

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматки

Дияров Алимжан Ермакулы

«Исследование возможности создания устройства для улучшения качества
воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07111 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

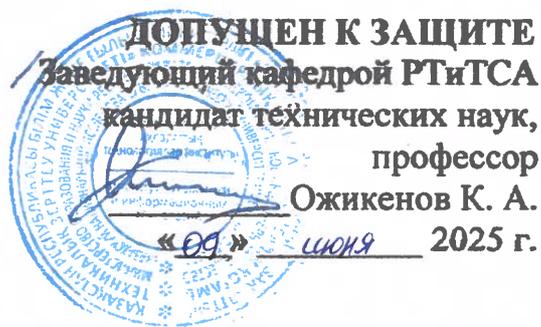
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматки



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломной работе

На тему: «Исследование возможности создания устройства для улучшения
качества воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона»

6В07111 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Рецензент

PhD, ассоциированный профессор

Муратов М.М.

«05» июня 2025 г.

Дияров Алимжан Ермекулы

Научный руководитель

Кандидат технических наук

Ассоциированный профессор

Туякбаев А.А.

«04» июня 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

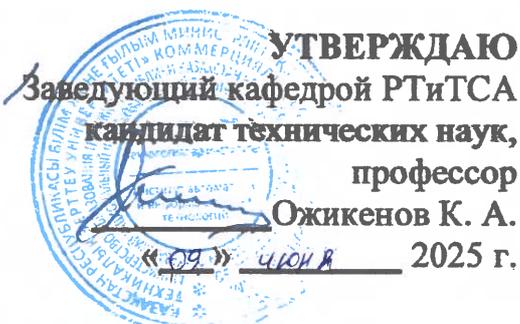


SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

6B07111 – Робототехника и мехатроника



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Студенту Риярову Алимжану Ермакулы

Тема: Исследование возможности создания устройства для улучшения кач. воздуха за счет повыш. концентрации кислорода и озона

Утверждена приказом ректора № 521-П/0 от «13» «11» 2024 г.

Срок сдачи законченной работы «29» ноя 2025 г.

Исходные данные к дипломному проекту: _____

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- Анализ современных технологий очистки и обогащения воздуха, включая методы генерации кислорода и озона
- Исследование теоретических основ процессов генерации O_2 и O_3 и их влияния на параметры воздушной среды
- Определение технических требований к разрабатываемому устройству с учетом норм безопасности и микроклимата
- Выбор конструктивных и схематических решений для генерации кислорода и озона с учетом безопасности и возможности IoT-интеграции
- Оценка перспектив применения и функциональных требований устройства в учебных и общеобразовательных помещениях

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 15 наименований

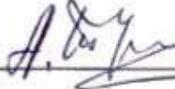
ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Обзор технологий очистки воздуха и анализ отходов	07.02.2025	Выполнил
Теоретические основы генерации кислорода и озона	05.03.2025	Выполнил
Формирование требований и проработка конструкции	23.04.2025	Выполнил
Итоговое оформление и сдача дипломной работы	20.05.2025	Выполнил

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Норм контролер	Кальменов Е.Т., м.т.н., старший преподаватель	05.06.2025	

Научный руководитель:  Туякбаев А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся:  Дияров А.Е.

Дата

«09» июня 2025

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс оттегі мен озон концентрациясын арттыру арқылы үй ішіндегі ауаның сапасын жақсартуға арналған құрылғыны жасау мүмкіндігін қарастырады. Тақырыптың өзектілігі тұрғын үй және жұмыс кеңістігіндегі ауа сапасының нашарлауымен, желдетудің жеткіліксіздігімен және адамдар үшін қолайлы және қауіпсіз жағдайлар жасау қажеттілігімен түсіндіріледі.

Зерттеудің мақсаты шектеулі көлемдегі жағдайларда оттегі мен озон генерациялау жүйелерін пайдаланудың техникалық мүмкіндігі мен тиімділігін талдау, сондай-ақ қазіргі заманғы Интернет заттар (IoT) технологияларын пайдаланатын құрылғының тұжырымдамасын әзірлеу болып табылады.

Жұмыста қолданыстағы ауаны тазарту және байыту технологияларына шолу жасалады, озонизаторлар мен оттегі концентраторларының жұмыс істеу принциптері зерттеледі, үй-жайларды пайдалану ерекшеліктерін ескере отырып, құрылғыны жобалау нұсқалары және оның жұмыс істеу алгоритмдері ұсынылады. Қауіпсіздік, автоматтандырылған басқару және құрылғыны смарт ортаға (Smart Home) біріктіру мәселелеріне ерекше назар аударылады.

Алынған нәтижелерді тұрмыстық, кеңселік және медициналық үй-жайлар үшін ауаны тазарту және байыту, сондай-ақ шектеулі кеңістіктердегі тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерін әзірлеуде пайдалануға болады.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается возможность разработки устройства, предназначенного для улучшения качества воздуха в закрытых помещениях путём повышения концентрации кислорода и озона. Актуальность темы обусловлена ухудшением качества воздуха в жилых и рабочих пространствах, недостаточной вентиляцией, а также необходимостью создания комфортных и безопасных условий для человека.

Целью исследования является анализ технической реализуемости и эффективности применения систем генерации кислорода и озона в условиях ограниченного объёма, а также разработка концепции устройства с использованием современных технологий Интернета вещей (IoT).

В работе проведён обзор существующих технологий очистки и обогащения воздуха, рассмотрены принципы работы озонаторов и кислородных концентраторов, предложены варианты конструктивной компоновки устройства и алгоритмы его функционирования с учётом специфики работы в помещении. Особое внимание уделено вопросам безопасности, автоматизированного управления и интеграции устройства в умную среду (Smart Home).

Полученные результаты могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем очистки и обогащения воздуха для бытовых, офисных и медицинских помещений, а также в системах жизнеобеспечения в замкнутых пространствах.

ABSTRACT

This thesis explores the feasibility of developing a device designed to improve indoor air quality by increasing the concentration of oxygen and ozone. The relevance of this topic is driven by the deteriorating air conditions in residential and working spaces, insufficient ventilation, and the growing need to create comfortable and safe environments for human health.

The objective of the study is to analyze the technical feasibility and effectiveness of using oxygen and ozone generation systems in enclosed spaces, as well as to develop a conceptual device design utilizing modern Internet of Things (IoT) technologies.

The research includes an overview of existing air purification and enrichment technologies, an examination of the operating principles of ozonators and oxygen concentrators, and proposed structural configurations and operating algorithms tailored to indoor conditions. Special attention is given to safety aspects, automated control, and integration into smart environments (Smart Home systems).

The results of this study can be applied in the development of intelligent air purification and enrichment systems for residential, office, and medical settings, as well as in life-support systems in enclosed environments.

The results of this study may be applied in the development of smart air purification systems for indoor and urban environments, as well as in life-support systems in enclosed spaces.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. Обзор и теоретические основы генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха	10
1.1 Актуальность проблемы и тенденции на рынке.....	10
1.2 Влияние состава воздуха на здоровье человека и качество среды.....	11
1.3 Классификация существующих устройств	12
1.4 Анализ отечественных и зарубежных аналогов.....	15
1.5 Технологии, применяемые в аналогах.....	17
1.6 Ограничения и недостатки существующих решений	22
1.7 Озон и кислород как активные компоненты системы очистки воздуха	23
1.8 Требования к безопасной эксплуатации генераторов кислорода и озона.....	25
1.10 Выводы по главе	28
1.11 Постановка задачи	30
Глава 2. Эволюция и изменение технологий генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха	31
2.1 Общие тенденции в изменении технологий очистки воздуха	31
2.2 Развитие технологий генерации кислорода: от медицинских установок к бытовым системам.....	33
2.3 Эволюция озонаторов: от дезинфекции воды к интеллектуальной очистке воздуха	35
3.4 Переход к интеллектуальным системам управления и IoT-интеграции.....	37
2.5 Соответствие санитарным и техническим нормам в новых системах	40
2.6 Выводы по главе	42
Глава 3. Виды конструкций устройств для генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха	43
3.1 Общие принципы построения конструкции устройств очистки воздуха	43
3.2 Конструкции кислородных генераторов	46
4.2.1 PSA-концентраторы (молекулярные сита)	46
3.2.2 Мембранные генераторы.....	47
3.2.3 Электролизные установки.....	47
3.3 Конструкции озонаторов воздуха	48
3.3.1 Коронные озонаторы.....	48
3.3.2 УФ-озонаторы.....	49
4.3.3 Электролитические озонаторы	50
3.4 Конструкции комбинированных устройств	51
3.5 Корпус и эргономика конструкций	51
3.6 Блок управления и интерфейс.....	53
3.7 Примеры конструктивных решений в устройствах разных классов	54

3.8 Выводы по главе	54
Заключение.....	55
Список литературы	57

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек проводит до 90% своего времени в помещениях — дома, на работе, в транспорте и общественных зданиях. При этом качество воздуха внутри помещений оказывает прямое влияние на здоровье, работоспособность и общее самочувствие. В условиях ограниченной вентиляции и наличия различных загрязнителей (пыли, углекислого газа, летучих органических соединений и других веществ) проблема обеспечения безопасной и комфортной воздушной среды становится всё более актуальной.

Одним из направлений улучшения качества воздуха является повышение концентрации кислорода и озона. Кислород необходим для нормального функционирования организма, а озон — благодаря своим окислительным свойствам — может эффективно уничтожать вредоносные микроорганизмы, устранять запахи и разрушать токсичные соединения. Однако применение этих веществ требует строгого контроля их концентраций, особенно в закрытых помещениях, где избыток озона может быть опасен. [1]

С развитием технологий Интернета вещей (IoT) появилась возможность создавать интеллектуальные устройства, способные автоматически контролировать состояние воздуха, регулировать параметры микроклимата и взаимодействовать с другими элементами «умного дома». Использование таких технологий позволяет не только повысить эффективность очистки воздуха, но и обеспечить безопасность, энергоэффективность и удобство эксплуатации.

Целью данной работы является исследование возможности создания устройства для повышения качества воздуха в помещениях за счёт генерации кислорода и озона, с применением технологий IoT. В рамках исследования планируется проанализировать существующие решения, определить оптимальные принципы работы и конфигурацию устройства, а также разработать концепт системы управления и мониторинга.

Актуальность темы обусловлена ростом числа аллергических и респираторных заболеваний, ухудшением экологической ситуации в городах, а также увеличением спроса на персональные интеллектуальные системы жизнеобеспечения и комфорта. Разработка подобного устройства может найти широкое применение в бытовых, офисных, медицинских и других специализированных помещениях.

Глава 1. Обзор и теоретические основы генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха

1.1 Актуальность проблемы и тенденции на рынке

Современный образ жизни всё больше связан с пребыванием в закрытых помещениях, таких как квартиры, офисы, транспорт, торговые и административные здания. Этот тренд усиливается из-за урбанизации, развития технологий и увеличения времени, проводимого в помещениях. Однако часто игнорируется тот факт, что качество воздуха в этих пространствах не всегда соответствует санитарным и гигиеническим нормам. Загрязнение воздуха в закрытых помещениях становится все более актуальной проблемой, поскольку оно может иметь негативные последствия для здоровья человека.

Согласно исследованиям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), уровень загрязнения воздуха в помещениях может быть в 2-5 раз выше, чем на открытом воздухе. Это происходит из-за накопления таких загрязняющих веществ, как углекислый газ, летучие органические соединения (ЛОС), пыль, бактерии и вирусы. Летучие органические соединения (например, формальдегид, бензол) выделяются из мебели, отделочных материалов, бытовой химии и могут оказывать долгосрочное воздействие на здоровье, включая развитие аллергий, астмы и даже канцерогенных заболеваний.

Дополнительно, в помещениях снижается концентрация кислорода, что также ухудшает качество воздуха. Особенно это заметно в небольших или плохо вентилируемых помещениях, где воздух не обновляется должным образом. Уменьшение концентрации кислорода может приводить к головным болям, усталости, снижению концентрации внимания и общего самочувствия.

Существует достаточно много исследований, подтверждающих взаимосвязь между качеством воздуха в помещениях и развитием различных заболеваний. Загрязнённый воздух может стать причиной респираторных заболеваний, аллергий и даже сердечно-сосудистых заболеваний. По данным ВОЗ, загрязнение воздуха внутри помещений является одной из главных причин заболеваемости и преждевременной смертности по всему миру.

Кроме того, ухудшение городской экологии, высокие уровни выбросов автомобильных и промышленных загрязнителей, а также рост респираторных заболеваний привели к увеличению осведомленности населения о важности качества воздуха в помещениях. Это породило спрос на устройства, которые могут эффективно очищать воздух от загрязнителей и обеспечивать оптимальные условия для дыхания.

В последние годы также наблюдается рост интереса к технологиям умных домов (Smart Home) и Интернету вещей (IoT), которые позволяют автоматизировать различные аспекты жизни, включая управление качеством воздуха. Такие устройства могут быть интегрированы в экосистемы умного дома и обеспечивать комфортные условия в помещении, адаптируя параметры воздуха (температуру, влажность, концентрацию кислорода и озона) в зависимости от потребностей пользователя.

Учитывая эти тенденции, наблюдается стабильный и растущий спрос на устройства, которые не только очищают воздух от загрязняющих веществ, но и обогащают его полезными компонентами, такими как кислород и озон. Эти устройства могут стать незаменимыми как в бытовом, так и в профессиональном сегменте. Особенно важным становится создание интеллектуальных систем, которые могут автоматически мониторить и поддерживать оптимальные параметры воздушной среды без вмешательства человека.

Таким образом, с учетом всех вышеописанных факторов, актуальность разработки интеллектуальных устройств для улучшения качества воздуха становится очевидной. Эти устройства должны не только очищать воздух, но и обеспечивать его обогащение кислородом и озоном, способствуя улучшению общего состояния здоровья человека, повышению его работоспособности и качества жизни. Разработка таких устройств, а также их интеграция с экосистемами IoT и Smart Home, представляет собой важный шаг на пути к созданию безопасных и комфортных условий для жизни и работы человека.

1.2 Влияние состава воздуха на здоровье человека и качество среды

Атмосферный воздух, в котором живёт человек, представляет собой сложную смесь газов, твёрдых частиц и водяного пара. Качество этого воздуха оказывает непосредственное влияние на здоровье, уровень работоспособности и общее самочувствие человека. Состав воздуха в помещениях может значительно отличаться от его нормальных параметров на улице, особенно в условиях плохой вентиляции или высокой плотности людей.

Основные компоненты сухого воздуха в нормальных условиях — это азот (78,09 %), кислород (20,95 %), аргон (0,93 %) и углекислый газ (0,04 %). Однако в замкнутых помещениях концентрации этих компонентов могут изменяться, что напрямую влияет на здоровье человека. Снижение концентрации кислорода ниже 19,5 % может привести к гипоксии, состоянию, при котором ткани организма не получают достаточное количество кислорода. Это вызывает головные боли, усталость, снижение концентрации внимания и работоспособности.

Одновременно повышение концентрации углекислого газа (CO₂) выше 1000 ppm может существенно ухудшить когнитивные функции, снизить способность к обучению и ухудшить качество сна. В таких условиях возникают трудности в концентрации внимания и ухудшается общая работоспособность. Это подчёркивает необходимость в активном контроле и регулировании состава газов в воздухе, особенно в помещениях с плохой вентиляцией.

