ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«СРЕДНЯЯ ШКОЛА № 161 Г. МИНСКА»

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УМСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ**

Автор работы:

Хомич Данила Алексеевич,

учащийся 9 «Г» класса, (029)2839570

Руководители:

Богданович Светлана Александровна,

учитель биологии, (029)6614036

Ярец Николай Николаевич,

учитель физики, (029)2511487

г. Минск, 2021

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ…………………………….……………………………….…………3

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР………………………………..…………..4

* 1. Свойства углекислого газа…………………………………………..……..4
  2. Влияние углекислого газа на организм человека…………………...……5

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ…………………...8

* 1. Конструирование прибора для измерения концентрации углекислого газа …………………………………………………………………………………8
     1. Среда разработки и характеристики Arduino………….………………….8
     2. Датчик углекислого газа MQ-135………………………………………….8
     3. Датчик углекислого газа MH-Z19B…………..……………………………9
     4. Алгоритм работы с прибором………………………………………….…10
  2. Измерение уровня концентрации углекислого газа в учебных кабинетахсредней школы №161 г. Минска……………………………………..11
  3. Исследование влияния концентрации углекислого газа на работоспособность учащихся…………………………………….……………..13
     1. Проведение социологического опроса о самочувствии учащихся…….13
     2. Тестирование влияния концентрации CO2на кратковременную память и внимание учащихся……………………………………………………………...15

ЗАКЛЮЧЕНИЕ………………………………………………………………….17

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ………………………………………………..19

ПРИЛОЖЕНИЕ………………………………………………………………….20

**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем в учреждениях образования является проблема сохранения здоровья участников образовательного процесса, создание благоприятных условий для высокой работоспособности учащихся. Самочувствие и работоспособность человека тесно связаны с качеством воздуха там, где он трудится и отдыхает. Качество воздуха можно определить по концентрации углекислого газа СО2. Поэтому мы решили исследовать уровень концентрации углекислого газа в нашей школе и его влияние на когнитивную деятельность учащихся.

**Цель работы**: измерить концентрацию углекислого газа в учебных кабинетах и определить ее влияние на умственную деятельность учащихся.

**Объект исследования:** углекислый газ в составе воздуха

**Предмет исследования:** концентрация углекислого газа**,** образующегося в течение учебных занятий.

**Задачи**:

1. Изучить литературные источники о влиянии углекислого газа на организм человека и о приборах измерения концентрации углекислого газа в воздухе.
2. Сконструировать модель прибора по измерению углекислого газа в воздухе на базе платформы Arduino и проверить его работоспособность.
3. Измерить и проанализировать показатели содержания углекислого газа в учебных кабинетах
4. Изучить влияние концентрации углекислого газа на работоспособность учащихся.
5. Выявить способы снижения концентрации углекислого газа в учебных кабинетах и составить рекомендации по снижению СО2 в учебных кабинетах.

**Гипотеза:**

* 1. Повышенная концентрация углекислого газа негативно влияет на внимание и память учащихся.
  2. На концентрацию СО2 влияет проветривание, эффективная система вентиляции.

**Методы исследования:**

1. Моделирование
2. Расчёт
3. Математические вычисления,
4. Анализ
5. Психологическое тестирование
6. Изучение статистических данных.

**ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

**1.1 Свойства углекислого газа**

Чистый атмосферный воздух у поверхности Земли имеет следующий химический состав: азот – 78,1%, кислород – 20,93%, углекислота – 0,03–0,04%, аргон, гелий, криптон и др. – около 1%.

Физические свойства: бесцветный газ, не имеющий запаха, плохо растворяется в воде, токсичен, немного тяжелее воздуха: М (возд.) = 29г/моль, М (СО2) = 12+32=44 г/моль. Он может стать твердым, если немного охладится. Газ сжижается при критической температуре 31С0 [2].

Содержание указанных частей в чистом воздухе постоянно. Изменения происходят чаще всего за счет ее загрязнения различными выбросами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, выхлопными газами автотранспорта. В жилых помещениях изменения вызваны, прежде всего, газообразными продуктами жизнедеятельности людей и некоторыми бытовыми устройствами (газовые плиты). Так, в выдыхаемом человеком воздухе кислорода содержится на 25 % меньше, чем во вдыхаемом, а углекислого газа – в 100 раз больше.

