і будується так, що кожна наступна задача враховує виконану раніше, але з постійно зростаючою складністю.

Серія А: Використовується принцип встановлення взаємозв'язку в структурі матриць. Тут завдання полягає в доповненні не достатньої частини головного зображення одного з наведених у кожній таблиці фрагментів. Виконання завдання вимагає від досліджуваного детальний аналіз структури основного зображення та виявлення тих самих особливостей в одному з декількох фрагментів. Потім відбувається з'єднання фрагмента, його порівняння з оточенням основної частини таблиці. Серія А - діагностує здатність до диференціації основних елементів структури та розкриття

зв'язків між ними, ідентифікації недостатніх частин фігур та порівняння її з представленими зразками.

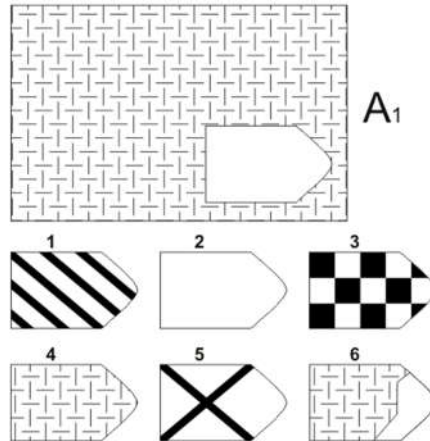


Рис. 3.1. Серія А

Серія В: побудована за принципом аналогії між парами фігур. Обстежуваний повинен знайти принцип, відповідний якому побудований в кожному окремому випадку, фігура і, виходячи з цього, підібрати відсутній фрагмент. При цьому важливо визначити ось симетрії, відповідно якій розташовані фігури в основному зразку. В серії В оцінюється здатність до аналогії.

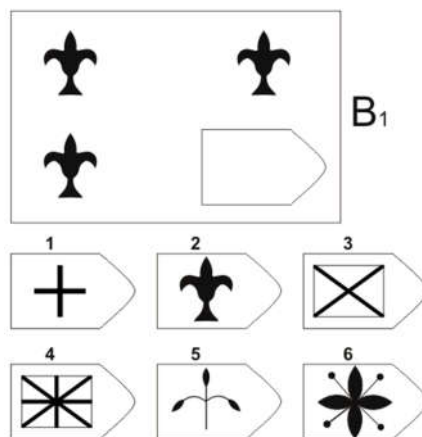


Рис. 3.2. Серія В

Серія С: містить складні зміни фігур відповідно до принципу їх безперервного розвитку, збагачення по вертикалі та горизонталі, побудовано за принципом прогресивних змін у фігурах матриць. Ці фігури в межах однієї матриці ускладнюються все більше, відбувається як би безперервний їх розвиток. Обробка фігур новими елементами підкоряється чіткому принципу, виявивши, який можна підібрати недостатньою фігурою. Серія С - діагностує здатність виявляти складні зміни закономірностей безперервного розвитку, збагачення по вертикалі і горизонталі.

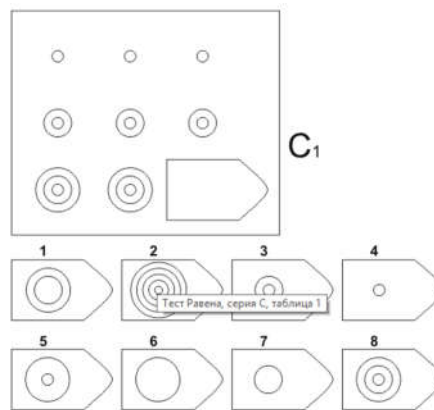


Рис. 3.3. Серія С

Серія D: Складена за принципом перестановки фігур у матриці по горизонталі і вертикалі напрямків. Обстежуваний повинен знайти цю перегруповання, що відбувається в горизонтальному та вертикальному положеннях.

Серія D - оцінює здатність до просторової перестановки фігур у матриці по горизонталі і вертикалі напрямків.

Серія E: Найбільш складна, заснована на принципі розкладання основного зображення на елементи. Незадовільні фігури можна знайти, розуміючи принцип аналізу та синтезу фігур. Процес вирішення задач полягає в аналізі зображень основного зображення та подальшої збірки

відсутніх фігур по частинах. Серія E - виявляє здатність до аналітико-синтетичної мисленої діяльності.

