

Книга до подкасту з  
численними  
ілюстраціями



Свен Рентшлер

# Непорозуміння у вентиляційній техніці та очищенні повітря



КОНСУЛЬТАЦІЇ+ ПРОЕКТУВАННЯ



© cci Dialog GmbH, Карлсруе Bci

права захищені.

ISBN: 978–3–922420–74–3

Ця книга, включаючи весь її зміст, захищена авторським правом. Вона не може бути відтворена повністю або частково, в будь-якій формі та будь-якими засобами, електронними або механічними (фотокопіюванням, записом або іншим способом за допомогою існуючих або майбутніх систем) без попередньої письмової згоди видавця.

Видавництво та автор не несуть відповідальності за актуальність, правильність, повноту та якість наданої інформації. Помилки друку та неправдива інформація не можуть бути повністю виключені.

1-е видання 2023

Автор: Свен Рентшлер, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16–18, 74372 Серсхайм

Фотографії, посилання на зображення: Rentschler REVEN GmbH

Макет, обкладинка, малюнки, ілюстрації: Габріеле Відеманн, digital-kunst.com

Редагування: Ева Шварц, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Друк: Esser bookSolutions GmbH, Геттінген

Видавництво: cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Карлсруе

Повний перелік власних видань та ексклюзивний вибір фахової літератури можна знайти на сайті [cci-dialog.de](http://cci-dialog.de).

cci Buch є торговою маркою компанії cci Dialog GmbH.

---

# Відгуки про подкаст

Резонанс під час подкасту був настільки великим, що ідея створити на його основі книгу виникла практично сама собою. Відгуки, які говорять самі за себе:



Про

Продовження

працюю керівником проектів у галузі вентиляційної техніки і зміг почерпнути багато корисного для практики та подальших проектів. Я був би радий, якби міг збудувати з вами наступну кухонну систему ...»

«... Хочу привітати вас з подкастом. Тема дуже зрозуміла навіть для таких людей, як я, які не дуже добре знайомі з цією проблематикою...»

«... як уважний слухач вашого подкасту, я хотів би скористатися нагодою і замовити фаховий посібник, анонсований на 2023 рік. Сподіваюся на нові випуски на тему повітря – нашого найціннішого продукту харчування...»

«... подкаст на тему повітряних потоків викликав бажання дізнатися більше...»

«... я хотів би привітати вас з цікавим подкастом «Непорозуміння в техніці вентиляції та очищення повітря» і подякувати за інформацію ...»

«... Дякую за дійсно цікавий подкаст. Я був би радий. Я понад 20 років



---

# Подяка

Я хотів би висловити особливу подяку Габріеле Відеманн та Еві Шварц. Я успішно співпрацюю з обома фахівцями вже багато років. Більше десяти років тому в рамках цієї співпраці був створений каталог продукції для нашої компанії REVEN GmbH, який був присвячений тим самим темам, що і ця книга. Ми також реалізували в цій команді інші проекти, такі як успішне створення веб-сайту нашої компанії. Досвід, який ми отримали під час реалізації цих проектів, став важливим внеском у створення цієї книги.

Графічні ілюстрації пані Відеманн та виправлення тексту пані Шварц базуються на багаторічному спільному досвіді та складають основу для безпрецедентного розуміння теми. Співпраця над цією книгою була приємною та простою і привела до результату, якого я б не зміг досягти самотужки.

Крім того, я висловлюю особливу подяку нашим партнерам з SCHAKO Group, які з самого початку підтримали ідею написання книги і побачили в ній можливість підкреслити гасло нашої групи «Pure competence in air».

Я також дякую своїм колегам Хольгеру Ройлу, Саші Кессу та Віталію Лаю за всі цікаві бесіди на теми вентиляційної техніки та очищення повітря, які відбулися протягом останніх років і стали для мене джерелом натхнення для написання цієї книги.

Буду радий, якщо ми зможемо продовжити обговорення та поглибити теми та думки, викладені в цій книзі. Ви можете зв'язатися зі мною через LinkedIn. Буду радий обміну думками з вами.

---

# Передмова

З початком пандемії в 2020 році правильне провітрювання стало однією з найактуальніших тем у Німеччині. По всій країні точилися дискусії про здорове повітря в приміщеннях. Запеклі дебати точилися про те, як правильно провітрювати класи. Часто з подивом констатували, що дуже багато офісних приміщень не мають системи вентиляції, яка б забезпечувала їх свіжим повітрям. У виробників компактних очищувачів повітря в приміщеннях раптово спалахнула золота лихоманка. По всій країні точилися суперечливі дискусії про те, як вимірювати та оцінювати забруднення повітря в приміщеннях. Були навіть започатковані кампанії, які пропагували чисте повітря як найважливіший продукт харчування.

Звідки взялася така раптова і така сильна зацікавленість? Багато з цих аргументів і питань супроводжують мене протягом усього мого професійного життя. У 1995 році я почав працювати в нашій компанії REVEN GmbH.

**REVEN** означає REntschler VEntilation. Вентиляція, або провітрювання, — це саме той процес, яким компанія REVEN GmbH займається вже протягом кількох поколінь і яким я також займаюся спочатку як технічний директор, а тепер, вже протягом десятиліть, як генеральний директор. Очищувачі повітря та вентиляційні вироби компанії REVEN GmbH використовуються для забезпечення чистого повітря в приміщеннях комерційного призначення. Це, наприклад, виробничі цехи в харчовій промисловості, машинобудівні підприємства, а також великі кухні та їдальні. Всі ці виробничі приміщення мають одну спільну рису: повітря в приміщеннях або цехах часто дуже забруднене. Вимірювання та аналіз ступеня забруднення в таких приміщеннях, а також фільтрація та очищення повітря — ось завдання, якими ми займаємося в REVEN GmbH вже протягом десятиліть.

З початком коронакризи в 2020 році ці завдання, пов'язані з очищенням повітря, раптово стали актуальними не тільки для промисловості, але й для всього суспільства.

Німеччина. Під час дискусій, які часом були дуже палкими, я помітив, що завдання в комерційній та приватній сферах стають дедалі схожими. Однак через раптове зростання попиту деякі виробники перестали так ретельно дотримуватися даних щодо продуктивності очищувачів повітря в приміщеннях. Багато чого було заявлено, а ще більше обіцяно. Ефективність вентиляції, продуктивність фільтрів та ефективність багатьох рішень, особливо для нефахівців, важко зрозуміти, що призвело до непорозумінь у дискусії. Ці непорозуміння, наприклад, щодо чистого повітря та належного очищення повітря в класах, схожі на ті, що протягом багатьох десятиліть закріпилися в промисловості як напівправди.

Ця книга має на меті надати огляд непорозумінь та напівправд, що існують у сфері вентиляції, а також пояснити, звідки походять ці непорозуміння як у приватній, так і в промисловій сфері.

Я не буду пояснювати окремі теми надто науково, а скоріше на основі досвіду, який я накопичив з 1995 року під час своєї професійної діяльності та практики в компанії REVEN GmbH. Ще під час навчання на факультеті машинобудування Штутгартського університету я отримав уявлення про важливі завдання успішного управління технологіями та інноваціями. Так я здобув цінний досвід у сфері інноваційного розвитку продукції та обміну знаннями між наукою і практикою.

За допомогою цієї книги я хотів би продовжити цей обмін і поглибити його в галузі вентиляційної техніки та очищення повітря, щоб розвіяти деякі непорозуміння.

## *«У нашому забрудненому середовищі повітря стає повільно видимим».*

(Норман Кінгслі Мейлер (1923– 2007), американський письменник)

---

# Зміст

|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Подяка.....</b>                                                                           | <b>3</b>  |
| <b>Передмова.....</b>                                                                        | <b>4</b>  |
| <br>                                                                                         |           |
| <b>1. Як можна щось відсмоктати? .....</b>                                                   | <b>9</b>  |
| 1.1. Непорозуміння щодо вимірювання забруднення повітря.....                                 | 12        |
| 1.2. Утворення бульбашок може допомогти у виявленні та відсмоктуванні!.....                  | 22        |
| <br>                                                                                         |           |
| <b>2. Як можна щось відфільтрувати? .....</b>                                                | <b>27</b> |
| 2.1. Неправильне розуміння різниці між фільтруванням і сепарацією .....                      | 29        |
| 2.2. Вихори можуть допомогти в очищенні повітря! .....                                       | 35        |
| <br>                                                                                         |           |
| <b>3. Як можна усунути пари та запахи? .....</b>                                             | <b>47</b> |
| 3.1. Помилка щодо різниці між парами та аерозолями .....                                     | 50        |
| 3.2. Прилади для вимірювання FID можуть бути корисними при аналізі забруднення повітря!..... | 57        |
| <br>                                                                                         |           |
| <b>4. Як можна нейтралізувати віруси та запахи? .....</b>                                    | <b>65</b> |
| 4.1. Помилка щодо УФ-С-випромінювання .....                                                  | 68        |
| 4.2. Чи може УФ-С-випромінювання знищити аерозолі? .....                                     | 77        |
| <br>                                                                                         |           |
| <b>5. Як можна побачити повітряні потоки? .....</b>                                          | <b>87</b> |

|                                                                                 |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|
| 5.1. Непорозуміння, спричинене кольоровими малюнками про повітряні потоки ..... | ова | 90         |
| 5.2. CFD-моделювання робить повітряні потоки видимими! .....                    |     | 95         |
| <b>6. Як можна виміряти забруднення повітря? .....</b>                          |     | <b>105</b> |
| 6.1. Непорозуміння щодо якості повітря в приміщеннях.....                       |     | 114        |
| 6.2. Вимірювання частинок робить забруднення повітря видимим! .....             |     | 126        |
| <b>Заключне слово .....</b>                                                     |     | <b>132</b> |



---

# 1. Як можна відсмоктати щось?

?



Як можна просто відсмоктати щось? В принципі, це просте запитання, на яке кожен колега, що працює в галузі вентиляційної техніки, може відповісти без вагань! Але чи дійсно ефективне відсмоктування є таким простим і тривіальним, як може здатися на перший погляд?

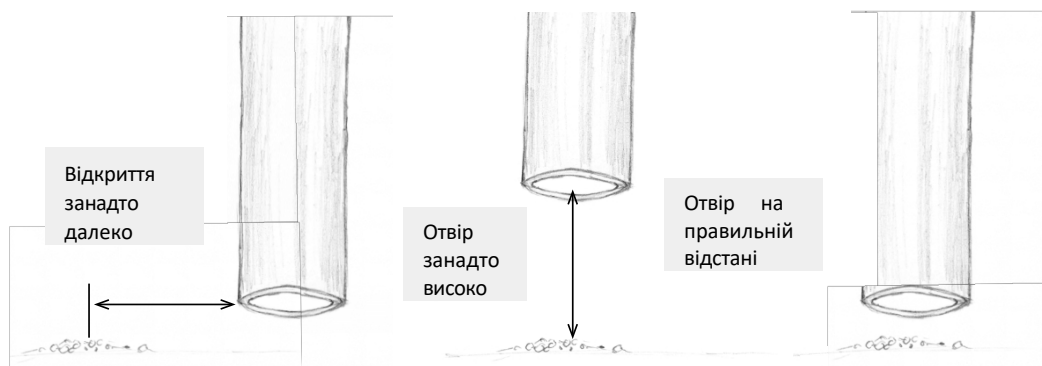
### **Практичний приклад: пилосос**

*Ось простий приклад, з яким ми всі знайомі: прибирання пилососом – чи то в улюбленому автомобілі, чи то вдома у вітальні. Коли ми прибираємо пилососом, ми хочемо видалити забруднення, наприклад, крихти хліба з килима. Чим ближче ми підносимо насадку пилососа до крихт на килимі, тим легше і швидше вони висмоктуються. Найкращий ефект ми досягаємо, коли тримаємо насадку пилососа безпосередньо над брудом. Не встигнемо озирнутися, як крихти зникнуть у пилососі.*

Ось відповідь на питання, як добре пропилососити щось! Потрібно охопити це на сто відсотків. Тільки тоді можна пропилососити повністю. У нашому прикладі нам довелося тримати насадку пилососа прямо над крихтами хліба на килимі, щоб добре і повністю їх пропилососити.



## Правильне положення для годування



Малюнок 1

Цей основний принцип повинен застосовуватися в техніці вентиляції скрізь, де необхідно повністю витягувати відпрацьоване та забруднене повітря — у класах, де необхідно видаляти повітря, забруднене вірусами, у зварювальних цехах, де необхідно уловлювати зварювальний дим, у кухнях, де необхідно витягувати кухонні випари, а також у машинобудуванні, де необхідно уловлювати випаровування охолоджувальних та мастильних матеріалів на сучасних верстатах. У всіх цих прикладах пари, газу, повітря, забруднене вірусами, та аерозолі необхідно уловлювати та витягувати в різних формах.

При цьому слід звернути особливу увагу на послідовність:

***Спочатку уловлювати, потім витягувати!***

## 1.1. Непорозуміння щодо уловлювання забруднень повітря

Як ми дізналися на початку нашого прикладу, крихти хліба на килимі можна швидко і легко прибрати пилососом, тільки якщо тримати насадку безпосередньо над крихтами! Те саме стосується вентиляційної техніки в кухнях. Важливо дотримуватися правильної відстані під час пилососування. При цьому не має значення, чи йдеться про велику вентиляційну систему в заводській їдальні, чи про нашу домашню кухню. Наша дизайнерська кухонна витяжка вдома також працює за тим самим принципом, описаним нижче, під час уловлювання та висмоктування кухонних випарів.

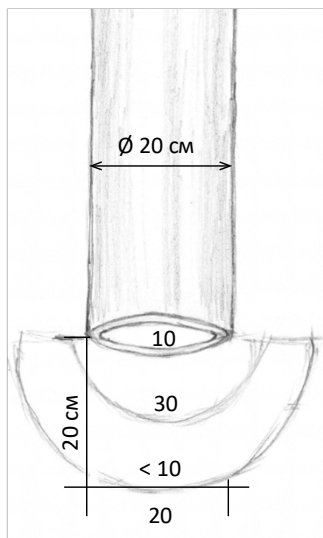
### Помилка

#### *Співвідношення потужності всмоктування та відстані витяжної труби*

Потужність всмоктування безпосередньо біля отвору витяжного пристрою становить сто відсотків. Це також стосується насадки нашого пилососа! Тут також найвища потужність всмоктування досягається безпосередньо біля отвору насадки. Чим далі ми віддаляємося від отвору насадки, тим меншою стає потужність всмоктування.

При цьому дуже часто недооцінюється ступінь зниження всмоктувальної сили. У разі всмоктувальної труби діаметром двадцять сантиметрів на відстані двадцять сантиметрів від отвору всмоктувальна сила становить лише 10 % від початкової всмоктувальної сили.

## Сила всмоктування у співвідношенні до відстані



100 % Потужність всмоктування  
безпосередньо на вході труби

Потужність всмоктування сильно  
зменшується із збільшенням відстані від  
входу всмоктувальної труби.

Потужність всмоктування становить лише  
приблизно 10 %, якщо відстань  
всмоктувальної труби відповідає діаметру  
труби (тут 20 см).

Малюнок 2

Отже, якщо відстань від всмоктувальної труби до забруднення дорівнює діаметру труби, потужність всмоктування становить лише приблизно 10 %.

Ця закономірність діє для будь-якого типу витяжного пристрою, незалежно від того, чи це пиłosос або кухонна витяжка вдома, вентиляційна система в промисловому зварювальному цеху або велика вентиляційна стеля в заводській їдальні. Якщо відстань між витяжним пристроєм і місцем, де повинні уловлюватися виділені шкідливі речовини, занадто велика, потужність всмоктування дорівнює нулю. У більшості випадків це відбувається вже при відстані від тридцяти до п'ятдесяти сантиметрів!

## Помилка

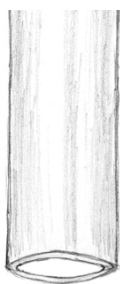
***Вища ефективність завдяки оптимізованим для потоку сопловим пластинам***

Також часто виникають непорозуміння щодо ефективності. У багатьох випадках існує переконання, що так звані оптимізовані за потоком соплові пластини сприяють більш ефективному використанню сили всмоктування. У цьому випадку навколо всмоктувальної труби встановлюється додаткова пластина. Труба розташована по центру отвору в пластині, а перехід від пластини до всмоктувальної труби має форму вхідної форсунки з радіусом. Ця вхідна форсунка повинна оптимізувати потік повітря в зоні всмоктування і таким чином забезпечити більш ефективне відсмоктування. Однак, якщо порівняти всмоктувальну трубу з оптимізованою для потоку сопловою пластиною з традиційною всмоктувальною трубою з пластиною без вхідного сопла, можна відзначити лише незначні переваги.

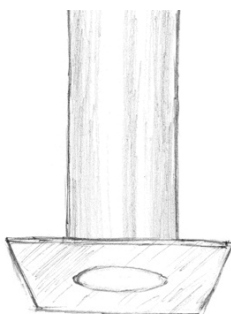
## Соплові пластини

---

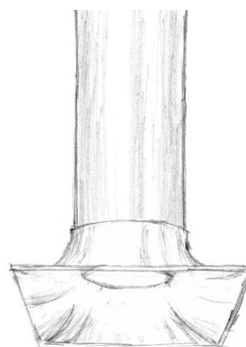
Соплові пластини є корисними для «направлення» потоку повітря, але мають лише незначний вплив на потужність всмоктування.



Всмоктувальна труба без соплової пластини



Всмоктувальна труба з прифлансованою пластиною



Всмоктувальна труба з сопловою пластиною

### **Експеримент – гасіння полум'я свічки за допомогою всмоктування**

*Для ілюстрації візьмемо за приклад свічку. Ви коли-небудь пробували загасити свічку, всмоктуючи повітря? Попереджаю: краще не пробуйте! У рамках лекцій на цю тему я регулярно провожу цей експеримент перед аудиторією і щоразу майже обпікаю губи, оскільки для того, щоб досягти ефекту на полум'я, мені доводиться підносити місце всмоктування, тобто рот, дуже близько до свічки. Проте загалом гасіння полум'я за допомогою всмоктування не працює!*

На цьому простому прикладі стає зрозуміло, наскільки обмежений ефект всмоктування і наскільки важлива близькість до місця всмоктування, коли ми хочемо захопити і висмоктати щось.

