



**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОРОДСКОГО ОКРУГА БАЛАШИХА
«СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 30»**

143909, Московская область, г.Балашиха, мкр. Авиаторов, ул.Летная, д.7
тел.: (498) 500-40-06, (498) 500-40-07, e-mail: bal.school30@yandex.ru
ИНН 5001096382 КПП 500101001 ОГРН 1135001006238

Конкурс исследовательских и проектных работ учащихся «ПОТЕНЦИАЛ – 2022»

**Тема: «Применение НЕРА-фильтров в медицине, фармакологии и других
сферах деятельности.
Их использование в борьбе с COVID-19»**

Выполнил: ученик класса 11-2

МБОУ «Школа №30»

Щипков Матвей

Руководитель: учитель физики

Черных С. Н.

г. Балашиха, 2022 г.

Содержание

1. Введение

2. Основная часть

2.1 НЕРА-фильтр

2.2 Первое появление

2.3 Принцип работы НЕРА-фильтра

2.3.1 Эффект диффузии

2.3.2 Эффект инерции

2.3.3 Эффект зацепления

2.3.4 Эффект сита

2.4 Эффективность НЕРА-фильтра

2.5 От чего зависит эффективность НЕРА-фильтра

2.6 Проверка защитной эффективности НЕРА-фильтра

2.7 Неочевидные факты о НЕРА-фильтре

2.8 Области применения НЕРА-фильтра

3. НЕРА-фильтры в борьбе с Covid-19

4. Сборка макета участка вентиляционной установки и проверка работоспособности НЕРА-фильтра.

5. Заключение

6. Литература

1.Введение

С 2019 года и по сей день человечество продолжает бороться с пандемией COVID-19. Для того что бы проводить исследования над вакциной необходимо наличие стерильных условий, а в свою очередь стерильные условия обеспечивают HEPA-фильтры. Это фильтры с высокоэффективной задержкой частиц.

Данная проблема **актуальна**, так как HEPA-фильтры используются в боксах микро-биологической безопасности, в ламинарных укрытиях и зонах и чистых помещениях, которые нужны для создания стерильных условий.

Цель моего проекта состоит в том, чтобы изучить историю создания HEPA-фильтров, узнать из чего состоит, какие есть виды, где применяется и так далее.

Задачи:

1. Дать определение HEPA-фильтра;
2. Узнать о первом появлении HEPA-фильтров;
3. Выяснить из чего состоит HEPA-фильтр;
4. Узнать принцип работы HEPA-фильтров;
5. Выяснить где применяются HEPA-фильтры;
6. Выяснить как проводится проверка эффективности HEPA-фильтра;
7. Собрать макет участка вентиляционной установки и проверить работоспособность HEPA-фильтра.

Методы:

- 1.Интернет ресурсы
- 2.Интервью со специалистом
- 3.Государственные стандарты и другие нормы документации

2. Основная часть

2.1 HEPA-фильтр

HEPA-фильтры – это высокоэффективные фильтры, главная цель которых – удалять из воздуха мелкодисперсные частицы, в том числе PM2.5 и PM10 (с диаметром менее 2,5 и 10 мкм соответственно). HEPA – это не бренд и не марка, а класс фильтров, который определяется международным и национальным стандартами (HEPA – High Efficiency Particulate Absorption, что в переводе означает: высокоэффективная задержка пыли)

2.2 Первое появление

Фильтры такого типа начали использоваться в 40-х годах в США, во время развития ядерного проекта. Они применялись для улавливания радиоактивных частиц на предприятиях ядерной промышленности. Примерно в то же время в СССР были независимо разработаны и начали использоваться аналогичные фильтры, известные под названием «фильтры Петрянова-Соколова».

2.3 Принцип работы HEPA-фильтра

Основа любого HEPA-фильтра – хаотично расположенные волокна разной толщины, примерно 0,5-5 мкм. Расстояние между волокнами – порядка 5-50 мкм. Диаметр мелкодисперсных частиц – в пределах нескольких микрон или даже нескольких долей микрона.