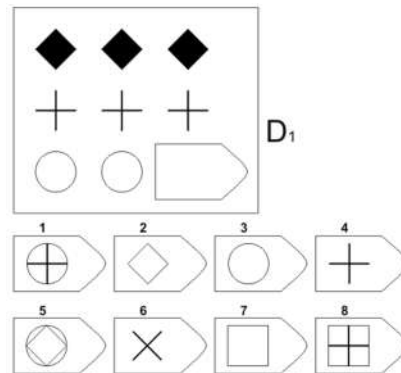


Рис. 3.4. Серія D

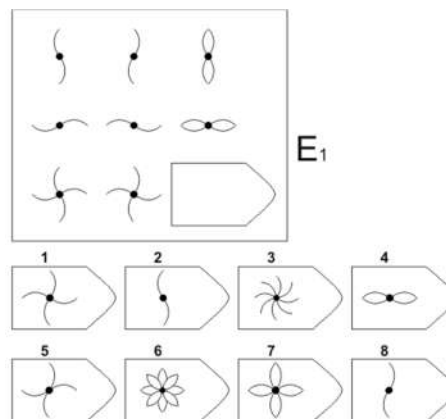


Рис. 3.5. Серія E

Ця процедура надає дослідженню п'ять можливостей, щоб ознайомитися з проблемною полем та методом мислення, необхідним для вирішення завдань. Таким чином, стандартна процедура проведення тесту включає вбудовану тренінг-програму і дозволяє оцінити здатність до навчання через досвід, або "потенціал навчання". Циклічна структура також дає можливість оцінити стійкість інтелектуальної діяльності досліджуваного в ході реалізації п'яти послідовних мислячих стратегій. тривалість тесту також була детально підібрана, щоб вона дозволила оцінити максимальні



здібності досліджуваного до когерентного сприйняття та обґрунтованого судження, але не викликала надмірної втоми і не робила процедуру зайво великою.

Правильне рішення кожного завдання оцінюється в одному балі, потім підраховується загальна кількість балів по всіх таблицях і по окремим рядам. Отриманий загальний показник розглядається як індекс інтелекту, розумової продуктивності досліджуваного. Показники виконання завдань по окремих рядах порівнюються із середньостатистичними, враховують різницю між результатами, отриманими в кожній серії, і контрольних, отриманих статистичною обробкою при вивченні великих груп здорових досліджуваних і, таким чином, оцінюються як очікувані результати. Така різниця дозволяє судити про надійність отриманих результатів.

Кінцевий результат розраховується за формулою -  $IQ = \text{Число правильних відповідей} / 60 * 100$

Отриманий результат знаходимо в таблиці і робимо відповідні висновки (див. табл. 3.1).

*Таблиця 3.1.*

### **Шкала оцінки тесту Равена**

Отриманий результат	Степінь	Вивід
95% і більше	1 степінь	Особливо високорозвинений інтелект випробуваного
75-94%	2 степінь	Незрядний інтелект випробуваного
25-74%	3 степінь	Середній інтелект випробуваного
6-24%	4 степінь	Інтелект випробуваного нижче середнього
5% и менше	5 степінь	Дефектна інтелектуальна спосібність випробуваного

Мета цього експерименту полягала у дослідженні можливостей використання засобів робототехніки для вирішення завдань вдосконалення інтелектуального розвитку учнів підліткового віку. У підлітковому віці інтелект характеризується переходом до вищих рівнів абстрактного мислення, абстрактного мислення на рівні формальних операцій і використанням метакогнітивних навичок. Діти здатні усвідомлено оволодівати логічними операціями (аналізом, синтезом, порівнянням, абстрагуванням, концентрацією, узагальненням).

### *3.2. Керівництво користувача створеної методичної системи*

В другому розділі були розглянуті особливості методичних систем. Для розвитку конструкторського мислення був розроблений веб-додаток для вивчення теоретичних основ робототехніки. Для доступу до додатку користувач повинен мати доступ до мережі Інтернет – <https://site.com>. Початкова сторінка представлена на рисунку 3.6.