### **Помилка**

***Відстань до всмоктувального отвору очисника повітря не так важлива***

Через це неправильне уявлення в практиці часто допускаються помилки: у повітряних очисниках у школах, вентиляційних пристроях на зварювальних установках, кухонних витяжках над кухонними плитами та аерозольних сепараторах на верстатах всмоктувальні отвори часто розташовані занадто далеко від місця викиду.

За допомогою пилососа ми можемо швидко вирішити цю проблему, перемістивши всмоктувальну насадку до бруду. На жаль, це неможливо зробити з постійно встановленими кухонними витяжками. У цьому випадку кухонні випари повинні потрапляти в зону всмоктування кухонної витяжки, інакше вони просто не будуть уловлені і, отже, не зможуть бути витягнуті.

### **CFD-симуляція**

За допомогою відповідного програмного забезпечення можна детально моделювати, візуалізувати та аналізувати уловлювання та витягування повітряних потоків і шкідливих речовин, що містяться в них. Для цього використовується чисельне моделювання потоків, також відоме як CFD-моделювання. CFD — це абревіатура від Computational Fluid Dynamics (обчислювальна гідродинаміка). За допомогою цього методу моделювання можна візуалізувати найрізноманітніші повітряні потоки та оцінити ефективність витяжки.

### ***Наш внутрішній досвід***

*У нашій компанії ми, серед іншого, досліджували ефективність уловлювання та витяжки традиційних кухонних витяжок. Перші чисельні моделювання потоків були проведені у нас в компанії ще в 1996 році. Аналіз тоді ще досить простих моделювань та обчислення результатів часто займали кілька днів.*

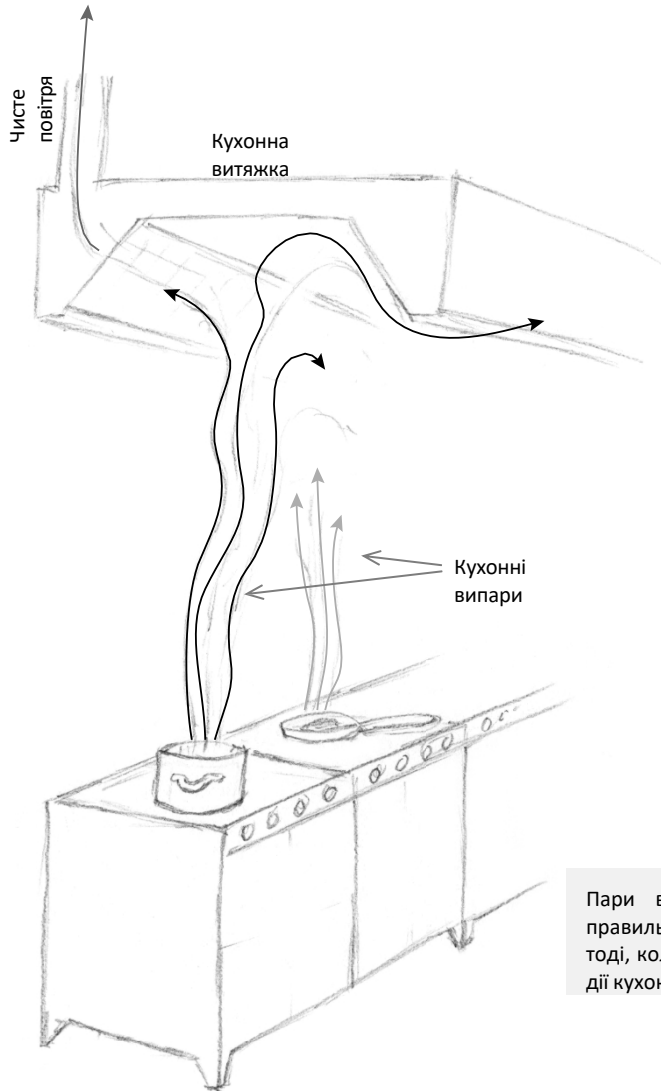
З того часу ця технологія швидко розвивалася, і зараз результати доступні за частку часу. Сьогодні вони набагато точніші та інформативніші, навіть для дуже складних компонентів, таких як вентилятори.

Завдяки цьому розвитку тепер можна аналізувати та візуалізувати не тільки повітряні потоки для окремих деталей, але й для цілих приміщень!

### **Значення для вентиляції кухні**

Цей аналіз має особливе значення для витяжних пристроїв, які знаходяться далеко від джерела викидів, наприклад, кухонна витяжка, встановлена на великій відстані від варильної поверхні. Кухонна витяжка може вловлювати тільки кухонні пари, які потрапляють безпосередньо в зону її дії. Що це означає конкретно? Пари з каструль під час підйому повинні потрапляти безпосередньо в зону всмоктування та фільтрації кухонної витяжки.

## Кухонна вентиляція



Пари від приготування їжі правильно витягуються тільки тоді, коли потрапляють в зону дії кухонної витяжки.

### **Значення для очищення повітря в класах**

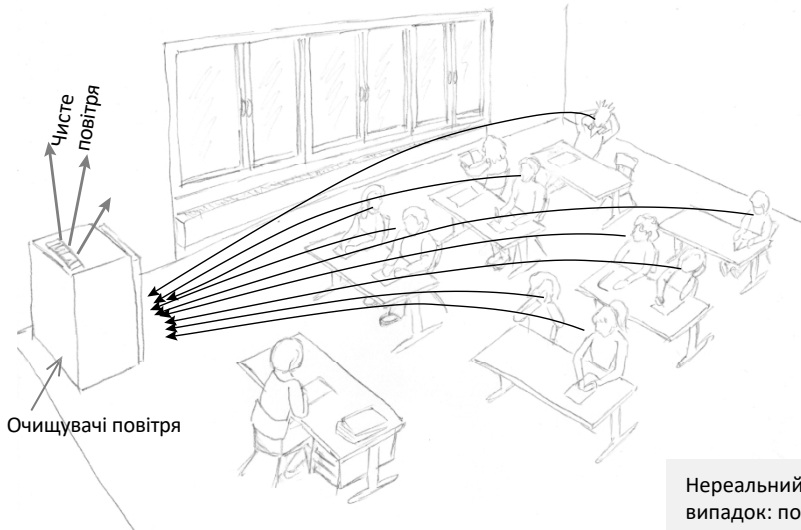
Якщо повітря в класі має бути постійно очищене від вірусів під час уроків, воно повинно безперешкодно надходити в напрямку очищувачів повітря, встановлених у приміщенні, щоб там бути уловлене та очищене. Часто достатньо відкрити вікно, щоб змінити напрямок повітряного потоку так, що він буде недостатньо уловлений та очищений.

Неправильно спроектована система подачі свіжого повітря може мати такий самий негативний вплив на витяжку, як і відкрите вікно, через яке дме вітер. Сучасні системи CFD дозволяють досліджувати, виявляти та усувати такі взаємодії. Тільки так можна досягти повного уловлювання.

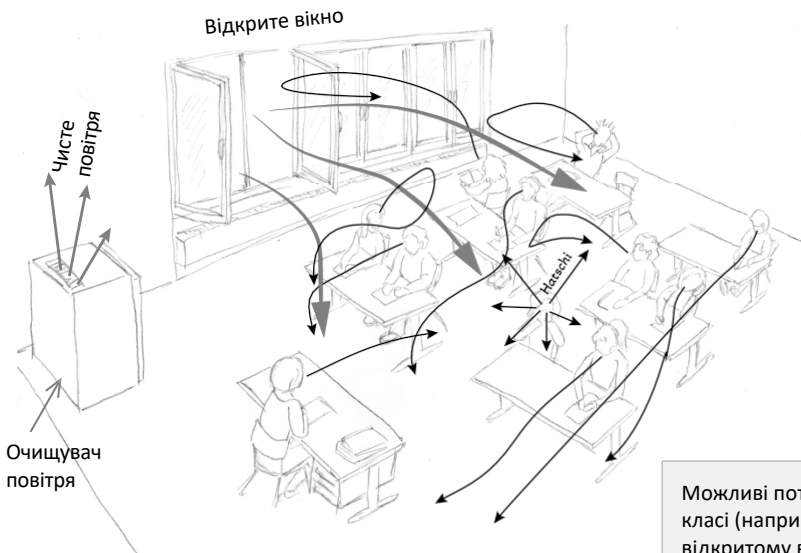
Дослідження CFD, проведені на наших власних очищувачах повітря та кухонних витяжках, також підтвердили описану вище закономірність: чим далі від кухонних плит розташовані точки всмоктування кухонних витяжок, тим менша ймовірність того, що кухонні випари будуть повністю уловлені та відведені. Аналогічне було виявлено і при використанні очищувачів повітря в шкільних класах: чим далі вони були встановлені від зони поширення вірусів, тим менша була ймовірність уловлювання та відведення повітря, забрудненого вірусами.



## Вентиляція в школі



Нереальний ідеальний випадок: повітря, що дихає, тече вперед до очисника повітря



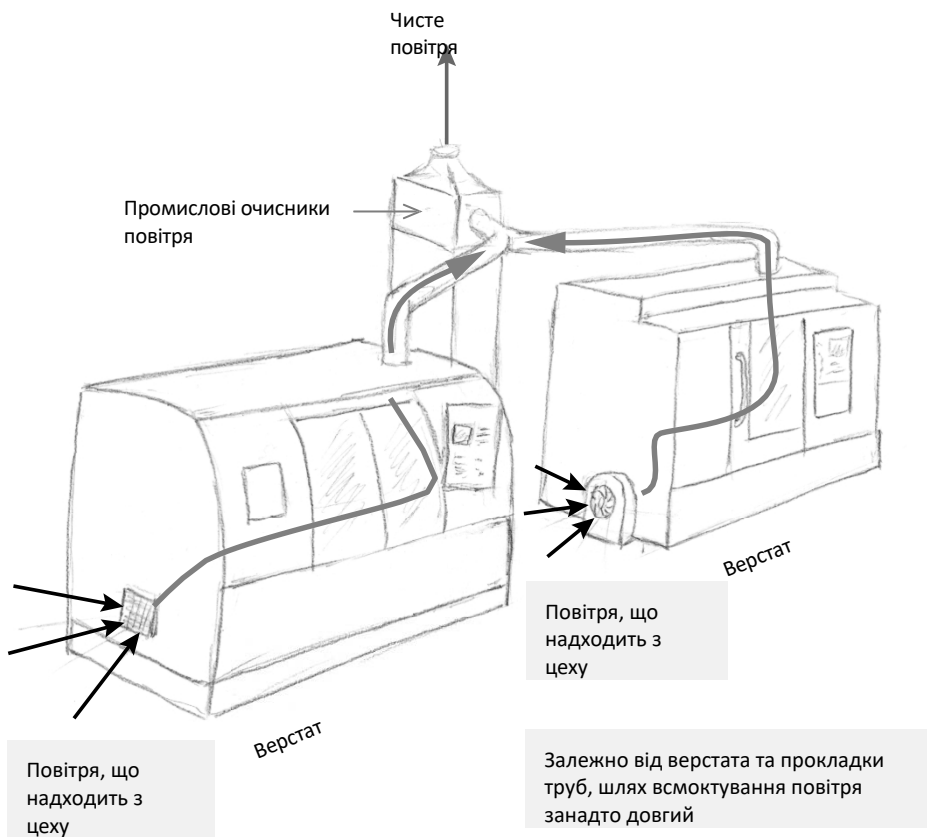
Можливі потоки повітря в класі (наприклад, при відкритому вікні)

### Значення для витяжної системи в машинобудуванні

Саме це ми спостерігали під час моделювання складних потоків повітря в системах витяжки на сучасних верстатах. Там витяжка повітря, забрудненого аерозолями охолоджувальних та мастильних матеріалів, також дуже часто є вкрай неефективною, оскільки місце всмоктування очисників повітря знаходиться занадто далеко від місця обробки деталей, де утворюються аерозолі.

### Промислові очисники повітря

---



## Помилка

***Згодом шкідливі речовини потрапляють до місця відсмоктування.***

У вентиляційній техніці та очищенні повітря ми постійно стикаємося з помилковим припущенням, що повітря, забруднене шкідливими речовинами, вірусами або аерозолями, рано чи пізно потрапляє в зону, де його можна уловлювати та відсмоктувати. Однак у багатьох випадках цього не відбувається. Неуловлені аерозолі та інші шкідливі речовини спричиняють значне забруднення повітря в навколишньому середовищі.

## **1.2. Уловлювання та відсмоктування за допомогою повітряних струменів може бути корисним!**

Але що робити, якщо немає можливості наблизити зону відсмоктування до джерела викидів шкідливих речовин? У цьому випадку можна вчинити так само, як при гасінні полум'я свічки:

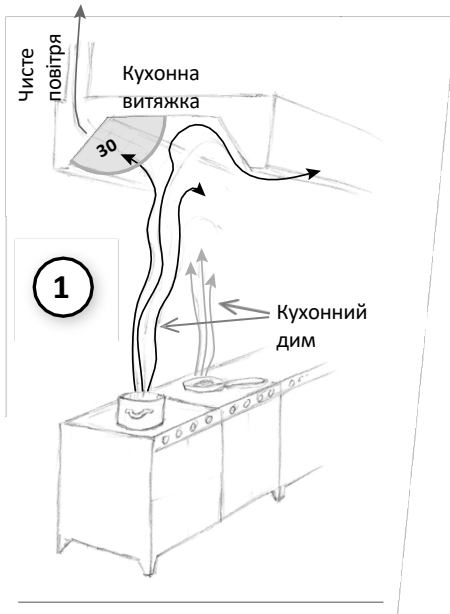
*дути замість висмоктувати!*

У контексті вентиляційної техніки це означає, що повітря, яке підлягає очищенню, разом із вірусами, аерозолями та іншими шкідливими речовинами, має бути якомога швидше перенесено за допомогою допоміжного обдування туди, де сила всмоктування очищувачів повітря, кухонних витяжок або вентиляційних пристроїв є найбільшою, тобто безпосередньо в зону їх всмоктувальних отворів (–).

### **Потік повітря для кухонь громадського харчування**

Для досягнення цієї мети компанія REVEN GmbH розробила сучасні кухонні витяжки з вбудованою індукційною системою. Індукційний потік надійно забезпечує, щоб пари, що піднімаються від кухонних приладів, надходили безпосередньо і дуже швидко в зону фільтрації та всмоктування, де вони можуть бути уловлені та відсмоктані.

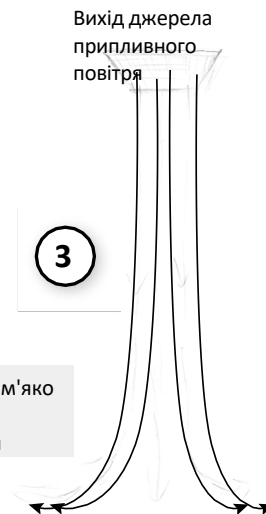
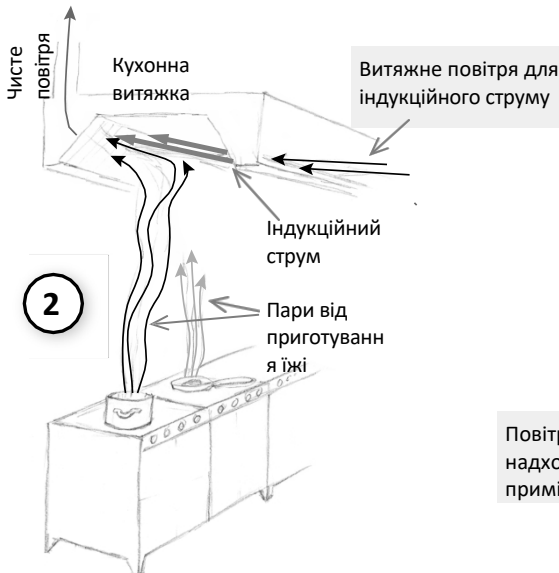
## Кухонна вентиляція



**1.** Кухонний дим може бути всмоктаний (захоплений) лише в радіусі 30 см від сепаратора. За межами цієї зони кухонний дим може потрапити в повітря приміщення.

**2.** Індукційний потік направляє кухонний дим у бік сепаратора. Таким чином уловлюється **весь** кухонний дим.

**3.** Повітря з правильною температурою подається без перешкод і сприяє уловлюванню кухонних парів.



Повітря, що м'яко надходить у приміщення

Малюнок 7

### **Додаткове свіже повітря**

Уловлювання сучасними кухонними витяжками такого типу можна додатково покращити за допомогою оптимізованого подавання свіжого повітря.

При цьому свіже повітря подається в приміщення з мінімальними імпульсами за допомогою витісняючого потоку повітря. Таким чином ми гарантуємо, що швидкість свіжого повітря при вдуванні залишається дуже низькою і не порушує інші потоки повітря в приміщенні. Цей сценарій також можна проаналізувати та візуалізувати за допомогою систем CFD.

### **Потік повітря для верстатів**

Той самий принцип можна застосувати і для верстатів. Тут у кабіні верстата створюється потік повітря, який рухається у напрямку очисника повітря і забезпечує ефективне уловлювання та відсмоктування аерозолів охолоджувальної рідини та мастила. Оптимізація витяжки в кабінах верстатів часто починається з простого питання: Якщо ми витягуємо тисячу кубічних метрів повітря на годину у верхній частині верстата, куди воно може надходити в кабіну? Якщо немає можливості забезпечити надходження повітря, в кабіні створюється дуже високий негативний тиск, але немає цілеспрямованого потоку повітря в напрямку зони уловлювання очисника повітря.

### **Практичний приклад: негативний тиск**

*Так, після встановлення очищувачів повітря на дуже добре герметичних шліфувальних верстатах кілька разів виникала проблема, що дверцята верстата не відкривалися через занадто високий розрідження в кабіні!*

---

---



---

## 2. Як можна щось відфільтрувати?



Як можна щось відфільтрувати? В принципі, це питання так само просте, як і питання про ефективне витягання, яке ми розглянули раніше. Ви, мабуть, здогадуєтесь, що і тут відповідь не така проста.