Кроме того, в воздухе могут присутствовать различные загрязнители, такие как патогенные микроорганизмы (вирусы, бактерии, грибки), а также летучие органические соединения (ЛОС), которые выделяются из мебели, строительных материалов, бытовой химии и других источников. Эти загрязнители могут негативно воздействовать на здоровье человека, вызывая аллергические реакции, заболевания дыхательных путей, кожные заболевания и даже рак.

Для борьбы с этими загрязнителями и улучшения качества воздуха в помещениях применяются различные методы очистки, включая озонирование, фотокаталитическую очистку и ультрафиолетовое обеззараживание. Озон эффективно нейтрализует многие патогенные микроорганизмы и летучие органические соединения, однако его использование требует тщательного контроля концентрации, так как высокие уровни озона могут быть опасны для здоровья.

Таким образом, состав воздуха в помещениях играет ключевую роль в поддержании здоровья и нормального функционирования организма человека. Для создания безопасной и комфортной среды необходимо учитывать не только концентрацию кислорода и углекислого газа, но и наличие других загрязнителей, таких как ЛОС, патогены и микроорганизмы. Это требует применения эффективных методов очистки и контроля качества воздуха в закрытых помещениях.

1.3 Классификация существующих устройств

Современные устройства, предназначенные для улучшения качества воздуха, можно условно классифицировать по их функциональному назначению и принципу работы. Эти устройства помогают создавать более комфортную и здоровую атмосферу в помещениях, однако каждое из них воздействует на воздух по-своему, решая различные задачи. Основные категории устройств, направленных на улучшение качества воздуха, включают:

Классификация существующих устройств

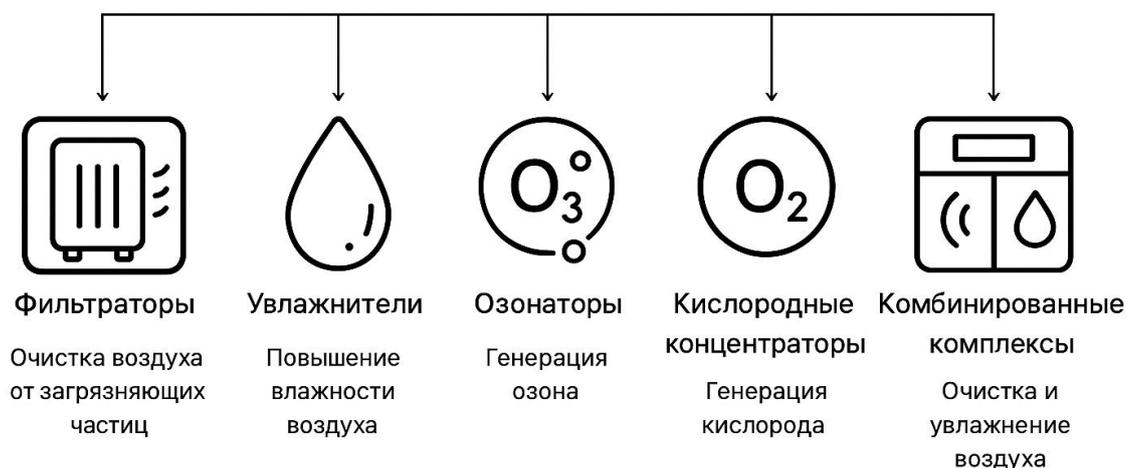


Рисунок 1 – Классификация устройств для улучшения качества воздуха

Таблица 1 – Сравнение типов устройств для улучшения качества воздуха

Тип устройства	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Фильтраторы	Механическая фильтрация	Простота, эффективность	Не устраняет запахи и газы
Увлажнители	Распыление влаги	Повышает комфорт	Нет фильтрации или генерации
Озонаторы	Генерация озона	Дезинфекция, устранение запахов	Требуется контроль ПДК
Концентраторы кислорода	PSA или мембраны	Увеличение O ₂	Высокая стоимость, шум
Комбинированные системы	Совмещение функций	Универсальность	Сложность конструкции, цена

1. Фильтрующие устройства (очистители воздуха)

Очистители воздуха — это устройства, которые работают на основе фильтрации, удаляя из воздуха различные загрязнители. В зависимости от типа фильтрации, очистители могут быть разделены на несколько подкатегорий:

HEPA-фильтры (High Efficiency Particulate Air) — фильтры, которые эффективно задерживают микроскопические частицы, такие как пыльца, пыль, пыльца, споры грибов, а также некоторые вирусы и бактерии. Они способны улавливать частицы размером до 0.3 микрон с эффективностью до 99.97%. Однако, HEPA-фильтры не влияют на химический состав воздуха, например, не очищают от газов или запахов.

- Угольные фильтры — эти фильтры используют активированный уголь для абсорбции летучих органических соединений (ЛОС), неприятных запахов, химических веществ и загрязняющих газов. Они полезны для устранения запахов, но не подходят для очистки воздуха от частиц.

- Фотокаталитические фильтры — фильтры, которые используют фотокатализатор (чаще всего диоксид титана) для разрушения органических загрязнителей, таких как бактерии, вирусы и запахи, при воздействии ультрафиолетового света. Однако, такие фильтры также не решают проблему загрязнения газами.

Эти устройства в основном предназначены для удаления твердых частиц, пыли и аллергенов из воздуха, но они не влияют на состав газов в помещении.

2. Увлажнители и осушители

Увлажнители и осушители воздуха играют важную роль в поддержании комфортного микроклимата в помещениях, контролируя уровень относительной влажности. Это влияет не только на удобство дыхания, но и на распространение микроорганизмов (влажность помогает уменьшить размножение пыли и вирусов), а также на состояние слизистых оболочек дыхательных путей человека. Увлажнители — устройства, которые повышают влажность воздуха, особенно в зимнее время, когда отопление может сильно снижать уровень влажности в помещениях. Они полезны для людей с респираторными заболеваниями и аллергиями, а также предотвращают пересыхание кожи и слизистых оболочек.

- Осушители — устройства, которые снижают уровень влажности в помещении, что актуально в регионах с высокой влажностью или в помещениях, где избыток влаги может привести к росту плесени и грибка.

Однако, как увлажнители, так и осушители не изменяют химический состав воздуха и не очищают его от загрязнителей или токсичных газов.

3. Озонаторы

Озонаторы — это устройства, которые генерируют озон (O_3), мощный окислитель, используемый для дезинфекции и устранения неприятных запахов. Озон обладает способностью разрушать молекулы многих загрязнителей в воздухе, таких как бактерии, вирусы, грибки, а также нейтрализовать запахи. Эти устройства часто применяются для дезинфекции помещений и устранения запахов, особенно в промышленных и медицинских учреждениях.

Однако, необходимо помнить, что озон в высоких концентрациях может быть токсичен для человека и животных, вызывая раздражение дыхательных путей и ухудшение общего состояния здоровья. Поэтому использование озонаторов требует строгого контроля концентрации озона в воздухе.

4. Кислородные концентраторы

Кислородные концентраторы — устройства, которые извлекают кислород из атмосферного воздуха, увеличивая его концентрацию в помещении. Эти устройства используются в медицинских и бытовых целях для поддержания нормального дыхания у людей с заболеваниями легких, такими как хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) или при недостатке кислорода.

Кислородные концентраторы обеспечивают стабильный поток кислорода без необходимости в баллонах со сжиженным газом. В отличие от других устройств, они непосредственно влияют на состав воздуха, увеличивая концентрацию кислорода и поддерживая нормальное функционирование дыхательной системы.

5. Комбинированные климатические комплексы

Комбинированные климатические комплексы представляют собой устройства, которые объединяют несколько функций для улучшения качества воздуха в помещениях. Эти устройства могут включать:

- Очистку воздуха (с использованием HEPA-фильтров или угольных фильтров),
- Увлажнение и осушение,
- Ионизацию,
- Интеллектуальное управление, которое позволяет регулировать параметры воздуха в зависимости от условий и потребностей пользователя.

Такие устройства обеспечивают всесторонний подход к поддержанию комфортного микроклимата, однако их недостатком является отсутствие генерации кислорода и озона или нерегулируемая генерация этих компонентов, что ограничивает их функциональность в контексте повышения концентрации кислорода и озона в помещении.

1.4 Анализ отечественных и зарубежных аналогов

На сегодняшний день существует несколько известных и массово применяемых устройств, предназначенных для улучшения качества воздуха, которые различаются по функциональности и принципам работы. Несмотря на разнообразие решений, ни одно из существующих устройств не сочетает в себе все необходимые функции, такие как контроль параметров воздуха, генерация кислорода и озона. Рассмотрим наиболее популярные аналоги на отечественном и зарубежном рынках.

1. *Xiaomi Mi Air Purifier* — это китайский очиститель воздуха, который оснащён HEPA-фильтром и фильтром активированного угля для удаления пыли, аллергенов, бактерий и других загрязняющих веществ. Управление устройством осуществляется через мобильное приложение, что позволяет настроить работу устройства и контролировать параметры воздуха в реальном времени.

Однако, несмотря на свою популярность, *Xiaomi Mi Air Purifier* не поддерживает функцию генерации кислорода или озона, что ограничивает его возможности для улучшения химического состава воздуха. Устройство ориентировано исключительно на фильтрацию и очистку воздуха от твердых частиц и запахов, что не решает проблему поддержания оптимальных уровней кислорода в помещениях. [2]

2. *Philips Series 3000i* — это очищающий воздух прибор с многоуровневой системой фильтрации, включающей HEPA-фильтр и активированный уголь для удаления пыли, аллергенов, запахов и химических загрязнителей. Он оснащён датчиками пыли, летучих органических соединений (VOC) и углекислого газа (CO₂), что позволяет устройству точно мониторить качество воздуха и автоматически регулировать свою работу.

Устройство поддерживает интеграцию с IoT, что позволяет управлять им через приложение и взаимодействовать с другими умными устройствами в доме. Однако, *Philips Series 3000i* не осуществляет газообогащение воздуха, не генерирует кислород или озон, что делает его функционально ограниченным в контексте улучшения состава воздуха с точки зрения повышения концентрации полезных компонентов. [3]

3. *Airdog X5* — это устройство с инновационной плазменной фильтрацией и ионизацией, предназначенное для очистки воздуха. Оно эффективно устраняет пыль, аллергены и микроорганизмы, а также нейтрализует запахи и загрязнители благодаря использованию плазменной технологии.

Airdog X5 управляется через мобильное приложение и обладает функцией автоматической регулировки в зависимости от уровня загрязнения. Однако, как и другие устройства в этой категории, оно не поддерживает генерацию кислорода или озона, что ограничивает его возможности по улучшению химического состава воздуха. Его основная цель — очистка воздуха от твердых частиц и загрязняющих веществ. [4]

4. *ОЗОН-901* — это промышленный озонатор, используемый для дезинфекции помещений и устранения запахов с помощью озона. Это устройство идеально подходит для обработки больших помещений и объектов, требующих обеззараживания, таких как склады, медицинские учреждения, гостиницы и другие объекты с высокими требованиями к гигиене.

Однако, ОЗОН-901 имеет ограниченные возможности. Оно не обладает функцией обратной связи, не имеет автоматической регулировки и не контролирует параметры окружающей среды. Также, это устройство используется исключительно для генерирования озона, что делает его полезным только в контексте дезинфекции, а не для полноценного контроля и улучшения качества воздуха в помещениях. [5]

5. *Кислородный концентратор JAY-1* — это медицинский прибор, предназначенный для подачи чистого кислорода с максимальной производительностью до 5 литров в минуту. Это устройство используется для поддержания дыхания у пациентов с заболеваниями легких, такими как хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), а также для людей с нарушениями дыхательной функции.

Концентратор JAY-1 обеспечит высокий уровень кислорода, но его функционал ограничен медицинскими нуждами, и устройство не имеет интеграции с умными системами или возможностью автоматического контроля за состоянием воздуха в помещении. Оно не генерирует озон и не решает задачи по регулированию других параметров воздуха. [6]

Таблица 2 – Характеристики отечественных и зарубежных устройств

Устройство	Страна	Фильтрация	Генерация O ₂	Генерация O ₃	IoT	Недостатки
Xiaomi Mi Air	Китай	HEPA + уголь	Нет	Нет	Да	Только фильтрация
Philips 3000i	Нидерланды	Да	Нет	Нет	Частично	Нет генерации газов
Airdog X5	США	Плазменная	Нет	Частично	Да	Без контроля состава воздуха
ОЗОН-901	Казахстан	Нет	Нет	Да	Нет	Без фильтрации и O ₂
JAY-1	Китай	Нет	Да (до 5 л/мин)	Нет	Нет	Только O ₂ , без фильтрации

1.5 Технологии, применяемые в аналогах

Современные устройства, предназначенные для улучшения качества воздуха, активно используют технологии генерации кислорода и озона. Эти процессы лежат в основе функционирования как бытовых, так и промышленных установок. Ниже рассмотрены основные методы,

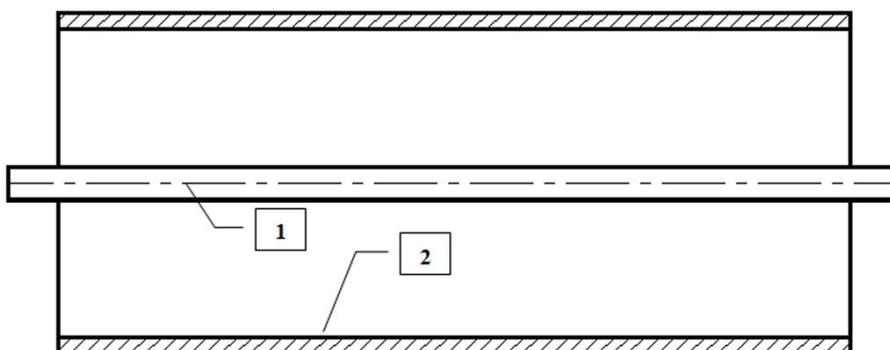
применяемые в аналогичных системах.

1.4.1 Генерация озона

Озон (O_3) — это молекула, состоящая из трёх атомов кислорода. Он обладает высокой окислительной способностью, благодаря чему используется для обеззараживания воздуха и воды, удаления запахов, а также в системах очистки воздуха. Генерация озона осуществляется путём разрыва молекул кислорода (O_2) и объединения высвободившихся атомов с другими молекулами кислорода. Наиболее распространённые методы генерации:

1. Электрический (коронный) разряд

Принцип основан на создании высоковольтного разряда (5–20 кВ) между электродами, через которые пропускается воздух. Под воздействием энергии молекулы O_2 распадаются и образуют озон. Метод отличается высокой производительностью и низким энергопотреблением, а также применяется в большинстве бытовых и промышленных озонаторов. Преимущества включают компактность установок, энергоэффективность и возможность получения больших объёмов озона. Однако требуется строгий контроль концентрации озона, так как его превышение может быть опасным для здоровья.



1 – Центральный электрод
2 – Заземленный электрод

Рисунок 2 – Схема ячейки коаксиальной геометрии для генерации озона методом импульсного коронного разряда.

2. Ультрафиолетовое излучение

Используются УФ-лампы с длиной волны от 160 до 240 нм, которые разрушают молекулы кислорода, инициируя образование озона. Метод подходит для небольших помещений и замкнутых пространств. Его достоинства включают безопасность, простоту эксплуатации, отсутствие необходимости в высоком напряжении и химических реактивах. Основной недостаток — низкая производительность и ограниченная зона действия, что делает его непригодным для масштабной обработки воздуха.