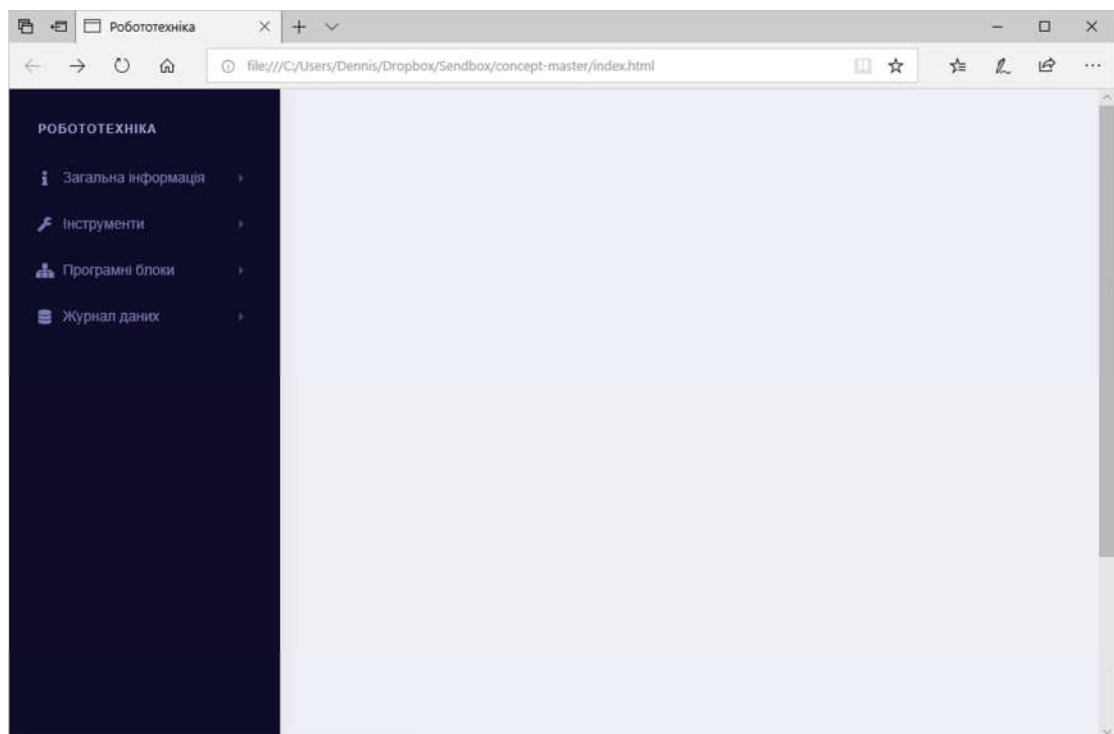


Рис. 3.6. Початкова WEB-сторінка методичної системи

Розроблена система складається з чотирьох розділів:

- Загальна інформація;
- Інструменти;
- Програмні блоки;
- Журнал даних.

Меню виконано у вигляді списків, що розкриваються в лівій частині сторінки. Це допомагає вмістити та впорядкувати велику кількість елементів системи.

Кожен із розділів містить підрозділи. Розділ «Загальна інформація» складається з 15 підрозділів (рис. 3.7):

- Перші кроки;
- Програми;
- Підключення до EV3;
- Сторінка апаратних засобів;
- Вибір портів;
- Шини даних;
- Типи даних;
- Редактор контенту;
- Режим вчителя;
- Файли управління;
- Швидкий доступ EV3;
- Підтримуваний текст;
- Організація послідовного опитування;
- Друк;
- Використання датчиків.

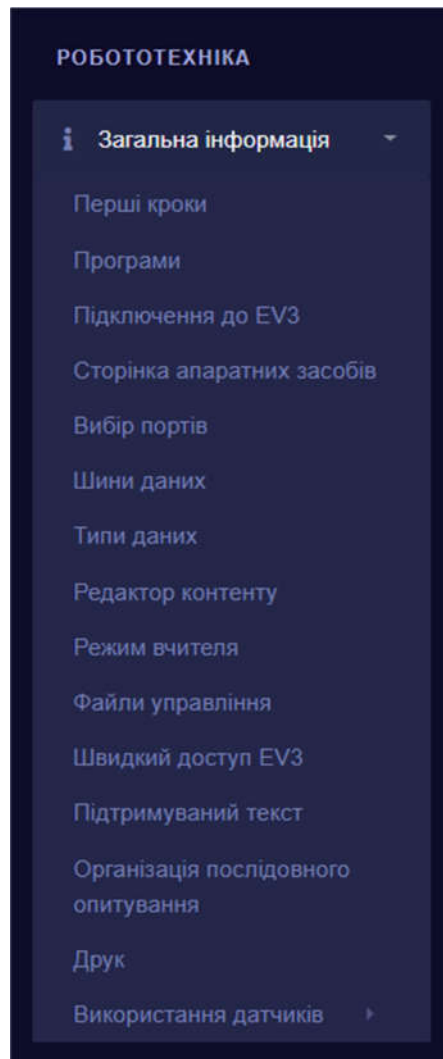


Рис. 3.7. Розділ «Загальна інформація»

Розділ «Інструменти» складається з 7 підрозділів (рис. 3.8):

- Редактор зображення;
- Редактор звуку;
- Оглядач пам'яті;
- Конструктор Мого Блоку;
- Налаштування бездротового підключення;
- Імпорт блоків;
- Оновлення вбудованого ПЗ.