Основное отличие HEPA от фильтров грубой и тонкой очистки в том, что для фильтрации частице не обязательно застревать в волокнах. Если пылинка просто коснулась фильтровального материала, этого уже достаточно для и эффективного осаждения. Это связано с двумя процессами: адгезией и аутогезией.

Адгезия – это взаимодействие пыли с осаждающей поверхностью, в нашем случае с волокнами HEPA. Благодаря адгезии на чистых волокнах появляется первый слой пыли. Аутогезия, или слипаемость – это взаимодействие пылевых частиц между собой. Благодаря аутогенному

взаимодействию частицы продолжают наслаиваться друг на друга, образуя на волокнах многослойные конгломераты.

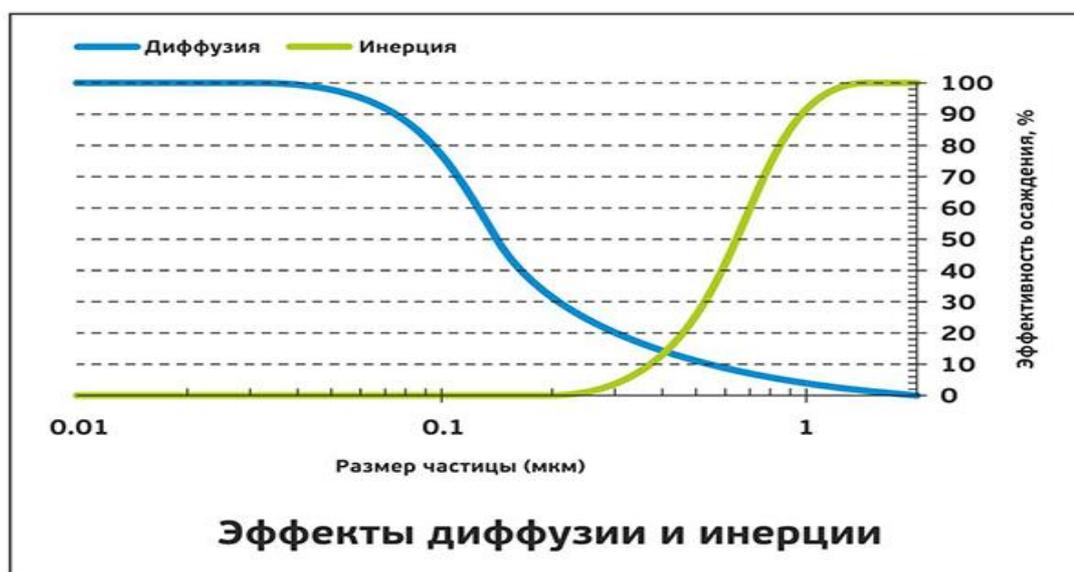
Для мельчайших частиц притяжение к волокну и пылевому слою настолько большое, что **частицы оседают в НЕРА-фильтре фактически навсегда**

2.3.1 Эффект диффузии

Самые мелкие частицы (с диаметром меньше 0,1 мкм) обладают небольшой массой и постоянно находятся в хаотичном броуновском движении. Их траектория постоянно колеблется относительно линии тока воздуха. В ходе колебаний частица выходит из потока, касается волокна и осаждаются. Это **эффект диффузии**:

2.3.2 Эффект инерции

Более крупные частицы (с диаметром больше 0,3 мкм) весят больше, поэтому их колебания относительно линии тока меньше либо отсутствуют вообще. Такие частицы осаждаются по другому механизму. Линии воздушного потока искривляются вблизи волокна, огибая препятствие. Крупные и тяжелые частицы за счет инерции выходят из воздушного потока, сталкиваются с волокном и осаждаются. Это **эффект инерции**. Диффузионный и инерционный эффекты дополняют друг друга: один отвечает за фильтрацию самых мелких частиц, другой – более крупных:



2.3.3 Эффект зацепления

Сложнее всего посадить на волокно частицы с «промежуточным» размером. Их инерция еще недостаточно большая, а диффузия уже работает слабо, так как колебания их траектории относительно линии тока уже не такие сильные. Поэтому такие частицы с большей вероятностью остаются в потоке и огибают волокна вместе с воздухом. Их называют частицами с максимальной проникающей способностью, Most Penetrating Particle Size (MPPS). И для их осаждения наибольшее значение имеет последний механизм – **эффект зацепления**.