Единицы измерения уровня СО2 - ppm (parts per million), так как его концентрация слишком мала, чтобы измерить её в . Это миллионная доля, аналогичная по смыслу проценту или промилле. 1000 ppm = 0,1% СО2 в воздухе [2].

Двуокись углерода (или углекислый газ) образуется в результате окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме людей и животных, горения топлива, гниения органических веществ. В чистом загородном воздухе 380-400 ppm углекислого газа, т.е. 0,038-0,04%. Эти концентрации оптимальны для дыхания человека.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за последние 50 лет увеличилось на 20% и постоянно продолжает расти — особенно в крупных городах за счет выхлопов автомобилей и промышленных выбросов. В воздухе городов концентрация углекислого газа увеличивается до 0,045%, в жилых и общественных зданиях (при плохой вентиляции) – до 0,6–0,8%. В закрытом помещении уровень углекислого газа повышается гораздо быстрее, чем убывает кислород. Замеры показывают, что, даже когда в школьном классе уровень СО2 достигает 1000 ppm (0,1%), содержание кислорода практически не меняется. Конечно, увеличение углекислого газа зависит от количества людей в этом помещении, от их веса и того, что они при этом делают. Взрослый человек в покое выделяет в среднем 22 л углекислоты в час, а при физической работе — в 2–3 раза больше.

Исследователи знают, что существует связь между концентрацией СО2 и ощущением духоты. Человек начинает ощущать симптомы «нехватки свежего воздуха» (а на самом деле повышенной концентрации углекислого газа) уже при его уровне 0,08%, т.е. 800 ppm. Признаки ухудшения самочувствия у человека появляются только при продолжительном вдыхании воздуха, содержащего 1,0–1,5% углекислого газа, выраженные функциональные изменения – при концентрации 2,0–2,5% и резко выраженные симптомы (головная боль, общая слабость, одышка, сердцебиение, понижение работоспособности) – при 3–4%.

Гигиеническое значение углекислого газа заключается в том, что он служит косвенным показателем общего загрязнения воздушной среды помещений. Параллельно с увеличением его содержания повышаются температура, относительная влажность, запыленность воздуха, изменяется его ионный состав, главным образом за счет увеличения положительных ионов.

Гигиенической нормой содержания углекислого газа в воздухе жилых и служебных помещений, спортивных залов считается концентрация 0,1%.

**1.2 Влияние углекислого газа на организм человека**

Вопросам влияния качества воздуха в помещениях зданий на самочувствие людей уделяется особое внимание как экологами, врачами, диагностами, так и инженерами, проектировщиками систем вентиляции и кондиционирования воздуха. От качества воздуха зависит физическое состояние человека: при неудовлетворительном качестве воздуха люди чувствуют недомогание, потерю концентрации внимания, развитие болезней и т. д.

При высоких концентрациях углекислого газа увеличиваются частота и глубина дыхания. Особенно резко возрастает вентиляция легких при совершаемой в условиях гиперкапнии мышечной работе: в 10–12 раз и более. Это далеко не безразлично для организма человека, возникают сложные, а часто и парадоксальные реакции. При очень больших концентрациях углекислого газа во вдыхаемом воздухе происходит сужение бронхов, а при концентрации выше 15% – спазм голосовой щели.

Изменения состава крови при длительной гиперкапнии заключаются в увеличении числа эритроцитов, лейкоцитов и содержания гемоглобина, увеличении вязкости крови, мобилизации форменных элементов из кровяных депо. В дальнейшем эти механизмы существенно угнетаются. Происходит уменьшение содержания сахара в крови, снижается утилизация глюкозы. Наблюдается уменьшение гликогенных запасов печени, снижение содержания гликогена в мозгу. Снижается содержание кальция в крови, и усиливается деминерализация костей, тормозится белковый обмен и ресинтез макроэргических фосфорных соединений. Особенно значительно уменьшается содержание АТФ в мозговой ткани. Повышение содержания углекислоты во вдыхаемом воздухе сначала вызывает учащение сердцебиения, затем, наоборот, – брадикардию. В связи с увеличением вязкости крови значительно увеличивается и нагрузка на сердце. Основные изменения происходят, конечно же, в центральной нервной системе, и носят они при гиперкапнии фазный характер: сначала повышение, а затем снижение возбудимости нервных образований. Ухудшение условнорефлекторной деятельности наблюдается при концентрациях, близких 2%, а при содержании углекислого газа в 5–6% происходит значительное снижение амплитуды вызванных потенциалов головного мозга, десинхронизация ритмов спонтанной электроэнцефалограммы с дальнейшим угнетением электрической активности мозга [2].