Ефективність багатьох процесів у вентиляційній техніці та очищенні повітря базується на ефективному збиранні та витяганні, а також очищенні повітря від шкідливих речовин. Наприклад, якщо в класі повітря, забруднене вірусами, не збирається та не витягується повністю, його неможливо надійно очистити від вірусів. Це також стосується великої зварювальної майстерні на машинобудівному підприємстві. Виділений зварювальний дим містить шкідливі речовини і повинен бути повністю зібраний і відведений. Тільки так можна ефективно очистити повітря в приміщенні від усіх забруднень.

Отже, ефективне та повне очищення повітря включає три дуже важливі процеси:

### *Уловлюв ання Висмокт ування Очищенн я*

Третій крок – очищення повітря – є темою, про яку йтиметься далі. Тут також існує кілька непорозумінь, які я хотів би прояснити. Почнемо з питання:

«Як можна очистити повітря від шкідливих речовин?»

Шкідливі речовини потрібно відфільтрувати з повітря, це ж логічно! Такою є очевидна відповідь. Однак у секторі очищення повітря все частіше використовуються сепаратори. Найвідомішим прикладом цього є циклонні пиłosоси всесвітньо відомої компанії Dyson, які працюють без фільтрів.

Ця технологія за принципом дії нагадує міні-ураган. Повітря закручується, утворюючи вихори, які завдяки високій швидкості викидають частинки з повітря. Цей метод також підходить для сепарації шкідливих речовин, що переносяться повітрям. Однак тут часто виникають непорозуміння, оскільки сепарацію часто плутають з фільтрацією.

## 2.1. Непорозуміння щодо різниці між фільтрами та фільтрацією

### Текстильний нетканый матеріал

Принцип фільтрації також можна пояснити на прикладі пилососа. Для очищення повітря, що всмоктується пилососом, використовуються пилозбірні мішки. Вони часто виготовляються з текстильного нетканого матеріалу. Повітря може проникати крізь цей тонкотканый нетканый матеріал, але частинки пилу затримуються і таким чином відокремлюються від повітряного потоку.

### Фільтри для взвішених речовин зі скловолокна

В принципі, так працює будь-який тип фільтрації в вентиляційній техніці – , навіть у високоякісних фільтрах для зважених речовин. Однак тут використовуються інші фільтрувальні матеріали. Замість текстильного нетканого матеріалу для цих фільтрів використовуються скловолокнисті матраци. Ці матраци також пропускають повітря, але їхня тканина набагато дрібніша, ніж у пилососних мішків. Волокна в фільтрах для твердих частинок мають діаметр від 1 до 10 мікрометрів, тобто від 0,001 до 0,01 міліметра. Таким чином, вони можуть фільтрувати з повітряного потоку набагато дрібніші частинки, ніж текстильний нетканый матеріал.

### Фільтри з металевого плетіння

Цей принцип фільтрації також використовується в багатьох кухонних витяжках, що продаються в магазинах для приватного використання. У цих витяжках часто використовуються металеві фільтри. Зазвичай вони складаються з алюмінієвої або нержавіючої сталі, за принципом текстильного нетканого матеріалу або скловолокна, тільки з набагато грубішою структурою.

Тут використовується відносно грубий металевий фільтр, оскільки він набагато менш чутливий. Незалежно від того, чи використовуються вони в домашній або промисловій кухні, витяжні шафи мають завдання відокремлювати рідкі аерозолі від повітряного потоку. Тут не потрібно фільтрувати сухий пил, як у

пилососа, а рідкі частинки, такі як краплі води та масла. Це серйозна і дуже важлива відмінність, якій часто приділяють дуже мало уваги.

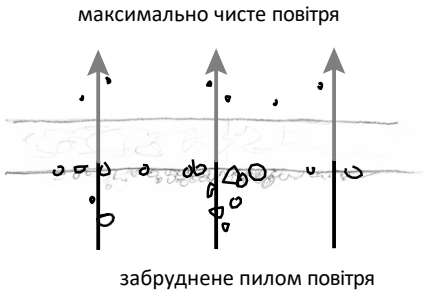
Будь-який тип фільтра збирає і зберігає те, що відокремлюється від повітряного потоку. Тому кількість відфільтрованих речовин у фільтрі постійно збільшується. У пилососному мішку сухий пил збирається і зберігається до тих пір, поки він не заповниться повністю пилом і не потрібно буде його замінити.

Якщо речовина, що фільтрується з повітряного потоку, є краплями рідини, збір цих речовин часто є значно складнішим.

Фільтри з металевого плетіння зберігають відфільтровані дрібні краплі різних рідин безпосередньо в фільтруючому матеріалі. Накопичення різних рідин може призвести до серйозних проблем!

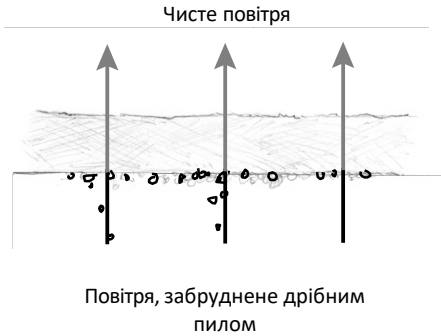
Часто ємність фільтрів з металевої сітки дуже мала. Це означає, що ці фільтри можуть засмічуватися навіть при невеликій кількості рідини, що накопичується. Тому вони, як правило, мають досить грубу сітку. Так вони не засмічуються, але разом з повітрям, що проходить через фільтр, проходять і багато дрібних частинок, які не відокремлюються від повітряного потоку.

## Різні фільтри



### Фільтри з нетканого матеріалу

Нетканый матеріал (наприклад, мішок для пилососа) затримує пил з повітря, що проходить. Однак найдрібніші частинки пилу можуть пройти крізь нетканый матеріал.



### Скловолокнистий фільтр

Скловолокну тонше за нетканый матеріал і може фільтрувати, тобто затримувати, найдрібніші частинки пилу в нанодіапазоні.



### Металевий фільтр

У кухонній зоні металева сітка в першу чергу призначена для фільтрації жирних частинок. Залежно від розміру краплі залишаються в сітці. Однак найдрібніші краплі можуть пройти крізь сітку.

### **Небезпека утворення бактерій**

На підприємствах харчової промисловості, а також у виробничій галузі накопичення рідин у фільтрах може призвести до гігієнічних проблем. При температурі близько 20 градусів Цельсія в поєднанні з вологістю мікроорганізми можуть дуже швидко розмножуватися у фільтрах. Тому зберігання та накопичення рідин протягом тривалого часу часто не рекомендується, а регулярне чищення або заміна фільтрів є нагально необхідними.

### **Небезпека пожежі**

Якщо фільтровані речовини є маслом або жиром, рідина, що накопичується у фільтрі, становить все більшу пожежну небезпеку! Цей факт часто забувають.

### ***Приклад з історії компанії***

*Я добре пам'ятаю велику нараду у світового виробника інструментів. Співробітники показали мені своє виробниче приміщення з сотнями шліфувальних верстатів. Установки для очищення повітря у виробничій зоні були оснащені великими фільтрами для зважених речовин, які могли утримувати до 100 літрів рідини. Проблема полягала в тому, що накопичена рідина була дуже рідкою і легкозаймистою охолоджувальною та мастильною речовиною. При використанні 50 фільтрів може накопичитися до 5000 літрів рідини! Коли під час огляду я запитав співробітників компанії про протипожежну безпеку цих 50 установок для очищення повітря та відповідні концепції захисту, я побачив перелякані обличчя.*

Мої питання та думки щодо фільтрів для очищення повітря – це аж ніяк не теоретичні міркування, а стосуються конкретних небезпек, і, на жаль, вже траплялися трагічні пожежі через те, що проблема пожежної небезпеки не була достатньо врахована.

### **Практичний приклад: пожежа в машинобудуванні**

*Так, у 2006 році в південній Німеччині сталася руйнівна пожежа в машинобудівному підприємстві з витяжною системою, схожою на описану вище. Збитки від пожежі склали сотні мільйонів євро. Виробничі цехи та обладнання на площі понад 3000 квадратних метрів були повністю знищені. Ймовірною причиною пожежі став несправний верстат. Швидке поширення вогню по системі вентиляційних каналів зробило свою справу.*

### **Практичний приклад: пожежа в готельному комплексі**

*Подібна катастрофа сталася в 1980 році у великому готелі на 2000 номерів у Лас-Вегасі. На момент нещасного випадку в готелі перебувало приблизно 5000 осіб. Пожежа почалася в ресторані готелю і миттєво поширилася на весь комплекс будівель. 85 осіб загинули. Ця трагічна подія досі вважається однією з найкатастрофічніших пожеж у готелях в сучасній історії США.*

Такі пожежі в кінцевому підсумку призвели до того, що описані вище фільтри з металевої сітки перестали використовуватися в багатьох галузях промисловості. У промисловій вентиляції кухонь вони навіть заборонені в багатьох країнах вже протягом багатьох років. Так, в Північній Америці та більшості європейських країн металеві фільтри такого типу не можуть використовуватися в нових промислових кухнях через підвищену пожежну небезпеку.

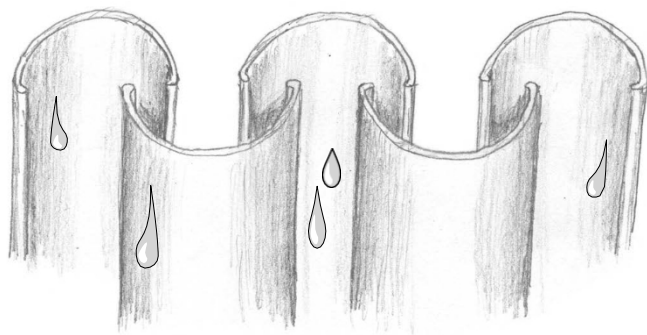
### **Винахід відбиваючих екранів**

Після катастрофічної пожежі в готелі в Лас-Вегасі в США були розроблені альтернативи металевим фільтрам — так звані відбивні сепаратори. Цей тип сепараторів виготовляється з листів нержавіючої сталі. При проходженні повітря перенаправляється щонайменше двічі

відхиляється. Відмінність від звичайних фільтрів з металевої сітки полягає в тому, що ці сепаратори з листа нержавіючої сталі не утримують рідину.

### Відокремлювачі з відбійною пластиною

---



Рідини, такі як масло і вода, відокремлюються на відбійних пластинах і в ідеальному випадку стікають вниз по пластинах.

Малюнок 9

### Помилка

#### ***Різна дія фільтрів і сепараторів***

Як ми бачили, фільтри та сепаратори працюють по-різному. Але саме ці відмінності і є причиною непорозумінь. Часто властивості, принцип дії та дані про ефективність змішуються в одне ціле. Іноді навіть не робиться спроба чітко розділити та розрізнити ці поняття!

Отже, у вентиляційній техніці та очищенні повітря існують не тільки непорозуміння щодо різниці між фільтруванням та сепарацією, але й щодо принципу дії та ефективності сепараторів з металевого листа.

Щоб пояснити ці відмінності, спочатку необхідно розглянути деякі природні погодні явища та їх використання в технологіях очищення повітря.



## 2.2. Урагани можуть допомогти в очищенні повітря!

Ви, можливо, здивуєтеся, але це дійсно так. Урагани, такі як торнадо, тайфуни, торнадо і тропічні циклони, були прототипами для розробки сучасних сепараторів з металевого листа.

Перші сепаратори, розроблені після великої пожежі в готелі в США, були простими відбійними сепараторами. Дві напівкруглі, зігнуті у формі літери U листи з нержавіючої сталі розташовані навпроти одна одної. Потік повітря на своєму шляху через сепаратор двічі змінює напрямок: перший раз, коли він вдаряється об першу напівоболонку, і другий раз, коли вдаряється об другу напівоболонку.

### Принцип дії відокремлювача з відбійною пластиною

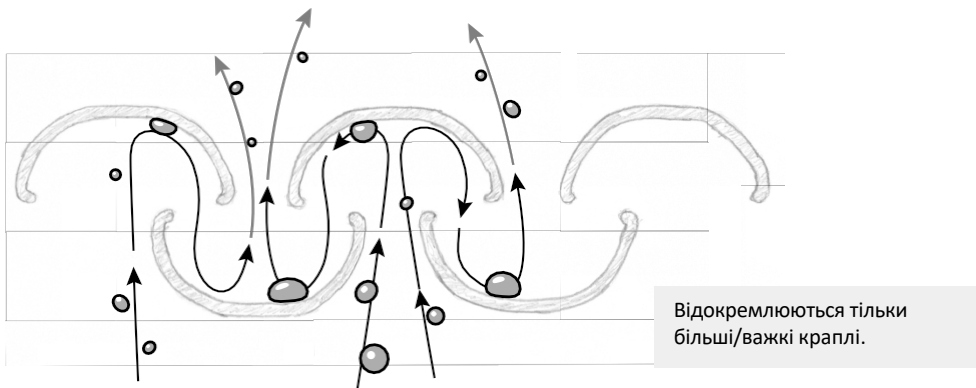


Рисунок 10

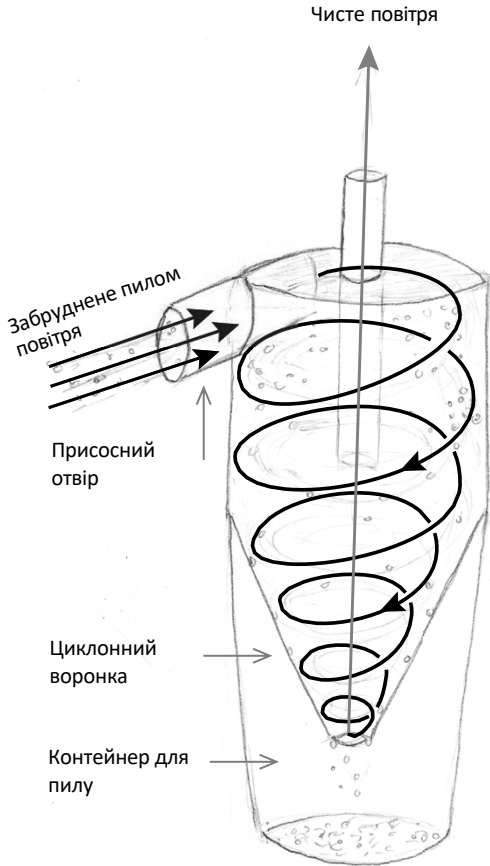
Напівчашки у формі U формуються по радіусу або під кутом 90 градусів. Однак в обох випадках ефективність сепарації дуже низька, оскільки від повітряного потоку відокремлюються лише великі краплі, що переносяться повітрям. Потік повітря

в простому сепараторі такого типу дуже турбулентний, і тільки дуже великі краплі з відносно великою вагою і високою інерцією можуть бути відокремлені від нього при зіткненні і відхиленні повітряного потоку. Менші краплі, що переносяться повітрям і мають меншу вагу, проходять разом з повітряним потоком через ці відхилення і тому не відокремлюються. Єдина перевага цих простих відбійних сепараторів полягала в тому, що вони не накопичували рідину, однак їх ефективність у відділенні частинок з повітряного потоку була дуже низькою.

### **Тропічні урагани як зразок**

Лише коли виробники сепараторів взяли за приклад природу і навчилися у тропічних ураганів, їм вдалося усунути цей недолік. Найвідомішим прикладом цього є згадана вище компанія Dyson з її циклонними пилососами. Ця технологія працює без фільтрів і за принципом міні-урагану. Повітря, як у вихорі, потрапляє в обертальний потік з дуже високою швидкістю. При цьому чим вища швидкість обертання, тим менші частинки можуть бути викинуті потоком повітря і таким чином відокремлені.

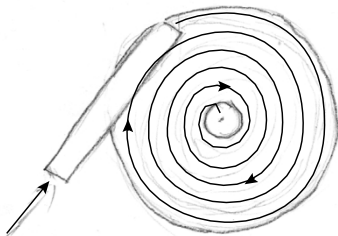
## Принцип роботи циклонного пилососа



Завдяки конічній формі циклонного лійка всмоктуване повітря перетворюється на спіральний рух.

Під дією відцентрової сили частинки пилу відкидаються до стінки.

Частинки пилу збираються в контейнері для пилу.



Циклонна спіраль, вид зверху

Звичайно, для отримання знань про те, як у пирососах, кухонних витяжках та очисниках повітря можна створити такі штучні вихори в малому масштабі, знадобилося багато досліджень і розробок. За допомогою просто зігнутих відбійних пластин цього точно не досягти. При розробці та оптимізації циклонної технології також використовується чисельне моделювання потоків, або CFD-моделювання. CFD означає «Computational Fluid Dynamics» (обчислювальна гідродинаміка). За допомогою цього моделювання можна візуалізувати найрізноманітніші повітряні потоки. Однак цього недостатньо для оптимізації технологій сепарації. І тут також часто виникають непорозуміння в області вентиляційної техніки та очищення повітря!

### Непорозуміння

***Оптимізації повітряного потоку достатньо!***

У багатьох випадках вентиляційна техніка стосується лише повітряного потоку. Наприклад, завдання полягає в тому, щоб якомога комфортніше забезпечити приплив свіжого повітря у великий концертний зал, не створюючи при цьому неприємного протягу або відчуття холоду для відвідувачів концерту. Крім того, приплив повітря повинен бути абсолютно безшумним.

