

УДК 372.862

DOI: 10.54835/18102883_2024_35_6

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПРОФИЛЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ

Бужинская Надежда Владимировна,

кандидат педагогических наук, доцент ВАК, доцент кафедры
информационных технологий и физико-математического образования,
nadezhda_v_a@mail.ru

Гребнева Дарья Михайловна,

кандидат педагогических наук, доцент ВАК, доцент кафедры
информационных технологий и физико-математического образования,
greb-dash@mail.ru

Гордеева Валентина Андреевна,

кандидат биологических наук, доцент кафедры естественных наук,
zhujikova.valia@rambler.ru

Кокшарова Елена Александровна,

кандидат педагогических наук, доцент ВАК, доцент кафедры
информационных технологий и физико-математического образования,
koksharova_elena@list.ru

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
Российского государственного профессионально-педагогического университета,
Россия, 622031, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 57

В статье рассматривается проблема организации условий для развития инженерного мышления у студентов, обучающихся по профилю «Естествознание и дополнительное образование». **Цель:** совершенствование методики развития инженерного мышления студентов педагогических вузов естественнонаучного профиля за счет внедрения в образовательный процесс дисциплины «Образовательная робототехника». **Методы:** анализ педагогической и методической литературы; наблюдение; проведение эксперимента и анализ его результатов. **Результаты.** На основе анализа методической и научной литературы, а также нормативных документов авторами статьи выделены этапы развития инженерного мышления у студентов в системе высшего педагогического образования. Определены уровни развития инженерного мышления и их основные характеристики. Проведена проверка результативности предложенной методики развития инженерного мышления для студентов профиля «Естествознание и дополнительное образование» в рамках преподавания дисциплины «Образовательная робототехника». Сделаны выводы о целесообразности применения данной методики, а также сформулированы направления ее дальнейшего совершенствования. В заключение отмечается, что использование данной методики развития инженерного мышления в рамках профессиональной подготовки студентов педагогического вуза способствует приобретению будущими учителями опыта работы со специализированным оборудованием и робототехническими конструкторами. Представленные в статье материалы могут быть использованы в деятельности методистов и преподавателей вузов, а также студентов педагогических вузов и колледжей.

Ключевые слова: инженерное мышление, робототехника, обучение, естественнонаучное направление, педагогическое образование

Введение

В условиях интенсивного развития цифровых технологий проблема развития инженерного мышления будущих педагогов всех профилей обучения приобретает новое значение. Повышенный уровень данного вида мышления необходим будущим учителям для успешной работы с учебным оборудованием и примени-

ем его для решения профессиональных задач. Современное оборудование имеет огромный образовательный потенциал, который можно использовать на занятиях. Его эффективное применение предоставляет возможность учителю совместно с обучающимися создавать новые образовательные продукты и вести интересную научно-исследовательскую деятельность.

Гипотеза исследования: включение робототехники в процесс подготовки студентов, обучающихся по профилю «Естествознание и дополнительное образование» позволит повысить уровень их инженерного мышления.

Новизна. Авторами были определены этапы развития инженерного мышления и продемонстрирована адаптация данной модели для студентов педагогических специальностей на примере профиля «Естествознание и дополнительное образование».

Цель. Совершенствование методики развития инженерного мышления студентов педагогических вузов естественнонаучного профиля за счет внедрения в образовательный процесс дисциплины «Образовательная робототехника».

Обзор литературы

Понятие «Инженерное мышление» и его становление как отдельной научной категории рассматривалось такими авторами, как М.А. Шубас, Н.М. Якобсон, Т.В. Кудрявцев, В.В. Горохов, Я.А. Пономарев, В.В. Чебышева, Т.Н. Шамало и др.

Д.А. Мустафина, Г.А. Рахманкулова и Н.Н. Короткова под данным термином понимают «особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, с целью создания технических средств и организации технологий, которые позволяют быстро, точно и оригинально решать как ординарные, так и неординарные задачи в определенной предметной области» [1. С. 290].