3. Электролиз воды

Основан на разложении молекул воды под действием электрического тока. На аноде выделяется кислород, часть которого может образовывать озон. Метод применяется преимущественно для дезинфекции воды, а не воздуха,

ввиду низкой производительности. Преимуществами являются экологичность, отсутствие химических реагентов и простота конструкции. Однако его энергетическая эффективность при обработке воздуха невысока, а генерация значительных объёмов озона невозможна.

1.4.2 Генерация кислорода

Обогащение воздуха кислородом необходимо в системах вентиляции, медицинских устройствах и других инженерных решениях. Получение кислорода из атмосферного воздуха осуществляется с помощью различных технологий, отличающихся по принципу действия, эффективности и масштабам применения.

1. Pressure Swing Adsorption (PSA)

Метод основан на свойстве цеолитов избирательно адсорбировать молекулы азота под повышенным давлением, оставляя молекулы кислорода. После понижения давления азот высвобождается, и цикл повторяется. На выходе получается поток газа с содержанием кислорода до 95%. Эта технология широко используется в кислородных концентраторах для медицинских и бытовых нужд, а также в системах вентиляции. Преимущества: высокая концентрация кислорода, компактность, мобильность и низкое энергопотребление. К недостаткам можно отнести необходимость регулярной замены адсорбента и обеспечение стабильных условий работы (давление, температура).

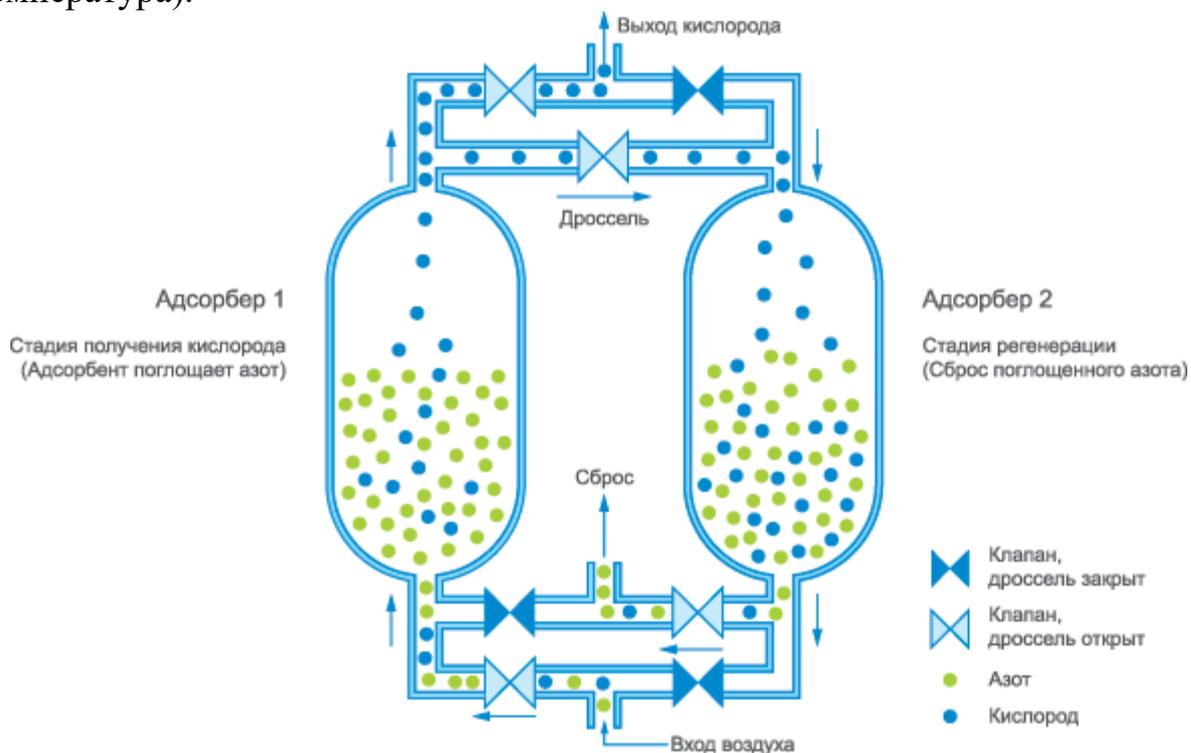


Рисунок 3 – Принципиальная схема работы кислородного концентратора по технологии PSA (Pressure Swing Adsorption).

2. Мембранная сепарация

Представляет собой процесс, при котором воздух пропускается через полимерные мембраны, обладающие избирательной проницаемостью. В

результате мембраны задерживают молекулы кислорода, формируя поток газа с повышенной концентрацией. Метод находит применение в мобильных и стационарных системах вентиляции и очистки воздуха. Его главные достоинства — компактность, простота эксплуатации, отсутствие необходимости в реагентах и относительно невысокое энергопотребление. Однако технология обеспечивает чистоту кислорода не выше 40–50%, чего недостаточно для медицинских целей. Эффективность мембранной сепарации также снижается при необходимости обработки больших объёмов воздуха.

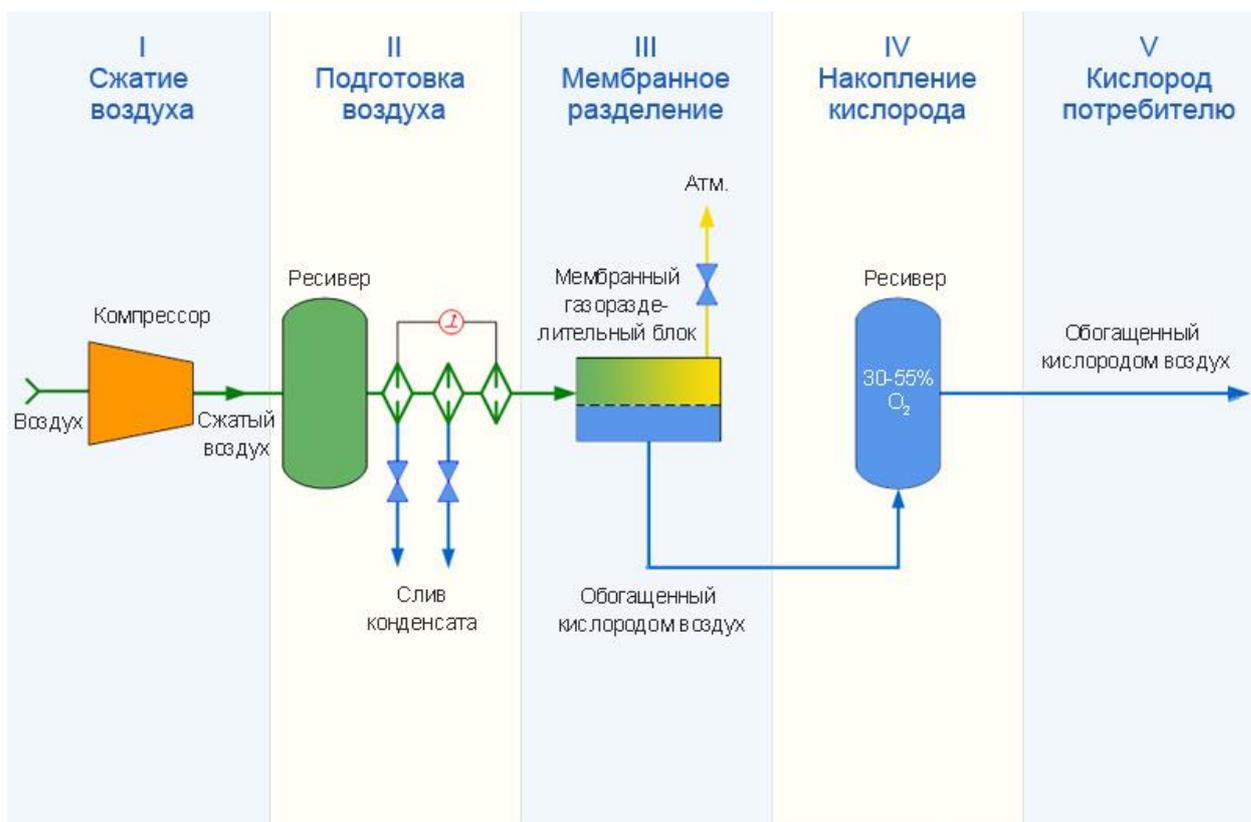


Рисунок 4 – Схема мембранной установки для генерации кислородосодержащего воздуха.

3. Криогенное разделение воздуха

Один из самых эффективных методов получения высокочистого кислорода, заключающийся в охлаждении воздуха до температур сжижения (около -196°C), с последующим разделением компонентов по точкам кипения. Метод используется в промышленности для получения жидкого кислорода (LO_2), который затем может быть превращён в газообразную форму. Основные преимущества: чистота кислорода выше 99% и возможность производства больших объёмов. Однако метод требует значительных затрат энергии, дорогостоящего оборудования, крупногабаритных установок и профессионального обслуживания. Это делает его непрактичным для использования в бытовых условиях или ограниченных пространствах.

Таблица 3 – Технологии генерации озона и кислорода

Метод	Газ	Принцип действия	Концентрация	Применение	Преимущества	Недостатки
PSA	O ₂	Адсорбция азота	до 95%	Быт, медицина	Высокая чистота	Чувствительность к влажности
Мембранная сепарация	O ₂ /N ₂	Проницаемость мембраны	30–55% O ₂	Промышленность	Низкое энергопотребление	Ограниченная концентрация
Коронный разряд	O ₃	Электрический разряд	до 10 мг/м ³	Озонаторы	Мощность, компактность	Требует защиты, контроль ПДК
УФ-генератор	O ₃	Фоторазложение кислорода	до 2 мг/м ³	Локальное очищение	Безопасность, простота	Низкая эффективность
Электролиз воды	O ₂ + O ₃	Разложение H ₂ O	Низкая	Очистка воды	Экологичность	Очень низкая производительность

1.6 Ограничения и недостатки существующих решений

На основании проведенного анализа существующих аналогов, можно выделить несколько ключевых недостатков и ограничений, которые значительно сужают их область применения и эффективность. Эти недостатки создают возможности для разработки новых устройств, которые могут объединить лучшие качества существующих решений и устранить их ограничения.

1. Отсутствие устройств с одновременной генерацией кислорода и озона, особенно в сегменте бытовой и полупрофессиональной техники

Одним из главных недостатков большинства существующих решений является отсутствие устройств, которые бы одновременно генерировали как кислород, так и озон. На данный момент в основном либо используется кислородный концентратор, либо озонатор, но редко встречаются устройства, которые могли бы комбинировать эти две функции. Это особенно актуально в бытовом и полупрофессиональном сегменте, где пользователи заинтересованы в универсальных устройствах, способных решать несколько задач одновременно. Создание устройства с функцией как генерации кислорода, так и озона, является важным шагом в развитии техники для улучшения качества воздуха.

2. Недостаток автоматизации и адаптивного управления

Большая часть существующих озонаторов и кислородных концентраторов работает без системы автоматического контроля и адаптивного управления. Например, многие озонаторы не имеют обратной связи о текущем уровне озона в помещении, что может привести к опасным концентрациям озона, что особенно важно для обеспечения безопасности. Озон в высоких концентрациях является токсичным и может вызывать раздражение дыхательных путей и другие проблемы со здоровьем.

Отсутствие автоматической регулировки также приводит к неэффективной работе устройств, особенно в случаях, когда нужно поддерживать оптимальные параметры воздуха на протяжении длительного времени. Например, без системы мониторинга и автоматической настройки концентрации кислорода или озона, устройства могут работать неэффективно, потребляя больше энергии, чем необходимо, или не достигать требуемых результатов.

3. Высокая стоимость и громоздкость медицинских концентраторов

Медицинские кислородные концентраторы, несмотря на свою высокую эффективность в поддержке дыхания у людей с заболеваниями легких, имеют несколько ограничений. Во-первых, их высокая стоимость делает их непригодными для широкого массового использования в быту, особенно в развивающихся странах. Во-вторых, такие устройства часто имеют большую массу и размеры, что ограничивает их мобильность и удобство использования в домашних условиях.

Также медицинские концентраторы обычно требуют регулярного технического обслуживания и не могут быть интегрированы в экосистемы умного дома или IoT. Эти факторы делают их не совсем подходящими для использования в повседневной жизни, где люди могли бы получить удобный доступ к чистому кислороду или озону в соответствии с их индивидуальными потребностями, без необходимости в специализированном медицинском оборудовании.

1.7 Озон и кислород как активные компоненты системы очистки воздуха

Кислород (O_2) жизненно необходим для метаболических процессов. Кислород (O_2) и озон (O_3) являются двумя важнейшими активными компонентами, которые играют ключевую роль в поддержании здоровья человека и улучшении качества воздуха в помещениях. Оба этих компонента обладают мощными свойствами, которые могут эффективно использоваться в системах очистки воздуха, обеспечивая не только его очистку от загрязнителей, но и обогащение воздухом, необходимым для нормального функционирования организма. Однако важно учитывать их особенности, чтобы использование этих компонентов было безопасным и эффективным.

Кислород является основным элементом, необходимым для жизнедеятельности всех аэробных организмов, включая человека. Он участвует в процессах клеточного дыхания и метаболизма, обеспечивая нормальное функционирование всех систем организма. В условиях замкнутых помещений, где естественная вентиляция ограничена, уровень кислорода может снижаться, что приводит к гипоксии — состоянию, когда клетки организма не получают достаточное количество кислорода.

Достоинства увеличения содержания кислорода:

- Улучшение насыщения крови кислородом: при повышении уровня кислорода в помещении происходит увеличение концентрации кислорода в крови, что способствует более эффективному кислородному обмену в организме и улучшению общего самочувствия.
- Повышение тонуса и работоспособности: Дополнительное насыщение кислородом улучшает работу мозга, повышая концентрацию, улучшая когнитивные функции и предотвращая усталость. Это особенно важно в рабочих и учебных помещениях, где требуется высокая умственная активность.
- Ускорение восстановительных процессов: Повышение уровня кислорода способствует ускоренному восстановлению после физической нагрузки, болезни или травм. Он активизирует процессы регенерации тканей и клеток, что особенно важно в медицинских и спортивных учреждениях.

Таким образом, повышение уровня кислорода в помещении может существенно улучшить качество жизни, повысить работоспособность и улучшить здоровье, особенно в условиях закрытых и плохо вентилируемых пространств.

Озон — это газ, состоящий из трех атомов кислорода (O₃). Он обладает очень высокой реакционной способностью, что делает его одним из самых мощных окислителей в природе. Эта способность позволяет озону эффективно нейтрализовать широкий спектр загрязнителей, включая бактерии, вирусы, грибки и летучие органические соединения (ЛОС), такие как запахи, дым, химические вещества (например, формальдегид).

Основные действия озона:

- Дезинфекция воздуха: Озон способен эффективно разрушать клетки бактерий и вирусов, нейтрализуя патогенные микроорганизмы в воздухе. Это делает озон крайне полезным для дезинфекции помещений, особенно в медицинских учреждениях и общественных местах.
- Удаление запахов и загрязнителей: Озон активно реагирует с органическими веществами, что позволяет устранять неприятные запахи (например, запахи пищи, табачного дыма, животных) и токсичные химические вещества, такие как формальдегид и аммиак. Это свойство делает озон идеальным для очистки воздуха в жилых и коммерческих помещениях.
- Удаление спор грибков: Озон разрушает споры грибков и других микроорганизмов, что помогает бороться с плесенью и предотвратить её рост в помещениях.