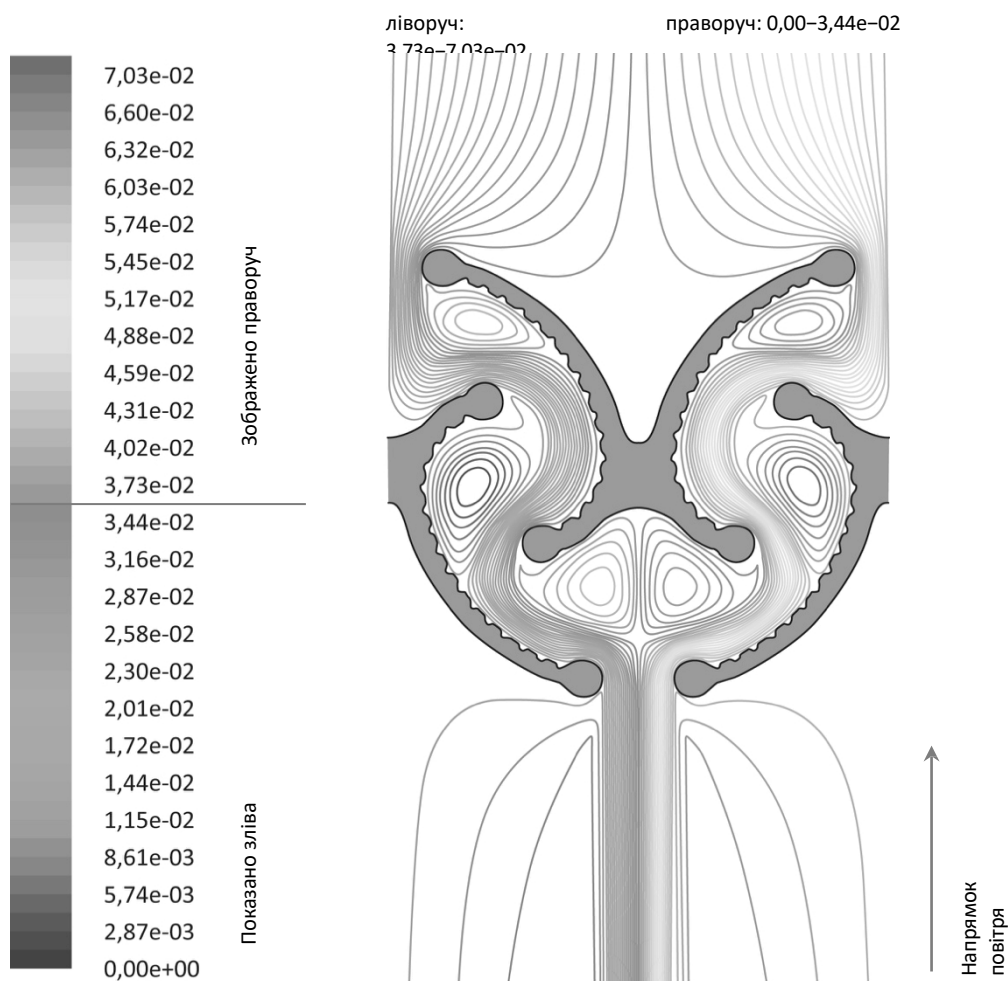
Однак оптимізація фільтрів і сепараторів у системах очищення повітря стосується не тільки потоку повітря, аналізу його руху та швидкості. Основне завдання очищення повітря полягає в тому, щоб відокремити частинки, що переносяться потоком повітря, за допомогою фільтрів або сепараторів. Фільтри працюють, якщо спростити, як сито, а сепаратори — як вихори. Щоб оптимізувати роботу сепараторів, необхідно створити в них невеликі вихори. Тільки тоді частинки будуть викинуті з повітряного потоку і зможуть бути відокремлені.

### **Аналіз траєкторій частинок**

Сьогодні за допомогою CFD-систем можна також досліджувати та візуалізувати потік частинок. Отже, ми більше не дивимося тільки на повітряні потоки, а й на поведінку частинок або аерозолів, що переносяться ними.

Чи рухаються менші і, отже, легші аерозолі тим самим шляхом, що і повітряний потік? Дуже цікавим дослідженням CFD є візуалізація різних траєкторій руху аерозолів. Траєкторія цих траєкторій залежить від розміру частинок. За допомогою дуже якісних CFD-аналізів можна навіть визначити, в якому місці сепаратора аерозоль відокремлюється від повітряного потоку! Під час подальшого вдосконалення наших сепараторів ми не раз дивувалися і дивувалися результатам такого аналізу.

## CFD-аналіз сепаратора X-CYCLONE®



Поведінка потоку частинок різного розміру (кг/с)  
Різні розміри частинок позначені різними відтінками сірого кольору.

Рисунок 12

### *Приклад з історії компанії*

*Під час подальшого розвитку наших сепараторів ми також дуже часто вважали, що заздалегідь знаємо, як буде рухатися повітряний потік і що відбуватиметься з усіма частинками, що переносяться повітрям – , тобто куди вони будуть викинуті. Щоб підтвердити наші припущення, ми провели CFD-аналіз. Представлені результати часто були зовсім іншими, ніж ми очікували.*

Я ще пам'ятаю дослідження, під час якого ми всі були на сто відсотків переконані, що в новому сепараторі, який ми розробили, дуже швидко утворюються невеликі вихори з сильним обертанням, які з високою ефективністю викидають частинки, що переносяться повітрям. Цей новий прототип ми з гордістю назвали X-CYCLONE®.

Літера X позначає геометрію сепаратора. Ми більше не виготовляли його з двох просто зігнутих листів у формі літери U, а надали сепараційним профілям набагато складнішу геометрію. Спочатку ми могли виготовляти їх тільки з алюмінієвих профілів, отриманих методом екструзії. Поверхні нагадували мініатюрні копії крил літака, які ми розташували у формі X. Ви вже здогадалися, що друга частина назви нашої нової розробки походить від англійського слова CYCLONE, що означає тропічний циклон – .

Аналіз CFD нового прототипу сепаратора був скоріше підтвердженням, ніж аналізом, який ми хотіли провести для впевненості, незважаючи на великі витрати. Ми все одно знали, яким буде результат. Принаймні, так ми думали...

Аналіз CFD дійсно є дуже трудомістким. Як пояснювалося раніше, під час дослідження ретельно вивчається не тільки поведінка повітряного потоку, але й частинок у повітрі. Щоб взагалі п р о в е с т и це дослідження, потрібна тривимірна

. «Не проблема, — подумав я кілька років тому, — у нас є все необхідне, інакше ми б не могли виробляти цей пристрій». Але я теж потрапив у пастку непорозуміння!

### Помилка

*Для CFD-моделювання достатньо тривимірної моделі сепаратора.*

### Тривимірна просторова модель

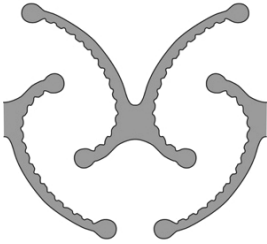
Адже для дослідження нам була потрібна не тільки тривимірна модель нашого сепаратора, тобто алюмінієвих профілів, але й модель приміщення, через яке проходить повітря. Насправді це логічно! Адже аналізуючи потік повітря в круглому вентиляційному каналі, ми дивимося на циліндричний простір всередині вентиляційного каналу, а не на металеву пластину каналу. Однак це не полегшило нам завдання. Оскільки геометрія нашого нового алюмінієвого профілю X-CYCLONE® була дуже складною, простір, через який проходить повітря, став ще складнішим. Але для CFD-дослідження необхідно моделювати саме його.

### Сітка (розрахункова сітка)

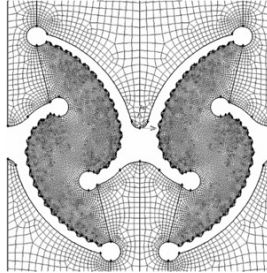
До цього і без того складного процесу додається ще одна складність: простір, через який проходить повітря, необхідно покрити розрахунковою сіткою. Для цього часто використовується англійський термін «mesh». Те, як така розрахункова сітка розміщується в просторі, через який проходить повітря, має серйозний вплив на якість CFD-аналізу. Однак, якщо підійти до цього питання з великою ретельністю, можна отримати дуже детальний аналіз потоків як повітря, так і частинок, хоча результати можуть бути вкрай невтішними!



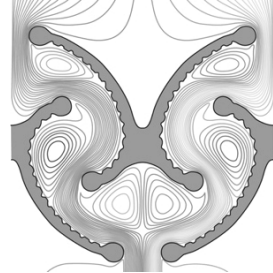
## CFD-аналіз сепаратора X-CYCLONE®



Профіль сепаратора



Сітка простору, що протікає повітря



CFD-аналіз потоку частинок різного розміру

Ілюстрація 13

### Результат, що змушує задуматися

Початок завжди важкий – повітря тече не так, як передбачалося!

Для наших перших прототипів X-CYCLONE® аналіз CFD дав дуже розчарувальні результати. У зоні проходження повітря, де, на нашу тверду переконання, мали утворюватися невеликі циклони, які потім з швидкістю обертання понад 10 метрів на секунду викидали частинки, нічого такого не відбувалося! Я досі пам'ятаю це, наче це було вчора. Аналіз CFD чітко показав порожню зону, яка за формою нагадувала краплю розміром приблизно в один сантиметр.

### Причина

Оскільки X-геометрія нашого профілю мала занадто велику кривизну, повітряний потік не міг слідувати за цією геометрією, і утворилася зона, яка не провітрювалася, не кажучи вже про те, що там утворювалися циклони, які забезпечували б відділення! Навіть професіонали в галузі вентиляції не завжди можуть заздалегідь правильно оцінити поведінку повітряного потоку.

### Оптимізація

Для нашого тодішнього проекту з оптимізації сепарації X-CYCLONE® це означало почати все з початку і переробити геометрію наших сепараторів. По суті, це був нескінченний процес постійного вдосконалення та поліпшення. Зрештою, нам все-таки вдалося розробити продукти з технологією, схожою на ту, що використовується в Dyson, і застосувати їх у вентиляції та очищенні повітря відповідно до промислових стандартів.

### Розробка геометрії сепараторів

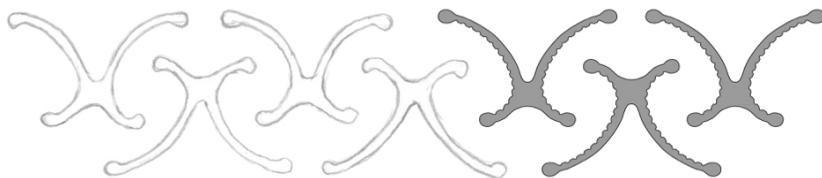
---



Сепаратори з відбійною пластиною та U-подібними профілями



Прототип сепаратора X-CYCLONE® з X-профілями у формі крила літака



Сепаратор X-CYCLONE® з профілями в оптимізованій X-геометрії для оптимального направлення повітряного потоку (див. рис. 15)

### **Переможна хода наших сепараторів**

Наразі розроблені нами сепаратори X-CYCLONE® зарекомендували себе в найрізноманітніших галузях промисловості.

На бурових платформах, у підприємствах з обробки текстилю, на заводах з виробництва сухого молока, в фарбувальних цехах автомобільної промисловості, в харчовій промисловості, в великих кухнях, в машинобудуванні, навіть в установках для виробництва кремнієвих пластин для мікроелектроніки «циклонні вихори» в наших сепараторах з X-профілем забезпечують високоефективне очищення повітря.

### Принцип роботи сепаратора X-CYCLONE®

---



---

Рисунок 15



---

### 3. Як можна усунути пари та запахи?

?



Усунення парів і запахів є дуже складним завданням у вентиляційній техніці та очищенні повітря. Можна було б подумати, що після уловлювання, відділення та очищення повітря має бути чистим, а отже, запах не повинен відчуватися. Усі частинки, аерозолі та шкідливі речовини усунуто — що ж тоді може спричиняти неприємний запах?

#### Помилка

***У повітрі, що не містить аерозолів, частинок і шкідливих речовин, немає запаху.***

На жаль, це ще одне непорозуміння в техніці вентиляції та очищення повітря, про яке йтиметься в цьому розділі. Дозвольте мені пояснити це на простому прикладі з практики.

#### ***Практичний приклад: заправка автомобіля***

*Багато з нас вже бували на заправній станції зі своїм автомобілем і заправляли його паливом. При цьому більшість з нас, напевно, відчували запах бензину або дизельного палива.*

## Запах бензину під час заправки

---



---

Ілюстрація 16

Але чому ми відчуваємо запах бензину під час заправки, хоча зазвичай в повітрі немає ніяких бризок пального або аерозолів? Це стає цілком зрозумілим, коли ви хочете заправити бак до країв і при цьому стежите, щоб нічого не вилилося. Коли дивишся, коли рівень палива стає видимим у паливному патрубку, ніс знаходиться близько до патрубку і відчувається сильний запах палива, навіть якщо нічого не виливається.

Якщо провести вимірювання частинок у безпосередній близькості від паливного патрубку, то за допомогою вимірювальних приладів не можна буде виявити в повітрі навколо паливного патрубку жодних аерозолів або частинок пального. Але чому тоді під час заправки все одно відчувається запах пального? Відповідь на це питання наведено нижче.

## 3.1. Непорозуміння щодо різниці між парами та аерозолями

Чому під час заправки відчувається запах пального, хоча в повітрі нічого не видно? Те, що ви відчуваєте, — це випаровування пального. Особливо Super Plus є дуже летким. Це означає, що він випаровується навіть за досить низьких температур. Ці випаровування, а точніше газ, виходять із заправного патрубку і створюють запах.

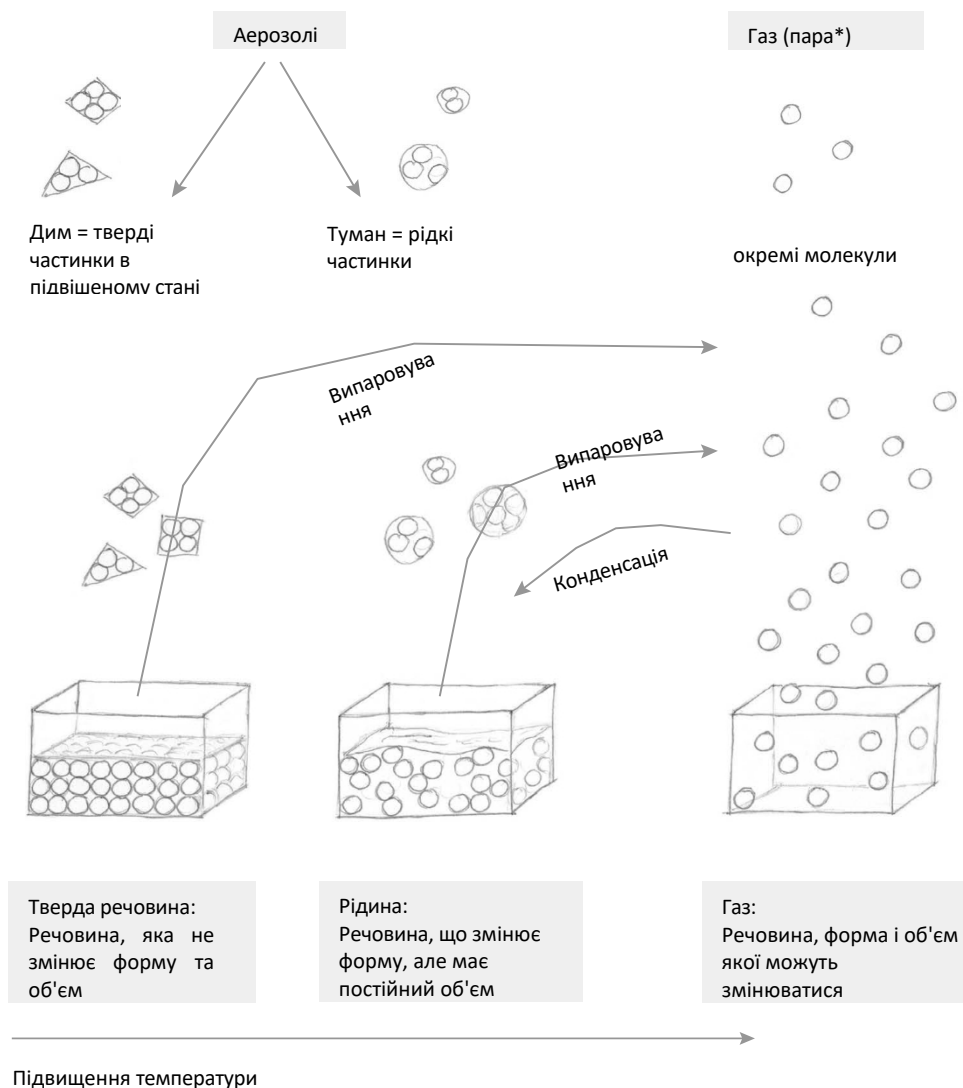
### Помилка

*Повітря без аерозолів є чистим.*

Цей простий приклад дуже наочно ілюструє, що повітря, вільне від аерозолів, ще не обов'язково є чистим і може продовжувати забруднювати навколишнє середовище. Забруднення повітря випарами рідин є проблемою, яка також викликає велике занепокоєння у професійних асоціаціях.



## Різниця між аерозолями та газом



\* Зазвичай під паром розуміють краплі, що знаходяться в повітрі, наприклад, пари під час варіння. З наукової точки зору, пара — це газоподібний стан речовини (утворюється в результаті випаровування, випаровування, кипіння або сублімації).