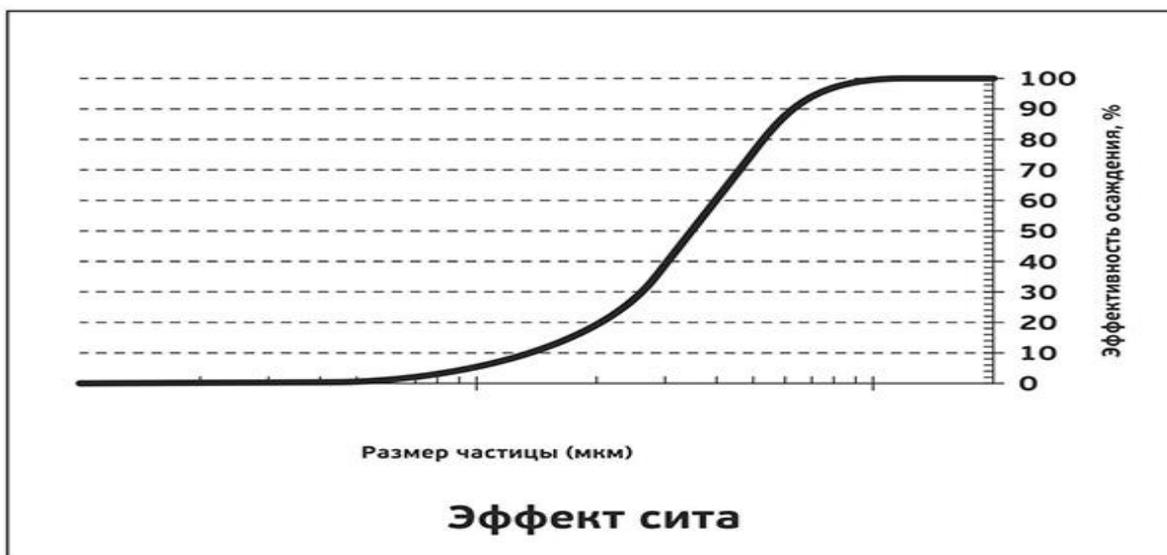
Эффект зацепления работает, когда частица приблизилась к поверхности волокна на расстояние своего радиуса. Такого касания достаточно для ее осаждения. Этот механизм работает не только для MPPS. Он универсальный и действует для частиц любого размера. Пылинки могут оставаться в воздушном потоке, совершать диффузионные колебания относительно линии тока или вылетать из потока благодаря инерции – в любом случае, если частица коснулась волокна, она осаждается.



2.3.4 Эффект сита

Обычно мы представляем фильтр в виде рыболовной сети или сачка: если фильтруемый объект больше ячейки, он застревает. Этот механизм называется эффектом сита (straining). Он работает для частиц, диаметр

которых превышает размер пор в фильтре. Чем крупнее частица, тем вероятнее она застревает в волокнах. Поэтому для крупных частиц эффект сита работает лучше:



2.4 Эффективность НЕРА-фильтра

В действительности в НЕРА-фильтре на частицу одновременно действуют все механизмы, поэтому общая эффективность НЕРА-фильтра равняется сумме вкладов каждого эффекта:

$$\eta_{\text{общая}} = \eta_{\text{сита}} + \eta_{\text{зацепления}} + \eta_{\text{инерции}} + \eta_{\text{диффузии}}$$