Преимущества и недостатки озона:

- Эффективность при низких концентрациях: Озон эффективно нейтрализует загрязнители и патогены уже при низких концентрациях (0,05–0,1 мг/м³). Это позволяет использовать его в качестве мощного средства для очистки воздуха без необходимости создания чрезмерно высоких доз.
- Опасность для человека: Несмотря на свои полезные свойства, озон может быть опасен для здоровья человека при превышении допустимых концентраций. Он может вызывать раздражение дыхательных путей, кашель, головную боль и даже повреждение тканей лёгких при длительном воздействии. Поэтому необходимо строго контролировать концентрацию озона в помещениях, чтобы избежать вредного воздействия на человека.

Использование кислорода и озона в системе очистки воздуха позволяет не только очищать воздух, но и обогащать его полезными компонентами. Такая комбинация является оптимальной для создания более здоровой и безопасной среды в помещениях. Кислород улучшает качество воздуха для дыхания, тогда как озон эффективно уничтожает микробиологические загрязнители и органические вещества.

Применение комбинированной системы:

- Управляемое обогащение кислородом: В системе может быть реализована функция поддержания оптимальной концентрации кислорода, что помогает улучшить здоровье, повысить работоспособность и ускорить восстановительные процессы.

- Дозированное озонирование: Одновременно с обогащением воздуха кислородом может быть активирован процесс дозированного озонирования для удаления загрязнителей и обеспечения дезинфекции помещения. Такой подход помогает поддерживать в помещении как чистоту, так и здоровую атмосферу.

1.8 Требования к безопасной эксплуатации генераторов кислорода и озона

Использование генераторов кислорода и озона в жилых и коммерческих помещениях требует строгого соблюдения нормативных требований для обеспечения безопасности людей, находящихся в этих зонах. В Республике Казахстан, как и в других странах ЕАЭС, установлены стандарты, определяющие максимально допустимые концентрации этих газов в воздухе, с целью предотвращения возможного негативного влияния на здоровье человека.

1. Допустимые концентрации озона и кислорода

Для безопасной эксплуатации оборудования необходимо учитывать следующие значения предельно допустимых концентраций:

Предельно допустимая концентрация озона в жилых помещениях (ПДКсс) составляет 0,1 мг/м³. Озон, обладая мощными окислительными свойствами и высокой эффективностью в очистке воздуха, при превышении безопасных уровней может вызывать раздражение дыхательных путей, головные боли, кашель, а также негативно воздействовать на легочную ткань. Поэтому контроль содержания озона в помещении является обязательным условием его безопасного применения.

Для кислорода в нормальных условиях предусмотрен нижний допустимый предел — не менее 19,5%. Такой уровень обеспечивает нормальное насыщение организма кислородом. При понижении концентрации кислорода ниже указанной отметки возрастает риск развития гипоксии — состояния, при котором ткани организма испытывают кислородное голодание, что негативно сказывается на здоровье.

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации и нормы

Газ	ПДК (мг/м ³ или % об.)	Источник нормативов	Последствия превышения
Озон (O ₃)	0,1 мг/м ³	СанПиН РК, ГОСТ 12.1.005	Раздражение дыхательных путей
Кислород (O ₂)	19,5–23,5 %	ГОСТ 12.1.005-88	При снижении — гипоксия; при повышении — опасность пожара
CO ₂	1000 ppm (0,1%)	СТ РК ISO 16000	Повышенная утомляемость, снижение внимания

2. Нормативные документы

Безопасность эксплуатации генераторов кислорода и озона регламентируется следующими нормативами и стандартами:

- СанПиН РК № 168 от 2021 года — санитарные правила, регулирующие микроклимат помещений, включая требования к содержанию кислорода и озона, а также к другим параметрам воздуха: температуре, влажности, освещённости. Данный документ устанавливает комплексные требования к созданию безопасной и комфортной среды.
- ГОСТ 12.1.005-88 — санитарно-гигиенические нормы, определяющие безопасные условия для работы с воздушной средой и её компонентами в жилых и рабочих помещениях. В стандарте указаны максимально допустимые концентрации различных веществ, включая кислород и озон.
- СТ РК ISO 16000 (серия) — стандарты, описывающие методики измерения качества воздуха внутри помещений, охватывающие в том числе оценку содержания кислорода, углекислого газа, летучих органических соединений (ЛОС) и озона. Эти методы обеспечивают точность контроля параметров воздушной среды для соблюдения установленных норм.

3. Технические требования к оборудованию

Современные генераторы кислорода и озона должны соответствовать следующим требованиям для безопасной работы:

- Наличие высокоточных датчиков кислорода и озона, обеспечивающих постоянный мониторинг их концентраций в воздухе. Это позволяет поддерживать безопасный режим работы устройства.
- Автоматические системы отключения при превышении безопасных уровней. Такие механизмы предотвращают накопление озона выше допустимого уровня или снижение содержания кислорода ниже нормы, обеспечивая защиту здоровья людей.
- Возможность установки таймеров и ограничения времени работы устройств, что снижает риск накопления избыточного количества озона в помещении. Например, автоматическое отключение по истечении заданного интервала времени позволяет контролировать безопасную продолжительность генерации озона.
- Системы оповещения и обратной связи, уведомляющие пользователя о превышении установленных концентраций. Это могут быть как визуальные или звуковые сигналы, так и уведомления через мобильные приложения или интегрированные системы мониторинга.

4. Рекомендации по безопасной эксплуатации

Для безопасного использования оборудования в домашних и рабочих условиях необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- Размещать устройства в хорошо вентилируемых помещениях для предотвращения накопления озона.
- Контролировать работу генераторов и регулярно отслеживать показатели содержания озона и кислорода при помощи встроенных датчиков.

- Ограничивать использование оборудования в помещениях с постоянным пребыванием людей при работе на высоких уровнях озона.
- Не допускать длительной работы устройств без контроля в помещениях с высокой плотностью находящихся людей.
- Применять модели, оснащённые автоматическими системами регулирования и отключения при достижении установленных концентрационных порогов, что обеспечивает дополнительную безопасность.

1.9 Перспективы развития комбинированных интеллектуальных систем очистки и обогащения воздуха

Разработка комбинированного устройства, совмещающего в себе функции кислородного концентратора, озонатора и интеллектуального блока управления, представляет собой актуальное и перспективное направление в сфере создания экологически эффективных систем жизнеобеспечения. Благодаря объединению технологий генерации озона и кислорода с возможностями автоматического и дистанционного управления, такие устройства способны обеспечить качественную воздушную среду в помещениях различного назначения.

Ключевой тенденцией в развитии подобных систем является интеграция с технологиями Интернета вещей (IoT). Это позволяет пользователям управлять устройствами с помощью смартфонов, планшетов или голосовых помощников (например, Amazon Alexa, Google Assistant), а также получать данные о состоянии воздуха и параметрах работы в режиме реального времени. Такая функциональность обеспечивает не только удобство эксплуатации, но и возможность удалённого контроля за микроклиматом, в том числе в ожидании прибытия людей в помещение.

Сенсорные системы и искусственный интеллект (ИИ), встроенные в современные устройства, обеспечивают динамический мониторинг и адаптацию рабочих параметров. На основе данных с датчиков ИИ способен прогнозировать ухудшение качества воздуха (например, увеличение концентрации CO₂ или ЛОС), инициируя автоматическую активацию соответствующих генераторов. Кроме того, системы накапливают статистику и «обучаются», позволяя адаптировать режимы работы под индивидуальные условия конкретного помещения и предпочтения пользователя. Это снижает энергопотребление и делает работу оборудования более устойчивой и точной.

Важным аспектом проектирования является модульность и мобильность оборудования. Современные решения ориентированы на создание компактных и лёгких устройств, которые можно легко перемещать между помещениями или использовать в поездках. Модульный принцип позволяет добавлять к базовому блоку дополнительные генераторы или фильтры, расширяя функциональность системы в зависимости от задач и площади обслуживаемого пространства. Такое оборудование легко интегрируется в существующие системы вентиляции и управления «умным домом».

С точки зрения экологической устойчивости, современные устройства разрабатываются с акцентом на снижение энергопотребления и минимизацию воздействия на окружающую среду. Используются экологически безопасные материалы, низковольтные схемы и энергоэффективные компоненты. Некоторые модели поддерживают работу от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, что особенно актуально для удалённых районов и загородных домов с ограниченным электроснабжением.

Особое внимание уделяется разработке пользовательских интерфейсов. Современные интеллектуальные панели управления обеспечивают интуитивную настройку режимов работы, отображение ключевых параметров воздушной среды и предоставление рекомендаций по её улучшению. Это делает управление доступным даже для неподготовленного пользователя и повышает общий уровень доверия к автоматизированным системам.

Области применения таких систем весьма широки:

- Жилые помещения — улучшение самочувствия и профилактика заболеваний;
- Образовательные учреждения — снижение уровня заболеваемости среди учащихся;
- Медицинские центры — вспомогательная стерилизация воздуха и насыщение кислородом;
- Офисы — повышение работоспособности и концентрации персонала;
- Промышленные объекты — поддержание контролируемого микроклимата и санитарных условий.

Таким образом, перспективы разработки и внедрения компактных, интеллектуальных и экологичных устройств, объединяющих в себе функции очистки и обогащения воздуха, напрямую связаны с актуальными глобальными тенденциями: автоматизация, энергоэффективность, устойчивое развитие и персонализированный контроль микроклимата. Эти технологии не только отвечают потребностям современного общества, но и закладывают основу для формирования умных экологических систем в жилых и общественных пространствах будущего.

1.10 Выводы по главе

Анализ существующих технологий генерации кислорода и озона, а также особенностей их применения в системах очистки и кондиционирования воздуха, показал, что большинство современных устройств выполняют строго ограниченные функции — такие как фильтрация, ионизация, увлажнение или дезинфекция. При этом они, как правило, не обеспечивают регулируемую генерацию кислорода и озона, что снижает их универсальность в обеспечении комплексного микроклиматического контроля. Озонаторы и кислородные концентраторы применяются как в медицинской, так и в бытовой практике, однако работают обособленно, без интеграции в единую интеллектуальную систему управления.

Анализ отечественных и зарубежных аналогов подтвердил отсутствие на рынке массовых решений, которые бы одновременно объединяли функции мониторинга качества воздуха, генерации кислорода и озона, а также поддерживали адаптивное управление с возможностью интеграции в системы «умного дома». Тем временем, существующие технические решения позволяют реализовать компактные и эффективные генераторы озона — преимущественно на основе коронного разряда — и кислорода — чаще всего с использованием технологии PSA. Также имеются высокоэффективные промышленные методы, такие как криогенное разделение и мембранная сепарация, однако их применение в бытовых условиях ограничено по экономическим и габаритным причинам.

На сегодняшний день технологии генерации кислорода и озона достигли высокого уровня зрелости, что делает их пригодными для комплексного использования. Кислород способствует улучшению самочувствия, повышению концентрации внимания и нормализации физиологических процессов, в то время как озон, обладая выраженными окислительными свойствами, эффективно нейтрализует вредные микроорганизмы, летучие органические соединения и неприятные запахи. Совместное применение этих технологий позволяет значительно повысить качество воздушной среды в помещениях.

Особую значимость приобретает интеграция генераторов с интеллектуальными системами управления. Современные IoT-технологии в сочетании с сенсорами и элементами искусственного интеллекта обеспечивают возможность автоматической адаптации режимов работы оборудования в зависимости от текущих условий. Такие системы позволяют поддерживать оптимальные параметры воздушной среды, повышают эффективность эксплуатации, снижают энергопотребление и делают управление устройством максимально удобным — в том числе за счёт дистанционного контроля, облачных платформ и голосовых помощников.

При этом важным условием безопасного использования остаётся соблюдение санитарных норм, регламентирующих допустимые концентрации кислорода и озона в помещении. Это требует постоянного мониторинга параметров среды и использования точных систем автоматической дозировки, которые предотвращают превышение безопасных уровней и обеспечивают защиту здоровья людей.

Таким образом, результаты анализа подтверждают техническую реализуемость и актуальность разработки компактного, многофункционального и интеллектуального устройства, способного в автоматическом режиме отслеживать состояние воздуха, генерировать кислород и озон при необходимости и взаимодействовать с элементами умной среды. Подобный подход соответствует актуальным тенденциям устойчивого развития, автоматизации и персонализированного управления микроклиматом в жилых и общественных помещениях.

1.11 Постановка задачи

Современные тенденции урбанизации, ухудшение экологической обстановки в крупных городах, а также повышенные требования к качеству воздушной среды в жилых и рабочих помещениях приводят к необходимости создания новых технических решений, способных не только очищать воздух, но и обогащать его необходимыми компонентами, прежде всего кислородом и озоном. Важной характеристикой таких устройств становится возможность их автоматизации и интеграции в повседневное использование.

Существующие системы очистки и кондиционирования воздуха, как правило, решают узконаправленные задачи, такие как фильтрация, увлажнение, ионизация или генерация одного из компонентов (озона либо кислорода). Комплексные решения, которые объединяют интеллектуальное управление, генерацию озона и кислорода, анализ параметров воздуха и обеспечивают удобство эксплуатации в домашних условиях, на данный момент почти не представлены на рынке.

В связи с этим возникает необходимость разработки устройства, способного:

- контролировать основные параметры качества воздуха (температура, влажность, уровень CO₂, летучих органических соединений, содержание озона и, по возможности, кислорода);
- по заданному алгоритму активировать генераторы озона и кислорода в зависимости от текущего состояния среды;
- обеспечить безопасность использования устройства в жилых помещениях;
- быть энергоэффективным, компактным и пригодным для серийного производства.

Целью данной работы является исследование и разработка интеллектуального устройства для улучшения качества воздуха в помещениях, способного осуществлять:

- мониторинг состава воздуха с использованием современных сенсоров;
- управляемую генерацию озона и кислорода с учётом санитарных норм;
- интеллектуальное автоматизированное управление процессами работы на базе микроконтроллера;
- автономную эксплуатацию устройства.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Провести анализ существующих решений, технологий генерации озона и кислорода, а также способов управления и мониторинга параметров воздуха.

2. Обосновать выбор аппаратных и программных компонентов, подходящих для реализации устройства в условиях ограниченного пространства и бытового применения.

3. Разработать структуру и алгоритмы функционирования устройства, включая систему контроля и регулирования параметров воздуха.

4. Реализовать прототип устройства с использованием доступных компонентов и провести его испытания в модельных условиях.

5. Оценить эффективность работы устройства и возможности масштабирования или коммерциализации решения.

Глава 2. Эволюция и изменение технологий генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха

2.1 Общие тенденции в изменении технологий очистки воздуха

Современные условия урбанизации, рост плотности населения и увеличение времени, проводимого в закрытых помещениях, создают устойчивый спрос на эффективные технологии, обеспечивающие поддержание высокого качества воздуха в жилых, офисных и общественных пространствах. В условиях ухудшающейся экологии и увеличения загрязнения атмосферного воздуха традиционные методы очистки, такие как фильтрация пыли, ионизация и увлажнение, уже не способны в полной мере решать все задачи по поддержанию комфортной и безопасной воздушной среды. Поэтому они активно дополняются или заменяются более совершенными подходами, которые фокусируются на активной модификации состава воздуха.

