

Региональная открытая конференция по научно-техническому творчеству
школьников «Лабиринты науки»

Секция: техника

**Роботизированное устройство для проведения и демонстрации химических
реакций**

Выполнили:
Комякова Полина Романовна
Обучающаяся 10ф класса
ГООУ ЯО «Лицея № 86»,

Руководители:
Петров Антон Игоревич,
Петрова Екатерина Олеговна
Учителя труда (технологии)
ГООУ ЯО «Лицей № 86»

Ярославль, 2025

Оглавление

Введение.....	3
1 Обзор аналогов.....	3
2 Инновационное решение.....	7
3 Формулы применяемых химических веществ и их реакций.....	9
3.1 Маркетинговое исследование.....	9
3.2 Химические вещества и их реакции.....	10
4 Принцип работы инновационного решения.....	12
Заключение.....	13
Список источников.....	14

Введение

В современном мире идёт быстрый рост числа вновь синтезируемых полимеров для разных нужд людей, тем самым встаёт вопрос о создании автоматизированной системы для проведения химических экспериментов без участия человека с возможностью дозирования и смешивания реагентов в виде жидкостей и порошка.

Цель: разработать роботизированное устройство для проведения химических реакций с автоматизированной системой дозирования химических элементов.

Задачи:

1. Провести социологическое исследование среди школьников и студентов, решающих различные химические задачи, по вопросу сложности дозирования химических элементов при решении задач.

2. Изучить ручные дозаторы жидких и сыпучих химических элементов, выявить их недостатки и достоинства.

3. Изучить кинематические и принципиальные схемы роботов и выбрать оптимальную для поставленной цели.

4. Построение робота с автоматизированной системой дозирования.

5. Практически доказать наибольшую точность автоматического дозирования по сравнению с ручным.

1 Обзор аналогов

Прежде чем приступить к изготовлению технического устройства необходимо изучить существующий рынок аналогичных устройств или отдельных его компонентов: обзор дозаторов для жидких веществ (табл. 1), обзор дозаторов для сыпучих веществ (табл. 2), обзор аналогов роботов-лаборантов (табл.3).

Таблица 1 – обзор дозаторов для жидких веществ

№	Наименование	Характеристика	Изображение
1	Дозатор 1-канальный 100 Proline®, механический	Диапазон объёма дозирования: 100 мкл. Точность дозирования: 0,5%. Количество каналов: 1. Воспроизводимость: 1. Имеется возможность изменения рабочего объёма дозирования.	
2	Станция дозирования 12-ти позиционная, ДТстрим М1	Количество каналов: 1. Объем дозирования: 5-200 мкл. Имеется световая индикация на крышке, показывающая текущий статус работы. На станцию предварительно устанавливаются протоколы работы, и она начинает автоматически работать. Предусмотрена возможность работы со сканером штрих-кодов для трекинга образцов, штативов и микропланшетов	
3	Пипеточный дозатор Hirschmann Pipetus-junio	Ручной наполнитель объёмом от 0,1 до 200 мл. Одно нажатие на кнопку насоса соответствует примерно 2 мл. Имеются переключатели слива и промывки, переключатель скорости. Дисплей отображает параметры и настройки: скорость набора в пипетку, емкость батареи (контроль происходит с помощью микропроцессора).	

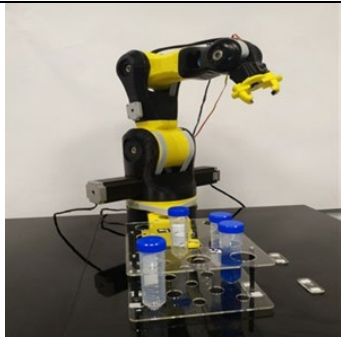
Таблица 2 – обзор дозаторов для сыпучих веществ

№	Наименование	Характеристика	Изображение
1	Дозатор сыпучих веществ XPR106DUHQ, Quantos, Mettler Toledo	Минимальный объём дозирования: 0,6 грамм, максимальный: 200 грамм. Профессиональная внутренняя калибровка. Автоподатчик рассчитан на 30 мест. Совместим с аналитическими весами.	