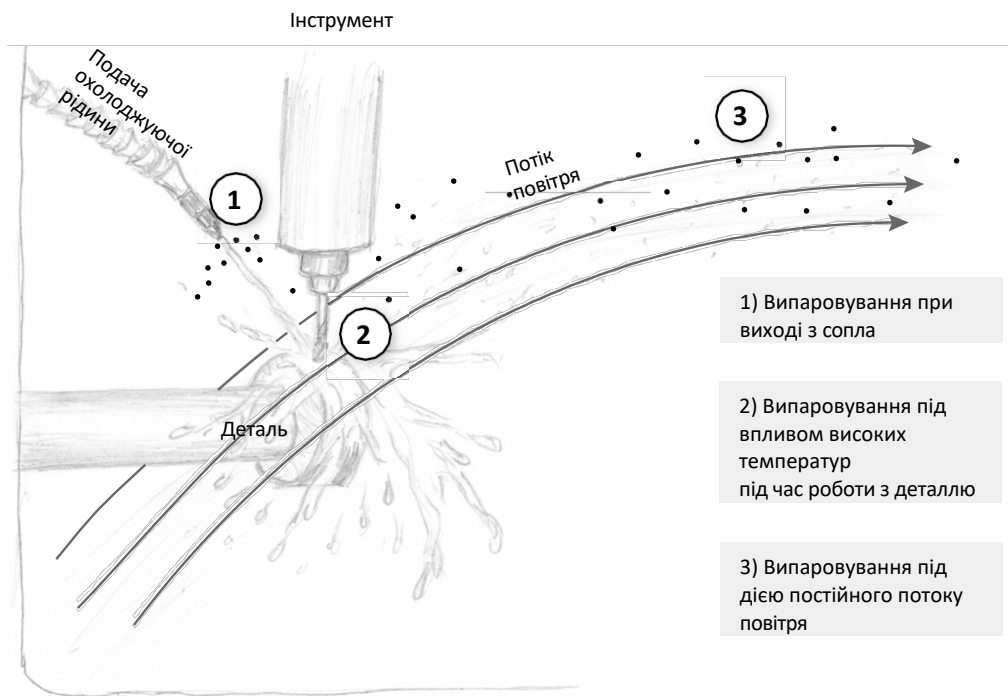
#### **Практичний приклад з машинобудування**

*Я добре пам'ятаю, як разом із нашим партнером із Баварії відвідав професійну асоціацію, яка відповідає за машинобудування в Баварії. Там нам показали дослідження з результатами вимірювань, під час яких було досліджено забруднення повітря охолоджувальними та мастильними матеріалами на верстатах. Результати показали те саме явище, що й у наведеному вище прикладі з автозаправкою. Аналіз повітря навколо верстата показав, що забруднення повітря аерозолями практично не відбувалося і всі граничні значення були дотримані. Принаймні, так вважали.*

*Коли фахівці професійної асоціації перевірили вміст випаровуваних охолоджувальних та мастильних речовин різних верстатів, вони виявили їх значну кількість у повітрі – , а в деяких випадках концентрація випаровувань охолоджувальних та мастильних речовин досягала 100 міліграмів на кубічний метр повітря в приміщенні. Це в десять разів перевищувало допустимі норми! Як це могло статися?*

Через дуже високий тиск всередині верстатів, де охолоджувальні та мастильні матеріали дуже дрібно розпилюються через форсунки, виникають перші ефекти випаровування. Крім того, через високі температури на інструментах, що обробляють метал, випаровується дуже багато рідини. У цьому контексті часто недооцінюють постійний потік повітря через очищувачі повітря в верстатах.

## Пари охолоджувальної рідини в верстаті



Малюнок 18

Згадайте, що ми встановили в розділі 1: для уловлювання та відсмоктування нам потрібна велика кількість відпрацьованого повітря та потік повітря в напрямку уловлювання. Цей потік повітря можна порівняти з вітром, що дме над поверхнею великого озера. Тільки завдяки цьому потоку повітря вода випаровується, поглинається як вологість повітря і відводиться разом з потоком повітря. Подібні ефекти ми спостерігаємо також у верстатах або під час заправки автомобілів. У результаті величезні кількості рідини у вигляді пари транспортуються разом з повітрям. Ці пари можуть спричиняти значне навантаження на здоров'я та неприємні запахи.

#### **Приклад: харчова промисловість**

Таке саме явище можна спостерігати в харчовій промисловості та на промислових кухнях. На всіх установках і кухонних приладах, що працюють при високих температурах, рідина випаровується. Типовими процесами є випікання, смаження та фритюр. Тут температура становить приблизно 140–190 градусів Цельсія. При цьому олії та жири частково випаровуються і уловлюються та відсмоктуються вентиляційними системами.

#### **Практичний приклад: фритюрниці**

*У харчовій промисловості ми вже мали змогу побачити установки для смаження картопляних чіпсів, які за розмірами нагадували велику ванну. У цій ванні щодня смажаться сотні тисяч картопляних чіпсів, при цьому виділяється величезна кількість пари. Вона складається переважно з випаровування олії з фритюрниці та випаровування води, яка перед смаженням була пов'язана з картопляними чіпсами. Тут ми також виявили описане вище явище: під час аналізу відпрацьованого повітря за допомогою вимірювання частинок не було виявлено жодного забруднення повітря, повітря здавалося чистим і майже не забрудненим. Проте вже на огляд було видно, що відпрацьоване повітря цього технологічного процесу не могло бути чистим, оскільки воно виглядало як хмара пари старої парової локомотива. Також, як і на заправній станції, відчувався інтенсивний запах. Він був приємнішим, ніж під час заправки, але все одно чітко вказував на забруднення повітря.*

#### **Приклад: приватна кухня**

Подібне можна спостерігати і вдома на кухні, наприклад, коли ви смажите стейк на сильному вогні. При цьому можуть утворюватися бризки олії, які можна класифікувати як аерозоль, але те, що піднімається над плитою і потрапляє в витяжку, – це переважно повітря з випареними маслами та водою. Краплі, аерозолі та бризки потрапляють туди лише в невеликій кількості.

#### **Конденсація випаровуваних рідин**

У промисловості та на промислових кухнях ці випарі рідини створюють великі проблеми в технологічному відпрацьованому повітрі. Адже ці пари не тільки створюють неприємний запах, але й можуть знову конденсуватися, коли відпрацьоване повітря охолоджується. Випарена рідина знову переходить з газоподібного в рідкий стан. Це можна спостерігати, перш за все, на великих промислових підприємствах і в великих готелях. Чому? Тому що в великих будівлях дуже часто є довгі відстані для повітропроводів.

#### **Гігієнічні проблеми та небезпека пожежі через довгі канали відведення повітря**

Незалежно від того, чи йдеться про процес приготування їжі у великій кухні готелю чи про виробничий процес на промисловому підприємстві, повітря, яке безпосередньо всмоктується під час процесу, має пройти дуже довгий шлях через вентиляційний канал, перш ніж остаточно покинути будівлю і бути випущене назовні за допомогою великих вентиляційних пристроїв. Під час проходження довгим вентиляційним каналом, який часто складається з прямокутних сегментів з листового металу, повітря охолоджується. Таким чином, випарена рідина конденсується і осідає у витяжних каналах та вентиляційному апараті. Ці відкладення не тільки становлять гігієнічну проблему, але й створюють небезпеку виникнення пожежі.

## Довгі канали відведення повітря та їх небезпека

---



На шляху назовні повітря постійно охолоджується. В результаті пари конденсуються і утворюють у каналі витяжної вентиляції плівки води та жиру-, які є живильним середовищем для мікроорганізмів і можливим джерелом пожежі.

Малюнок 19

### Європейські стандарти вимагають враховувати пари та їх конденсацію

Повітря, вільне від аерозолів і частинок, ще не обов'язково є чистим. Те, що часто сприймається як неприємний запах, зазвичай є парами. З цієї причини європейські стандарти, такі як DIN EN 16282, вимагають, щоб крім очищення повітря в промислових кухнях за допомогою фільтрів і сепараторів, додатково враховувалися випаровування рідин та їх конденсація! Для цього необхідно виміряти та проаналізувати їх концентрації, які в деяких випадках можуть бути дуже високими.

## 3.2. Прилади для вимірювання FID можуть бути корисними при аналізі забруднення повітря!

За допомогою вимірювальних приладів FID можна отримати інформацію про кількість випаровування рідини в повітрі. FID — це аббревіатура від «детектор іонної іонізації полум'я». Вимірювальний прилад FID допомагає визначити кількість випарених легколетких органічних сполук. У розмовній мові часто говорять про загальний вміст С у витяжному повітрі, маючи на увазі вуглеводні у вигляді пари, що містяться в повітрі. Якщо, наприклад, ми хочемо дізнатися, скільки випаровуваного палива потрапляє в наш ніс під час заправки автомобіля, такий вимірювальний прилад буде ідеальним обладнанням. Вимірювальні прилади FID також корисні для аналізу випаровуваних охолоджувальних та мастильних речовин у виробничій промисловості або на підприємствах харчової промисловості.

### Вимірювання кількості частинок і пари

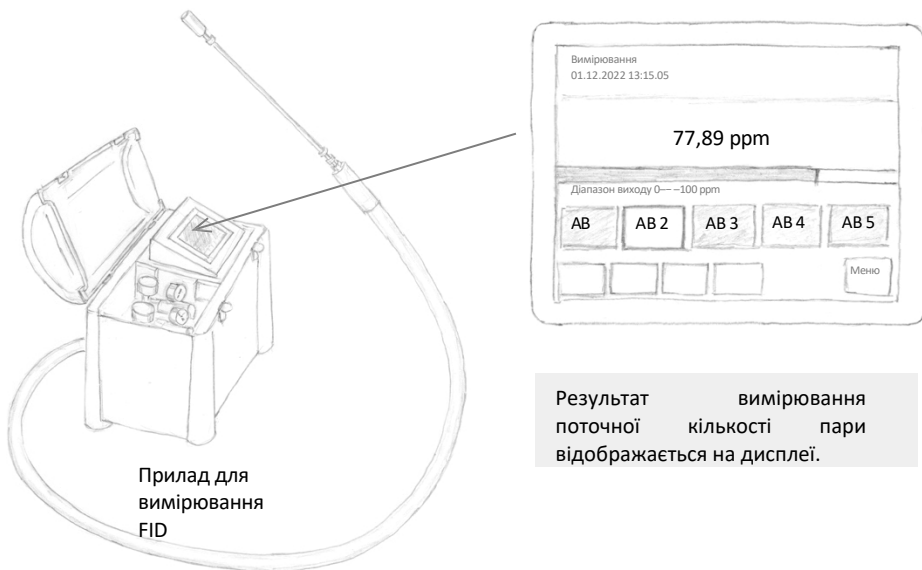


Рисунок 20

#### Аналіз забруднення повітря

Якщо проаналізувати відпрацьоване повітря вищезазначених процесів, то фактичне забруднення зазвичай визначається сумою аерозолів і парів, що містяться в повітрі. Результат такого загального аналізу часто показує, що в одному кубічному метрі повітря міститься 80 міліграмів пари і лише 20 міліграмів аерозолів. Якщо перенести це на наш приклад, це означатиме, що в одному кубічному метрі повітря в приміщенні міститься загалом 100 міліграмів шкідливих речовин. На даному етапі ми можемо не зважати на те, чи це забруднення є результатом роботи охолоджувальної та мастильної рідини на машинобудівному підприємстві, чи це масло для фритюру в харчовій промисловості або на кухні готелю, оскільки проблема та завдання є однаковими: ми маємо подбати про обидва випадки.

#### Помилка

***Випаровування рідин не потрібно вимірювати.***

Ми повинні турбуватися як про випаровування рідин, так і про аерозолі, що містяться в повітрі. Поширеною помилкою в техніці вентиляції та очищення повітря є те, що ці забруднення повітря не вимірюються і не аналізуються. Якщо взагалі щось вимірюється, то в кращому випадку це концентрація частинок аерозолів. Практично ніколи не аналізуються обидва компоненти, пари та аерозолі. Це підтверджують також бесіди з колегами з професійної асоціації в Баварії.

Під час роботи фритюрниць у великих кухнях або великих збірних ємностях для гарячих металевих стружок на виробничих підприємствах або подібних установках скрізь піднімаються білі хмарки. Візуально вони дуже схожі на пару, яка піднімається, коли ви нагріваєте воду в каструлі вдома. Однак з тією різницею, що пара, яка піднімається з промислових ємностей, містить масла та охолоджувальні або мастильні матеріали.



Ці речовини часто є джерелом сильних запахів і приділяється їм занадто мало уваги та досліджень.

#### **Виконайте вимірювання частинок та FID**

Необхідно обов'язково досліджувати такі викиди за допомогою вимірювання частинок та FID. Адаже на основі цих вимірювань можна визначити наступний крок. Очищення повітря шляхом видалення цих парів.

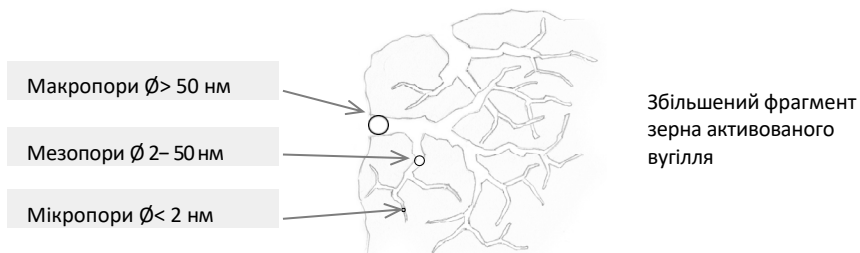
#### **Рішення 1: Активоване вугілля**

Одним із можливих рішень може бути використання фільтрів з активованим вугіллем. У спрощеному вигляді активоване вугілля працює як своєрідний молекулярний фільтр. Воно дуже пористе і має безліч дуже дрібних пор, які можуть поглинати пари шляхом адсорбції. Таким чином, пари зв'язуються на поверхні активованого вугілля. Однак це працює тільки доти, доки активоване вугілля не буде надто забруднене аерозолями, що утворюються під час конденсації.

#### **Недолік використання активованого вугілля**

Часто фільтри з активованим вугіллем встановлюють у вентиляційному пристрої в кінці довгого витяжного каналу. До того часу, як повітря потрапляє туди, воно вже охолоджується на кілька градусів, і пари починають конденсуватися. Це призводить до того, що безліч дрібних пор активованого вугілля дуже швидко забиваються і стають неефективними. Якщо конденсуються пари масел, у поєднанні з активованим вугіллем утворюється буквально вибухонебезпечна суміш!

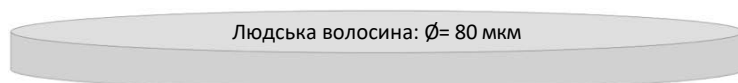
## Використання активованого вугілля



Порівняння розмірів:

Діаметр людської волосини становить приблизно 80 мкм, а діаметр частинки дрібного пилу — 5 мкм.

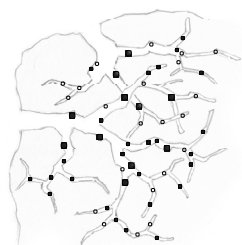
великої мезопори 0,05 мкм ( $= 50$  нм  $= 0,00005$  мм)



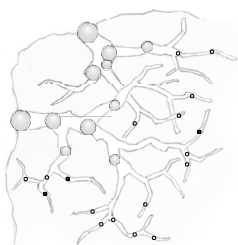
Дрібні частинки пилу:  $\varnothing = 5$  мкм



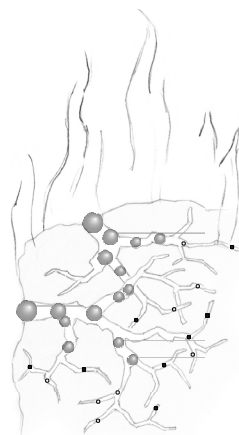
Адсорбція відбувається на поверхні в порах. Внутрішня поверхня чотирьох грамів активованого вугілля приблизно дорівнює площі футбольного поля.



Зв'язані пари



Забиті пори конденсованими парами



Небезпека пожежі через конденсовані пари масла

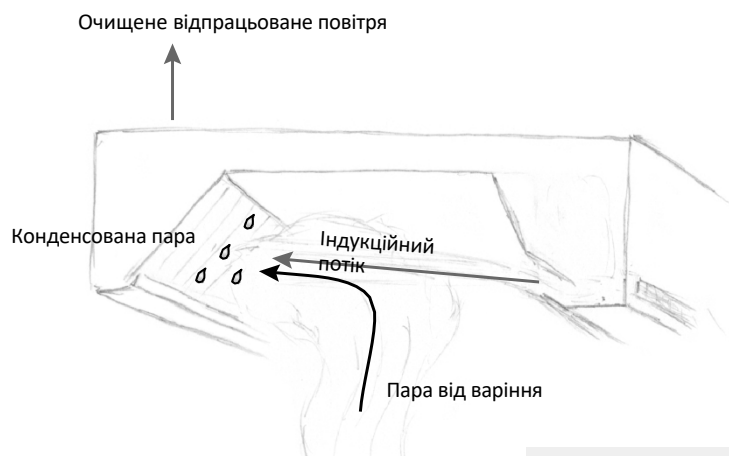
#### **Рішення 2: примусова конденсація**

Ще один спосіб контролю випаровування рідин та зменшення їх кількості — примусова конденсація безпосередньо під час уловлювання та відсмоктування.

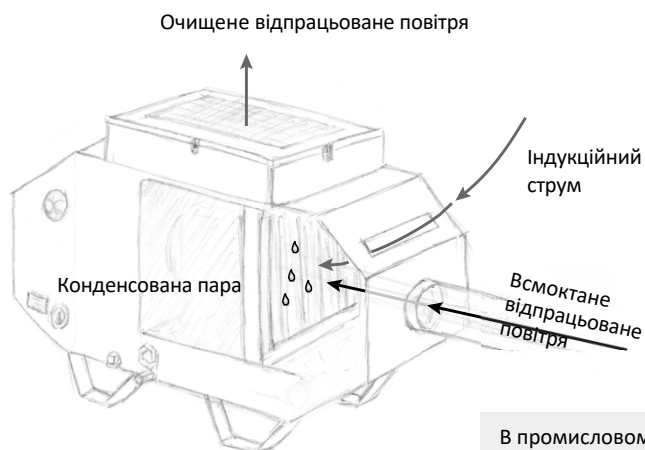
Як описано в розділі 1, компанія REVEN GmbH розробила пристрої для збору, які не тільки всмоктують, але й видують повітря. При цьому повітря, що підлягає збору, разом з аерозолями, вірусами та шкідливими речовинами якомога швидше транспортується за допомогою допоміжного продування в зону, де найвища потужність відсмоктування очищувачів повітря, кухонних витяжок та вентиляційних пристроїв, тобто безпосередньо в зону їх всмоктувальних отворів.

Для цього ми розробили як сучасні кухонні витяжки, так і промислові очищувачі повітря, які оснащені додатковим пристроєм для підтримання потоку повітря. Таким чином, у випадку кухонної витяжки забезпечується швидке і пряме надходження кухонних випарів від кухонної техніки до фільтра і зони всмоктування, де вони уловлюються і відсмоктуються. Крім того, нам вдалося додатково прискорити конденсацію випаровуваних рідин. Повітря індукційного потоку, тобто повітря, що подається, завжди на кілька градусів холодніше, ніж повітря, що уловлюється. Ця різниця температур допомагає нам як у наших вдосконалених витяжних ковпаках, так і в очисниках повітря для верстатів безпосередньо під час уловлювання та відсмоктування викликати конденсацію випаровуваних рідин.

## Примусова конденсація



У витяжній шафі кухні: завдяки більш прохолодному індукційному потоку пари конденсуються і відокремлюються на шляху до витяжного каналу.



В промисловому очищувачі повітря: завдяки більш прохолодному індукційному потоку пари конденсуються перед сепаратором X-CYCLONE® і відокремлюються.