На передний план выходят технологии генерации кислорода и озонирования воздуха, которые обладают более выраженным санитарно-гигиеническим и оздоровительным эффектом. Эти технологии не только очищают воздух от загрязнителей, но и активно обогащают его полезными компонентами, такими как кислород и озон, что существенно улучшает общие условия для здоровья человека. В связи с этим на рынке наблюдаются значительные изменения в технологических решениях, что отражается в нескольких ключевых аспектах.

1. Миниатюризация оборудования

Современные устройства для очистки воздуха становятся всё более компактными и мобильными. Миниатюризация оборудования позволяет создавать устройства, которые могут эффективно работать даже в ограниченных пространствах, таких как квартиры, офисы, автомобили и другие малые помещения. Это также открывает возможности для создания портативных устройств, которые можно легко перемещать или использовать в различных условиях. Миниатюризация не ограничивается только размерами: современные технологии позволяют обеспечивать высокую производительность и эффективность очистки воздуха в устройствах, которые не занимают много места.

2. Снижение энергозатрат

Одной из важнейших тенденций в развитии технологий очистки воздуха является улучшение энергоэффективности. Современные устройства требуют меньше энергии для работы, что способствует снижению эксплуатационных затрат и уменьшению воздействия на окружающую среду. Совершенствование конструкций и переход на более эффективные компоненты, такие как энергоэффективные насосы и компрессоры, позволяет значительно снизить потребление энергии. Это особенно важно для бытовых и коммерческих устройств, которые работают в течение длительного времени.

3. Рост автоматизации и интеграции с IoT

Технологии IoT (Интернет вещей) и автоматизация становятся важными элементами в современных системах очистки воздуха. Устройства оснащаются сенсорами и интеллектуальными системами управления, что позволяет автоматизировать регулировку работы системы в зависимости от уровня загрязнения воздуха, температуры и других факторов. Пользователи могут контролировать и настраивать устройства с помощью мобильных приложений, что делает управление очисткой воздуха более удобным и доступным. Эти устройства могут взаимодействовать с другими умными устройствами в доме или офисе, создавая единую экосистему, которая поддерживает оптимальные условия для здоровья.

4. Повышение безопасности для человека

С развитием технологий очистки воздуха всё больше внимания уделяется безопасности человека. Важным аспектом является создание систем, которые могут точно дозировать активные компоненты, такие как озон, чтобы избежать его избыточного накопления в помещениях. Озон в высоких концентрациях является токсичным, поэтому современные устройства оснащаются датчиками и системами автоматического отключения, которые обеспечивают безопасное использование. Это особенно важно в жилых помещениях и местах с высокой плотностью людей, таких как офисы, школы и больницы.

5. Адаптация к санитарным требованиям разных стран, включая Республику Казахстан

С учётом глобализации и повышенных требований к санитарным нормам, устройства для очистки воздуха становятся всё более универсальными и соответствуют международным стандартам. Это включает соблюдение стандартов качества воздуха, таких как допустимые концентрации озона и кислорода в разных странах. В Республике Казахстан, как и в других странах ЕАЭС, существуют строгие нормативы, регулирующие содержание озона (не более 0,1 мг/м³) и минимальное содержание кислорода в воздухе (не менее 19,5%). Современные устройства должны учитывать эти нормы, обеспечивая безопасное и эффективное обогащение воздуха кислородом и озоном.

6. Изменения в материалах, конструкциях и методах управления

Современные устройства для очистки воздуха становятся всё более инновационными с точки зрения используемых материалов и конструкций. Например, новые фильтры и адсорбенты, которые эффективнее удаляют загрязнители и аллергены, а также новые мембраны и материалы для генерации кислорода и озона. Методы управления также эволюционируют, переходя от простых механических систем к сложным интеллектуальным решениям, использующим данные сенсоров для автоматической корректировки работы устройства.

7. Ориентированность на здоровье человека

Одной из ключевых тенденций является переход от простых систем очистки воздуха к устройствам, которые активно модифицируют состав воздуха, улучшая его для дыхания. Устройства, генерирующие кислород, озон или другие активные компоненты, направлены на поддержание оптимальных условий для здоровья человека, повышения уровня концентрации, улучшения сна и общего самочувствия. Это делает системы очистки воздуха не просто функциональными, но и частью комплексного подхода к улучшению качества жизни.

Тенденции в изменении технологий очистки воздуха отражают необходимость создания более эффективных, безопасных и интеллектуальных решений для поддержания качества воздуха в помещениях. Миниатюризация, повышение энергоэффективности, рост автоматизации и интеграция с IoT создают новые возможности для пользователей, обеспечивая комфорт и безопасность. В то же время акцент на здоровье человека и соблюдение международных санитарных норм открывает перспективы для создания устройств, которые будут адаптированы под нужды каждого пользователя, способствуя созданию более здоровой и безопасной среды.

2.2 Развитие технологий генерации кислорода: от медицинских установок к бытовым системам

Технологии получения кислорода за последние годы претерпели значительную эволюцию — от первых промышленных и медицинских установок до современных компактных систем, пригодных для бытового применения. Эти технологии активно совершенствуются и адаптируются к различным потребностям пользователей — от медицинских учреждений до коммерческих и домашних систем. Ранее генераторы кислорода отличались высокой стоимостью, значительными размерами и сложностью в эксплуатации, что ограничивало их распространение. Однако недавние технологические достижения позволили существенно улучшить параметры таких устройств и сделать их доступными для широкого круга пользователей.

Одним из наиболее эффективных современных решений стали компактные генераторы, работающие по технологии Pressure Swing Adsorption (PSA), основанной на использовании цеолитов с высокой селективностью к азоту. Принцип работы таких устройств заключается в адсорбции азота при повышенном давлении и его последующем высвобождении при снижении давления, что позволяет выделять кислород из воздушной смеси. Современные кислородные концентраторы, работающие по технологии PSA, способны обеспечивать концентрацию кислорода в пределах 90–95%, сохраняя при этом компактные размеры, что делает их удобными для использования в домашних условиях или небольших офисах. Благодаря высокой эффективности, простоте эксплуатации и доступной стоимости такие устройства становятся востребованными для широкого круга потребителей. Они обеспечивают не только стабильное качество воздуха, но и требуют минимального обслуживания, а их экономичность по энергопотреблению делает возможным длительное использование в повседневной жизни.

Мембранные технологии нового поколения, основанные на использовании полимерных мембран с наноструктурой, значительно улучшили производительность устройств для получения кислорода. Мембраны с такой структурой обладают высокой проницаемостью для кислорода и избирательностью к молекулам азота, что позволяет эффективно разделять эти компоненты из воздуха. Развитие: Появление мембран с наноструктурой стало основой для создания более компактных и портативных устройств, способных обеспечивать кислород с концентрацией до 30-40%. Эти устройства идеально подходят для применения в вентиляционных системах и системах "умных домов", где они обеспечивают постоянное обогащение воздуха кислородом в реальном времени. Преимущества: • Портативность: Компактность и лёгкость позволяют использовать устройства в самых разных условиях. • Гибкость применения: Возможность интеграции в системы вентиляции и умные дома. • Энергоэффективность: Мембранные системы требуют меньше энергии для работы по сравнению с другими методами.

Технологии получения кислорода за последние годы претерпели значительную эволюцию — от первых промышленных и медицинских установок до современных компактных систем, пригодных для бытового применения. Эти технологии активно совершенствуются и адаптируются к различным потребностям пользователей — от медицинских учреждений до коммерческих и домашних систем. Ранее генераторы кислорода отличались высокой стоимостью, значительными размерами и сложностью в эксплуатации, что ограничивало их распространение. Однако недавние технологические достижения позволили существенно улучшить параметры таких устройств и сделать их доступными для широкого круга пользователей.

Одним из наиболее эффективных современных решений стали компактные генераторы, работающие по технологии Pressure Swing Adsorption (PSA), основанной на использовании цеолитов с высокой селективностью к азоту. Принцип работы таких устройств заключается в адсорбции азота при повышенном давлении и его последующем высвобождении при снижении давления, что позволяет выделять кислород из воздушной смеси. Современные кислородные концентраторы, работающие по технологии PSA, способны обеспечивать концентрацию кислорода в пределах 90–95%, сохраняя при этом компактные размеры, что делает их удобными для использования в домашних условиях или небольших офисах. Благодаря высокой эффективности, простоте эксплуатации и доступной стоимости такие устройства становятся востребованными для широкого круга потребителей. Они обеспечивают не только стабильное качество воздуха, но и требуют минимального обслуживания, а их экономичность по энергопотреблению делает возможным длительное использование в повседневной жизни.

2.3 Эволюция озонаторов: от дезинфекции воды к интеллектуальной очистке воздуха

Озон (O_3) с момента своего открытия зарекомендовал себя как мощное дезинфицирующее средство, особенно в области водоочистки. Он активно используется для обеззараживания воды, уничтожая бактерии, вирусы и микробиологические загрязнители. Однако его применение в воздушной среде требовало более тщательного контроля из-за высокой токсичности на определённых концентрациях. На протяжении последних десятилетий технологии генерации озона значительно эволюционировали, что позволило расширить сферу их применения, сделать использование более безопасным и эффективным. Эволюция озонаторов проходила в нескольких ключевых направлениях, которые в свою очередь повысили безопасность, производительность и универсальность устройств.

1. Снижение мощности и дозировка озона

Ранее озонаторы, используемые в бытовых условиях, часто производили слишком высокие концентрации озона, что приводило к его накоплению в помещении и потенциально опасным последствиям для здоровья. Старые модели могли выделять озон в объёме до 1 г/ч, что делало их непригодными для длительного использования в жилых помещениях.

Современные изменения: Новейшие устройства используют технологии с микропроизводительностью — до 100–200 мг/ч. Это позволяет значительно уменьшить концентрацию озона в воздухе, делая его безопасным для использования в бытовых условиях. Кроме того, современные модели оснащены системой точного управления временем и интенсивностью генерации, что позволяет полностью контролировать процесс очистки воздуха, обеспечивая высокую эффективность без риска для здоровья.

Преимущества:

- *Безопасность*: Контроль за дозировкой озона предотвращает его избыточное накопление в помещениях.
- *Эффективность*: Использование дозированной генерации озона позволяет эффективно очищать воздух от загрязнителей при минимальных рисках.

2. Микроозонаторы с автоматическим контролем ПДК

Современные озонаторы оснащены датчиками, которые отслеживают концентрацию озона в воздухе. Например, используются сенсоры на основе MQ131 или электрохимические сенсоры, которые позволяют контролировать концентрацию озона в реальном времени и автоматически отключать генератор, когда уровень озона достигает предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для жилых помещений.

По нормативам Республики Казахстан и ВОЗ, допустимая концентрация озона в воздухе составляет 0,05–0,1 мг/м³, что снижает риски для здоровья человека. Эта автоматизация процесса значительно повышает безопасность и делает использование озонаторов более доступным для домашних и офисных условий.

Преимущества:

- *Автоматический контроль*: Датчики позволяют устройства работать безопасно и эффективно, отключая генератор при достижении опасных уровней.
- *Соответствие нормативам*: Озонаторы, оснащенные такими датчиками, соответствуют санитарным требованиям и нормам безопасности, что делает их пригодными для использования в закрытых помещениях.

3. Изменения в материалах

Современные озонаторы используют новые материалы, которые значительно повышают их долговечность и эффективность. Ранее металлы, используемые в конструкциях озонаторов, поддавались коррозии и окислению, что снижало их эксплуатационные характеристики и увеличивало риск образования побочных химических веществ, таких как оксиды азота (NO_x).

Современные решения: Использование озоностойких полимеров и стеклокерамики вместо металла решает эти проблемы, минимизируя окисление и обеспечивая более стабильную работу устройства. Эти материалы также способствуют снижению образования побочных продуктов реакции и увеличению срока службы озонаторов.

Преимущества:

- *Устойчивость к коррозии*: Новые материалы значительно увеличивают срок службы устройств.
- *Снижение побочных продуктов*: Использование современных материалов уменьшает образование нежелательных веществ, таких как NO_x, что повышает чистоту и безопасность обработки воздуха.

4. Интеграция с ИИ и предиктивным управлением

Инновации в области искусственного интеллекта и предиктивного анализа также нашли своё место в развитии озонаторов. Современные устройства способны анализировать данные о состоянии воздуха в реальном времени, предсказывать возможное загрязнение и запускать процесс озонирования только в случае реальной необходимости.

Пример: Алгоритмы могут отслеживать уровни CO₂, ЛОС (летучие органические соединения) или детектировать неприятные запахи, и запускать генерацию озона только при превышении заранее установленных пороговых значений. Это позволяет более точно контролировать качество воздуха, экономить ресурсы и избегать ненужного воздействия озона.

Преимущества:

- *Интеллектуальное управление:* Система способна адаптироваться под конкретные условия помещения и потребности пользователя.
- *Эффективность:* Предсказание и управление процессом озонирования позволяет не только улучшить качество воздуха, но и повысить энергоэффективность.

5. Комбинация с УФ и фотокатализом

Современные озонаторы часто сочетают технологию озонирования с ультрафиолетовым (УФ) излучением и фотокаталитической очисткой. Это позволяет создавать более безопасные и эффективные системы очистки воздуха, которые не только очищают воздух от загрязнителей, но и нейтрализуют патогены.

Современные решения: Слабое озонирование в сочетании с ультрафиолетовой обработкой эффективно уничтожает бактерии и вирусы, при этом концентрация озона в воздухе остаётся безопасной для людей. Эта технология позволяет использовать озонаторы даже в присутствии людей, что ранее было невозможно из-за токсичности высоких концентраций озона.

Преимущества:

- *Безопасность:* Сочетание с УФ-излучением позволяет использовать озонаторы даже в жилых помещениях и местах с высокой плотностью людей.
- *Повышенная эффективность:* Комбинированные технологии обеспечивают более полное и безопасное очищение воздуха.

3.4 Переход к интеллектуальным системам управления и IoT-интеграции

Один из наиболее значимых технологических сдвигов последних лет заключается в цифровизации и интеграции устройств очистки воздуха с технологиями Интернета вещей (IoT). Устройства генерации кислорода и озона, которые раньше рассматривались как автономные устройства с ограниченными функциями (например, работающие по таймеру или на фиксированном режиме), теперь становятся частью более широких и умных систем. Эти устройства теперь интегрируются в экосистемы управления, где они могут адаптироваться к изменениям в окружающей среде, взаимодействовать с другими устройствами и обеспечивать более высокую степень автоматизации и контроля.

Ключевые изменения в развитии интеллектуальных систем управления включают следующие элементы:

1. Использование микроконтроллеров с Wi-Fi/Bluetooth

Современные устройства для очистки воздуха всё чаще оснащаются мощными микроконтроллерами, такими как ESP32, STM32 и другие, которые поддерживают подключение к сети через Wi-Fi или Bluetooth. Это позволяет интегрировать устройства в сеть умного дома или контролировать их удалённо через интернет. Микроконтроллеры обеспечивают высокую производительность при низком энергопотреблении, что делает такие системы не только интеллектуальными, но и энергоэффективными.

Преимущества:

- **Подключение к сети:** Устройства могут быть подключены к Wi-Fi или Bluetooth, что даёт возможность управления и мониторинга в любой точке мира через мобильные приложения.