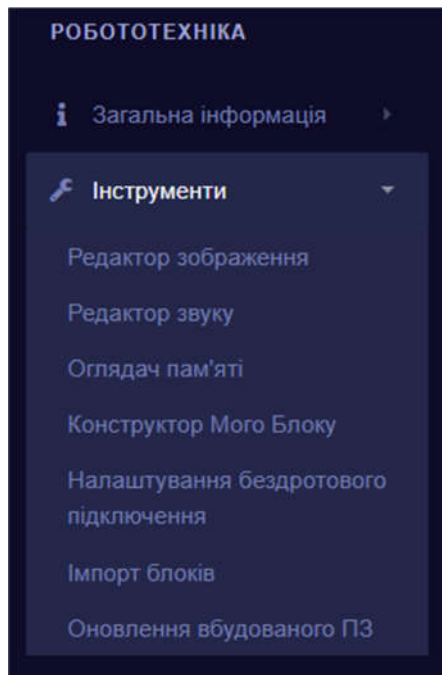


Рис. 3.8. Розділ «Інструменти»

Розділ «Програмні блоки» складається з 5 підрозділів (рис. 3.9):

- Блоки дій;
- Блоки послідовності дій;
- Блоки датчиків;
- Блок даних;
- Блоки розширення.

Розділ «Журнал даних» складається з 10 підрозділів (рис. 3.10):

- Створення експерименту;
- Експерименти;
- Режим осцилоскопа<sup>4</sup>
- Файли реєстрації;
- Засоби створення прогнозів;
- Засіб аналізу;
- Таблиця даних;
- Обчислення набору даних;
- Програмування графіка;

- Друк експериментів.

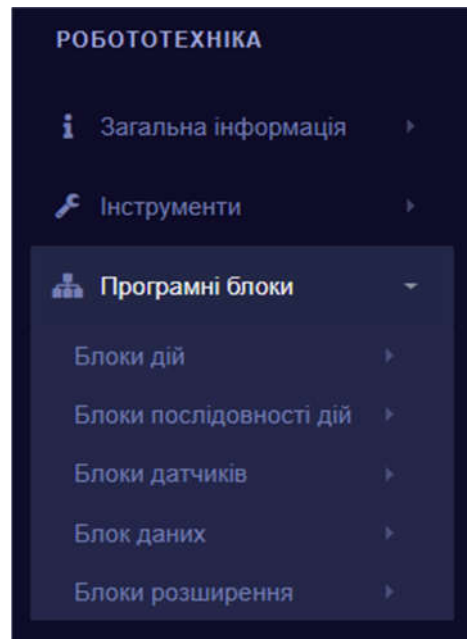


Рис. 3.9. Розділ «Програмні блоки»

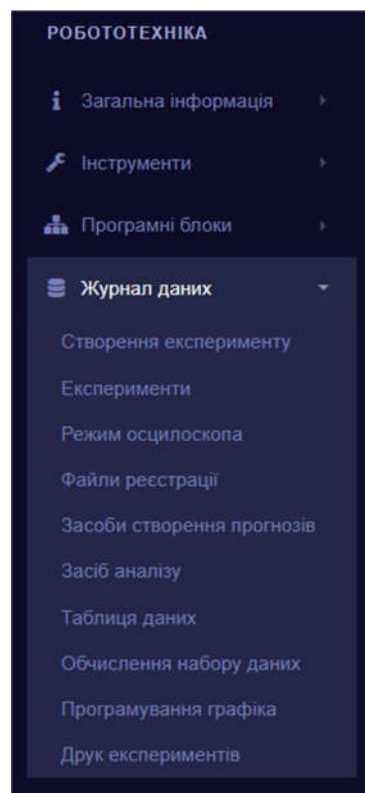


Рис. 3.10. Розділ «Інструменти»

Матеріал відображено у структурно-логічній формі. Із кольоровими зображеннями та їх детальним описом (рис. 3.11).