#### **Переваги примусової конденсації**

Якщо технологічне повітря, що відводиться, очищається від випаровувань рідин і аерозолів, що переносяться повітрям, воно стає дійсно очищеним і чистим. При цьому також мінімізуються викиди запахів, які можуть бути повністю нейтралізовані за допомогою встановлених після очищувача фільтрів запахів. Для нейтралізації запахів можуть використовуватися УФ-, озонові, активоване вугілля або хімічні окислювальні системи. Всі вони мають одну спільну рису: вони працюють і розвивають свою повну потужність тільки в тому випадку, якщо відпрацьоване повітря було попередньо ефективно очищене від аерозолів і парів. Тільки тоді і тільки тоді мають сенс додатково встановлені технології для повного усунення запахів. Більше про це в наступному розділі.



---

## 4. Як віруси та запахи можуть нейтралізувати?



Нейтралізація запахів та повне видалення вірусів і бактерій з повітря – це завдання, яке вимагає декількох етапів. Спочатку необхідно ефективно зібрати та витягнути повітря, потім потрібні дуже ефективні аерозольні фільтри або сепаратори, а також конденсація парів, як було описано в попередньому розділі. Тільки дотримуючись усіх цих кроків, можна надійно та повністю усунути запахи за допомогою УФ-С- або озонових систем.

#### Помилка

***Ультрафіолетове випромінювання вирішує всі проблеми, пов'язані з вірусами, бактеріями та запахами.***

Поширеною помилкою в області вентиляційної техніки та очищення повітря, яка стійко утримується, є переконання, що не потрібно особливо перейматися всіма цими етапами, від збору та відсмоктування до сепарації та конденсації. Просто встановити в очищувачі повітря та системи витяжної вентиляції будь-які лампи, що випромінюють ультрафіолетове світло, і все буде добре. Таке або подібне стверджують обіцянки багатьох конкурентів на ринку, які я постійно чую.

Існує дуже багато непорозумінь і неправдивої інформації щодо принципу дії та ефективності технологій очищення повітря, що працюють на основі ультрафіолетового випромінювання. Починається це з того, що багато виробників не інформують користувачів про фактичну сферу застосування ультрафіолетового випромінювання. Важливим аспектом, на який обов'язково слід звернути увагу, є питання: «Чого можна досягти за допомогою систем УФ-С?» Ми хочемо очистити повітря від вірусів і бактерій або видалити жири та масла з відпрацьованого повітря? Я думаю, ви погодитеся зі мною, що тут вже можна розрізнити різні завдання, і що видалення вірусів з відпрацьованого повітря не може бути тим самим, що видалення масел і жирів.



Тому спочатку слід обговорити, для чого ми насправді хочемо використовувати ультрафіолетове випромінювання в нашій системі вентиляції. Вибір системи UV-C залежить від поставленого завдання. Такі системи можуть виконувати різні завдання, зокрема:

- *Дезінфекція предметів*
- *Нейтралізація запахів у повітрі*
- *Знищення вірусів і бактерій у повітрі*

Вже ці три завдання стосуються трьох абсолютно різних областей, кожна з яких вимагає використання абсолютно різних систем УФ-С. Системи, здатної вирішити всі три завдання, не існує.

До цього додається оповита міфами задача так званого спалювання жиру. Що це таке, ми пояснимо пізніше.

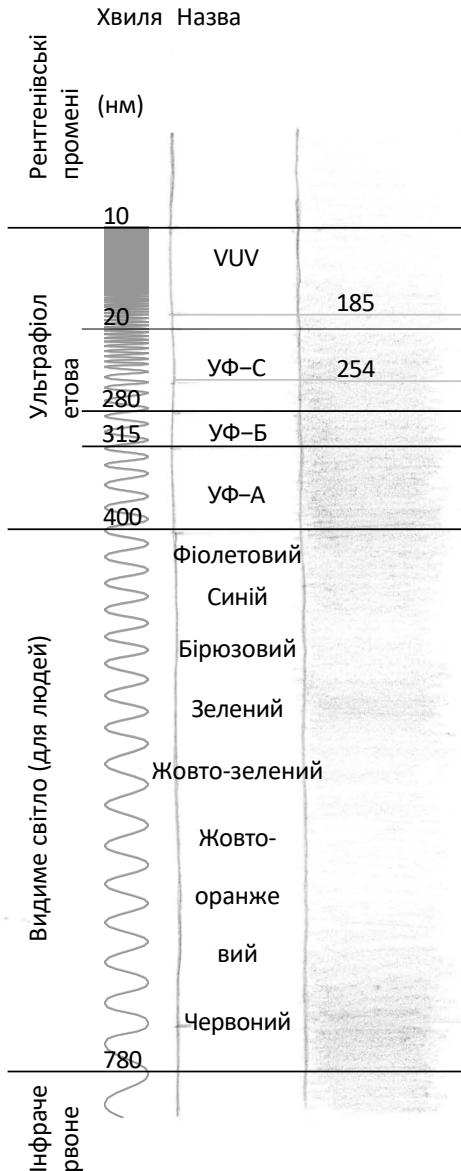
Отже, нам потрібна система УФ-С, спеціально розроблена для виконання одного з цих завдань. Але навіть у цьому випадку залишається питання, чи можна дійсно задовільно вирішити поставлене завдання.

## **4.1. Непорозуміння щодо УФ-С-випромінювання**

У очищувачі повітря для житлових приміщень часто вбудовують системи UV-C. У зв'язку з пандемією, що охопила весь світ, з 2020 року ринок буквально заповнили такі очищувачі повітря. Користувачам обіцяли, що ультрафіолетове випромінювання цих пристроїв може знищити небезпечні віруси. Але як це може працювати?

Візуально такі УФ-С-системи нагадують звичайні люмінесцентні лампи, які, наприклад, використовуються в системах освітлення великих офісів. Вони пропонуються в різних розмірах. Коли увімкнути УФ-С-лампу, вона не світиться білим світлом, як офісне освітлення, а мерехтить блакитним, як солярій. Це блакитне світло — штучно створене короткохвильове УФ-С-випромінювання з довжиною хвилі приблизно 250–280 нанометрів.

## Електромагнітний спектр



### УФ-А та УФ-Б

Ці УФ-промені є єдиними, які досягають Землі. Людина залежить від них для вироблення власного вітаміну D. Вони викликають засмагу шкіри. Однак у занадто високих дозах це випромінювання є шкідливим як у короткостроковій (ризик сонячних опіків), так і в довгостроковій (ризик раку шкіри) перспективі.

### УФ-С

Для стерилізації використовується штучно створене УФ-С-випромінювання з довжиною хвилі від 250 до 280 нм. Особливо 254 нм ідеально підходять для пошкодження спадкового матеріалу мікроорганізмів. УФ-С також шкідливий для людини.

### V (вакуум) УФ

З ультрафіолетового спектру використовується штучно створене світло з довжиною хвилі 185 нм для утворення озону. Використання працює тільки зі спеціальними кварцовими трубками.

##### **Фактор довжини хвилі**

Для систем UV-C важливий діапазон довжин хвиль випромінювання, оскільки тільки так бактерії та віруси гинуть або не можуть далі розмножуватися через пошкодження їхнього генетичного матеріалу. Ці знання вже давно використовуються в медичній техніці, наприклад, для дезінфекції хірургічних інструментів та медичних приладів. Ці дезінфекційні пристрої часто мають вигляд прямокутних коробок, схожих на звичайні мікрохвильові печі. У ці коробки вбудовані УФ-С-лампи, за допомогою яких внутрішній простір можна опромінювати в діапазоні довжин хвиль від 250 до 280 нанометрів. При цьому предмети, які поміщають в такий ультрафіолетовий стерилізатор, дезінфікуються за допомогою УФ-С-випромінювання.

##### **Фактор часу**

У технічних паспортах цих УФ-С стерилізаторів постійно наголошується, що повна стерильність, тобто стерилізація, може бути досягнута вже після 30 секунд опромінення.

На більшості УФ-С стерилізаторів можна встановити час дезінфекції від 30 секунд до 60 хвилин, подібно до налаштування часу на домашній мікрохвильовій печі.

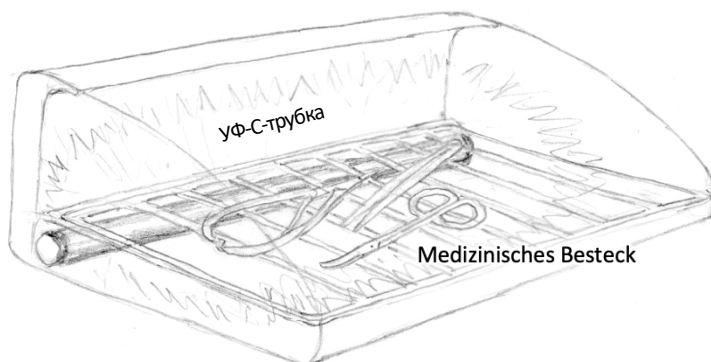
##### **Довжина хвилі+ Час= бажаний результат**

Таким чином, ми визначили першу сферу застосування, для якої існує багато технічних рішень, продуктів і досвіду: щоб повністю знешкодити віруси і бактерії на предметах, таких як ножиці, ножі, плоскогубці, голки тощо, нам потрібне штучно створене ультрафіолетове випромінювання в діапазоні довжин хвиль приблизно від 250 до 280 нанометрів. Також дуже важливо, щоб ці предмети були піддані впливу цього випромінювання протягом щонайменше 30 секунд, щоб вони були дійсно стерильними. Таким чином

Принаймні так рекомендують виробники УФ-С-стерилізаторів, які вже багато років використовуються в медичній техніці.

## Дезінфекція в УФ-С стерилізаторі

---



Цей сучасний стерилізатор працює у два етапи:

- УФ-С-випромінювання (254 нм) протягом щонайменше 30 секунд для знищення генетичного матеріалу мікроорганізмів.
- VUV-випромінювання (185 нм) для повного знищення мікроорганізмів озоном.

Рисунок 24

Які висновки ми повинні зробити з цього для вентиляційної техніки та очищення повітря?

Насправді відповідь на це питання досить проста і зрозуміла: якщо ми хочемо знищити бактерії та віруси в повітряному потоці, нам потрібно те саме ультрафіолетове випромінювання, яке повинно впливати на віруси та бактерії протягом певного часу.

### Помилка

***Стерилізація повітря працює так само, як і стерилізація предметів.***

Хоч це звучить просто і зрозуміло, саме тут починаються проблеми вентиляційної техніки. У вентиляційних приладах і очисниках повітря ми маємо справу з потоком повітря, а не з предметами, які під час стерилізації не рухаються протягом півхвилини. Повітря в вентиляційних приладах і очисниках повітря рухається зі швидкістю щонайменше один метр на секунду. Все, що знаходиться в цьому потоці повітря, тобто також бактерії та віруси, за секунду проходить відстань щонайменше один метр. У багатьох системах це навіть більші відстані – від двох до п'яти метрів на секунду.

### Відстань, яку проходить повітря за секунду

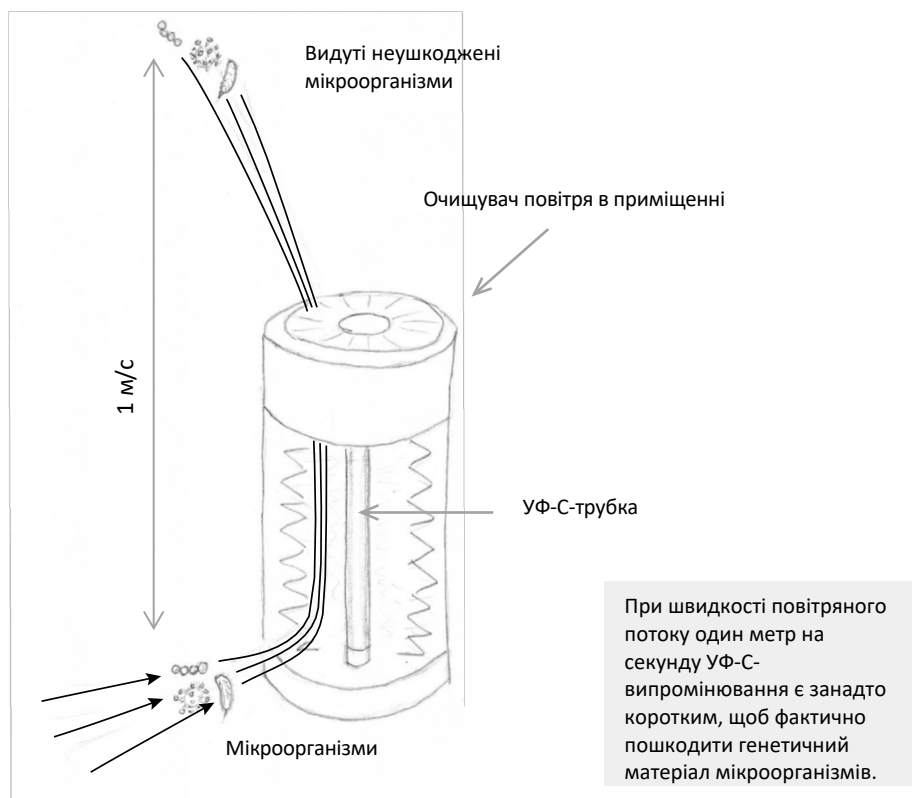


Рисунок 25

Ця обставина вже є першою проблемою і великим викликом. Як ми дізналися з опису стерилізаторів у медичній техніці, бактерії та віруси слід піддавати ультрафіолетовому випромінюванню протягом щонайменше тридцяти секунд. Як ми можемо це реалізувати у вентиляційній системі?

Для системи витяжної вентиляції зі швидкістю повітря один метр на секунду необхідний тридцятиметровий витяжний канал з УФ-С-трубками. Однак такої системи ви не знайдете. Вентиляційні апарати та очищувачі повітря з УФ-С-трубками рідко бувають довші за один метр. Тому можна дуже легко обчислити, як довго бактерії та віруси, що транспортуються повітрям, піддаються впливу УФ-С-випромінювання в цих пристроях: у таких системах випромінювання має лише одну секунду, щоб вплинути на віруси та бактерії. Для стерилізації це занадто короткий проміжок часу.

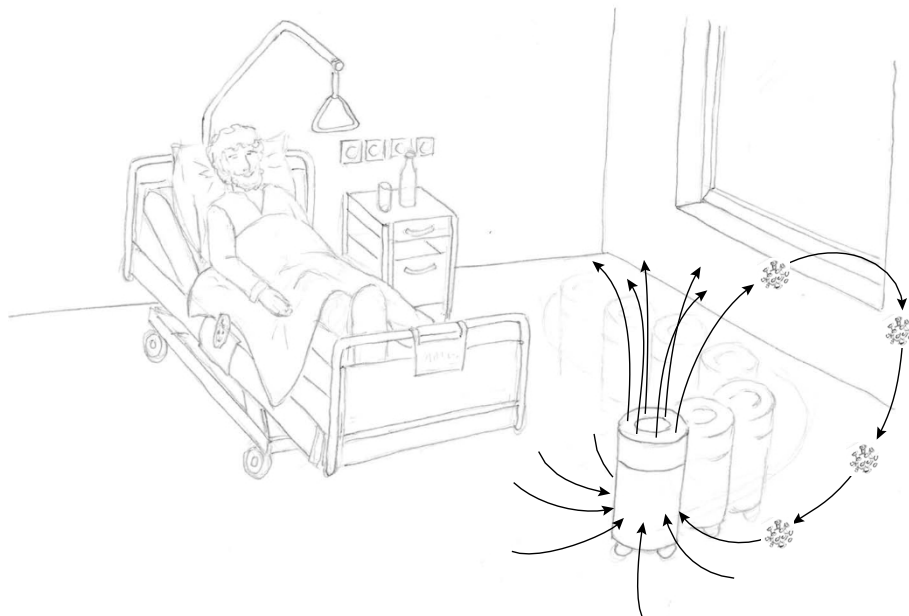
Отже, недостатньо просто встановити УФ-С-лампи у вентиляційний пристрій або очищувач повітря, і в більшості випадків це не має сенсу. Що ж тоді робити?

Одним із варіантів є постійне пропускання повітря через УФ-С-лампи протягом щонайменше півхвилини, щоб досягти відповідного часу впливу.

#### **Практичний приклад: дезінфекційний робот**

*Саме це, в принципі, роблять новостворені дезінфекційні роботи в лікарнях. Ці пристрої були розроблені під час пандемії і можуть використовуватися в лікарняних палатах. Вони самостійно заїжджають у палату і очищають повітря в приміщенні. Для цього вони всмоктують повітря і знову випускають його. При цьому повітря піддається ультрафіолетовому випромінюванню. Цей процес постійно повторюється в приміщенні протягом певного часу. Як ви вже здогадалися, таким чином можна досягти часу впливу щонайменше тридцять секунд.*

## Дезінфекційний робот у лікарняній палаті



Тільки якщо одне і те ж повітря проходить через дезінфекційний робот (спрощене зображення) в «безперервному циклі», мікробні мікроорганізми, що містяться в ньому, можуть бути знешкоджені УФ-С-випромінюванням.

Малюнок 26

Однак цей процес може відбуватися лише в закритому приміщенні, де робот протягом певного часу може постійно всмоктувати, опромінювати та видувати одне й те саме повітря. Якщо ж ми маємо провітрюване приміщення, в яке подається свіже повітря, а відпрацьоване, забруднене повітря висмоктується, ситуація є зовсім іншою.

### Часу недостатньо

Навіть у простих і невеликих очисниках повітря в приміщенні всмоктування, очищення та видування повітря триває не більше секунди. Тому очевидно, що в таких компактних



очисниках повітря ні в якому разі не можна стерилізувати повітря лише за допомогою УФ-С-випромінювання. Для цього просто не вистачає часу.

### Використання фільтрів для зважених речовин

Ефективність компактних очищувачів повітря в приміщеннях можна підвищити, встановивши фільтри для взвішених речовин. Це високоефективні фільтри, які здатні фільтрувати з повітря навіть дуже дрібні частинки, а також віруси та бактерії. У поєднанні з УФ-С-випромінюванням, яке достатньо довго опромінює цей високоефективний фільтр, віруси та бактерії на фільтрі гинуть.