- **Гибкость в управлении:** Возможность интеграции с другими устройствами и платформами для создания единой системы управления.

2. Дистанционное управление через мобильные приложения

С помощью мобильных приложений (например, Blynk, Tuya, MQTT-платформы) пользователи могут не только включать и выключать устройства, но и контролировать параметры воздуха в реальном времени, изменять настройки работы устройства, а также получать уведомления о состоянии воздуха. Это значительно повышает удобство эксплуатации и даёт возможность оперативно реагировать на изменения в окружающей среде.

Преимущества:

- **Удалённый доступ:** Возможность контролировать устройство на расстоянии, что удобно для пользователей, которые находятся вне дома или офиса.

- **Гибкость настроек:** Пользователи могут настроить устройство под свои предпочтения, например, установить расписание работы, оптимальные уровни кислорода или озона.

3. Отображение графиков изменения параметров среды в реальном времени

Современные устройства для очистки воздуха оснащены возможностью отображать данные о состоянии окружающей среды в реальном времени. Графики изменений параметров воздуха (например, уровня CO₂, O₂, O₃, температуры, влажности, PM2.5 и других) позволяют пользователю отслеживать качество воздуха в помещении и принимать необходимые меры для его улучшения.

Преимущества:

- *Информированность:* Пользователи могут видеть динамику изменения качества воздуха и оперативно вмешиваться в процесс, если необходимо.
- *Прозрачность работы устройства:* Доступность статистики позволяет лучше понять, как работает устройство и насколько эффективно оно выполняет свою задачу.

4. Голосовое управление

Современные устройства для очистки воздуха часто поддерживают голосовое управление через платформы, такие как Google Home, Alexa и другие. Это позволяет пользователю управлять устройством без необходимости использовать физические кнопки или приложения, что повышает удобство и интегрирует устройства в более широкие системы умного дома.

Преимущества:

- *Удобство:* Управление устройством с помощью голосовых команд, что делает взаимодействие с устройством простым и удобным.
- *Интеграция в экосистему умного дома:* Устройства могут работать в тандеме с другими умными устройствами в доме, создавая скоординированную систему.

5. Интеграция в платформы умного дома

Устройства для генерации кислорода и озона теперь могут быть интегрированы в различные платформы умного дома, такие как Home Assistant, Яндекс Умный Дом и другие. Это позволяет не только управлять устройствами через центральный хаб, но и интегрировать их в более широкую экосистему управления, где все устройства работают в едином контексте.

Преимущества:

- *Централизованное управление:* Все устройства могут быть подключены к единой системе, что упрощает их управление.
- *Автоматизация:* Устройства могут работать в соответствии с заранее заданными сценариями, например, автоматически включаться при повышении уровня углекислого газа или на определённое время.

6. Датчики комплексной оценки среды

Современные системы для очистки воздуха оснащаются множеством датчиков, которые могут отслеживать различные параметры воздуха, такие как уровень CO₂, O₂, O₃, ЛОС (летучие органические соединения), PM_{2.5} (тонкие частицы), температуру и влажность. Эти датчики обеспечивают точное и оперативное измерение качества воздуха и позволяют устройствам принимать решения на основе текущих условий.

Преимущества:

- *Полный контроль:* Возможность мониторинга множества параметров воздуха в реальном времени.
- *Адаптивность:* Системы могут адаптироваться к изменениям в условиях окружающей среды и принимать меры для улучшения качества воздуха.

7. Алгоритмы адаптации и сценарии безопасности

Современные устройства способны адаптироваться к изменениям в условиях окружающей среды с помощью встроенных алгоритмов. Устройство самостоятельно выбирает режим работы в зависимости от текущих показателей, таких как уровень загрязнения, температура или влажность.

Сценарии безопасности: Некоторые устройства оснащены сценариями безопасности, например, автоматическое отключение озонатора при обнаружении людей в помещении или при превышении безопасных концентраций озона.

Преимущества:

- *Интеллектуальное управление:* Устройства могут самостоятельно регулировать интенсивность очистки и улучшения качества воздуха в зависимости от текущих условий.
- *Безопасность:* Встроенные алгоритмы защиты и сценарии безопасности гарантируют, что устройства работают безопасно даже в сложных условиях.

2.5 Соответствие санитарным и техническим нормам в новых системах

Современные устройства для генерации кислорода и озона должны строго соответствовать санитарным и техническим нормам, чтобы обеспечивать не только эффективность работы, но и безопасность для пользователей. Это включает в себя соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) озона и кислорода в воздухе, требования к электробезопасности и электромагнитной совместимости, а также другие стандартные нормативы, которые регулируют эксплуатацию подобных устройств в бытовых и рабочих помещениях. В последние годы изменения в технологиях генерации кислорода и озона значительно улучшили соответствие этим нормам, что повышает их безопасность и позволяет расширить область применения.

1. Санитарные и технические требования

Современные устройства генерации кислорода и озона должны соответствовать ряду нормативных документов, которые устанавливают максимальные безопасные концентрации этих веществ в воздухе и другие параметры. К основным нормативным требованиям относятся:

- ПДК озона в воздухе помещений: Согласно СанПиН РК №168, предельно допустимая концентрация озона в помещениях не должна превышать 0,1 мг/м³. Это значение установлено для предотвращения токсичного воздействия озона на здоровье человека. Озон в высоких концентрациях может вызывать раздражение дыхательных путей, головные боли, а также повреждение легких при длительном воздействии.

- Содержание кислорода: Согласно ГОСТ 12.1.005-88, содержание кислорода в воздухе должно быть не менее 19,5%, что является нормой для поддержания здоровья человека. Недостаток кислорода в помещении может привести к гипоксии — состоянию, при котором ткани организма не получают достаточного количества кислорода, что может вызывать усталость, головные боли и другие негативные симптомы.

- Электробезопасность: Устройства, работающие от электрической сети, должны соответствовать стандартам ГОСТ IEC 60335-1-2011, которые регулируют требования к безопасности электрических устройств в бытовом использовании. Эти стандарты включают требования по защите от поражения электрическим током, пожарной безопасности и устойчивости к воздействиям внешней среды.

- Электромагнитная совместимость: Согласно ГОСТ 30804.4.11-2013, устройства должны удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости, что означает, что они не должны создавать помехи для других электронных устройств и в то же время должны быть защищены от внешних помех.

2. Современные технологические изменения

Современные технологии генерации кислорода и озона значительно улучшили соответствие этим санитарным и техническим требованиям. Изменения в технологиях позволяют:

- Автоматизировать контроль параметров: Современные устройства оснащены датчиками, которые позволяют непрерывно отслеживать концентрации озона и кислорода в воздухе, а также другие параметры (температура, влажность и т.д.). Это позволяет системе автоматически регулировать уровень генерации в зависимости от текущих условий и предотвращать превышение безопасных концентраций.

- Исключить человеческий фактор: Автоматизация процессов контроля и регулировки работы устройств исключает вмешательство человека, что минимизирует возможность ошибок, связанных с неправильной настройкой устройства. Например, система автоматически отключает генератор озона при достижении опасных уровней, предотвращая его накопление в помещении.

- Минимизировать вероятность перегазовки: Современные устройства включают системы безопасности, которые предотвращают перегазовку озоном в помещениях. Встроенные датчики отслеживают уровень озона и автоматически регулируют его генерацию или выключают устройство при достижении предельно допустимой концентрации.

- Вести журналирование данных для анализа и отчётности: Многие современные устройства включают функции журналирования, что позволяет записывать данные о работе устройства, таких как время работы, уровни озона и кислорода, а также любые другие важные параметры. Это обеспечивает возможность анализа работы устройства в будущем и может быть полезно для составления отчётности, а также для обеспечения соответствия нормативам.

3. Технологическая эволюция и нормативная надёжность

Технологическая эволюция в области генерации кислорода и озона направлена не только на улучшение удобства эксплуатации устройств, но и на повышение их соответствия санитарным и техническим требованиям. Это способствует созданию устройств, которые безопасны для использования в любых условиях, от домашних до профессиональных.

Современные устройства уже не ограничиваются только функцией очистки или обогащения воздуха, но становятся частью сложных систем, которые активно контролируют и регулируют качество окружающей среды. Такие устройства способны адаптироваться под изменяющиеся условия и при этом соблюдать все требования, установленные нормативами, обеспечивая высокую эффективность работы без ущерба для здоровья пользователей.

2.6 Выводы по главе

Технологии генерации кислорода и озона претерпели значительные изменения за последние десятилетия. Они прошли путь от громоздких и сложных промышленных установок до компактных, интеллектуальных и безопасных решений, которые теперь могут использоваться в жилых помещениях. Этот процесс эволюции технологий стал возможен благодаря развитию новых методов генерации, улучшению материалов и интеграции с современными системами управления. Рассмотрим основные тенденции изменений:

- Миниатюризация и снижение энергопотребления: Современные устройства становятся всё более компактными, что делает их подходящими для использования в ограниченных пространствах, таких как квартиры и офисы. Одновременно с этим улучшена их энергоэффективность, что способствует снижению эксплуатационных затрат и делает эти технологии более доступными для широкой аудитории.

- Рост уровня автоматизации и интеграции в IoT-среду: Интеграция с Интернетом вещей (IoT) и автоматизация процессов очистки и обогащения воздуха позволяют пользователям более гибко и удобно контролировать параметры окружающей среды. Мобильные приложения и интеллектуальные системы управления обеспечивают возможность дистанционного мониторинга, управления и настройки работы устройств, что значительно повышает удобство эксплуатации.

- Ориентация на безопасность и нормативную совместимость: Современные устройства соответствуют строгим санитарным и техническим нормам, обеспечивая безопасное использование в любых условиях. Датчики мониторинга, системы автоматического отключения и интеграция с предсказательными алгоритмами позволяют гарантировать соблюдение предельно допустимых концентраций озона и кислорода, минимизируя риски для здоровья человека.

- Внедрение сенсорной обратной связи и предиктивного управления: Современные системы используют сенсоры для оценки качества воздуха в реальном времени, а алгоритмы предсказания загрязнений позволяют запускать генерацию кислорода или озона только в случае реальной необходимости. Это повышает эффективность работы устройств и предотвращает избыточное использование ресурсов, делая их более экологичными и экономичными.

Эти изменения открывают новые возможности для создания современных устройств, которые не просто очищают воздух, но и создают комфортную и здоровую среду в помещениях. Это особенно актуально в условиях городской застройки, где качество воздуха часто оставляет желать лучшего, а также в условиях роста аллергических заболеваний и новых рисков, таких как пандемии. В результате, современные устройства становятся неотъемлемой частью системы обеспечения здоровья и благополучия человека в условиях городской жизни.

Глава 3. Виды конструкций устройств для генерации кислорода и озона в системах очистки воздуха

3.1 Общие принципы построения конструкции устройств очистки воздуха

Устройства для генерации кислорода и озона представляют собой сложные технические системы, которые интегрируют несколько функциональных подсистем для обеспечения эффективной работы. Эти устройства включают в себя блок подготовки воздуха, генераторный модуль, систему управления, а также корпус с элементами защиты и интерфейсами для взаимодействия с пользователем. Конструкция таких устройств должна учитывать множество факторов, включая технологию генерации, целевое назначение, требования безопасности и удобство использования.

1. Технология генерации

Основным фактором, определяющим конструкцию устройства, является используемая технология генерации кислорода или озона. В зависимости от метода получения кислорода (PSA, мембранная сепарация, криогенное разделение и т.д.) или озона (коронный разряд, ультрафиолетовое излучение и т.п.) будут изменяться не только внутренние компоненты, но и общая архитектура устройства. Например:

- PSA (Pressure Swing Adsorption): системы с этим методом генерации требуют наличия специализированных адсорбентов (чаще цеолитов), а также системы сжатия и регулировки давления.
- Мембранные системы: эти устройства включают мембраны с различной проницаемостью для газов, что влияет на конструкцию фильтрующих и компрессорных компонентов.
- Коронный разряд: устройства с этим методом требуют высоковольтных электродов и системы изоляции для обеспечения безопасной работы.

Каждый метод генерации определяет конструктивные особенности устройства, а также его энергоэффективность и размеры.

2. Целевое назначение устройства

Целевое назначение устройства также сильно влияет на его конструкцию. Устройства могут быть предназначены для медицинского, бытового или промышленного использования, и в зависимости от этого предъявляются различные требования:

- Медицинские устройства: должны обеспечивать высочайшую степень чистоты кислорода и озона, а также иметь систему автоматического контроля за концентрацией этих газов. Такие устройства обычно оснащаются функцией фильтрации и строгими мерами безопасности.
- Бытовые устройства: акцент на удобстве использования, компактности и низком уровне шума. Важно, чтобы устройство не занимало много места и не создавало лишнего шума при эксплуатации.
- Промышленные устройства: здесь в приоритете высокая производительность и долговечность. Устройства часто предназначены для работы в больших помещениях или на крупных производственных площадках, что требует устойчивости к высокому рабочему давлению и температуре.

3. Требования к мобильности, шуму и производительности

- Мобильность: современные устройства становятся более компактными и мобильными. Они могут быть переносными или фиксированными, в зависимости от их назначения. Устройства для домашних условий, как правило, компактны и имеют небольшой вес, что позволяет легко перемещать их в разные помещения. В промышленности важна возможность интеграции в существующие системы вентиляции и воздухообмена.

- Уровень шума: устройства для бытового использования должны минимизировать уровень шума, особенно если они работают в помещениях, где люди проводят много времени, например, в спальнях или офисах. Современные конструкции включают шумопоглощающие материалы и системы, которые уменьшают вибрации и шум при работе компрессоров и других механических частей устройства.

- Производительность: для эффективной очистки воздуха и генерации кислорода или озона важна высокая производительность устройства, которая должна соответствовать его назначению. Промышленные установки должны обеспечивать большие объёмы очищаемого воздуха, а бытовые устройства — оптимальные параметры для небольших помещений.

4. Требования безопасности

Особое внимание в конструкции таких устройств уделяется безопасности. В устройствах генерации кислорода и озона необходимо учитывать:

- Автоматическое отключение при превышении допустимых концентраций озона или кислорода в воздухе.

- Электробезопасность, так как устройства часто работают с высокими напряжениями или используют сложные электрические компоненты.

- Защита от перегрева: особенно в устройствах с высоким уровнем энергии, таких как коронные разряды, важно предусмотреть эффективные системы охлаждения.

- Экологическая безопасность: устройства должны работать без вредных выбросов, включая токсичные побочные продукты реакции.

5. Модульность, энергоэффективность и интеграция в интерьер

Современные устройства стремятся к модульности, что позволяет изменять и адаптировать компоненты устройства под конкретные задачи. Например, добавление или замена фильтров, генераторов кислорода или озона, улучшение системы управления.

Энергоэффективность является важным аспектом, особенно в контексте растущих требований к устойчивому развитию и снижению потребления ресурсов. Современные устройства разрабатываются с использованием более эффективных технологий, которые минимизируют потребление энергии при обеспечении высокой производительности.

Интеграция в интерьер также играет важную роль, особенно для бытовых устройств. Эстетически привлекательные и компактные устройства легко вписываются в различные интерьерные решения и становятся не только функциональными, но и частью дизайнерской концепции помещений.