2	Дозатор шнековый весовой ВШДК 3000	Дозирование со взвешиванием повышает точность и позволяет быстро и просто менять вид продукта и вес дозы с пульта управления. Состоит из дозатора с вертикальным шнеком и весоизмерительной системы. Для устранения сводообразования, в бункере предусмотрена лопастная мешалка. Привод шнека осуществляется асинхронным двигателем с частотным преобразователем, что обеспечивает возможность плавного регулирования числа его оборотов в широком диапазоне. Точность дозирования: 0,5%. Ёмкость бункера: 300 л.	
3	Дозатор модифицированных добавок	Точная дозировка модифицирующих добавок (от 50 грамм), которая достигается при помощи шнековых питателей с измененным шагом спирали и частотным преобразователем, а также установкой системы автоматического управления производством. Соблюдение заданных рецептур, исключение человеческого фактора при добавлении добавок. Безпылевая подача дозированного материала в смеситель осуществляется за счет пневматической камеры. Установка	

		комплекса осуществляется без остановки производства. Точность: 1%	
--	--	---	--

Таблица 3 – обзор аналогов роботов-лаборантов

№	Наименование	Характеристика	Изображение
1	Ливерпульский робот для проведения научных экспериментов	Плюсом данного робота является его скорость. Робот способен работать семь дней в неделю по 22 часа в день (2 часа уходит на подзарядку). Минусом является его вес, который составляет около 400 килограмм и имеет большие габариты	
2	Робот манипулятор-лаборант	Плюсами данного робота является его простота и удобство в использование. Некоторые его детали напечатаны на 3D принтере, что даёт им низкую стоимость. Минусом данного робота является возможность выполнения только простейших задач.	
3	Молекулярный робот	Его плюсами является способность работать на молекулярном уровне, при этом строить другие молекулы. Робот имеет очень маленькие размеры (не превышают одну миллионную долю миллиметра). Подобные размеры помогают значительно снизить требования к электропитанию и ускорить миниатюризацию других продуктов. Минусом является высокая сложность процесса строительства и эксплуатации	

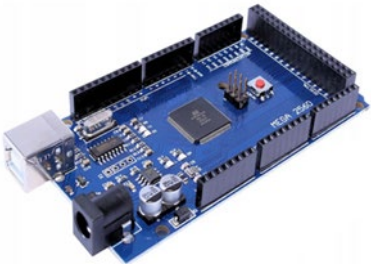
Рассмотрев дозаторы для сыпучих и жидких веществ разной ценовой категории, габарит и принципа работы мы можем сделать вывод, что

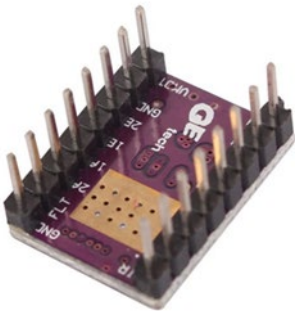
большинство современных дозаторов являются узкопрофильными. В современном мире существует очень мало дозаторов, которые одновременно способны дозировать и жидкие и сыпучие химические реагенты, при этом сохраняя высокую точность дозирования. Мы также рассмотрели существующие роботы-лаборанты, и на основе анализа плюсов и минусов выявили какие компоненты помогут автоматизировать процесс и увеличить скорость проведения химических реакций. На данный момент отсутствуют роботы, которое способно автоматизировано дозировать жидкие и сыпучие химические элементы, что подтверждает инновационность нашего решения.

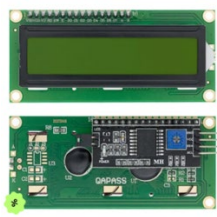
2 Инновационное решение

Перед сборкой итогового продукта необходимо подобрать комплектующие для нашего устройства. Выбранные нами позиции описаны в таблице 4.