А.Ю. Рожик связывает инженерное мышление с готовностью к инновациям, со способностями решать научные и практические проблемы, прогнозировать события и адаптироваться к новым ситуациям [2]. Автор утверждает, что инженерное мышление напрямую связано с инженерной деятельностью, которая предполагает работу с различными техническими системами. Данной точки зрения придерживаются также А.П. Усольцев и Т.Н. Шамало [3]. Они считают, что инженерное мышление неразрывно связано с инновациями в технической области.

Ключевыми словами в определении инженерного мышления является «инженерная задача». Инженерная задача – это задача преобразования или перехода объекта из исходного состояния в требуемое конечное состояние при наличии объективных ограничений: тех-

нических, технологических, энергетических, информационных, материальных [4]. Также задача может считаться инженерной, когда можно предложить несколько альтернативных путей ее решения и необходимо выбрать из этих путей наиболее предпочтительный, удовлетворяющий сформулированным условиям и ограничениям [5, 6].

В большинстве рассмотренных исследований утверждается, что инженерное мышление связано с такими видами поэтапной деятельности, как:

- генерирование идей по решению инженерных задач;
- применение предметных знаний для решения инженерных задач;
- работа с техническим оборудованием;
- моделирование и описание различных процессов с целью получения технического знания;
- создание нового объекта;
- оценивание результатов своей работы.

Методология, материалы и методы

На основе анализа методической и научной литературы, а также нормативных документов авторами статьи были сформулированы этапы развития инженерного мышления обучающихся, адаптированные для системы высшего педагогического образования (рис. 1).

Рассмотрим адаптацию данной модели развития инженерного мышления для студентов педагогических специальностей на примере профиля «Естествознание и дополнительное образование».

Авторы статьи считают, что процесс развития инженерного мышления у данной категории студентов можно реализовать при изучении дисциплин, которые объединяют в себе естественнонаучную и техническую область знаний. Одной из таких дисциплин является «Образовательная робототехника», поскольку именно при создании робототехнических моделей присутствуют все этапы деятельности, способствующие формированию инженерного мышления.

Далее на примере рассмотрим, каким именно образом данная модель развития инженерного мышления может быть реализована на занятиях «Образовательной робототехники» у студентов естественнонаучного профиля.