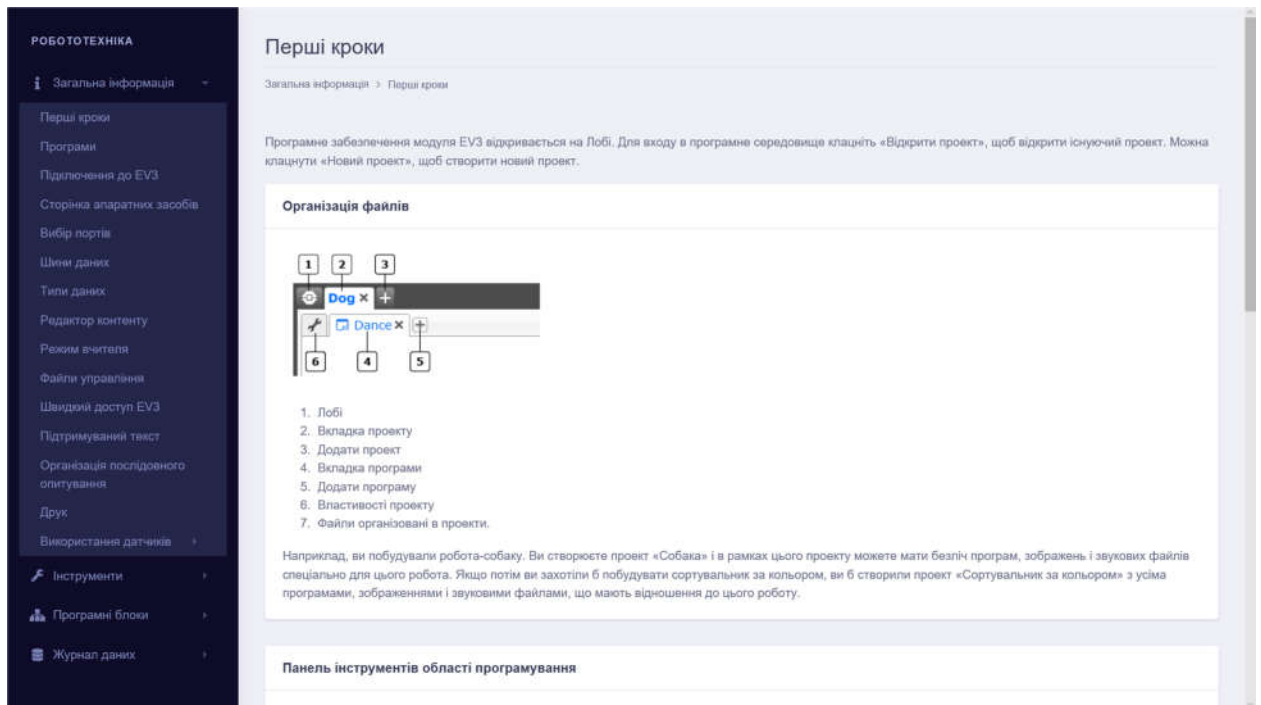


Рис. 3.11. Приклад сторінки веб-додатку

Задля швидшого і простішого опанування матеріалу кожна сторінка містить поради і підказки. (рис. 3.12).

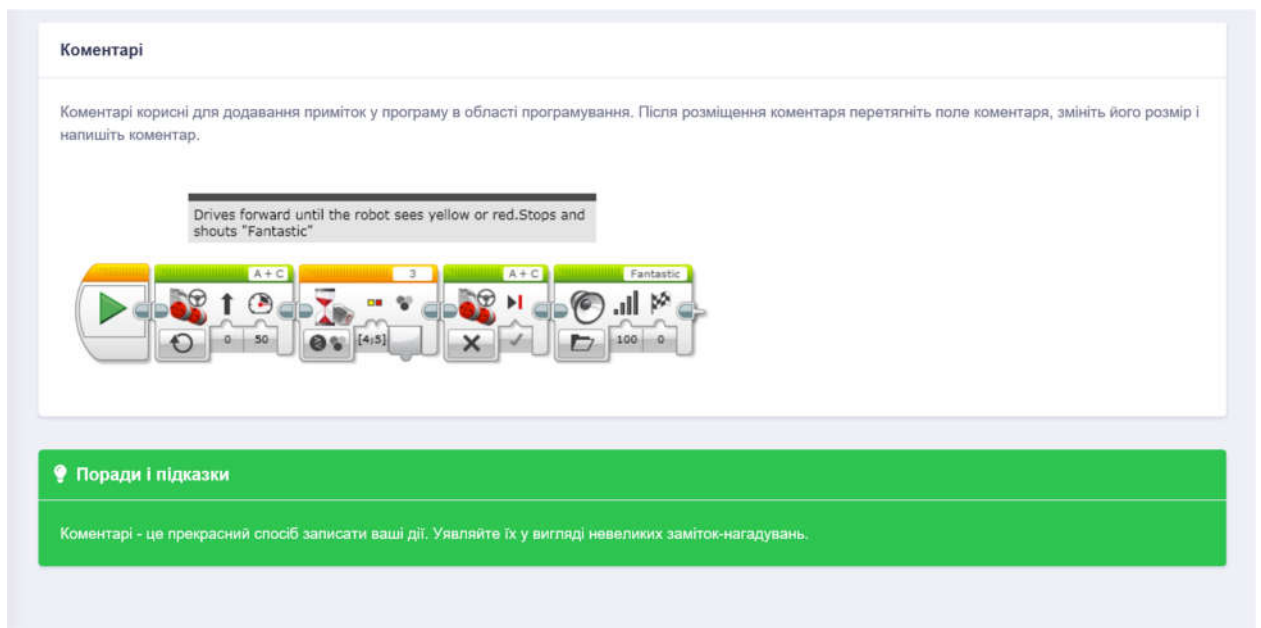


Рис. 3.12. Поради і підказки

Наш сучасний світ неможливо уявити без мобільних пристроїв таких як смартфони, планшети. Тому розроблена система має зручну мобільну версію (рис. 3.13).