Внешне у людей гиперкапния характеризуется появлением ряда субъективных симптомов, а именно – головной боли, головокружения, чувства разбитости, раздражительности, нарушений сна. Снижение работоспособности точно коррелирует с повышением процентного содержания углекислого газа в атмосферном воздухе. При приближении этого показателя к 1% увеличивается время двигательной реакции, уменьшается точность реакции слежения; при 1,5– 2% начинает качественно меняться умственная деятельность человека, нарушаются функции дифференцировки, восприятия, оперативной памяти и распределения внимания. При длительной работе в атмосфере, содержащей 3% углекислого газа, начинаются существенные расстройства мышления, памяти, тонкой двигательной координации, резко возрастает число описок и ошибок деятельности, начинаются расстройства слуха и зрения [4].

Так как нормативный документ по параметрам микроклимата в Республике Беларусь отсутствует, то при проектировании многоквартирных и частных домов берут за основу межгосударственный стандарт ГОСТ 30494-2011 под названием «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» [12]. Нормы концентрации углекислого газа были сведены в таблицу 1.1. 1.

Таблица 1.1. Влияние на организм человека концентраций СО2 в воздухе (согласно ГОСТ 30494-2011)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Концентрация  СО2  (ppm) | Строительные нормативы  (согласно ГОСТ 30393-2011) | Влияние на организм согласно санитарно-гигиенических исследований |
| Менее 800 | Воздух высокого качества | Идеальное самочувствие и бодрость |
| 800-1000 | Воздух среднего качества | Каждый второй ощущает духоту, вялость, снижение концентрации, головную боль |
| 1000-1400 | Нижняя граница допустимой нормы | Вялость, проблемы с внимательностью и обработкой информации, тяжёлое дыхание, проблемы с носоглоткой |
| Выше 1400 | Воздух низкого качества | Сильная усталость, безынициативность, неспособность сосредоточиться, сухость слизистых, проблемы со сном |

В жилых помещениях оптимальным значением концентрации СО2 является диапазон от 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm – предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким. Однако уже 1000 ppm не признается вариантом нормы целым рядом исследований, посвященных зависимости состояния организма от уровня СО2. Их данные свидетельствует о том, что на отметке 1000 ppm больше половины испытуемых ощущают последствия ухудшения микроклимата: учащение пульса, головную боль, усталость и, конечно, пресловутое «нечем дышать» [5].

Физиологи нормальным уровнем СО2 считают 600–800 ppm. Хотя некоторые единичные жалобы на духоту возможны и при указанной концентрации. Выходит, что строительные нормативы уровня СО2 вступают в противоречие с выводами исследователей-физиологов. В последние годы именно со стороны последних все громче раздаются призывы обновить допустимые пределы, но пока дальше призывов дело не идет. Чем ниже норма СО2, на которую ориентируются строители, тем дешевле обходится устройство вентиляции [8].

Нормы углекислого газа в офисах В офисах наблюдаются те же проблемы, что и в учебных заведениях: повышенная концентрация СО2 мешает сосредоточиться. Количество ошибок, совершаемых работниками, увеличивается, вследствие чего производительность труда падает. Нормативы содержания углекислого газа в воздухе для офисов в целом те же, что для квартир и домов: приемлемым считается 800– 1400 ppm. Однако, как мы уже выяснили, уже 1000 ppm доставляет дискомфорт каждому второму.

Нормы углекислого газа в учебных заведениях В учебных заведениях оптимальным уровнем концентрации СО2 в помещении принимается диапазон: 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm – предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким. Ведь чем больше углекислого газа в воздухе, тем сложнее сосредоточиться и справиться с учебной нагрузкой [4,7].

Единицы измерения уровня СО2 - ppm (parts per million). Это миллионная доля, аналогичная по смыслу проценту или промилле. 1000 ppm = 0,1% СО2 в воздухе.

**ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**2.1 Конструирование прибора для измерения концентрации углекислого газа.**

**2.1.1. Среда разработки и характеристики Arduino**

Среда разработки Arduino состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста(консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino.

Программа, написанная в среде Arduino, называется скетч. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста (консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию. Кнопки панели инструментов позволяют проверить и записать программу, создать, открыть и сохранить скетч, открыть мониторинг последовательной шины [10].

Прибор по измерению углекислого газа состоит из нескольких компонентов (приложение):

1.Контроллер Аrduino Uno.

2.Датчики измерения углекислого газа MQ-135/MH-Z19B.

3.ЖК- дисплей.

4.Датчик температуры и влажности.

Arduino Uno контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. В Arduino Uno встроен самовосстанавливающийся предохранитель (автомат), защищающий порт USB компьютера от токов короткого замыкания и сверхтоков [6].

Коды для работы с данным контроллером могут быть различные от самых маленьких до очень больших. Всё это зависит от датчиков и модулей, которые подключаются. Чем больше модулей и датчиков подключено, тем сложнее становиться код.

* + 1. **Датчик углекислого газа MQ-135**

С помощью датчика MQ-135 прибор измеряет концентрацию углекислого газа в воздухе.

Принцип работы датчика основан на изменении сопротивления тонкопленочного слоя диоксида олова SnО2 при контакте с молекулами определяемого газа. Чувствительный элемент датчика состоит из керамической трубки с покрытием Al2О3 и нанесенного на неё чувствительного слоя диоксида олова. Внутри трубки проходит нагревательный элемент, который нагревает чувствительный слой до температуры, при которой он начинает реагировать на определяемый газ. Чувствительность к разным газам достигается варьированием состава примесей в чувствительном слое. Модуль датчика качества воздуха MQ-135. Позволяет обнаруживать в воздухе широкий диапазон газов - дыма, углекислого газа, аммиака, бензина, спиртов, оксидов азота [10].

Данный датчик калибруется вручную. Для начала его оставляют на 12-24 часа для того, чтобы он прогрелся (на свежем воздухе или в помещении). Затем вводится значение, которое получилось после прогрева датчика, в специальный код, после чего можно увидеть значения в [ppm].

Эта схема работает только в том случае если:

1. Калибровочная формула будет правильной.
2. Написанный код будет правильный.

3.Все компоненты будут в рабочем состоянии и с правильным программным обеспечением.

* + 1. **Датчик углекислого газа MH-Z19B**

Теперь рассмотрим, более точный датчик по измерению углекислого газа в воздухе - MH-Z19B. Используемый метод измерения этого датчика основан на принципе не дисперсионного инфракрасного излучения (NDIR) для обнаружения присутствия СО2 в воздухе. То есть инфракрасный свет направляется через камеру для образцов к детектору. Параллельно имеется еще одна камера с закрытым эталонным газом, обычно азотом [9].

Газ в камере образца вызывает поглощение определенных длин волн в соответствии с законом Бера-Ламберта, и затухание этих длин волн измеряется детектором для определения концентрации газа. Перед детектором установлен оптический фильтр, который устраняет весь свет, кроме длины волны, которую могут поглощать выбранные молекулы газа. Согласно документации сенсору требуется около трех минут, чтобы выйти на рабочий режим. Первое время после включения он будет выдавать или 5000ppm, или 400ppm. Сенсор реагирует на изменение концентрации СО2 с задержкой около минуты.

Датчик MH-Z19B отличается от MQ-135 тем, что его не нужно калибровать. Он делает это сам. Для этого в первое включение его оставляют в рабочем состоянии, приблизительно на 12 часов на свежем воздухе. После чего датчик MH-Z19B готов к использованию. Еще одно отличие от датчика MQ-135 в том, что MH-Z19B измеряет с меньшой погрешностью и более чувствителен, и это значительно улучшает показания прибора. Для его корректной работы достаточно изменить части кода датчика MQ-135 на MH-Z19B. После этого данные будут выводиться в таблицу и на дисплей [9].