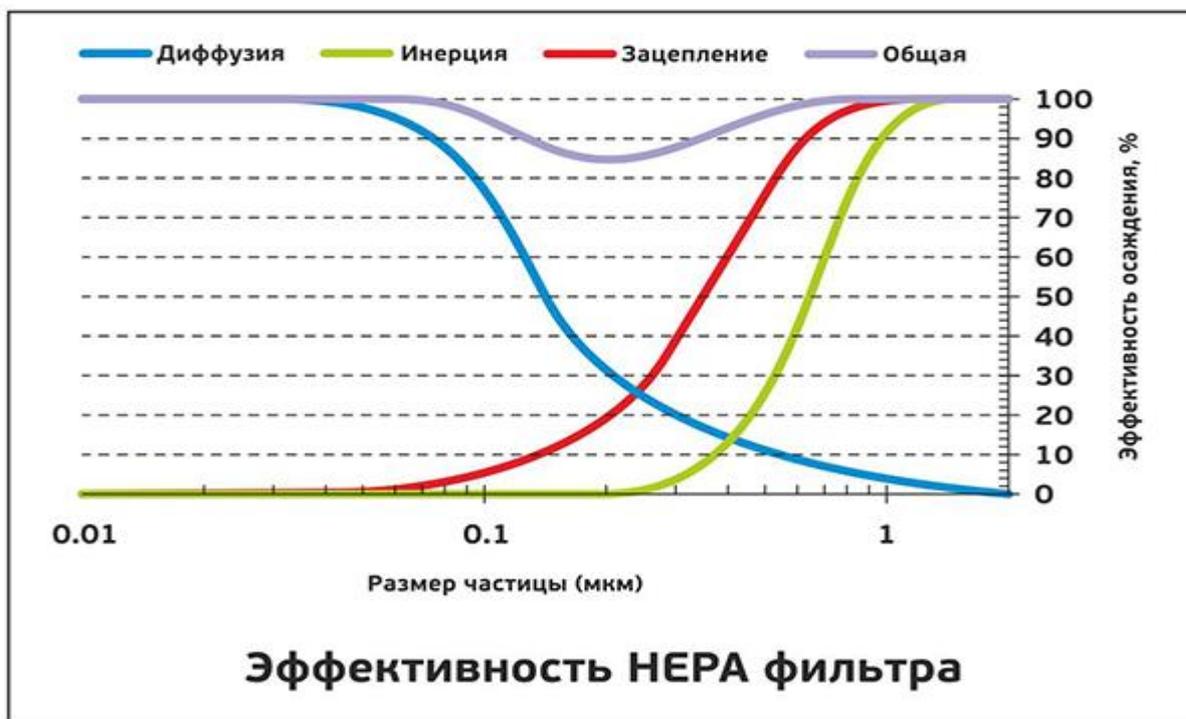
(η — Эффективность)

Если постоянно нагружать НЕРА аэрозолем с крупными частицами, то срок работы фильтра значительно сокращается. Это происходит из-за эффекта сита: крупные частицы быстро забивают фильтр и снижают его проницаемость. (Так, на предприятии по производству пищевой сои в г. Светлом Калининградской области НЕРА-фильтры в исследовательских лабораториях необходимо менять каждые полтора года из-за большого количества взвеси мелкодисперсной сои в воздухе).

Чтобы избежать эффекта сита, перед НЕРА-фильтром устанавливают один или несколько предфильтров более низкого класса: G и/или F. Они защищают НЕРА от преждевременного засорения. Если предфильтры установлены, то НЕРА работает строго «по специальности» — фильтрация мелкодисперсных частиц. Таким образом, остаются три эффекта:

$$\eta_{\text{общая}} = \eta_{\text{зацепления}} + \eta_{\text{инерции}} + \eta_{\text{диффузии}}$$

Если сложить все три графика эффективности для каждого механизма, то получим ту кривую общей эффективности НЕРА-фильтра.