На первом базовом этапе в рамках лекционных занятий изучаются основные понятия

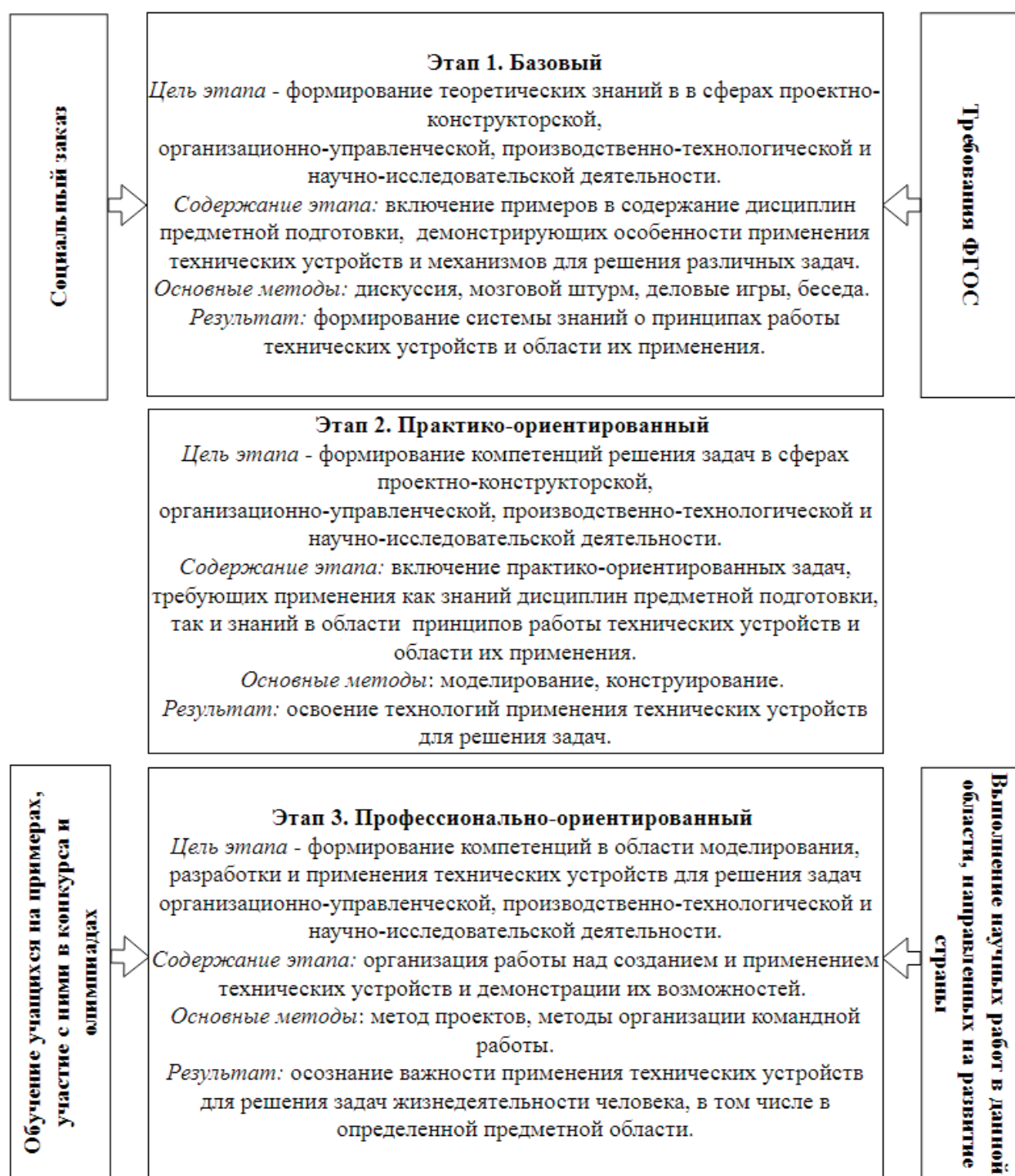


Рис. 1. Этапы развития инженерного мышления студентов в системе высшего педагогического образования
 Fig. 1. Stages of development of engineering thinking of students in the system of higher pedagogical education

робототехники, типовая структура работа, принципы и законы робототехники. На данном этапе важно учесть специфику предметной области подготовки студентов и показать двойственную связь между робототехникой и естественными науками: физикой, биологией, химией. Так, с одной стороны, физические процессы лежат в основе функционирования

всех робототехнических устройств, с другой стороны, создание моделей на базе робототехнических устройств позволяет наглядно увидеть и исследовать физический процесс. В табл. 1 представлены примеры моделей на базе робототехнического конструктора (платформа Ардуино) для демонстрации физических процессов [7].

Таблица 1. Примеры моделей на базе робототехнического конструктора для демонстрации физических процессов
Table 1. Examples of models based on a robotic constructor for demonstrating physical processes

Физический процесс/Physical process	Модели на базе робототехнического конструктора Models based on a robotic constructor
Преобразование механической энергии в электрическую Conversion of mechanical energy into electrical energy	Динамо-машина/Dynamo machine
Возникновение разности потенциала (эффект Холла) Emergence of potential difference (Hall effect)	Загорание светодиода при помещении магнита рядом с датчиком Холла LED lights up when a magnet is placed next to the Hall sensor
Аддитивное смешение цветов/Additive color mixing	Изменение цвета RGB-светодиода/Changing RGB LED Color
Зависимость сопротивления от освещенности Dependence of resistance on illumination	Включение/выключение светодиода в зависимости от данных фоторезистора Turning the LED on/off depending on the photoresistor data
Распространение звука/Sound propagation	Измерение расстояния на основе ультразвукового датчика Distance measurement based on ultrasonic sensor
Пьезоэлектрический эффект/Piezoelectric effect	Возникновение звука в зуммере/Sound occurs in the buzzer