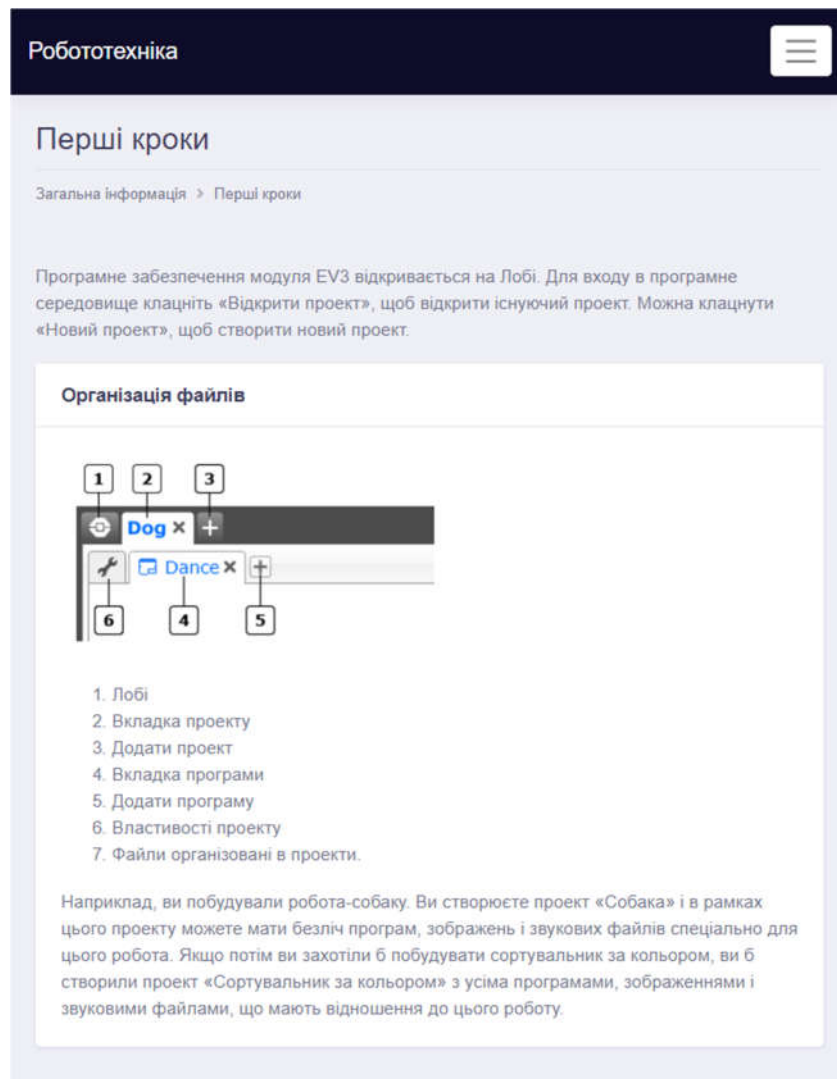


Рис. 3.13. Мобільна версія методичної системи

Дана система є корисним не лише для учнів, але й для вчителів. Її перевагою є доступність, легкість у використанні та головне структурно-логічно поданий матеріал.



### *3.3. Експериментальна перевірка створеної методичної системи. Результати и методика проведення*

В експерименті взяли участь 25 підлітків – 14 учнів 4-6 класів, та 11 учнів 7-8 класів (див. табл. 3.2).

На етапі формувального експерименту підлітки перед початком першого заняття пройшли тест Равена. Кожний учень мав відповісти на 60 питань.

Після проведення тестів учні приступили до курсу вивчення робототехніки. На цьому курсі діти працювали за методичною розробкою. На кожному занятті була підключена мультимедійна установка на якій відображено методичний посібник за яким діти працювали. Також учні мали перед собою посібник в електронному варіанті. Це допомагало учневі самостійно слідкувати за процесом. Експериментальний курс робототехніки тривав 8 місяців. Заняття проводилися для 10 груп, у кожній групі по 4 учні, то ж заняття максимально наближене до індивідуального. Робота завжди відбувається в парах. Кожній парі надається набір конструктора та власний комп'ютер. Заняття проходили один раз на тиждень і тривали 1 годину 30 хвилин.

Після закінчення формувального експерименту були отримані контрольні показники інтелекту підлітків за методикою прогресивні матриці Равена (див. табл. 3.2). Аналіз отриманих даних дозволяє констатувати, що відбулися позитивні зрушення показників інтелектуального розвитку досліджуваних. Для перевірки значущості позитивних змін було використано парний двовибірковий t-критерій Стьюдента ( $t_{em} > t_{0,01} (16,09 > 2,8)$ ), показник якого підтвердив наявність покращення у досліджуваних ясності мислення, гостроти і точності уваги.

Таблиця 3.2.