### Допоміжні засоби Фільтри для взвішених речовин

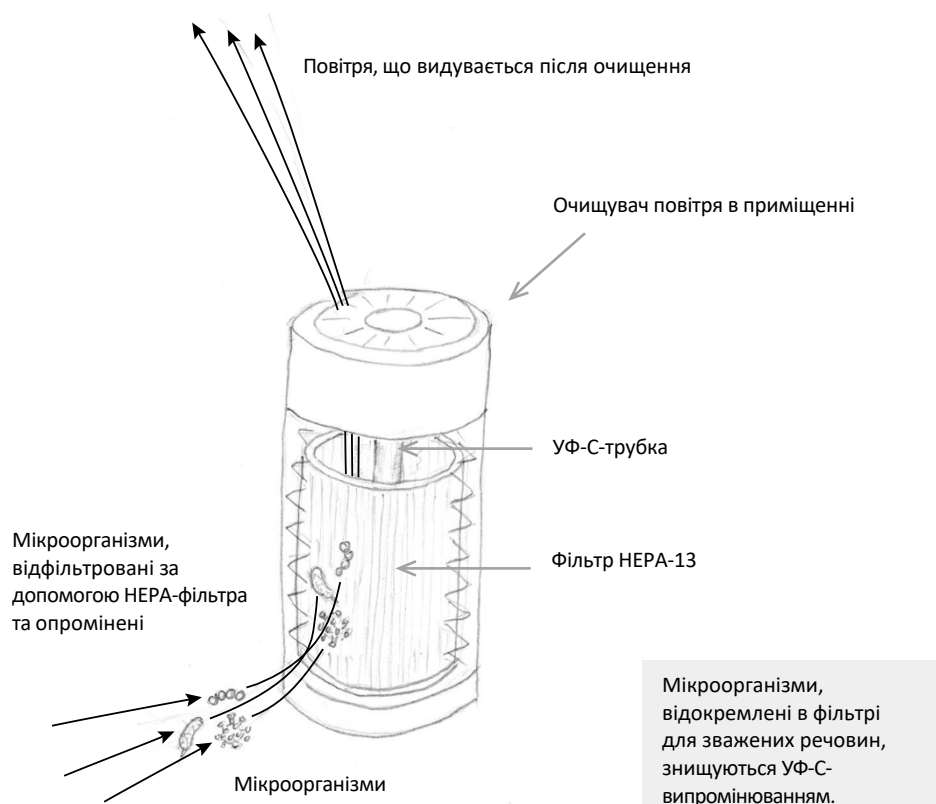


Рисунок 27

Існує чимало подібних прикладів. В кінцевому підсумку, завжди йдеться про те, щоб ультрафіолетове випромінювання впливало на віруси та бактерії достатньо довго, щоб достатньо пошкодити їх генетичний матеріал і запобігти розмноженню. Тільки повне знищення може забезпечити справжню стерилізацію. Трохи більш науково можна сформулювати це так:

*Випромінювання має летальний вплив на віруси та бактерії, якщо воно є достатньо інтенсивним і діє протягом достатнього часу.*

##### **Фактор інтенсивності випромінювання**

Інтенсивність випромінювання залежить від трубок, а точніше, від їхньої потужності на квадратний метр опромінюваної поверхні. Чим більше потужності у ватах ми використовуємо, тим менший час впливу необхідний. Якщо використовувати малопотужні УФ-С-світлодіоди, які видають лише кілька ватів на світлодіод, нам потрібен відповідно довгий час впливу. Взаємодія відносно проста: чим вища потужність випромінювання і чим довший час опромінення, тим сильніший дезінфікуючий ефект — і навпаки.

Перейдемо тепер до видалення масел і жирів з відпрацьованого повітря та до того, як в цьому може допомогти УФ-С-випромінювання. При детальнішому розгляді цього питання ми стикаємося з одним із найбільших непорозумінь у галузі вентиляційної техніки та очищення повітря. Однак це скоріше таємниця, ніж непорозуміння, і її можна описати наступним питанням.

## 4.2. Чи може УФ-С-випромінювання видаляти аерозолі?

Якщо вірити заявам багатьох виробників вентиляційної техніки, то так. Часто стверджується, що ультрафіолетове випромінювання УФ-С-трубок здатне видаляти масла і жири з потоку відпрацьованого повітря. Ця загадка широко поширена, особливо в промисловій вентиляції кухонь. На думку деяких виробників, не стільки аерозольні сепаратори, які я представив у другому розділі, скільки УФ-С-системи нібито забезпечують відсутність жиру та мастила у вентиляції кухонь.

Як вже пояснювалося раніше, такі масла та жири можуть бути присутніми в повітрі у вигляді аерозолів або у випаровуваній формі.

### Непорозуміння

***Ультрафіолетове випромінювання очищає повітря від жирів і масел.***

Багато виробників стверджують, що відповідна система УФ-С у витяжній системі кухні може видаляти всі ці форми жирів та масел з повітряного потоку та повністю очищати систему вентиляції кухні від масел та жирів.

Звучить чудово, чи не так? На жаль, ці революційні властивості очищення повітря досі жодного разу не були підтверджені на науково обґрунтованому рівні.

Ми вже знаємо, наскільки складним є надійне знищення бактерій і вірусів за допомогою УФ-С-випромінювання. Очищення повітря від аерозолів і крапель масел і жирів за допомогою ультрафіолетового випромінювання — це зовсім інша справа!

Почнемо з розміру та властивостей цих забруднювачів повітря: вірус у багато разів менший за масляний аерозоль. Крім того, віруси та бактерії не випаровуються або не розкладаються іншим чином. Ультрафіолетове випромінювання настільки сильно пошкоджує їхню генетичну інформацію, що вони не можуть розмножуватися і гинуть.

При очищенні відпрацьованого повітря від масел і жирів стверджується, що вони повністю розчиняються і зникають – принаймні так обіцяють гучні рекламні слогани! Як це може працювати?

#### Непорозуміння

***Жир повністю розкладається під дією фотолізу.***

З цього приводу виробники висувують найавантюристичніші твердження. Так, спеціальні УФ-лампи нібито здатні розкладати жирні забруднення повітря за допомогою фотолізу. При цьому жирні забруднення зменшуються на 95 %, а жир перетворюється на кінцеві продукти: кисень, вуглекислий газ, воду та пилоподібні залишки.

Якщо запитати, як такі твердження були виміряні та підтверджені, то завжди чути відповідь: «Ми це спостерігали!» або «Ми встановлюємо такі системи вже багато років і завжди це спостерігали, ми не можемо помилятися!»

У більшості випадків немає жодних вимірювальних приладів, протоколів вимірювань і навіть досліджень, які хоча б частково підтверджували б ці твердження та спостереження. Обіцянки та запевнення ґрунтуються на багаторічному досвіді та власних спостереженнях, які за такий тривалий час не могли бути помилковими.

### **Практичний приклад: викиди вихлопних газів**

*Концерн VW також має багаторічний досвід у розробці дизельних двигунів і був упевнений, що не може помилятися щодо викидів своїх двигунів.*

Звідки така надмірна заппадливість? Чому так багато виробників використовують цю технологію в промислових системах вентиляції кухонь?

Тому що це надзвичайно прибутковий бізнес. Придбати труби не складає труднощів, а їх інтеграція в систему витяжної вентиляції під силу будь-якому електрику з середнім рівнем кваліфікації. Таким чином, за відносно невеликих витрат можна підвищити вартість системи вентиляції кухні на багато тисяч євро!

### **Помилка**

***Кухонна вентиляційна система в будь-якому випадку покращується завдяки використанню ультрафіолетового світла.***

Однак тут виникає питання: чи дійсно система була модернізована? Чи надійно видаляється 95 % жиру та масла? Чи дійсно користувач отримує стійку додаткову цінність завдяки цій додатковій інвестиції?

Щоб дати серйозну відповідь, слід розглянути факти. Тільки тоді ми можемо спробувати відповісти на поставлені питання. Для цього ми перелічимо всі обґрунтовані факти, що стосуються цих міфів:

#### **1. УФ-система повинна виробляти озон**

УФ-С-системи впливають на жири та масла в промислових кухонних витяжках лише за умови використання відповідних УФ-С-ламп. Вони повинні випромінювати ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі менше 200 нанометрів. Це можливо лише у лампах

з синтетичного кварцового скла. Секрет полягає в тому, що ультрафіолетове випромінювання в діапазоні довжин хвиль 185 нанометрів не фільтрується цим склом і може виходити назовні. Це є основною умовою для утворення озону.

## **2. Озон повинен окислювати жири та олії.**

При використанні правильних трубок і випромінювання з правильною довжиною хвилі в системі вентиляції утворюється озон. Озон важливий для досягнення ефекту на масла, жири та багато інших речовин. Однак він є дуже сильним окислювачем. З цієї причини він шкідливий для здоров'я і навіть підозрюється в канцерогенності. Однак у кухонному повітрі можна спробувати окислювати масла та жири. Але я свідомо кажу: можна СПРОБУВАТИ!

### *Дослідницький звіт із США*

*Останні дослідження, проведені в США, підтверджують, що окислювальний вплив на олії та жири дійсно існує, проте він не є дуже ефективним. Олії та жири окислюються лише частково, і ці дослідження не підтверджують твердження про те, що олії та жири можна повністю усунути. Навпаки! Через високий потенціал небезпеки озону виникає питання, чи не завдає виробництво озону в таких системах більше шкоди навколишньому середовищу, ніж користі! Відповідний звіт про дослідження був опублікований в 2020 році ASHRAE (Американським товариством інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря) під назвою «Дослідницький проект 1614. Визначення ефективності систем УФС на комерційних кухонних столах».*

## **3. Ефективне видалення жиру на попередньому етапі**

Через незначний вплив озону на масла та жири, основна увага в системах витяжної вентиляції кухонь повинна бути зосереджена на уловлюванні, відсмоктуванні та очищенні витяжного повітря за допомогою фільтрів та сепараторів, щоб таким чином витяжне повітря було максимально очищене від масел та жирів. Якщо витяжне повітря має сильний запах, це пов'язано з випаровуванням

маслами та жирами. Для цього – і тільки для цього – можна в обмеженій кількості використовувати УФ-С-систему, яка виробляє озон. При цьому не можна не враховувати потенційну небезпеку таких систем.

## Доцільне використання УФ-випромінювання в кухонних витяжках

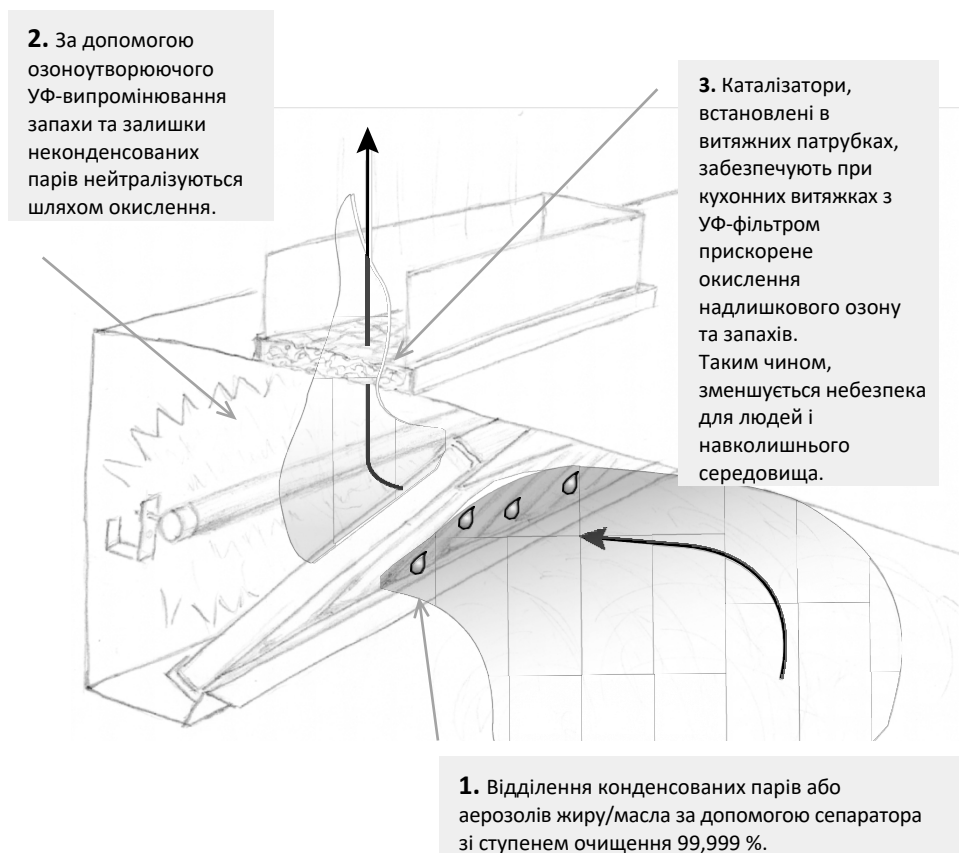


Рисунок 28

#### **4. Озон є потенційно канцерогенним**

Ультрафіолетові установки, які за допомогою свого випромінювання утворюють озон, становлять високу небезпеку, про яку користувачі в промислових кухнях занадто рідко інформуються, не кажучи вже про детальні інструкції щодо запобігання ризикам для здоров'я. Як уже згадувалося раніше, це випромінювання може пошкодити генетичний матеріал вірусів і бактерій. Однак генетично шкідливий вплив не обмежується лише вірусами і бактеріями. Він також стосується людей, які піддаються впливу цього випромінювання. Утворений озон є шкідливим для здоров'я газом і підозрюється в канцерогенності.

З цієї причини в Німеччині були скасовані всі граничні значення озону в приміщеннях. У містах навіть регулярно спрацьовує озонова сигналізація, коли рівень озону на вулиці занадто високий. При високих значеннях населенню рекомендується не займатися спортом на відкритому повітрі і, по можливості, залишатися вдома. Однак у багатьох технічних рішеннях у вентиляційній техніці та очищенні повітря використовується саме таке випромінювання, яке утворює такі небезпечні гази.

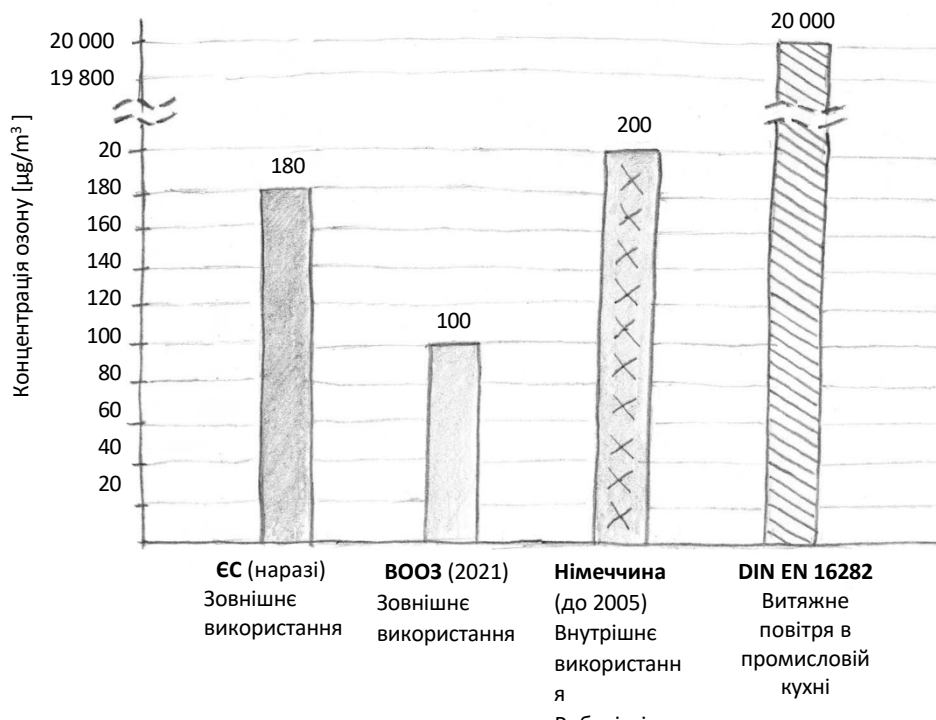
#### ***Практичний приклад: вентиляція кухні***

*Я вже кілька разів сам стикався з тим, що кухарі розповідали мені про люмінесцентні лампи за фільтрами в кухонних витяжках і не були впевнені, чи вони ще працюють. Коли я повідомив їм та їхньому кухонному персоналу, що це не люмінесцентні лампи, а УФ-С-системи, які генерують небезпечне випромінювання та виділяють шкідливі для здоров'я гази, я не раз бачив дуже перелякані обличчя.*

Ось такий перелік фактів, який не претендує на повноту і, безсумнівно, може бути доповнений ще кількома пунктами.



## Граничні значення озону



**ЕС:** максимальна концентрація в повітрі протягом однієї години на день (середнє значення за 1 годину), у разі перевищення цього значення населення інформується



**ВООЗ:** максимальна концентрація протягом восьми годин на день (середнє значення за 8 годин)



**DE** (діяв до 2005 року): щоденна МАК (максимальна концентрація на робочому місці). З того часу в Німеччині не існує граничних значень озону для робочих місць у приміщенні, оскільки озон підозрюється у канцерогенній дії на людину. У Швейцарії як і раніше діє МАК 200 мкг.



Згідно з **DIN EN 16282**, 20 000 мкг вважається максимальним рівнем озону для відпрацьованого повітря в кухонній витяжній шафі. Це в 100 разів більше, ніж дозволений рівень на робочому місці в Німеччині (дійсний до 2005 року)! Або в 200 разів більше, ніж середній показник за 8 годин, встановлений ВООЗ для зовнішнього середовища!

Наприклад, ще одним питанням є вимірювальна техніка. Ви навіть не уявляєте, скільки виробників продають системи, що генерують озон, але не мають відповідної вимірювальної техніки для визначення концентрації небезпечного озону.