Таблица 2. Примеры моделей на базе робототехнического конструктора для демонстрации физиологических процессов
Table 2. Examples of models based on a robotic designer to demonstrate physiological processes

Физиологический показатель Physiological indicator	Модели на базе робототехнического конструктора Models based on a robotic constructor
Частота пульса/Pulse rate	Измерение пульса с помощью пульсометра Measuring your heart rate using a heart rate monitor
Скорость реакции/Speed reaction	Нажатие на кнопку с фиксацией времени Pressing a button with time recording
Выдыхание углекислого газа xhalation of carbon dioxide	Измерение уровня углекислого газа датчиком газа CO ₂ Measuring carbon dioxide levels with a CO ₂ gas sensor

Следует отметить, что процессы живой природы достаточно сложно моделировать с помощью технических средств. В основном для этого используют средства компьютерного моделирования. Робототехнические конструкторы могут эффективно применяться для получения таких физиологических показателей, как пульс, давление, скорость реакции, сила сокращения мышц [8].

Отметим, что в процессе применения специализированного оборудования для решения задач студенты обычно следуют готовым алгоритмам. Достоинством применения робототехнических конструкторов является возможность самостоятельно подбирать основные элементы для установки и управлять конфигурацией таким образом, чтобы впоследствии можно было не только осуществлять снятие показаний проборов, но и изменять ключевые показатели согласно определенным условиям. С точки зрения авторов статьи, данная возможность является важным моментом подготовки студентов, у которых второй специализацией является сфера услуг допол-

нительного образования. В процессе будущей профессиональной деятельности совместно с обучающимися они смогут применять средства робототехники в разработке интересных образовательных продуктов проектной деятельности [9].

Результатом первого этапа методики развития инженерного мышления студентов является формирование у них теоретической и методологической базы о возможностях моделирования и исследования физических, биологических и химических процессов с помощью средств робототехники.

На втором этапе модели развития инженерного мышления студенты работают непосредственно над созданием робототехнических моделей для демонстрации процессов живой и неживой природы. Сборка и анализ моделей студентами на базе робототехнического конструктора реализуется в процессе выполнения лабораторных работ. Приведем фрагмент лабораторной работы по теме «Определение магнитного поля с помощью датчика Холла».

Необходимые компоненты:

1. Плата Arduino UNO 1 шт.
2. Датчик Холла 1 шт.
3. Светодиод 1 шт.
4. Резистор 220 Ом 1 шт.
5. Магнит 1 шт.

Цель работы – формирование компетенций студентов в области применения средств робототехнического конструктора Ардуино для демонстрации физических процессов.

Задачи:

- изучить структуру и принцип работы датчика Холла;
- научиться выводить данные с датчика в монитор порта;
- научиться использовать датчик для демонстрации возникновения разности потенциалов на краях образца.

Ход работы:

1. Актуализация теоретических сведений. Датчик Холла – устройство, которое фиксирует наличие магнитного поля и измеряет его напряженность. Напомним, что магнитное поле – это особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами. Магнитное поле образуется вокруг проводников, через которые проходит электрический ток, и возле материалов с естественным или искусственным магнитным моментом.
2. Сборка схемы. Схема подключения датчика Холла и светодиода изображена на рис. 2.
3. Написание программы. Определим магнитное поле с помощью датчика Холла на базе Arduino (листинг 1).