* + 1. **Алгоритм работы с прибором**

Алгоритм работы заключался в следующем:

1. Работа с датчиком MQ-135.
2. Подключение ЖК-дисплея и датчика температуры.
3. Вывод данных температуры и СО2 в таблицу Exel и на ЖК-дисплей.
4. Создание коробки для прибора.
5. Настройка и подключение модуля Wi-Fi связи и датчика MH-Z19B.
6. Проведение экспериментов по измерению СО2 в помещениях.
7. Проведение социологического опроса.
8. Написание научной работы и ее защита.
9. Датчик MQ-135 калибровался и нужные значения подставлялись в программу. И затем проверялась работоспособность датчика.
10. Для вывода значений СО2 и градусов по Цельсию, подключили ЖК-дисплей. В скетч была добавлена соответствующая часть кода. После подключения было решено протестировать прибор на его стабильность. В результате было обнаружено, что при разной температуре могут меняться значения СО2. Было решено добавить к конструкции датчик температуры. С учётом размера и цены был выбран датчик под названием DHT (датчик температуры и влажности). Для вывода показаний этого датчика на дисплей и в таблицу в скетч была добавлена соответствующая часть кода.
11. Для сохранения и последующей работы с данными, которые были получены в результате работы прибора было решено выводить всю информацию не только на дисплей, но и в таблицу Exel в реальном времени (посредством добавления соответствующей части в скетч).
12. Так как тестирование проводилось в разных помещениях, то стало крайне неудобно переносить прибор (разбирать и снова собирать его). Поэтому на первое время было решено сделать коробку из пластикового контейнера, в котором горячим строительным ножом вырезались отверстия под датчики, дисплей, USB-разъёмы.

С усовершенствованием прибора следующим шагом было конструирование коробки из дерева. Для этого в специальной программе на компьютере был спроектирован ее макет. Затем перенеся всё в реальность из дерева вырезались стенки и каркас. Всё скреплялось шурупами и уголками. Крышка была с откидным механизмом и магнитами для фиксации. В готовой коробке вырезались отверстия под датчики, дисплей и т.д. Затем коробка обжигалась и шлифовалась, после покрывалась защитным лаком для дерева.

Через некоторое время использования стало понятно, что коробка оказалась непрактичной и неудобной. Всё из-за её больших размеров и веса. Поэтому было решено сделать новую, более практичную и удобную версию. Она была похожа на предыдущую тем, что так и остался откидной механизм и оформление коробки, но она стала меньшего размера, за счёт того, что был убран каркас и пересмотрено использование внутреннего пространства. Были убраны магниты, а откидной механизм стал более жёсткий. Так же коробка была сделана уже после настройки и подключения нового датчика MH-Z19B, поэтому отверстие от предыдущего датчика было также заменено (Приложение).

1. Датчик MQ-135 был заменен на более точный MH-Z19B. К сожалению, в процессе работы оказалось невозможным подключение модуля Wi-Fi к прибору из-за недоступности деталей и сложности подключения. Сейчас идёт поиск нового средства для передачи информации, рассматривается другая модель Wi-Fi модуля.
   1. **Измерение уровня концентрации углекислого газа в учебных кабинетах средней школы №161 г. Минска**

Исследование качества воздуха в учебных кабинетах средней школы №161 г. Минска производились с использованием сконструированного нами прибора.

Так как нормативный документ по параметрам микроклимата в Республике Беларусь отсутствует, то при проектировании многоквартирных и частных домов берут за основу межгосударственный стандарт ГОСТ 30494-2011 под названием «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». При рассмотрении норм углекислого газа в жилых и общественных помещениях, будем ссылаться на этот нормативный документ [11]. В учебных заведениях оптимальным уровнем концентрации CO2 в помещении принимается диапазон: 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm – предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким.

Исследования проводились с учетом того, что в Московском районе наблюдется относительно благополучная ситуацию по качеству воздуха (316-450 ppm).

Для исследования были выбраны кабинеты №319 и № 429 .

Исследования показали, что за время учебных занятий диапазон концентрации углекислого газа в воздухе составляет от 396 ppm до 2002 ppm. Данные о концентрациях углекислого газа сведены в графики.

На графике (рисунок 2.1.) хорошо видно, как на уроках в кабинете №319 концентрация углекислого газа растёт, а на переменах уменьшается. Это связано с тем, что на переменах в классе никого нет и все окна открыты, а на уроке открыто только одно окно. На втором и четвертом уроке концентрация падает. Это происходит потому, что на 2-ом уроке в классе находилось всего 8 учащихся, а на четвертом и вовсе никого не было. На остальных, всё стабильно, на каждом из них повышается, а на переменах падает.