6. Кастомизация и масштабируемость

Современные конструкции устройств для очистки воздуха становятся всё более адаптируемыми. Это связано с увеличением потребности в кастомизации и масштабируемости решений, что позволяет адаптировать устройства под различные сценарии применения. В некоторых случаях можно изменять количество и тип фильтров, регулировать мощность генерации кислорода или озона в зависимости от условий использования. Масштабируемость устройств позволяет использовать одни и те же базовые компоненты для создания как малых бытовых устройств, так и крупных промышленных установок.

3.2 Конструкции кислородных генераторов

Современные кислородные генераторы применяются для эффективного выделения кислорода из атмосферного воздуха и могут использовать различные методы и технологии. Каждый тип генератора имеет уникальную конструкцию, которая зависит от применяемой технологии, производительности и области применения устройства.

4.2.1 PSA-концентраторы (молекулярные сита)

Технология PSA (Pressure Swing Adsorption) является одной из самых распространённых для получения кислорода из атмосферного воздуха. Это метод основан на принципе адсорбции азота молекулярными ситами при переменном давлении, что позволяет выделить кислород с высокой концентрацией.

Основной элемент конструкции — это адсорбционный модуль, в котором используется цеолит, молекулярное сито с высокой избирательностью для азота. Это позволяет эффективно отделять кислород, обеспечивая его концентрацию до 90-95%.

Основные конструктивные элементы:

- Компрессор: используется для сжатия воздуха до необходимого давления, что улучшает эффективность адсорбции.
- Система предварительной очистки воздуха: включает фильтры и осушители, которые удаляют влагу и механические загрязнители из воздуха перед его подачей в адсорбционные колонны.
- Две или более адсорбционные колонны: в этих колоннах происходит процесс адсорбции азота, в результате которого выделяется кислород.
- Клапанная система переключения циклов: для переключения между фазами адсорбции и десорбции, что позволяет поддерживать непрерывный процесс.
- Накопительный резервуар кислорода: используется для хранения кислорода до его подачи в систему.
- Система управления: обычно на основе микроконтроллеров, которая регулирует работу всех компонентов устройства, включая мониторинг давления, времени работы и состояния фильтров.

Конструкция корпуса: Обычно устройства имеют прямоугольный пластиковый или металлический корпус с вентиляцией, звукоизоляцией для уменьшения шума и цифровым дисплеем для отображения состояния работы устройства.

Преимущества:

- Высокая концентрация кислорода: до 90-95%, что делает PSA-концентраторы идеальными для медицинских целей.
- Энергоэффективность: системы работают с низким потреблением энергии, что делает их экономичными в эксплуатации.

3.2.2 Мембранные генераторы

Мембранные генераторы используют мембранные технологии для выделения кислорода из воздуха. Эти устройства обладают более простой конструкцией по сравнению с PSA-концентраторами, но они обеспечивают более низкую концентрацию кислорода, обычно до 40%.

Основные конструктивные элементы:

- Насос: необходим для подачи воздуха через мембранный блок, который разделяет газы на основе их молекулярной проницаемости.
- Блок мембран: это главный элемент, где происходит разделение кислорода от азота. Мембраны могут быть соединены каскадным образом для улучшения производительности.
- Система охлаждения: мембранные устройства могут выделять тепло, поэтому в конструкции предусмотрена система охлаждения для предотвращения перегрева.
- Панель управления: интерфейс, через который пользователь может контролировать работу устройства, изменять настройки и следить за его состоянием.

Преимущества:

- Простота конструкции: мембранные устройства имеют меньшее количество компонентов по сравнению с PSA-концентраторами, что снижает их стоимость и сложность эксплуатации.
- Популярность в системах HVAC: мембранные генераторы идеально подходят для систем отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC), где кислород подается в вентиляционные каналы.

Недостатки:

- Низкая концентрация кислорода: обычно до 40%, что ограничивает использование в медицинских и других высокоспециализированных областях.

3.2.3 Электролизные установки

Электролизные генераторы кислорода используют процесс электролиза воды для получения кислорода. Этот метод наименее распространён в бытовых условиях, но активно используется в лабораториях, в космических системах, а также для специфических нужд, таких как очистка воды или стерилизация.

Основные конструктивные элементы:

- Электролизная ячейка: внутри этой ячейки происходит процесс разделения молекул воды на кислород и водород с помощью электрического тока.
- Источник постоянного тока: для питания электролиза используется источник постоянного тока, который создаёт необходимое электрическое поле для реакции.
- Влагоулавливающие устройства: для предотвращения образования конденсата в системе электролиза используются специальные устройства для захвата лишней влаги.
- Резервуар для воды: необходим для постоянного обеспечения установки водой, которая будет подвергаться электролизу.
- Система контроля температуры: поскольку электролиз выделяет тепло, системы оснащаются датчиками температуры для предотвращения перегрева.

Преимущества:

- Независимость от атмосферного воздуха: использование воды в качестве исходного материала для получения кислорода делает эти установки удобными в условиях ограниченного доступа к атмосферному воздуху (например, в космосе).
- Использование в специфических областях: электролизные установки широко используются в научных и промышленных областях, где необходим кислород высокой чистоты.

Недостатки:

- Редкое использование в быту: в бытовых условиях такие установки не получили широкого распространения из-за высокой стоимости и низкой производительности по сравнению с PSA-концентраторами.
- Высокие требования к обслуживанию: устройства требуют регулярного обслуживания, включая проверку системы водоснабжения и контроля температуры.

3.3 Конструкции озонаторов воздуха

Озонаторы воздуха — это устройства, предназначенные для генерации озона (O_3), который используется для дезинфекции воздуха, удаления запахов и улучшения качества воздуха. В зависимости от типа технологии, конструкция озонаторов может варьироваться. Рассмотрим основные виды конструкций озонаторов, их особенности и применения.

3.3.1 Коронные озонаторы

Коронный разряд — это один из самых распространённых методов генерации озона, при котором молекулы кислорода подвергаются электрическому разряду, что приводит к их разложению и образованию атомарного кислорода, который в свою очередь соединяется с молекулами кислорода, образуя озон.

Основные компоненты:

- Высоковольтный генератор: создаёт необходимое напряжение для коронного разряда. Генератор преобразует обычное напряжение в высоковольтное, которое проходит через разрядную камеру.
- Разрядная камера: внутри камеры происходит сам процесс разложения молекул кислорода. Камера часто оснащена диэлектрической прокладкой, которая разделяет электроды, предотвращая их прямой контакт и обеспечивая необходимую проводимость.
- Вентилятор для подачи воздуха: используется для подачи воздуха в разрядную камеру, что способствует увеличению концентрации озона в потоке воздуха.
- Корпус с вентиляционными решётками: корпус устройства защищает внутренние компоненты и обеспечивает адекватную вентиляцию для охлаждения устройства.
- Таймер или датчик контроля озона: используется для контроля концентрации озона в воздухе и автоматического отключения устройства при достижении заданного уровня озона, что гарантирует безопасность.

Подтипы коронных озонаторов:

- С открытой разрядной камерой: такие устройства используются для дезинфекции в помещениях, где на момент работы озонатор может отсутствовать людей, например, в больших складах или производственных помещениях. Озон генерируется в большой концентрации, что эффективно очищает воздух, но требует тщательного контроля.
- С замкнутой камерой и ограниченным выбросом: эти устройства предназначены для длительной работы в помещениях с людьми. Они генерируют меньшее количество озона, что позволяет безопасно использовать их в условиях постоянного пребывания людей.

Преимущества:

- Высокая производительность: способны генерировать значительные объёмы озона за короткий промежуток времени.
- Эффективность: отличный выбор для помещений, где требуется мощная очистка воздуха от микробов и запахов.

3.3.2 УФ-озонаторы

Ультрафиолетовые озонаторы используют ультрафиолетовое излучение с длиной волны 185 нм, которое разлагает молекулы кислорода на атомарный кислород, который затем соединяется с молекулами кислорода для образования озона.

Основные компоненты:

- УФ-лампа: основным элементом является ультрафиолетовая лампа с длиной волны 185 нм, которая разлагает молекулы кислорода. Этот метод не требует высоковольтных компонентов, что делает устройства более безопасными.

- Корпус: выполнен из устойчивых к ультрафиолетовому излучению материалов, защищающих внутренние компоненты.

- Дополнительные компоненты: в некоторых случаях УФ-озонаторы могут быть оснащены фотокаталитической системой, что позволяет улучшить эффективность очистки, взаимодействуя с органическими веществами и разрушая их.

Преимущества:

- Отсутствие высоковольтных компонентов: УФ-озонаторы не требуют использования высоких напряжений, что снижает сложность конструкции и повышает безопасность.

- Стабильный выход озона: Озон в таких устройствах образуется стабильно, хотя и в меньших количествах, что делает их идеальными для длительного использования в помещениях с людьми.

- Компактность: Устройства с УФ-лампами могут быть более компактными и подходящими для домашних условий.

Недостатки:

- Меньшая производительность: Эти устройства обычно имеют меньшую производительность по сравнению с коронными озонаторами, что ограничивает их применение в больших помещениях.

4.3.3 Электролитические озонаторы

Электролитические озонаторы используют процесс электролиза воды для получения озона. Этот метод редко используется в бытовых условиях, но находит своё применение в специализированных областях, таких как обработка воды или стерилизация инструментов.

Основные компоненты:

- Электролитическая ячейка: основное устройство, в котором происходит процесс электролиза воды. Водяной раствор разделяется на кислород и водород, и кислород используется для образования озона.

- Система водоснабжения: необходима для подачи воды в электролитическую ячейку.

- Датчики остаточного озона: используются для контроля уровня озона в системе и предотвращения его избытка.

- Насос подачи воздуха или газа-носителя: для подачи воздуха или другого газа, который будет использоваться для улучшения процесса электролиза.

Преимущества:

- Безопасность: отсутствие высоковольтных компонентов и потенциальных рисков от коронного разряда делает эти устройства более безопасными в эксплуатации.

- **Использование воды:** метод позволяет генерировать озон непосредственно из воды, что подходит для специфических применений, таких как очистка воды или стерилизация медицинского оборудования.

Недостатки:

- **Редкость в бытовом применении:** электролитические озонаторы редко используются в домашних условиях, поскольку они требуют постоянного водоснабжения и имеют низкую производительность по сравнению с другими типами озонаторов.
- **Ограниченная область применения:** обычно используются для обработки воды или в промышленных целях, где необходим озон высокой чистоты.

3.4 Конструкции комбинированных устройств

Современные системы очистки воздуха всё чаще включают модули для генерации озона и кислорода одновременно, что требует особого внимания к конструктивному разделению каналов и безопасному управлению.

Возможные архитектуры:

- **Разделённые каналы с независимыми модулями генерации и управления:** каждый модуль работает независимо, что позволяет легко управлять и контролировать процесс.
- **Общая система вентиляции с переключением режимов:** единый канал для подачи воздуха, с возможностью переключения между режимами генерации озона и кислорода в зависимости от текущих потребностей.
- **Интеграция с УФ-фильтрами, НЕРА-фильтрацией, фотокатализом:** добавление дополнительных технологий очистки, таких как ультрафиолетовая очистка и фотокатализ, для повышения эффективности и безопасности.

Основные особенности конструкции:

- **Многослойная компоновка:** плата, модуль и фильтры размещаются по принципу многослойной компоновки, что упрощает замену и улучшает компактность устройства.
- **Электромагнитная изоляция блоков:** предотвращение воздействия помех и поддержание стабильности работы всех компонентов устройства.
- **Умный блок управления с сенсорной обратной связью:** система управления с автоматическим регулированием работы, с датчиками качества воздуха и возможностью дистанционного контроля через интерфейсы.
- **Съёмные кассеты фильтров и модулей:** позволяет легко обслуживать устройство, менять фильтры и модули, что улучшает удобство эксплуатации.
- **Модульность:** возможность замены или отключения отдельных компонентов, например, озонатора, в зависимости от задач.

3.5 Корпус и эргономика конструкций

Материалы корпуса играют ключевую роль в долговечности, устойчивости к воздействию озона, шумоизоляции и эстетике устройства. Правильный выбор материала и формы корпуса значительно влияет на функциональность устройства, его эксплуатационные характеристики и восприятие пользователем.

Таблица 5 – Сравнение форм-факторов корпусов устройств

Тип конструкции	Габариты	Уровень шума	Устойчивость	Назначение
Переносной	Компактные	Средний	Низкая	Комнаты, арендуемые помещения
Настенный	Средние	Низкий	Средняя	Постоянная установка в жилых помещениях
Напольный	Крупные	Высокий	Высокая	Промышленные и коммерческие помещения

Основные материалы корпуса:

- **ABS-пластик:** известен своей ударопрочностью, что делает его идеальным для защиты внутренней электроники и механизмов. Он также обладает хорошей устойчивостью к воздействию большинства химических веществ, включая озон.

- **Анодированный алюминий:** долговечный материал, который обладает высокой стойкостью к коррозии и легко справляется с теплоотводом, что важно для устройств, генерирующих газы. Это также придает корпусу современный внешний вид и легкость.

- **Огнестойкие полимеры:** используются в тех местах, где необходимо повысить безопасность, снижая риск возгорания в случае перегрева устройства.

- **Силиконовые прокладки:** применяются для герметизации корпуса, обеспечивая защиту от попадания пыли, влаги и других загрязнителей, а также предотвращают утечку газа из устройства.

Форма корпуса подбирается в зависимости от задачи и места использования устройства:

- **Настольные устройства:** компактные устройства, которые можно легко разместить на столе или полке, часто используются в жилых и офисных помещениях. Их форма обычно эргономична и привлекательна для пользователей.

- **Настенные устройства:** устройства, которые крепятся на стену, освобождая пространство в помещении. Подходят для небольших помещений или помещений с ограниченным пространством.

- Встроенные в вентиляцию устройства: такие устройства интегрируются в системы вентиляции и кондиционирования воздуха, что позволяет экономить место и улучшить производительность в крупных помещениях или офисах.

- Переносные или переносимые устройства: модульные устройства с ручками и батареей, которые можно легко переносить. Это позволяет использовать их в разных помещениях или при необходимости в поездках. Например, переносные генераторы кислорода часто используются для медицинских целей или в условиях с ограниченным доступом к электричеству.

3.6 Блок управления и интерфейс

Блок управления является одним из ключевых конструктивных узлов современных устройств очистки воздуха. Он обеспечивает управление всеми процессами, связанными с генерацией кислорода, озона, а также мониторинг состояния воздуха и взаимодействие с пользователем. В современных устройствах блок управления включает следующие компоненты:

Основные компоненты блока управления:

- Микроконтроллер: Это сердце системы управления, которое выполняет все вычисления и управление устройством. Используются микроконтроллеры, такие как ESP32 или STM32, которые обеспечивают высокую производительность, подключение к сети и поддержку различных интерфейсов связи.

- Сенсоры: Блок управления оснащён сенсорами для измерения концентрации различных компонентов в воздухе, таких как O₂ (кислород), O₃ (озон), CO₂ (углекислый газ), VOC (летучие органические соединения), PM2.5 (тонкие частицы), а также температуры (T) и влажности (RH). Эти данные позволяют устройству адаптироваться к изменениям окружающей среды и корректировать параметры работы.

- Дисплей: Используются TFT или OLED дисплеи для отображения информации о текущих параметрах работы устройства, качества воздуха и других важных данных. Это позволяет пользователю легко отслеживать состояние устройства.