2.5 От чего зависит эффективность НЕРА-фильтра

Эффективность НЕРА зависит не только от размеров фильтруемых частиц, но и от параметров самого фильтра:

1. Диаметр волокон в НЕРА-фильтре
2. Плотность упаковки волокон
3. Материал волокон

Чем тоньше волокна и чем плотнее они упакованы, тем больше площадь их соприкосновения с частицами. И чем лучше волокна «цепляют», тем эффективнее осаждение. Если материал, из которого сделан фильтр, обладает высокой удельной проводимостью, то волокна могут заряжаться в воздушном потоке. В этом случае между волокнами и частицами возникают силы электростатического притяжения (силы Кулона). Они дополнительно увеличивают эффективность НЕРА-фильтра.

2.6 Проверка защитной эффективности НЕРА-фильтра

Способ контроля защитной эффективности фильтра тонкой очистки воздуха бокса биологической безопасности на основе использования тестового аэрозоля. При работающей вентиляции бокса подают тестовый аэрозоль диэтилгексилсебагината в расположенную ниже уровня столешницы бокса полость забора воздуха. Затем при работающей вентиляции бокса и работающем генераторе аэрозоля определяют концентрации тестового аэрозоля с диаметром аэрозольных частиц $0,3 \div 0,5$ мкм в воздухе расположенной перед фильтрами тонкой очистки полости избыточного давления через импульсный трубопровод контроля избыточного давления, в удаляемом из полости бокса воздухе после фильтра тонкой очистки и в воздухе рабочей зоны бокса над столешницей после фильтра тонкой очистки. Далее вычисляют значение фактической защитной эффективности фильтра тонкой очистки удаляемого из полости бокса воздуха и значение фактической защитной эффективности фильтра тонкой очистки воздуха рабочей зоны бокса по формуле:

$$E = 100 - N_2 : N_1 \times 100,$$

где E - фактическая защитная эффективность фильтра тонкой очистки воздуха, удаляемого из полости бокса, или воздуха рабочей зоны бокса, выраженная в процентах;

N_1 - концентрация тестового аэрозоля в 1 м^3 воздуха в расположенной перед фильтрами тонкой очистки полости избыточного давления;

N_2 - концентрация тестового аэрозоля в 1 м^3 воздуха после фильтров тонкой очистки в удаляемом из полости бокса воздухе или в воздухе рабочей зоны бокса над столешницей;

и по полученным значениям показателей устанавливают наличие или отсутствие защитной эффективности фильтров тонкой очистки бокса биологической безопасности при концентрации тестового аэрозоля в расположенной перед фильтрами тонкой очистки полости избыточного давления, составляющей не менее $3,5 \times 10^7$ аэрозольных частиц в 1 м^3 воздуха, и при значениях фактической защитной эффективности фильтра тонкой

очистки воздуха бокса, вычисленных для удаляемого из полости бокса воздуха и для воздуха рабочей зоны бокса над столешницей, составляющих не менее 99,995%. Это интегральный метод.

Техническим результатом изобретения является обеспечение информативности, упрощения и ускорения регулярного проведения контроля защитной эффективности фильтров тонкой очистки воздуха.

Существуют специальные организации, осуществляющие проверку НЕРА-фильтров в больницах, на предприятиях фармакологии, радиозаводах. В своей деятельности они руководствуются не только ГОСТами, но и санитарными правилами. Исследованию и проверке подлежит каждый фильтр. По результатам проверки выдается специальный документ – протокол. В протоколе описываются методы исследования, результаты измерений, замечания и не соответствия. Периодичность проверки эффективности НЕРА-фильтра определяется нормативной документацией предприятия, либо если была вероятность повреждения фильтра.

Предоставляю Вам образец реального протокола проверки НЕРА – фильтра, выполненного на одном из фармацевтических предприятий. В целях неразглашения коммерческой и технологической тайны наименование предприятия изменено.

В протоколе указан не только стандартный интегральный метод, но и так называемый метод сканирования.

Все лаборатории или испытательные центры, выполняющие работы по исследованию фильтров регулярно проверяются органом по аккредитации (проверяющим органом), который даёт оценку компетентности организации.