Рисунок 2.1. Динамика концентрации CO2 в №319 кабинете

На графике (рисунок 2.2.) концентрации CO2 в кабинете №429 чётко видно, что концентрация углекислого газа почти всегда держится на отметке не менее 1000ppm. Это было связано с тем, что на переменах учащиеся находились в учебном кабинете, постоянно открыто только 1 окно. И только на третьем уроке, когда в классе не было учащихся, концентрация упала до 850ppm. Потом заметен высокий скачок концентрации, что произошло из-за повышения температуры в классе, из-за солнечного нагрева (т.к кабинет расположен на 4 этаже), большого кол-ва учащихся, недостаточного проветривания и вентиляции. Соответственно воздух в классе начал расширяться и вытеснять ценный кислород. Из-за всего перечисленного к концу 5-ого урока концентрация углекислого газа достигла 2000ppm, что на 1200 ppm выше нормы. При этом температура в классе поднялась с 19°С до 26 °С.

Рисунок 2.2. Динамика концентрации CO2 в №429 кабинете

Во время двух экспериментов в классе была стандартная школьная вентиляция — отверстия естественной вытяжки под потолком, организованного притока нет, воздух входит в класс через окна и щели в стенах с улицы и через дверь из коридора.

Из графиков видно, что качество воздуха в учебных кабинетах не соответствует необходимым значениям. Это обусловлено тем, что:

1. Малое количество проветриваний и их неэффективность. Т.к. 15 минут на проветривание с 1-2 отрытыми окнами недостаточно. Длительности проветривания учебных помещений, в зависимости от температуры наружного воздуха и длительностью перемен приведены в таблице 2.1.
2. Проветривание является неэффективным, если в классе в этот момент находятся учащиеся.
3. Большое количество учащихся в классе во время урока.
4. Высокая температуры в помещении.
5. Существующая система естественной вентиляции не обеспечивает допустимого воздухообмена.

Таблица 2.1. Длительность проветривания учебных помещений [1].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наружная температура воздуха | Длительность проветривания в помещении (в минутах) | |
| В малые перемены | В большие перемены |
| От +10 до +6 °С | 4-10 | 25-35 |
| От +5 до 0 °С | 3-7 | 20-30 |
| От 0 до -5 °С | 2-5 | 15-25 |
| От -5 до -10 °С | 1-3 | 10-15 |
| Ниже -10°С | 1-1.5 | 5-10 |

* 1. **Исследование влияния концентрации углекислого газа на работоспособность учащихся.**
     1. **Проведение социологического опроса о самочувствии учащихся**

Учитывая, что в классах обычно 25-30 учащихся, сосредоточенных в ограниченном для такого количества пространстве (классе) можно сделать вывод, что содержание углекислого газа в помещении постоянно растет. Получается, что учащиеся 40-45 минут проводят в стесненных условиях без необходимой смены воздуха. Становится ясно, что именно поддержание комфортной концентрации CO2 в школьных помещениях определяет качество восприятия, результат усвоения материала, общее самочувствие.

Для подтверждения гипотезы о том, что высокая концентрация углекислого газа негативно влияет на работоспособность и самочувствие человека в день проведения второго эксперимента одновременно был проведен и социологический опрос. Учащимся (21 человек) было предложено ответить на три вопроса в конце первого урока и в конце четвертого урока. Опрос проводился в кабинете на 4 этаже в ясный солнечный день.

1.Чувствуете ли вы снижение концентрации внимания?

2.Беспокоят ли вас головные боли в данный момент?

3.Ощущаете ли вы сонливость?

Результаты опроса можно увидеть на рисунке 2.3, 2.4.

Рисунок 2.3. Результаты соцопроса после первого урока в кабинете №429

Рисунок 2.4. Результаты соцопроса после четвертого урока в кабинете №429

По итогу результатов социологического опроса можно сделать следующие выводы:

1.Концентрация углекислого газа в школьных помещениях влияет на внимание и активность учеников; определяет способности учеников к восприятию и усвоению материала, решению задач и обучению в общем.