Листинг 1. Определение магнитного поля с помощью датчика Холла

```
int led = 13; // контакт светодиода
int sensor = 3; // контакт датчика
int val; // переменная состояния датчика
void setup(){
  pinMode(led, OUTPUT); // настройка
  контакта как выход
  pinMode(sensor, INPUT); // настройка
  контакта на вход
}
void loop(){
  val = digitalRead(sensor); //
  получение состояния датчика
  if(val == LOW)
  {
    digitalWrite(led, HIGH); // если
    датчик сработал, включаем светодиод.
  }
  else
  {
    digitalWrite(led, LOW);
  }
}
```

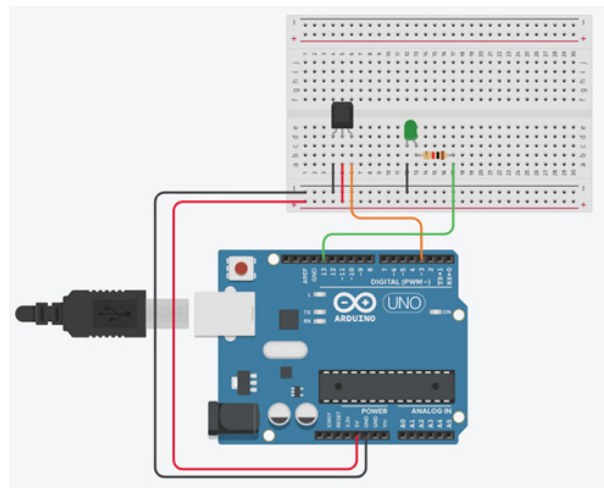


Рис. 2. Подключение датчика Холла
Fig. 2. Connecting the Hall sensor

4. Наблюдение и измерение силы магнитного поля. Для отслеживания изменения силы магнитного поля Датчик Холла необходимо подключить к аналоговому пину. Если считываем сигнал через аналоговый порт, то получаем значение примерно равное 512. При приближении магнита к датчику значение будет меняться. Оно может увеличиваться и уменьшаться в зависимости от того, каким полюсом подносится магнит.
5. Обобщение и закрепление учебного материала. В качестве обобщения материала студенты составляют графический конспект, куда включают краткие теоретические сведения об особенностях магнитного поля и этапах его изучения средствами робототехнического конструктора. Также в конце занятия целесообразно обсудить со студентами практическое применение магнитного поля в различных сферах деятельности.

Результатом *второго этапа* представленной методики развития инженерного мышления является формирование достаточного уровня предметных умений и способов деятельности студентов. В дальнейшем данные умения будут необходимы студентам для самостоятельной сборки моделей на базе робототехнического конструктора, демонстрации физических, биологических и химических процессов, изучаемых в рамках дополнительного образования.

Третий этап развития инженерного мышления связан с формированием готовности студентов к сборке собственных установок на базе робототехнического конструктора и применению их для решения задач дополнитель-

ного образования. Данные проекты могут выполняться студентами для участия в конкурсах или при демонстрации обучающимся во время прохождения педагогической практики.

Для закрепления полученных знаний и навыков предлагается выполнение самостоятельного проекта – реализация модель изменения окраски листвы в зависимости от значений температуры и освещения.

Таким образом, при изучении дисциплины «Образовательная робототехника» студенты естественнонаучного направления знакомятся с техническими возможностями учебного оборудования Ардуино при моделировании разнообразных явлений и процессов, что, в частности, способствует развитию их уровня инженерного мышления. Полученные знания и способы деятельности можно эффективно использовать в будущей работе в системе дополнительного образования.

Результаты

Об успешности внедрения данной модели развития инженерного мышления можно судить по результатам проведенной опытно-поисковой работы. Она была реализована на базе Нижнетагильского государственного социально-педагогического института. В эксперименте участвовали 35 студентов профиля «Естествознание и дополнительное образование» (группа 1) и 32 студента профиля «Биология и химия» (группа 2).

Отметим, что в первой группе занятия проводились по предложенной выше методике. Студенты выполняли лабораторные работы, ставили задачи и решали их не только с помощью специализированного оборудования, но и с использованием робототехнических конструкторов.

Во второй группе на лабораторных работах использовалось специализированное оборудование.