2.7 Неочевидные факты о НЕРА-фильтре

1. При осаждении частиц уменьшается расстояние между волокнами. В результате площадь волокон увеличивается, и с этим связан парадоксальный факт: **со временем эффективность НЕРА не уменьшается, а растет.** С другой стороны, при загрязнении уменьшается проницаемость фильтра

2. НЕРА-фильтр может задерживать частицы всех размеров

3. Пыль задерживается в HEPA-фильтре практически навсегда. Пылесосить HEPA бесполезно – только менять.

2.8 Области применения HEPA-фильтра

1.Электроника – для обеспечения высокой чистоты воздуха производственных помещений.

2.Аэрокосмическая промышленность и высокоточное машиностроение.

3.Лаборатории и медицинские учреждениях (операционных, палатах реанимации) – для получения стерильной среды.

4.Фармацевтика и микробиология – для создания стерильных зон, что необходимо при производстве вакцин и пр. лекарственных препаратов.

5.Химические предприятия – для обеспыливания воздушных масс и очистки от вредных примесей.

6.Предприятия атомной промышленности – для очищения воздушного пространства от радиоактивных частиц.

7.Пищевые предприятия и заведения общепита.

8.Офисы, жилье, гостиницы и пр. помещения с высокими требованиями к чистоте воздуха.

9.Бытовая техника.

3. HEPA-фильтры в борьбе с Covid-19

Весь мир изменился, и ему пришлось адаптироваться к жизни с COVID-19. Каждый был вынужден трансформировать и формировать свою жизнь в соответствии с этой новой нормой, что во многих случаях очень сложно. Коронавирус – это вирус, который не делает различий, им можно заразиться на улице, дома или на работе. Вирус COVID-19 может переноситься с помощью биологических аэрозолей.

Биологические аэрозоли — это аэрозоли, частицы которых несут на себе жизнеспособные микроорганизмы или токсины. Они возникают в помещениях во время каждого чихания, фыркания животных, а также осуществления различных технологических процессов. Чем меньше размеры частиц аэрозоля, тем дольше они сохраняются в воздухе и тем глубже проникают в

дыхательные пути при вдохе. Длительность нахождения аэрозоля в воздухе (его стабильность) зависит от его температуры, влажности, скорости движения, концентрации частиц, их электрического заряда и других факторов.

Одним из эффективных методов борьбы с вирусом является фильтрация воздуха, особенно в местах скопления людей. Для более качественной фильтрации и используются HEPA-фильтры, которые задерживают биологические аэрозоли, которые являются носителями различных вирусов. В настоящее время стало нормой установка HEPA-фильтров в системы фильтрации торговых и развлекательных центров, кинотеатров, различных учреждений, не говоря уже о поликлиниках, больницах и других медицинских учреждениях. На волне распространения коронавируса открылось много станций по сбору анализов от населения, так вот и их работа на 100 процентов зависит от фильтрации воздуха.

Сейчас наша страна является общепризнанным мировым лидером по производству вакцин и различного рода лекарственных препаратов от коронавируса. Необходимо отметить что производство лекарств и вакцин без применения высокоэффективных фильтров невозможно. Фильтры применяются на всех этапах разработки и производства лекарственных препаратов.

- боксах микробиологической безопасности, ламинарных укрытиях – при проведении исследовательской, аналитической и производственной работы;

- в производственных помещениях при непосредственной работе с жидкостями и смесями, из которых производятся лекарственные препараты;

- так называемые каскады фильтров применяются над линиями розлива и запайки флаконов с вакцинами. Надо ли говорить, что будет если какие-либо частицы попадут в ампулу с вакциной или лекарством, какие изменения в человеческом организме это может спровоцировать.

Учитывая изложенное, можно сказать что сейчас для любого производственного или исследовательского предприятия, будь то в

Российской Федерации или за рубежом, НЕРА-фильтры являются одним из первостепенных расходных материалов.

Для справки:

МОСКВА, 20 февраля. /ТАСС/. Минздрав РФ зарегистрировал вакцину от коронавируса "Ковивак", созданную Центром имени Чумакова РАН. Она стала третьим российским препаратом, получившим разрешение на применение.