2.Критическое повышение концентрации углекислого газа в школьных классах до 1500-2000 ppm (и более) приводит к утомляемости, сонливости, невнимательности и раздражительности.

3.Высокая температура и недостаточная влажность также считаются неблагоприятными условиями для интеллектуального труда. Высокая температура снижает уровень насыщения крови кислородом, что, в свою очередь, выливается в ощущение слабости, вялости, возможно также появление головокружения и одышки. При температуре воздуха около 30℃ увеличивается потоотделение и нарушается водно-солевой баланс организма. Что касается сухого воздуха, то он воздействует на глаза, вызывая покраснения, сухость и способствуя их утомляемости.

* + 1. **Тестирование влияния концентрации CO2****на кратковременную память и внимание учащихся.**

Для исследования влияния уровней концентрации CO2 в воздухе учебного кабинета на умственную работоспособность учащихся необходимо было провести эксперименты с использованием не сложных задач, чтобы на результатах опытов не сказывались общий уровень интеллекта и эрудиции отдельных учащихся, но в то же время требующими внимания и концентрации. Поэтому было принято решение использовать тест Лурия «10 слов» и буквенный тест (методика Мюнстерберга)

Тест Лурия «10 слов» построен на тесной связи концентрации внимания с кратковременной памятью [11]. Испытуемому зачитывается десять случайных слов, подобранных без явных смысловых и ассоциативных связей. После единственного зачитывания предлагается воспроизвести все слова в любом порядке.

Буквенный тест **(**Методика Мюнстерберга) направлен на определение избирательности внимания [6]. Методика представляет собой сплошной буквенный текст, среди которого имеются слова. Задача испытуемого, считывая текст, как можно быстрее находить эти слова. На работу отводится две минуты. Каждое найденное слово подчеркивается карандашом. После того, как испытуемый заканчивает, необходимо подсчитать количество подчеркнутых слов, ошибок и сравнить с правильным ответом.

Тесты проводились среди учащихся 7 классов. Учащиеся случайным образом были разделены на две группы. Первая группа выполняла задания при концентрации 385 ppm. Вторая – 1143 ppm. Обе группы не выполняли задания при разных уровнях CO2 так как в этом случае трудно было бы оценить влияние на эксперимент эффекта облученности.

Результаты исследования представлены в таблице. Исследования показали, что с повышением концентрации углекислого газа концентрация внимания и емкость кратковременной памяти снижаются. Просматривается четкая тенденция снижения количества правильно данных ответов и увеличения количества ошибок в условиях концентраций углекислого газа, достигаемых в классе за время одного урока, даже если класс хорошо проветрен на перемене.

Таблица 2.2. Результаты буквенного теста **(**Методика Мюнстерберга)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Тест 1 | Тест 2 |
| CO2 385 ppm | CO2 1143 ppm |
| Число участников | 25 | 25 |
| Среднее число правильных ответов | 18 | 14 |
| Среднее число ошибок | 0,8 | 2,32 |
| Процент правильных ответов | 72% | 56% |
| Процент ошибок | 3,2% | 9,3% |

Таблица 2.3. Результаты буквенного теста **(**Методика Мюнстерберга)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Тест 1 | Тест 2 |
| CO2 385 ppm | CO2 1143 ppm |
| Число участников | 25 | 25 |
| Среднее число воспроизведенных слов | 5,6 | 4,2 |
| Процент воспроизведенных слов | 56% | 42% |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, можно сделать **вывод**, что

1. Несмотря на относительно благополучную ситуацию по качеству наружного воздух в г. Минске (316-450 ppm), качество воздуха в учебных кабинетах неудовлетворительное и не соответствует Межгосударственному стандарту ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

1. В условиях школы даже при проветривании учебного кабинета между уроками концентрация углекислого газа к концу урока может достигать уровней более 2002 ppm.
2. Мониторинг уровня содержания углекислого газа в учебном кабинете показал, что проветривание помещения с помощью открытия окон достаточно эффективно и способно привести концентрацию CO2 к приемлемым уровням за длинную перемену (30 мин), однако малые перемены (15мин) не справятся с такой задачей. Кроме того, даже при полноценном проветривании помещения перед уроком концентрация CO2 в течение урока вырастает до уровней выше 2002 ppm, что существенно выше рекомендуемых норм. Для поддержания нормального уровня углекислого газа необходимо проветривание и во время урока.
3. Проведенное исследование показало, что уже при значениях содержания CO2 в воздухе 1143 ppm помещения нарушается внимание учащихся, снижается емкость кратковременной памяти учащихся, повышается количество ошибок при выполнении заданий, требующих умственной концентрации.
4. В период проветривания, нахождение учащихся в классе, делает его неэффективным. И не позволяет снизить концентрацию углекислого газа до допустимой нормы.