Оценка изменения уровня инженерного мышления у студентов осуществлялась на основе критериев [10], представленных в табл. 3.

Согласно уровням развития инженерного мышления, студентам требовалось:

- выполнить постановку задачи;
- описать все процессы;
- выбрать необходимое оборудование для создания модели;
- представить схему работы;
- разработать сборку модели;
- описать алгоритм работы модели;

- собрать модель;
- протестировать работу модели и внести необходимые исправления;
- описать применение полученных знаний в учебном процессе.

Для оценки применялась балльно-рейтинговая система. Каждый показатель оценивался следующим образом:

- 0 – задание не выполнено;
- 1 – задание выполнено с ошибками;
- 2 – задание выполнено в полном объеме.

Максимальное количество баллов, которое могли получить студенты, – 18. Распределение по уровням осуществлялось следующим образом:

- 0–9 – начальный уровень;
- 9,1–13,5 – повышенный уровень;
- 13,6–18 – высокий уровень.

Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

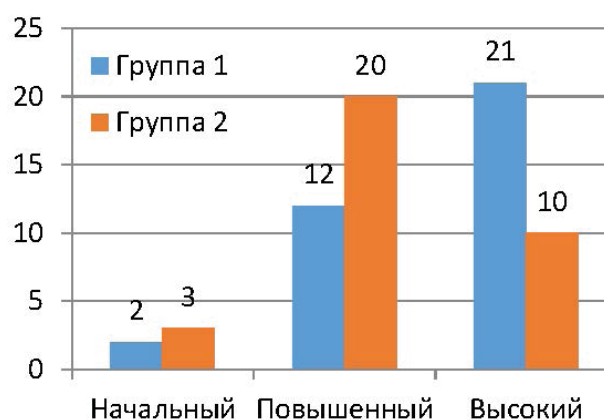


Рис. 3. Распределение студентов по уровням развития инженерного мышления по результатам эксперимента

Fig. 3. Distribution of students by levels of development of engineering thinking

При сравнении видно, что в первой группе результаты проведенной работы выше.

Выводы

Инженерное мышление представляет собой вид деятельности, направленный на работу с различными устройствами и оборудованием. Оно предполагает создание нового технического объекта в результате решения инженерной задачи.

Решение инженерной задачи в своей основе предполагает генерирование новых идей в различных областях науки и техники, применение предметных знаний для решения инженерных задач, работу с техническим оборудованием; моделирование и описание

Таблица 3. Уровни развития инженерного мышления
Table 3. Levels of development of engineering thinking

Основные характеристики/Main characteristics			
Уровень Level	Знает основные технические термины и технические устройства Knows basic technical terms and technical devices	Умеет описать принципы действия технических устройств Able to describe the principles of operation of technical devices	Владеет информацией об области применения технических устройств Possesses information about the scope of application of technical devices
Повышенный Advanced	Знания, умения и владение начальным уровнем развития инженерного мышления Knowledge, skills and proficiency at entry level		
	Знает принципы действия технических устройств, цели их применения для решения различных задач жизнедеятельности человека/Knows the principles of operation of technical devices, the purposes of their use to solve various problems of human life	Умеет описать основные составляющие технических устройств и обозначить границы их применения для решения конкретных задач Can describe the main components of technical devices and outline the boundaries of their application for solving specific problems	Владеет информацией об особенностях применения технических устройств для решения конкретных задач Has information about the specifics of using technical devices to solve specific problems
Высокий High	Знания, умения и владение начальным и базового уровня развития инженерного мышления Knowledge, skills and proficiency at initial and basic levels		
	Знает способы построения схем и моделей для технических устройств, способы сбора технических устройств, способы программирования, необходимые для работы с техническими устройствами, способы оценки эффективности деятельности на основе применения технических устройств Knows how to construct diagrams and models for technical devices, how to assemble technical devices, the programming methods necessary to work with technical devices, the ways to evaluate the effectiveness of activities based on the use of technical devices	Умеет построить схему или модель технического устройства и описать связанный с данным устройством технологический процесс, собрать техническое устройство, написать программу для работы технического устройства, предложить свои варианты применения технических устройств для решения различных задач жизнедеятельности человека, в том числе в определенной предметной области, оценить эффективность деятельности, основанную на применении технических устройств Can construct a diagram or model of a technical device and describe the technological process associated with this device. Knows how to assemble a technical device, how to write a program for the operation of a technical device, how to offer his own options for using technical devices to solve various problems of human life, including in a specific subject area. Able to evaluate the effectiveness of activities based on the use of technical devices	Владеет информацией о важности применения технических устройств для решения актуальных задач Has information about the importance of using technical devices to solve current problems