- Сенсорные или механические кнопки: Управление устройством осуществляется с помощью сенсорных или механических кнопок, которые обеспечивают удобное взаимодействие с устройством, позволяя настраивать различные режимы работы.

- Интерфейсы связи: Для связи с другими устройствами и мобильными приложениями используются Wi-Fi, Bluetooth и UART интерфейсы. Эти интерфейсы позволяют осуществлять удалённое управление и мониторинг состояния устройства через мобильные приложения или системы умного дома.

- Алгоритмы автонастройки и адаптации: Современные устройства могут оснащаться алгоритмами автонастройки, которые позволяют устройству автоматически адаптироваться к изменениям в помещении (например, изменение уровня CO₂ или влажности) для поддержания оптимальных условий.

Особенности конструкции платы управления:

- Радиозащита: Плата управления должна быть защищена от внешних радиопомех, которые могут негативно повлиять на работу устройства. Это достигается с помощью радиозащиты.

- Охлаждение: Плата управления выделяет тепло в процессе работы, поэтому необходима продуманная система охлаждения. Это может быть пассивное охлаждение через алюминиевую подложку, которая эффективно рассеивает тепло.

3.7 Примеры конструктивных решений в устройствах разных классов

Разнообразие конструкций устройств для генерации кислорода и озона зависит от их функционального назначения, технологической базы и требований к безопасности. Рассмотрим примеры конструктивных решений для различных классов устройств.

Класс устройства	Пример конструкции	Особенности
Бытовой концентратор	PSA, пластиковый корпус, OLED-дисплей	Работа от сети, ручное управление
Умная система очистки	PSA + озонатор + HEPA + IoT	Дистанционное управление, автонастройка
Промышленный озонатор	Коронный, стальной корпус, водяное охлаждение	Высокая производительность, управление через PLC
Медицинский кислородник	PSA или мембранный, аккумулятор	Высокая чистота, мобильность, фильтрация воздуха

3.8 Выводы по главе

Конструкции устройств для генерации кислорода и озона разнообразны и зависят от их назначения, технологической базы и требований безопасности. Рассмотренные примеры конструкций показывают, как различные типы устройств адаптированы под конкретные задачи, будь то бытовое использование, промышленная эксплуатация или медицинские нужды.

Основные тенденции в развитии конструкций:

- **Переход к модульным и адаптивным архитектурам:** это позволяет создавать более гибкие и эффективные устройства, которые можно легко адаптировать под различные условия эксплуатации.
 - **Интеграция нескольких технологий очистки воздуха в одном корпусе:** комбинированные системы, объединяющие различные методы (например, PSA и озонирование), становятся всё более популярными для достижения лучшего качества воздуха.
 - **Интеллектуализация управления и сенсорная адаптация:** устройства оснащаются интеллектуальными системами управления, которые способны адаптироваться к изменениям в окружающей среде с помощью сенсоров и автоматических настроек.
 - **Приоритет на безопасность, бесшумность и эстетичность устройств:** особенно важные аспекты для бытовых и медицинских устройств, где безопасность пользователя и минимальный уровень шума играют ключевую роль.
 - **Соответствие санитарным и техническим стандартам:** соблюдение всех норм, включая санитарные требования, является необходимым для применения в медицинских учреждениях, а также в странах с высокими стандартами, как, например, в Республике Казахстан.
- Эти аспекты задают направление для дальнейшего проектирования инновационных систем, которые будут сочетать эффективность, надёжность и удобство в эксплуатации.

Заключение

В ходе выполнения данной дипломной работы была проведена комплексная проработка вопросов, связанных с возможностью создания устройства, предназначенного для улучшения качества воздуха в помещениях путём повышения концентрации кислорода и озона. С учётом постоянного роста потребности в эффективных системах очистки воздуха, как в жилых, так и в общественных и производственных зданиях, разработка такого устройства приобретает высокую актуальность и практическую значимость. Это особенно важно в условиях ухудшающейся экологии, увеличения загрязнения воздуха и роста заболеваний, связанных с нарушением микроклимата в помещениях.

В обзорной части работы был проведён всесторонний анализ современных технологий очистки воздуха, методов генерации кислорода и озона, а также рассмотрены существующие решения на рынке. В ходе анализа выявлено, что наибольшую эффективность и востребованность в бытовых и медицинских устройствах имеют технологии генерации кислорода, основанные на методе адсорбции с переменным давлением (PSA), а также генерация озона с использованием коронного разряда. Эти подходы не только обеспечивают высокую производительность, но и позволяют создавать компактные устройства, которые можно интегрировать в повседневную жизнь, улучшая качество воздуха в помещениях.

Теоретическая часть работы была посвящена подробному рассмотрению физико-химических основ процессов генерации кислорода и озона, а также их воздействия на здоровье человека и микрофлору воздуха. Здесь же рассмотрены нормативные аспекты, регламентирующие предельно допустимые концентрации озона в жилых помещениях, что критично для обеспечения безопасной эксплуатации устройств. Особое внимание было уделено требованиям к безопасной эксплуатации таких устройств, особенно в условиях длительного использования в закрытых пространствах, где управление концентрацией газов и обеспечение надлежащей вентиляции играют ключевую роль.

В третьей главе был проведён анализ развития технологий в данной области. Отмечены ключевые тенденции, такие как миниатюризация устройств, интеграция с IoT-технологиями, снижение энергопотребления и повышение уровня автоматизации. Установлено, что современные очистители воздуха всё чаще становятся неотъемлемой частью умной среды (Smart Home), в которой контроль за качеством воздуха осуществляется с помощью сенсорных систем и облачных сервисов. Эти изменения открывают новые возможности для создания адаптивных и высокоэффективных решений,

Список литературы

1. **Roberts T.** We Spend 90% of Our Time Indoors. Says Who? – BuildingGreen, 2016. – URL: <https://www.buildinggreen.com/blog/we-spend-90-our-time-indoors-says-who>
2. **Xiaomi.** *Xiaomi Smart Air Purifier 4.* — Официальный сайт Xiaomi. — URL: <https://www.mi.com/global/product/xiaomi-smart-air-purifier-4/>
3. **Philips.** *Air Purifier 3000i Series AC3055/51.* — Официальный сайт Philips. — URL: https://www.philips.com/c-p/AC3055_51/air-purifier-3000i-series
4. **Airdog.** *Airdog X5 Air Purifier.* — Официальный сайт Airdog. — URL: <https://airdogusa.com/products/airdog-x5-home-air-purifier-400-sq-ft>
5. **ОЗОНаторы.** *Озонаторы воздуха на OZON.* — Платформа OZON. — URL: <https://www.ozon.ru/category/ozonatory-vozduha/>
6. **Longfian Scitech.** *JAY-1 Portable Oxygen Concentrator.* — Официальный сайт Longfian. — URL: <https://longfiantech.com/3-3-portable-oxygen-concentrator/169322/>
7. **ГОСТ 12.1.005-88.** Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.
8. **СанПиН РК № 168 от 2021 г.** Санитарные правила «Гигиенические нормативы микроклимата помещений». – Астана: Министерство здравоохранения РК, 2021.
9. **СТ РК ISO 16000-1:2010.** Воздух в помещениях. Часть 1. Общие аспекты оценки. – Астана: КДС РК, 2010.
10. **Приказ МЗ РК № ҚР ДСМ-165/2020 от 28.12.2020 г.** Об утверждении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. – Астана: МЗ РК, 2020.
11. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Т.1: Молекулярная физика. – 5-е изд. – М.: Наука, 2006. – 512 с.
12. **Всемирная организация здравоохранения.** Загрязнение воздуха в домах и здоровье – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
13. **World Health Organization.** Air Quality Guidelines: Global Update 2021 – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
14. **Лунин В.В., Самойлович В.Г., Ткаченко С.Н., Ткаченко И.С.** Теория и практика получения и применения озона: монография. – М.: Изд-во МГУ, 2016. – 416 с. – URL: <https://www.chem.msu.ru/rus/books/2016/ozon/welcome.html>
15. **United States Environmental Protection Agency (EPA).** Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners. – URL: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>

Глоссарий

- IoT (Internet of Things) – Интернет вещей. Технология, позволяющая объединять устройства в единую сеть для сбора данных, управления и автоматизации процессов без участия человека.
- PSA (Pressure Swing Adsorption) – Адсорбция с переменным давлением. Метод получения кислорода из атмосферного воздуха путём селективного поглощения азота цеолитами при чередующихся циклах давления.
- ПДК (предельно допустимая концентрация) – Максимально допустимый уровень вещества в воздухе, не вызывающий вредного воздействия при длительном вдыхании.
- ЛОС (летучие органические соединения) – Химические соединения, способные испаряться при комнатной температуре и оказывать токсическое воздействие (например, формальдегид, бензол).
- HEPA (High Efficiency Particulate Air) – Высокоэффективный воздушный фильтр, способный задерживать частицы размером до 0,3 мкм с эффективностью 99,97%.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Исследование возможности создания устройства для улучшения качества воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Дияров Алимжан ЕркекулыАлтай Туякбаев

Подразделение

ИАИИТ

Объем найденных подоби

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.


25

Длина фразы для коэффициента подоби 2


14478

Количество слов


118782

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		6
Интервалы		0
Микропробелы		2
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		10

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подоби не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://club-mi.ru/ustroystva-umnogo-doma-xiaomi-spisok/	13 0.09 %
2	«Агротуристический комплекс в Алматинской области» 5/24/2025 Caspian University (Caspian University)	12 0.08 %

3	https://economic-bulletin.com/index.php/journal/article/view/477	12 0.08 %
4	https://official.satbayev.university/download/document/33814/Computer%20Science%206B06102%202023-2024%20%D1%80%D1%83.pdf	12 0.08 %
5	http://dspace.pdpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/19972/1/22.pdf	11 0.08 %
6	https://latosca.ru/analiz-faktorov-vneshney-sredy-vliyayushchikh-na-rabotu-gostinichnogo-predpriyatiya/	10 0.07 %
7	https://economic-bulletin.com/index.php/journal/article/view/477	10 0.07 %
8	Роль фитонцидных растений в очистке окружающей среды 5/26/2023 Kazakh University of Technology and Business n.a. Kulzhanov (Kazakh University of Technology and Business)	9 0.06 %
9	Задание 3, 5 триместр.docx 2/15/2024 Astana IT University (Astana IT University)	8 0.06 %
10	Задание 3, 5 триместр.docx 2/15/2024 Astana IT University (Astana IT University)	7 0.05 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.34 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

1	Роль фитонцидных растений в очистке окружающей среды 5/26/2023 Kazakh University of Technology and Business n.a. Kulzhanov (Kazakh University of Technology and Business)	15 (2) 0.10 %
2	Задание 3, 5 триместр.docx 2/15/2024 Astana IT University (Astana IT University)	15 (2) 0.10 %
3	«Агротуристический комплекс в Алматинской области» 5/24/2025 Caspian University (Caspian University)	12 (1) 0.08 %
4	РАЗРАБОТКА УДАЛЕННО-УПРАВЛЯЕМОГО ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ NODE JS. 5/17/2024 Kostanai State University A.Baitursynov (Кафедра программного обеспечения)	7 (1) 0.05 %

из интернета (0.55 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

1	https://official.satbayev.university/download/document/33814/Computer%20Science%206B06102%202023-2024%20%D1%80%D1%83.pdf	24 (3) 0.17 %
2	https://economic-bulletin.com/index.php/journal/article/view/477	22 (2) 0.15 %

3	https://club-mi.ru/ustroystva-umnogo-doma-xiaomi-spisok/	13 (1) 0.09 %
4	http://dspace.pdpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/19972/1/22.pdf	11 (1) 0.08 %
5	https://latosca.ru/analiz-faktorov-vneshney-sredy-vliyayushchikh-na-rabotu-gostinichnogo-predpriyatiya/	10 (1) 0.07 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	https://official.satbayev.university/download/do... <input checked="" type="checkbox"/>	24 (0.17%)

РЕЦЕНЗИЯ

дипломного проекта (работы)

студента специальности 6В07111 – Робототехника и мехатроника

Дияров Алимжан Еркекулы

На тему: «**Исследование возможности создания устройства для улучшения качества воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона**»

Разработан:

а) графический раздел 12 листов

б) пояснительная записка на 58 странице

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Целью дипломной работы является исследование возможности создания устройства для очистки и обогащения воздуха в помещениях путём генерации кислорода и озона с использованием технологий Интернета вещей (IoT). Проведён анализ современных технологий генерации кислорода (PSA, мембранная сепарация, криогенное разделение) и озона (коронный разряд, ультрафиолет, электролиз), оценены их достоинства, ограничения и применимость в бытовых условиях. Особое внимание уделено вопросам безопасности, соблюдению санитарных норм и возможностям интеграции в системы «умного дома». По результатам исследования даны рекомендации по построению системы мониторинга и управления параметрами воздушной среды.

В первой главе рассмотрены существующие технологии очистки воздуха, классификация устройств и анализ отечественных и зарубежных аналогов. Во второй главе — теоретические основы генерации кислорода и озона, их влияние на здоровье и требования к безопасности. В третьей главе описаны современные тенденции развития технологий очистки воздуха и интеграция IoT. В четвёртой главе представлены конструктивные решения генераторов кислорода и озона. Необходимо показать сравнение результатов исследования устройств для очистки и обогащения воздуха в помещениях в табличном и графическом виде, а так же добавить соответствующие ссылки.

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект студента Дияров Алимжан на тему "Исследование возможности создания устройства для улучшения качества воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона" был выполнен на достаточно хорошем уровне и соответствует поставленным задачам. Я считаю, студент Дияров Алимжан заслуживает академической степени бакалавра.

Работа оценивается на 85 баллов

Рецензент:

**PhD, ассоциированный профессор,
директор Национальной нанотехнологической
лаборатории открытого типа,
НАО КазНУ им. аль-Фараби**



Муратов М.М.

« 05 » июня 2025 г

ОТЗЫВ

**на дипломный проект (работу)
Диярова Алимжана**

6В07111 - «Робототехника и мехатроника»

На тему: Исследование возможности создания устройства для улучшения качества воздуха за счёт повышения концентрации кислорода и озона

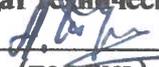
Дипломная работа представляет собой системное исследование возможностей интеллектуального устройства для улучшения качества воздуха в помещениях путём дозированной генерации кислорода и озона. Студент Дияров последовательно обосновывает научную значимость сочетания активного обогащения воздуха и удалённого мониторинга, раскрывает физико-химические механизмы разделения газовых смесей и подробно анализирует влияние кислорода и озона на здоровье человека и микроклимат помещения.

В исследовательской части выполнен тщательный обзор современных технологий и нормативных требований, проведён сравнительный анализ методов PSA-адсорбции, мембранного разделения и озонирования коронным разрядом, выявлены их преимущества и ограничения. В работе формулируются основные технические параметры будущего устройства и предлагает концептуальную схему его архитектуры, основанную на модульном подходе с учётом требований безопасности и энергоэффективности.

Работа отличается глубиной методологической проработки и аналитической точности: соединение нормативного анализа, теоретического моделирования делает исследование всесторонним. В целом дипломная работа Диярова А. соответствует предъявляемым требованиям и заслуживает высокой оценки, а ее автор присвоения звания бакалавр по специальности «Робототехника и мехатроника».

Руководитель

Кандидат технических наук, ассоциированный профессор


Туякбаев А.А.
(подпись)

«04» июля 2025 г.