**Результати дослідження рівня інтелекту підлітків  
за допомогою прогресивних матриць Равена**

Показник рівня інтелектуального розвитку (середнє арифм. по групі)					
Учні 4-6 класів		Учні 7-8 класів		Разом	
Констат.	Контр.	Констат.	Контр.	Констат.	Контр.
38,9	50,4	44,9	49,5	41,5	51,5

Можна говорити про загальне покращення успішності рішення різних видів завдань. Зазначений факт дає можливість говорити про покращення у досліджуваних під час формувального експерименту наступних психічних функцій:

- рівня уважності, рівня статичної уваги і рівня візуального розрізнення;
- здібності лінійної диференціації і судження (умовиводу) на основі лінійних взаємозв'язків;
- здібності до динамічної (швидкої) спостережливості і дослідження безперервних змін, динамічної уважності і уваги, здатність уявляти;
- здібності схоплювати кількісні і якісні зміни у впорядкуванні (складанні) фігур згідно закономірності використовуваних змін;
- здібності спостерігати складний кількісний і якісний розвиток кінетичних, динамічних рядів, вищої форми абстракції і динамічного синтезу.

Отже, можна говорити про те, що використання методичного посібника з робототехніки в навчальній діяльності підлітків формують зазначені вище уміння і навички, які репрезентують інтелект.

### **Висновки до 3 розділу**

В результаті проведеного дослідження була створена методична система в якій цілі та зміст повністю відповідають сучасному рівню розвитку науково-технічної творчості. Були враховані особливості навчання дітей різного віку в групі, також навчальний матеріал сформульований таким чином, що блоки теоретичних та практичних завдань були спрямовані на формування конструкторського мислення. Навчальний матеріал представлений в легкодоступній формі для учнів.

Методична система була експериментально перевірена. Мета цього експерименту полягала у дослідженні можливостей використання засобів робототехніки для вирішення завдань вдосконалення інтелектуального розвитку учнів підліткового віку. У підлітковому віці інтелект характеризується переходом до вищих рівнів абстрактного мислення, абстрактного мислення на рівні формальних операцій і використанням метакогнітивних навичок. Діти здатні усвідомлено оволодівати логічними операціями (аналізом, синтезом, порівнянням, абстрагуванням, концентрацією, узагальненням).

Статистичне опрацювання результатів експерименту довело, що відбулось загальне покращення успішності рішення різних видів завдань. Зазначений факт дає можливість говорити про покращення у досліджуваних після формульованого експерименту конструкторського мислення.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження, присвячене моделюванню розвитку конструкторського мислення учнів 6-8 класів у навчанні робототехніки, спрямоване на пошук шляхів вдосконалення розвитку учнів. Курс робототехніки спрямовано на удосконалення здібностей: ставити і вирішувати завдання; передбачити результати своєї діяльності; варіативно будувати шляхи досягнення поставлених цілей; вміння розуміти, виконувати і складати алгоритми; навички саморегуляції; здатність критично ставитися до себе; вміння працювати в команді; здатність узгоджувати свої дії з діями однолітків; вміння планувати спільну діяльність.

Робототехніка – один із способів для підготовки дітей до сучасного життя, наповненого інформаційними технологіями. Її знання відкриває перед підростаючим поколінням масу можливостей і зробить подальший розвиток технологій швидшим. При моделюванні порушується проблема розвитку мислення дітей. Мислення - це психічний процес, за допомогою якого людина вирішує поставлене завдання. За допомогою мислення ми отримуємо знання, тому дуже важливо його розвивати вже з дитинства. Вищою стадією розвитку мислення є формування логічного мислення, воно залежить від створення умов, які стимулюють його практичну, ігрову і пізнавальну діяльність.

Конструювання і робототехніка повністю відповідають умовам розвитку логічного мислення дітей, їх інтересам, здібностям і можливостям, оскільки є винятково дитячою діяльністю. Вправи в конструюванні істотно впливають на конструкторське мислення дитини, змінюючи характер пізнавальної діяльності.

Робота з освітніми конструкторами дає дитині можливість через пізнавальну гру легко опанувати способами і методами конструювання, зіставлення, проектування.

У ході виконанні роботи було виконано, наступні завдання:

- визначено предметну область;
- проаналізовано існуючі методики оцінювання розвитку мислення;
- проаналізовано засоби для розвитку конструкторського мислення;
- розроблено методичну систему розвитку конструкторського мислення.

В майбутньому, можливо розширення методичної системи та її удосконалення шляхом додавання матеріалу, зокрема підготовка до змагань з робототехніки.