различных процессов, создание нового объекта и оценивание результатов работы.

Процесс развития инженерного мышления должен осуществляться последовательно и включать несколько взаимосвязанных этапов. На первом этапе изучаются основные понятия робототехники, типовая структура ро-

бота, принципы и законы робототехники. На втором этапе студенты работают непосредственно над созданием новых моделей. На последнем профессионально-ориентированном этапе у студентов формируется готовность к применению полученных знаний и умений на практике в образовательных организациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А., Ребро И.В. Критерии и сущность инженерного мышления // NovalInfo. – 2016. – № 43 – С. 287–294. URL: <https://novainfo.ru/article/5099> (дата обращения: 20.01.2024).
2. Рожик А.Ю. Исторические этапы решения проблемы формирования инженерного мышления // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskie-etapy-resheniya-problemy-formirovaniya-inzhenernogo-myshleniya> (дата обращения: 20.01.2024). DOI: 10.14529/ped170210
3. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. О понятии «инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, Уральский государственный педагогический университет, 2015. – С. 3–9.
4. Наумов Д.В., Тарасенко Е.А., Елисеев В.Н. Развитие инженерного мышления ресурсами образовательного процесса // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 2. – С. 243–244.
5. Казарбин А.В., Драчев К.А., Лунина Ю.В. Развитие инженерного мышления средствами научно-исследовательской деятельности студентов // Педагогический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 3-1. – С. 213–221. DOI: 10.34670/AR.2021.82.75.026
6. Кондратович В.В. Платформа Lego Digital Designer как средство развития инженерного мышления младших школьников // Известия института педагогики и психологии образования. – 2023. – № 2. – С. 114–124.
7. Акопян А.С. Применение метода Уолт Диснея для развития инженерного креативного мышления учащихся в процессе обучения // Аспирант. – 2021. – № 9 (66). – С. 14–17.
8. Бачкала А.П., Митина О.В., Бичев Е.П. биологическая обратная связь: теоретическое осмысление в парадигме культурно-исторической психологии и возможности создания приборов на платформе Arduino // Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сб. н. ст. и материалов междунар. конф. / под общ. ред. Р.В. Ершовой. – Коломна, 17 февраля 2022. – Коломна: ГСГУ, 2022. – С. 22–27.
9. Сомов А.С., Лыжин И.Г. Разработка умных устройств на базе Arduino. – М.: Сколковский институт науки и технологий, 2020. – 80 с.
10. Зуев П.В., Кошеева Е.С. Развитие инженерного мышления учащихся в процессе обучения // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 44–49.

Поступила: 20.03.2024

Принята: 10.06.2024

Опубликована: 30.06.2024

UDC 372.862

DOI: 10.54835/18102883_2024_35_6

METHODS FOR THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING THINKING OF STUDENTS OF PEDAGOGICAL UNIVERSITIES OF NATURAL SCIENCE TRAINING WHEN TEACHING ROBOTICS

Nadezhda V. Buzhinskaya,
Cand. Sc., Associate Professor,
nadezhda_v_a@mail.ru

Darya M. Grebneva,
Cand. Sc., Associate Professor,
greb-dash@mail.ru

Valentina A. Gordeeva,
Cand. Sc., Associate Professor,
zhujjkova.valia@rambler.ru