Таблица 4 – комплектующие

№	Наименование	Роль в проекте	Изображение
1	Arduino Mega		
2	Шаговый двигатель 20HS42-0504A		
3	Шаговый двигатель NEMA 17		

4	Пробирки 14 мм*120 мм		
5	Подшипник CNIC 80034 634 ZZ 59056		
6	Шаговый двигатель GSMIN 28BYJ- 48		
7	Тензодатчик и модуль HX71.		
8	Драйвер шагового двигателя DRV8825 радиатором	с	
9	Сервопривод MG996R		

10	Магниты 15*2		
11	Капиллярная трубка		
12	Символьный LCD дисплей 1602, 16x2 знака, зелёный, с I2C адаптером		
13	Лазерный модуль (KY-008)		

Для того, чтобы изготовить данное роботизированное устройство нами были использованы аддитивные технологии, а именно FDM-технологии. Данные представляют собой процесс аддитивного производства, который реализовывается благодаря экструзии материалов. В FDM, объект строится путем нанесения расплавленного материала по заранее установленному алгоритму, слой за слоем. Используемые материалы представляют собой термопластичные полимеры и имеют форму нити.

Согласно выбранным нами технологиям изготовления и необходимым компонентам затраты на изготовление инновационного изделия составляет 29 438, 30 руб.

3 Формулы применяемых химических веществ и их реакций

3.1 Маркетинговое исследование

Для того, чтобы понять формулы каких веществ и их реакций нам необходимо «взять» в свою работу мы провели небольшое исследование.

Для начала, стоит отметить, что по результатам исследований, проводимых Всероссийским центром изучения общественного мнения, за последние 10 лет интерес к школьному курсу «Химия» значительно возрос (с 9% [29] до 18% [30]).

Во многом это заслуга перехода системы образования на новые образовательные стандарты. Согласно Примерной основной образовательной программе основного общего образования, в изучении курса химии значительная роль отводится химическому эксперименту: проведению практических и лабораторных работ, описанию результатов ученического эксперимента, соблюдению норм и правил безопасной работы в химической лаборатории [31].

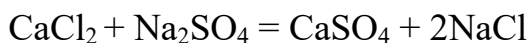
Применение современных технологий при выполнении лабораторных работ и экспериментов по химии позволят не только увеличить интерес обучающихся к изучаемым темам, но и также позволят увеличить интерес к химии как к науке. Ведь ни для кого ни секрет, что подростки достаточно позитивно относятся к внедрению современных технологий в повседневную жизнь [32].

Следующим этапом нашей работы стало проведение интервью с учителями химии ГОУ ЯО «Лицей № 86», в результате чего мы получили рекомендации по тем веществам, которые необходимы в первую очередь для проведения лабораторных работ. Такими веществами стали: сульфат натрия, хлорид кальция II, сульфат меди, гидроксид калия, калий, вода, хлорид железа III, роданид калия, аммиак, соляная кислота, сульфат железа.

3.2 Химические вещества и их реакции

Na_2SO_4 – сульфат натрия. Натриевая соль серной кислоты. Это бесцветные кристаллы, хорошо растворяющиеся в воде, образует кристаллогидраты. [19]

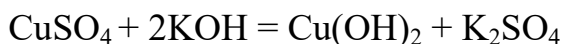
CaCl_2 – хлорид кальция (2). Это неорганическое химическое соединение, относящиеся к классу солей. [20]



При взаимодействии сульфата натрия с хлоридом кальция образуется осадок сульфата кальция (белого цвета) - он же гипс, алебастр и хлорид натрия (поваренная соль).

CuSO_4 – сульфат меди. Неорганическое химическое соединение, соль серной кислоты и меди. Хорошо растворяется в воде. Растворение сульфата меди проходит со значительным выделением тепла. Сульфат меди гидролизует и даёт кислую среду. [21]

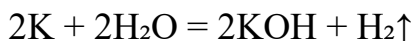
КОН – гидроксид калия. Обладает высокой гигроскопичностью. Активно поглощает пары воды из воздуха. Хорошо растворяется в воде, при этом выделяя большое количество тепловой энергии. [22]



При взаимодействии сульфата меди с гидроксидом калия происходит реакция обмена с выделением синего осадка.

К – калий. Как простое вещество калий при нормальных условиях представляет собой мягкий металл серебристо-белого цвета. [23]

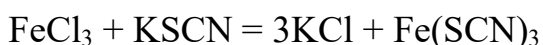
H_2O – вода. При нормальных условиях представляет собой прозрачную жидкость, не имеющую цвета, запаха и вкуса.



В ходе реакции в единицу времени выделяется много тепла, что приводит к воспламенению калия и выделяющегося водорода. Это очень интересный процесс: при контакте с водой калий мгновенно воспламеняется, фиолетовое пламя потрескивает и быстро передвигается по поверхности воды.