**Рекомендации**

Для снижения вредного воздействия на данном этапе необходимы:

а) проверка работоспособности существующей системы вытяжной вентиляции и, в случае обнаружения дефектов, принятие необходимых мер по их ликвидации;

б) проведение бесед с учителями и учащимися о важности систематического проветривания помещений, соблюдения правил проветривания помещений.

в) регулярно производить замеры качества воздуха с помощью специальных приборов.

г) требуется оборудование школ системами приточной вентиляции с предварительным подогревом входящего воздуха до комнатной температуры в холодное время года или использование в учебных кабинетах систем поглощения углекислого газа.

д) необходимо пересмотреть допустимые нормы концентрации углекислого газа.

е) Необходимо часто проветривать помещение, в котором вы находитесь, не менее 15 мин один раз в час (особенно в жаркие дни). При этом помещение должно быть пустым.

Таким образом, цели нашей работы достигнуты, гипотезы подтверждены. В дальнейшем планируется внедрить возможность оповещения о превышении концентрации CO2 и необходимости в проветривании. А также выяснить зависимость концентрации CO2 от количества растений, их размера и площади листьев.

**Практическое значение работы** заключается в необходимости поиска способов улучшения качества воздуха в учебных кабинетах с целью сохранения здоровья и повышения работоспособности учащихся, использовании результатов работы для формирования здорового образа жизни на уроках биологии и классных часах. Сконструированный прибор может помочь людям поддерживать оптимальную концентрацию CO2 в помещении, а именно предупреждать о высоком количестве углекислого газа и необходимости в проветривании. Особенно этот прибор актуален для людей с такими заболеваниями, как астма или аллергия и свежий воздух им просто необходим.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. График проветривания учебных помещений [Электронный ресурс] – <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900525&p1=1> – Дата доступа : 09.04.2019.
2. Гурин И.В. Кто ответит за чистоту в помещении [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.alfaintek.eu/assets/files/duxota.pdf. – Дата доступа: 20.02.2020.
3. Датчик углекислого газа MQ-135 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://wiki.amperka.ru. – Дата доступа: 22.02.2020.
4. Качество атмосферного воздуха и здоровье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health>. – Дата доступа: 04.01.2020.
5. [Квашнин](https://www.abok.ru/?controller=articleAuthorView&id=1248) **И.М., Гурин И.И.** К вопросу о нормировании воздухообмена по содержанию CO2 в наружном и внутреннем воздухе [Электронный ресурс] *–* Режим доступа: <https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4046> – Дата доступа: 04.02.2020.
6. Методика Мюнстерберга [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://testoteka.narod.ru/pozn/1/26.html>. – Дата доступа: 06.09.2020.
7. Новосельцев В. Г., Бойко С.В., Матлашук Д.В. Проблема превышения содержания углекислого газа в воздухе жилых и общественных зданий **//** Вестник Брестского государственного технического университета. *–* 2020. – №2. – С. 68 – 70
8. Нормы СО2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://tion.ru/blog/normy-co2/. – Дата доступа: 17.03.2019.
9. Обзор инфракрасного датчика CO2 MH-Z19 [Электронный ресурс] *–*  Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/391157>. – Дата доступа: 04.09.2020.
10. Плата Arduino: схемы, описание, подключение устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru>. – Дата доступа: 22.02.2020.
11. Тест Лурия «10 слов» на память и внимательность [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://i-fakt.ru](https://i-fakt.ru/test-luriya-10-slov-na-pamyat-i-vnimatelnost/) https://i-fakt.ru/test-luriya-10-slov-na-pamyat-i-vnimatelnost. – Дата доступа: 046.09.2020.
12. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011. – Дата доступа: 17.03.2020.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**



Рисунок 1. Прибор по измерению углекислого газа