Первой в России (и в мире) была зарегистрирована вакцина "Спутник V" Центра имени Гамалеи Минздрава, это произошло еще 11 августа 2020 года. Разработка центра "Вектор" Роспотребнадзора, получившая название "Эпиваккорона", прошла регистрацию 14 октября.

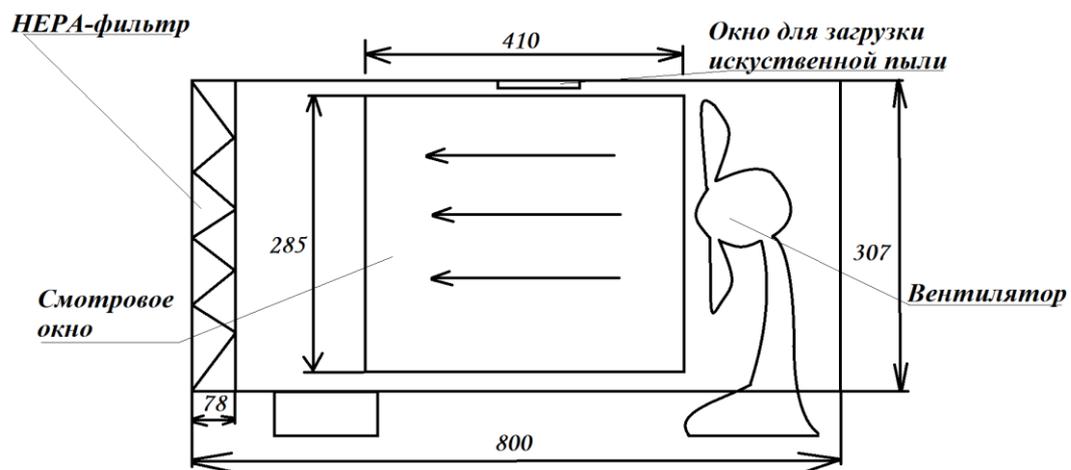
Типы вакцин и особенности исследований

- "Ковивак" - самая "традиционная" вакцина, созданная непосредственно на основе нового коронавируса. Вакцинация позволяет имитировать естественный процесс борьбы организма с вирусом. Как подчеркивают разработчики, вирусные частицы в "Ковиваке" уже "не в состоянии нанести организму человека никакого вреда, но в состоянии вызвать у него развитие иммунитета".
- "Спутник V" - векторная вакцина на основе аденовируса человека с добавлением генетической информации коронавируса. "Эпиваккорона" создана на основе искусственно синтезированных элементов структуры нового вируса.

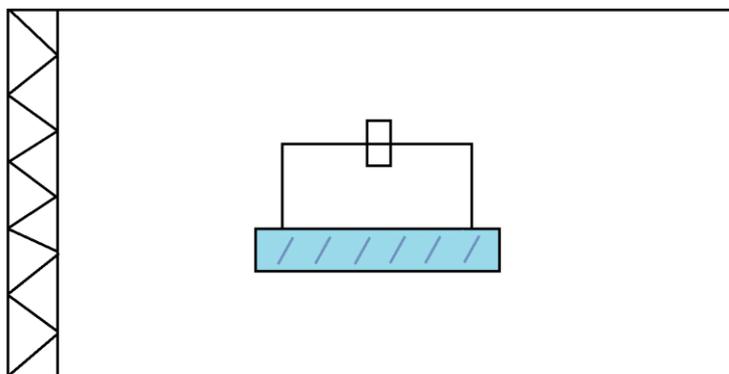
4. Сборка макета участка вентиляционной установки и проверка работоспособности НЕРА-фильтра.

Я решил собрать макет участка вентиляционной установки, чтобы наглядно показать, как работает НЕРА-фильтр (Это же и будет являться моим продуктом). Принцип работы будет заключаться в том, что вентилятор будет создавать потоки воздуха. Я, с отверстия наверху установки, буду медленно засыпать муку в рабочую область. НЕРА-фильтр, в свою очередь, должен сдерживать частицы и не дать им пройти.