Поставлена мета досягнута, завдання розв'язані. Перспективу подальших досліджень вбачаємо в дослідженні широкого застосування робототехніки до розвитку комунікативних навичок, креативного мислення, інтеграції робототехніки з іншими предметами й не лише природничо-математичного напрямку та ін.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Энгельмейер П.К. Философия техники / Петр Климентьевич Энегельмейер. – Москва: Т-во скоропеч. А.А. Левенсон, 1912. – 96 с.
2. Давыдов В.В. Российская педагогическая энциклопедия : в 2 т. Т. 2 / В.В. Давыдов. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 669 с.
3. Рубинштейн С.Л. О природе мышления и его составе: / Сергей Леонидович Рубинштейн. – Москва: АСТ, 2008. – С. 111-116.
4. Рубинштейн С.Л. Бытие и сознание: / Сергей Леонидович Рубинштейн. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 590 с.
5. Теплов Б.М. Избранные труды: в 2 т. Т. 1 / Б.М. Теплов. – Москва: Педагогика, 1985. – 326 с.
6. Калмыкова З.И. Продуктивное мышление как основа обучаемости: монография / З.И. Калмыкова. – Москва: Педагогика, 1981. – 200 с.
7. Богозов Н.З. Психологический словарь / Н.З. Богозов, И.Г. Гозман, Г.В. Сахаров ; ред. Н.Ф. Добрынина, С.Е. Советова. Магадан: Психология, 1965. – 292 с.
8. Балик Н.Р. Використання кейс-уроків у процесі впровадження STEM-освіти в середніх загальноосвітніх школах України / Н.Р. Балик, У.В. Шпортак // Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи», 2017. – № 1. – С. 19-23.
9. Крайг Г. Психология развития / Грэйс Крайг ; [пер. с англ. Н. Мальгиной и др.]. – Санкт-Петербург: Питер, 2000. – 992 с.
10. Ньюкомб Н. Развитие личности ребенка / Нора Ньюкомб ; [пер. с англ. В. Белоусова]. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 640 с.

11. Прогрессивные матрицы Равена: методические рекомендации / сост. и общая редакция О.Е. Мухордовой, Т.В. Шрейбер. – Ижевск: Удмуртский университет, 2011. – 70 с.
12. Равен Дж.К. Руководство к Прогрессивным Матрицам Равена и Словарным шкалам. Раздел 1. Общая часть руководства / Дж. К. Равен., Дж. Равен, Дж.Х. Курт. – Москва: Когито-Центр, 1997. – 76 с.
13. Савчин М.В. Вікова психологія: навч. посібник / М.В. Савчин, Л.П. Василенко. – 2-ге вид., допов. – Київ: Академвидав, 2011. – 384 с.
14. Юревич Е.И. Основы робототехники / Евгений Иванович Юревич – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
15. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей / Сергей Александрович Филиппов. – Санкт-Петербург: Наука, 2010. – 195 с.
16. Копосов Д.Г. Основы микропроцессорных систем управления – программа для учащихся 9–11-х классов // Информационные технологии в образовании: ресурсы, опыт, тенденции развития: сб. мат. Международной науч.-практ. конф. (30 ноября - 3 декабря 2011 г.). В 2 ч. Ч. 2. – Архангельск: АО ИППК РО, 2011.
17. Копосов Д.Г. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5–6 классов / Денис Геннадиевич Копосов. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2015. – 288 с.
18. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения / Исаак Якович Лернер. – Москва: Педагогика, 1981. – 186 с.
19. Лернер И.Я. Развитие мышления учащихся в процессе обучения истории / Исаак Якович Лернер. – Москва: Просвещение, 1982. – 191 с.
20. Вступ до світу робототехніки [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
[http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Стаття:\\_вступ\\_до\\_світу\\_робототехніки](http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Стаття:_вступ_до_світу_робототехніки) – Дата звернення 05.12.18. – Назва з екрану.

21. Сосніна А. Штучний інтелект як наука та технологія створення інтелектуальних роботів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://naub.oa.edu.ua/2013/shtuchnyj-intelekt-yak-nauka-ta-tehnolohiyastvorennya-intelektualnyh-robotiv/>. – Дата звернення 05.12.18. – Назва з екрану.

22. LEGO Mindstorms EV3 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.lego.com/ruru/mindstorms/learn-to-program>. – Дата звернення 05.12.18. – Назва з екрану.

23. Сухоручкіна О.М. Інформаційне забезпечення інтелектуалізованих робототехнічних комплексів / О. М. Сухоручкіна // Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні. – Київ: Наукова думка, 2010. – С. 547 – 561.

24. Шевченко А.І. Світові тенденції та практичні досягнення у проблемі штучного інтелекту / А. І. Шевченко // Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні. – Київ: Наукова думка, 2010. – С. 561 – 572.

25. Швирков О.І. Проблема штучного інтелекту і людиновимірність штучних інтелектуальних систем : дис. канд. філос. наук: 09.00.09 / О.І. Швирков. — Житомир, 2006. — 170 с.

26. Аверкин А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. – А. Аверкин. – Москва: Радио и связь, 1992. – 254 с.

27. Поспелов Д.А. Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия / Дмитрий Александрович Поспелов. – Москва: Высшая школа, 1960. – 128 с.