FeCl_3 – хлорид железа (3). Химический реактив, в состав которого входит соляная кислота и трехвалентное железо.

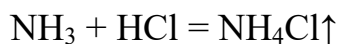
KSCN – роданид калия. Кристаллы, не имеющие цвета и запаха; в мелкодисперсном состоянии обретают белый цвет. [25]



При взаимодействии роданида калия с хлоридом железа (3) происходит реакция обмена с появлением кроваво-красного окрашивания.

NH_3 – аммиак. При нормальных условиях бесцветный газ, с резким характерным запахом (запах «нашатырного спирта»). [26]

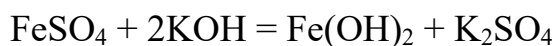
HCl – соляная кислота. Раствор хлор водорода в воде, который является бесцветной прозрачной жидкостью. [27]



При взаимодействии аммиака с соляной кислотой образуется хлорид аммония с выделение белого пара.

FeSO_4 – сульфат железа. Неорганическое вещество белого или бесцветного цвета. Хорошо растворяется в воде. Растворение сульфата железа проходит со значительным выделением тепла. [28]

KOH – гидроксид калия. Обладает высокой гигроскопичностью. Активно поглощает пары воды из воздуха. Хорошо растворяется в воде, при этом выделяя большое количество тепловой энергии. [22]



При взаимодействии сульфата железа с гидроксидом калия происходит реакция обмена с выделением серо-зелёного осадка.

4 Принцип работы инновационного решения

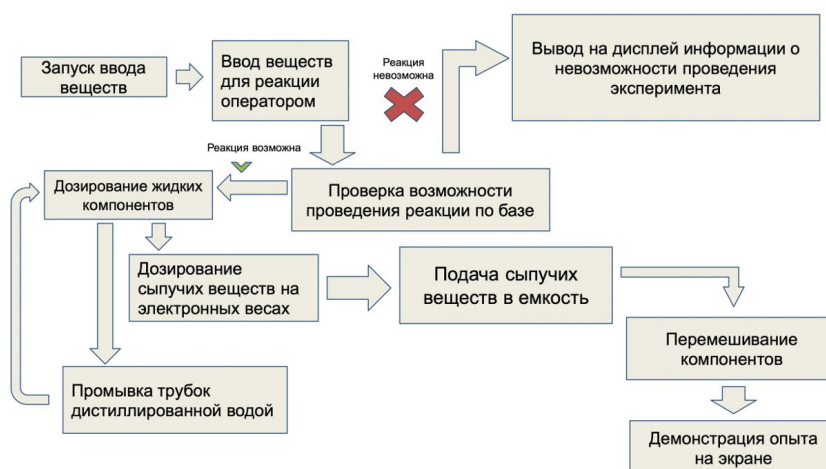


Рисунок 1 – принципиальная схема работы устройства

Лаборант выбирает необходимые вещества и их объёмы с помощью блока управления (на блоке управления располагаются тактовые кнопки для управления и светодиодный экран для отображения химических реактивов и продукта реакций). Далее происходит процесс смешивания составляющих - забор жидких веществ происходит с помощью манипулятора и капиллярной трубки (перед каждым забором вещества происходит промывка трубки дистиллированной водой), добавление сыпучих составляющих происходит с

помощью дозирования их из ёмкости при помощи шнэка и виброжелоба. Вещества смешиваются в стакане.

По итогу проделанной работы был создан робот с автоматизированной системой дозирования жидких и сыпучих химических реагентов (рис.2). Подобранные датчики позволят увеличить скорость проведения эксперимента с сохранением точности дозирования. Робот может использоваться на предприятиях, в лабораториях и образовательных учреждениях. В перспективе планируется создание герметичной камеры с вытяжной системой, добавление катализаторов, расширение спектра элементов.



Рисунок 2 – инновационное устройство

Перспективы работы являются следующие:

1. Создание герметичного корпуса. Планируется создание герметичного корпуса. Корпус должен быть механически (для возможности защиты во время перевозки) и химически стойким, компактным и иметь свою систему принудительной вентиляции, которая может быть выведена непосредственно в вытяжной шкаф или с помощью трубки гофры на улицу. Данное усовершенствование так же позволит увеличить спектр применяемых химических реагентов и повысит защиту работников при работе с ними.
2. Расширение спектра материалов.