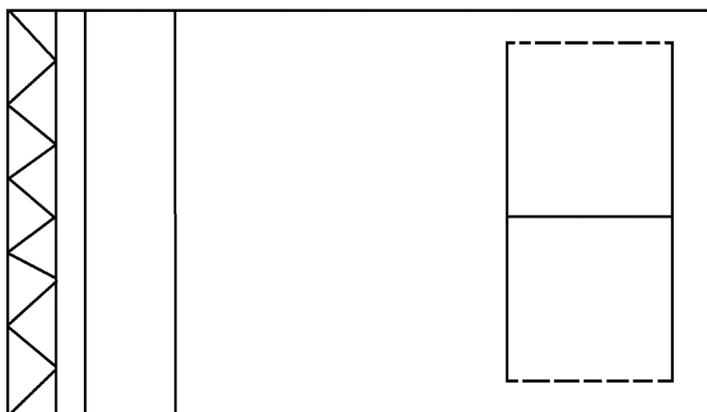
Для создания макета я выбрал картон, так как он практичный и легкодоступный. Что бы понять, какую конструкцию я должен соорудить, я сделал чертежи:



Вид сбоку



Вид сверху



Вид снизу

После того как я все расчертил, я поехал в строительный магазин за материалами. Мне понадобилось:

1. Картон (1500x1000)
2. Армированный скотч (2 рулона)
3. Молярный скотч (2 рулона)
4. Скотч (1 рулон)
5. Слюда (А4, 2 листа)

Все это обошлось мне в 674 рубля.

НЕРА-фильтр мне предоставил эксперт. Когда все материалы были готовы, я приступил к сборке.

Ушло несколько часов на сборку макета. Нужно было осторожно все проклеить армированным скотчем дабы уменьшить шанс проскока. Конечно такого маленького проскока как в ламинарном укрытии или в ламинарном устройстве мне достичь не удалось, но результаты, как для домашней сборки, весьма неплохие.



После заключительного теста дома, я представляю установку в учебном заведении и продемонстрирую её работоспособность.

5. Заключение

В заключении моей проектно-исследовательской работы подвожу итоги:

1. НЕРА-фильтры используются во всех сферах жизнедеятельности человека, так или иначе связанных со здоровьем, будь то маленькие фильтры, устанавливаемые в домашние пылесосы или огромных размеров системы фильтрации на предприятиях по изготовлении лекарственных препаратов.

2. Производство высокотехнологичных микросхем для различной техники невозможно без применения фильтров.

3. Всеобщая борьба всего человечества с вирусом COVID-19 – страшным смертельным врагом, не может проводиться без применения всё тех же фильтров эффективной очистки.

В конце хотелось бы сказать огромное спасибо врачам и всему медицинскому персоналу, которые и сейчас находятся на передовой борьбы с коронавирусом. Также всем ученым, разработчикам, производственным рабочим и обслуживающему персоналу предприятий, разрабатывающих вакцину и лекарственные препараты. Их слаженная работа – залог здоровья россиян и всего человечества.

Будьте здоровы!

6. Литература

<https://www.msulab.ru/knowledge/air/microscopic-threat-particles-pm10-and-pm2-5/>

https://pikabu.ru/story/что_такое_hepafiltr_printsipyi_raboty_i_neochevidnyie_faktyi_7145361

<https://filteru.ru/hepa-filtr/>

<https://chistiymir.ru/novosti/hepa-filtr-klassifikacia.html#:~:text=Фильтры%20HEPA%20предназначаются%20для%20Оточной,из%20воздуха%20помещений%20различного%20назначения>

<https://tion.ru/blog/hepa-filtr/>

<https://findpatent.ru/patent/244/2443996.html>

<https://nplus1.ru/material/2020/10/09/chumakov-sarscov-vaccine>

http://www.asincom-group.ru/tc0804_2.htm