Elena A. Koksharova,
Cand. Sc., Associate Professor,
koksharova_elena@list.ru

Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (branch of)
Russian State Professional Pedagogic University,
57, Krasnogvardeyskaya street, Nizhny Tagil, 622031, Russian Federation

The article deals with the problem of organizing conditions for the development of engineering thinking in students studying in the profile "Natural Science and Additional Education". **Aim.** To improve the methodology of engineering thinking development of students of pedagogical universities of natural science profile by introducing the discipline "Educational robotics" into the educational process. **Methods.** Analysis of pedagogical and methodological literature; observation; conducting an experiment and analyzing its results. **Results.** Based on the analysis of methodological and scientific literature, as well as normative documents, the authors of the article have identified the stages of engineering thinking development in students in the system of higher pedagogical education. The levels of engineering thinking development and their main characteristics were determined. The effectiveness of the proposed methodology of engineering thinking development for students of "Natural Science and Additional Education" profile in the framework of teaching the discipline "Robotics" was tested. The conclusions about the feasibility of using this methodology were made, and the directions of its further improvement were stated. In conclusion, it is noted that the use of this methodology of engineering thinking development within the framework of professional training of students of pedagogical university contributes to the acquisition of future teachers' experience of working with specialized equipment and robotic constructors. The materials presented in the article can be used in the activities of methodologists and university teachers, as well as students of pedagogical universities and colleges.

Keywords: engineering thinking, robotics, teaching, natural science, pedagogical education

REFERENCES

1. Mustafina D.A., Rakhmankulova G.A., Rebro I.V. Criteria and essence of engineering thinking. *NovalInfo*, 2016, no. 43, pp. 287–294. (In Russ.) Available at: <https://novainfo.ru/article/5099> (accessed: 20.01.2024).
2. Rozhik A.Ju. Historical stages of engineering thinking formation. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 98–113. (In Russ.) DOI: 10.14529/ped170210
3. Usoltsev A.P., Shamalo T.N. On the concept of "engineering thinking". *Formation of engineering thinking in the learning process: materials of the international scientific and practical conference*. Ekaterinburg, Ural State Pedagogical University, 2015. pp. 3–9. (In Russ.)
4. Naumov D.V., Tarasenko E.A., Eliseev V.N. Development of engineering thinking using the resources of the educational process. *Science and education in transport*, 2022, no. 2, pp. 243–244. (In Russ.)
5. Kazarbin A.V., Drachev K.A., Lunina Yu.V. Development of engineering thinking by means of research activities of students. *Pedagogical magazine*, 2021, vol. 11, no. 3-1, pp. 213–221. (In Russ.) DOI: 10.34670/AR.2021.82.75.026

6. Kondratovich V.V. The Lego Digital Designer platform as a means of developing engineering thinking among junior schoolchildren. *News of the Institute of Pedagogy and Psychology of Education*, 2023, no. 2, pp. 114–124. (In Russ.)
7. Akopyan A.S. Application of the Walt Disney method for the development of engineering creative thinking of students in the learning process. *Postgraduate student*, 2021, no. 9 (66), pp. 14–17. (In Russ.)
8. Bachkala A.P., Mitina O.V., Bichev E.P. Biological feedback: theoretical understanding in the paradigm of cultural-historical psychology and the possibility of creating devices on the Arduino platform. *IV international conference. Digital society as a cultural-historical context of human development*. Kolomna, GSGU Publ., 2022. pp. 22–27. (In Russ.)
9. Somov A.S., Lyzhin I.G. *Development of smart devices based on Arduino*. Moscow, Skolkovo Institute of Science and Technology Publ., 2020. 80 p. (In Russ.)
10. Zuev P.V., Kosheeva E.S. Development of engineering thinking of students in the course of training. *Teacher education in Russia*, 2016, no. 6, pp. 44–49. (In Russ.)

Received: 20.03.2024

Revised: 10.06.2024

Accepted: 30.06.2024