3. Автоматизированный подбор оптимального состава под заданные условия. На данный момент система обладает способностью дозировать выбранные вещества и перемешивать их

в будущем планируется по введенным пользователем параметров конечного вещества подбирать оптимальный состав исходных веществ.

4. Расширение спектра применяемых катализаторов (систем механизмов по прогреву веществ до заданных температур. Добавление дополнительных систем способных прогревать химические вещества для протекания нужных нам реакций.

Список источников

1. Дозатор 1-канальный 100 Proline, механический. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTE4> – (Дата обращения: 20.10.2024).

2. Станция дозирования 12-ти позиционная, ДТстрим М1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTXv> – (Дата обращения: 20.10.2024).

3. Пипеточный дозатор Hirschmann Pipetus-junio. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTYw> – (Дата обращения: 20.10.2024).

4. Дозатор сыпучих веществ XPR106DUHQ, Quantos, Mettler Toledo. . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTZa> – (Дата обращения: 23.10.2024).

5. Дозатор шнековый весовой ВШДК 3000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTad> – (Дата обращения: 23.10.2024).

6. Дозатор модифицированных добавок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTbL> – (Дата обращения: 23.10.2024).

7. Ливерпульский робот для проведения научных экспериментов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2020/07/09/lab-robot/amp> – (Дата обращения: 27.10.2024).

8. Робот манипулятор-лаборант. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTdm> – (Дата обращения: 27.10.2024).

9. Молекулярный робот. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTEg> – (Дата обращения: 27.10.2024).
10. Arduino Mega. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560> – (Дата обращения: 03.11.2024).
11. Шаговый двигатель 20HS42-0504A. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTfd> – (Дата обращения: 03.11.2024).
12. Шаговый двигатель NEMA 17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTgn> – (Дата обращения: 05.11.2024).
13. Пробирки 14 мм*120 мм. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJThZ> – (Дата обращения: 05.11.2024).
14. Подшипник CNIC 80034 634 ZZ 59056. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTi9> – (Дата обращения: 05.11.2024).
15. Шаговый двигатель GSMIN 28BYJ-48. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTj9> – (Дата обращения: 09.11.2024).
16. Тензодатчик и модуль HX71. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJToL> – (Дата обращения: 09.11.2024).
17. Драйвер шагового двигателя DRV8825 с радиатором. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTp8> – (Дата обращения: 19.11.2024).
18. Сервопривод MG996R. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTpj> – (Дата обращения: 27.11.2024)
19. Na₂SO₄ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTqU> – (Дата обращения: 27.01.2025)
20. CaCl₂ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTrZ> – (Дата обращения: 27.01.2025)
21. CuSO₄ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTtP> – (Дата обращения: 27.01.2025)
22. КОН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJTuN> – (Дата обращения: 27.01.2025)

23. К [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem.ru/kalij.html?ysclid=ldhvtx5mi8790452480> – (Дата обращения: 27.01.2025)
24. Хлорид железа (3) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU3m> – (Дата обращения: 27.01.2025)
25. Роданид калия - ядовитое вещество, применяемое в аналитической химии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU4Z> – (Дата обращения: 27.01.2025)
26. Аммиак, получение, свойства, химические реакции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU5A> – (Дата обращения: 27.01.2025)
27. Соляная кислота [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU5p> – (Дата обращения: 27.01.2025)
28. Сульфат железа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU6d> – (Дата обращения: 27.01.2025)
29. Предметы школьной программы: что пригодится сегодняшним первоклашкам в реальной жизни // Всероссийский центр изучения общественного мнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU7F> – (Дата обращения: 27.01.2025)
30. Школьные предметы: что из них пригодится в реальной жизни? //Всероссийский центр изучения общественного мнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3PJU7w> – (Дата обращения: 27.01.2025)
31. «Примерная основная образовательная программа основного общего образования» одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 8 апреля 2015 г. №1/15) – (Дата обращения: 27.01.2025)
32. Россия страна технооптимистов // Всероссийский центр изучения общественного мнения [Электронный ресурс]. - <https://clck.ru/3PJU9Z> – (Дата обращения: 27.01.2025)