#### Непорозуміння

***Олії та жири розчинилися, тому що їх не можна було виміряти (за допомогою певних методів).***

Є також виробники, які за допомогою відповідної техніки вимірювання частинок надають нібито переконливі докази усунення всіх мастил і жирів. У таких випадках часто достатньо просто виміряти температуру. Чому? У деяких системах у витяжному каналі або кухонній витяжці встановлено десятки УФ-ламп. Під час роботи вони сильно нагріваються і нагрівають все навколишнє приміщення. Це призводить до випаровування багатьох масел і жирів.

---



---

## 5. Як можна зробити повітряні потоки видимими?



На початку пандемії в 2020 році ми спостерігали в Німеччині «цікаву» тенденцію. Не тільки раптово зріс попит на компактні очищувачі повітря в приміщеннях, але й з'явилися сотні експертів з вентиляції та аеродинаміки в Німеччині. Тисячі графічних зображень повітряних потоків у великих офісних приміщеннях або класах з'явилися і були продемонстровані всюди. Що було спільного у всіх цих зображеннях? Вони були красивими, кольоровими і на них було багато стрілок. Зазвичай вони вказували на очищувач повітря, який, встановлений у кутку кімнати, мав очищати повітря від вірусів і шкідливих речовин.

З 1 розділу ми вже знаємо, що всмоктування повітря є надзвичайно складним процесом – , тому вже має бути зрозуміло, що очищувач повітря, встановлений в кутку, не здатний всмоктати все повітря в класі або великому офісі. Навіть якщо на очищувач повітря вказує безліч різнокольорових стрілок, повітря не буде текти в його бік (див. рис. 5)!

Отже, більшість цих кольорових графіків просто показують вигадані потоки повітря, які не мають нічого спільного з реальністю. Але як можна визначити і візуалізувати фактичний хід цих повітряних потоків?

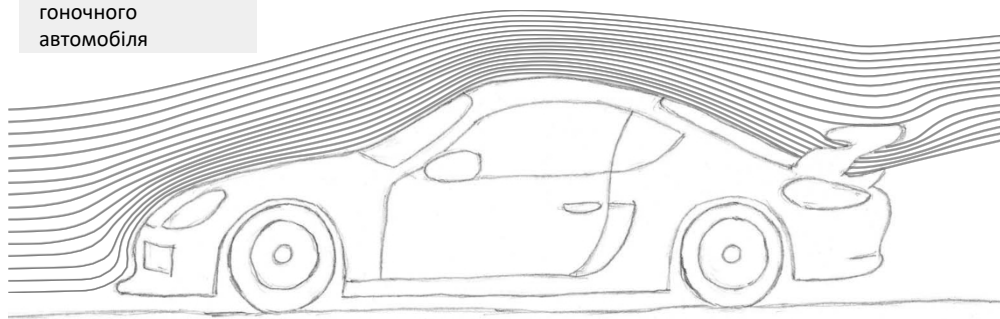
### **Фундаментальні дослідження з аналізу повітряних потоків**

Інститут Германа Рітшеля Технічного університету Берліна проводить ґрунтовні фундаментальні дослідження з цієї теми. Щодо аналізу повітряних потоків та ефективності вентиляційних заходів представники інституту зазначають наступне: «Для оцінки ефективності оновлення повітря та видалення шкідливих речовин у приміщенні та в кожній його точці ми використовуємо так званий коефіцієнт ефективності вентиляції. Її можна визначити за допомогою чисельних моделювань потоків та/або вимірювальних приладів. У всіх наших проектах ми використовуємо ці методи для оцінки повітряних потоків у приміщенні та розробки нових ефективних форм вентиляції».

## Візуалізація повітряних потоків

---

Візуалізація  
аеродинаміки  
гоночного  
автомобіля



У літакобудуванні та будівництві гоночних автомобілів моделювання потоків відоме вже давно. Зараз розрахунок і візуалізація повітряних потоків також використовуються для оптимізації в техніці вентиляції приміщень.

Рисунок 30

Що це означає для нас? Отже, нам потрібна симуляція потоку та відповідна вимірювальна техніка. Саме про це ми вже згадували в попередніх розділах, наприклад, у зв'язку з фільтрацією аерозолів або технологією UV-C. Як цей процес реалізується для повітряного потоку?

## 5.1. Непорозуміння через кольорові малюнки про повітряні потоки

Кольорові малюнки з безліччю стрілок не є чисельною симуляцією потоків і не базуються на вимірюваннях, отриманих в результаті складних вимірювань. У більшості випадків це вигадані зображення повітряних потоків, які не мають нічого спільного з реальними умовами. Вони, в прямому сенсі, взяті з повітря і навіть не наближаються до реальності!

### Непорозуміння

*Шлях повітряного потоку можна передбачити.*

Поширеною помилкою в вентиляційній техніці є передчасне припущення, що можна заздалегідь знати, як буде поводитися повітря. До яких помилкових інтерпретацій і неправильних висновків це може призвести при розробці продукту, ми показали в розділі 2. Адже і ми в нашій команді припустилися цієї помилки – тоді, під час розробки нашої технології X-CYCLONE®.

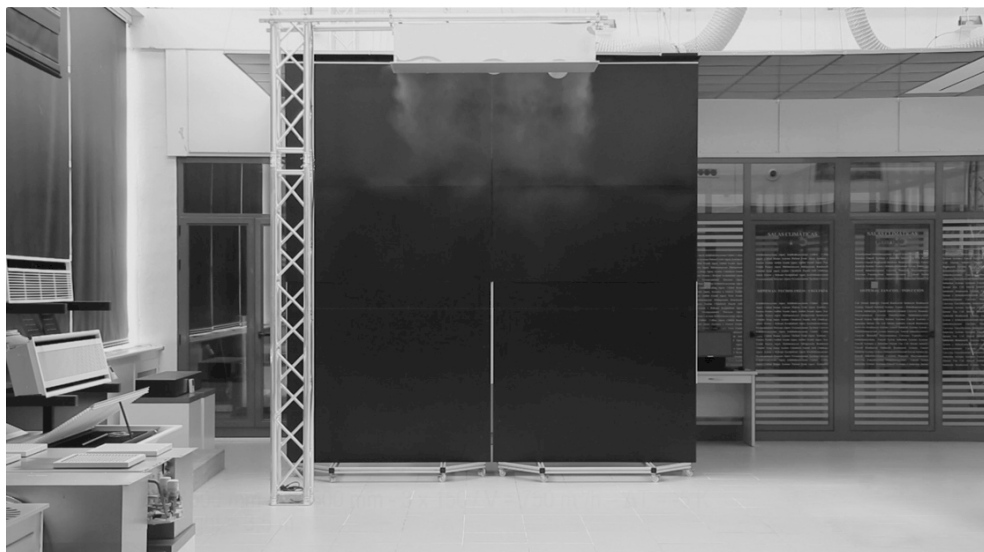
### Компетентний центр SCHAKO CFD

У нашій групі компаній SCHAKO навіть є окрема команда, яка займається моделюванням потоків повітря та вимірювальною технікою. У компанії SCHAKO IBERIA в Іспанії ми створили центр компетенції CFD. Ця команда займається саме тим завданням, яке так влучно сформулював Інститут Германа Рітшеля при Технічному університеті Берліна! У нашому центрі компетенції CFD ми робимо повітряні потоки видимими за допомогою чисельних моделювань потоків повітря та відповідних вимірювальних приладів.



## Лабораторія SCHAKO в дії

---



Огляд випробувальної установки для візуалізації потоків припливного повітря

Малюнок 31

## Непорозуміння

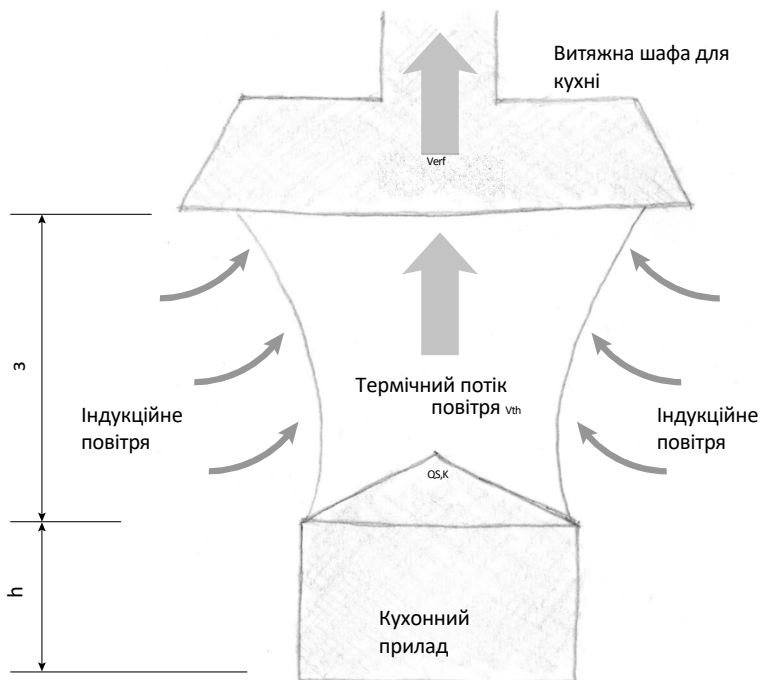
***Моделі візуалізації відповідають дійсності.***

Норми та директиви також часто базуються на тих самих хибних уявленнях, що й зображення на «кольорових малюнках». Директиви для промислових кухонних вентиляційних систем, такі як VDI 2052, та міжнародні норми, такі як DIN EN 16282, що діють на території всієї Європи, також містять зображення з кольоровими стрілками. На малюнках зображено кухонне обладнання та потоки повітря від цього обладнання до кухонної витяжки. Інші стрілки, що вказують у приміщення, мають зображати потік свіжого повітря, що надходить у кухню. Зазвичай вони намальовані у вигляді прямих вертикальних або горизонтальних стрілок, що створюють враження чітко обмеженого потоку.

Стрілка, що проходить вертикально вгору від кухонної плити і досягає кухонної витяжки, має зображати повітря, яке безпосередньо витягується в цьому місці — тут виникає питання, що це має спільного з реальністю? З реальним потоком повітря — майже нічого. Це модель, яка має зображати термічні потоки над кухонною плитою. Завдяки цій терміці утворюється повітряний потік, що рухається вгору. Він уловлюється кухонною витяжкою над кухонною плитою і витягується. Так виглядає модель згідно з директивою VDI 2052. Без сумніву, це модель, з якої можна зробити багато висновків. Наприклад, на цій моделі базуються методи розрахунку та проектування для визначення необхідних обсягів відпрацьованого повітря. За допомогою цих моделей розраховується мінімальний обсяг відпрацьованого повітря, необхідний для витяжної шафи в залежності від використовуваних кухонних приладів.

Поки що все добре. Однак часто до неправильних тлумачень і непорозумінь призводить припущення, що така модель потоку відповідає дійсності. На жаль, це здебільшого не так.

## Проста модель потоку повітря в кухонній витяжці



Відтворене зображення моделі потоку згідно з директивою VDI 2052:

Зображення та напрямки стрілок не свідчать про фактичну поведінку або реальний хід окремих повітряних потоків

Рисунок 32

### Фактичний хід повітряних потоків та його значення

Як ми вже дізналися, звичайні кухонні витяжки та витяжні ковпаки можуть витягувати кухонні пари, що піднімаються вгору, лише в дуже обмеженій кількості. Дуже часто вони накопичуються в звичайних витяжних ковпаках, не витягуючись відразу. Таким чином, спочатку вловлені пари можуть навіть виходити з кухонної витяжки.

Отже, модель потоку, наведена у згаданій директиві, лише в дуже обмеженій мірі відображає фактичну поведінку повітряних потоків. Це також стосується моделей, наведених в інших директивах та нормах. Як і в усіх природничих моделях, тут також важливо чітко визначити рамки моделі, тобто точно встановити сферу її застосування. Якщо модель вважається загальноприйнятною і розуміється як відображення фактичних умов, це призводить до фундаментальних непорозумінь! Вони стають очевидними, як мінімум, під час професійного та об'єктивного CFD-моделювання.

## 5.2. CFD-симуляції роблять повітряні потоки видимими!

Добре виконані CFD-моделювання показують всі фізичні величини повітряного потоку по всій площі. Таким чином, можна продемонструвати та підтвердити функціональність та ефективність системи вентиляції. У розділі 1 ми вже докладно показали, що традиційні витяжні ковпаки можуть витягувати пари, що піднімаються вгору, тільки в обмеженій зоні навколо місця всмоктування. Вже на відстані 50 сантиметрів від фільтрів і місця всмоктування ми не можемо виміряти витяг. У CFD-моделюванні це дуже легко побачити, і на основі повітряних потоків можна визначити, що пари знову виходять з кухонної витяжки. Отже, пари та повітряні потоки, спочатку уловлені кухонною витяжкою, знову виходять і не витягуються!

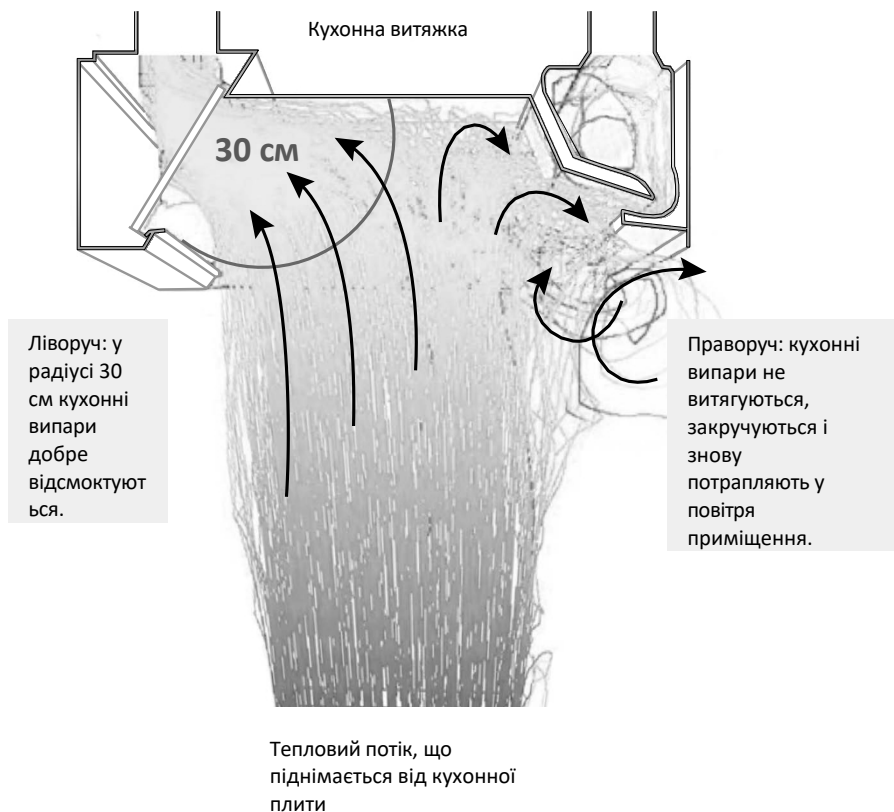
### Помилка

***У кухонній витяжці відсмоктуються всі висхідні пари.***

Це спостереження спростовує припущення моделі, що все повітря, яке надходить від плити вгору в витяжку, відразу витягується звідти. Як можна вирішити цю проблему і які розробки продуктів необхідні на основі цих висновків, ми вже знаємо з попередніх розділів.

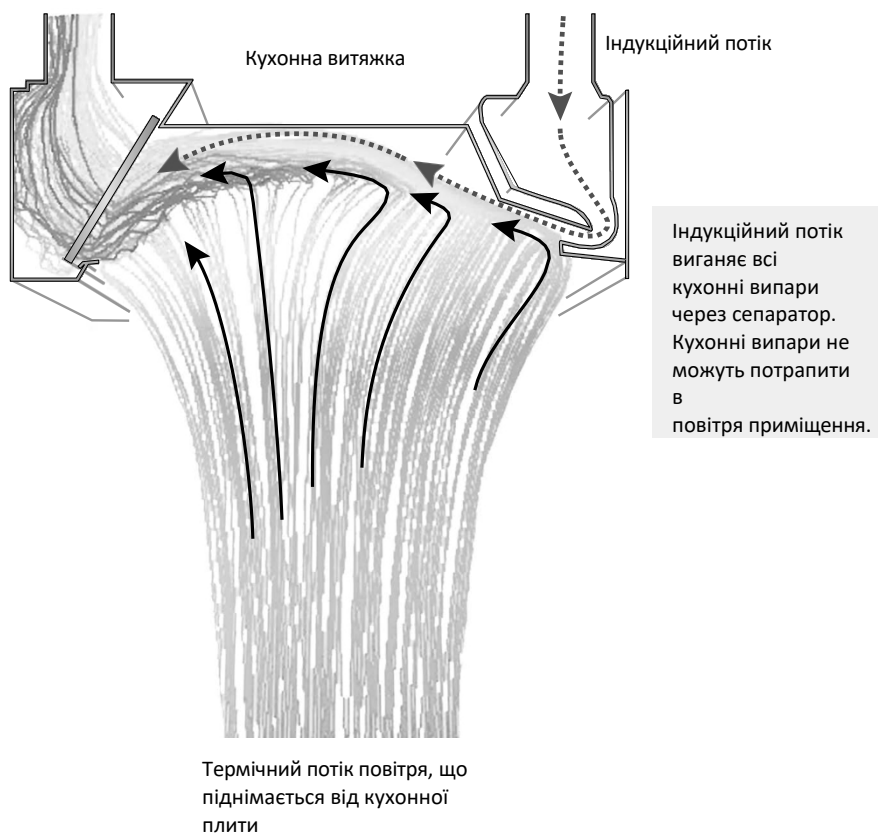
## CFD-модель потоку повітря в кухонній витяжній шафі без індукційного потоку

---



На цій CFD-симуляції повітряного потоку в одній з наших кухонних витяжок добре видно, як при сильному нагріванні кухонні випари за межами радіусу відсмоктування закручуються і знову потрапляють у повітря приміщення.

## CFD-зображення потоку повітря в кухонній витяжній шафі з індукційною плитою



CFD-моделювання демонструє ефективність індукційного струму.

Рисунок 34

Отже, у цьому розділі ми також бачимо, скільки непорозумінь існує на даний момент у вентиляційній техніці та очищенні повітря. Я вже пояснював, що такі непорозуміння були і в компанії REVEN GmbH у минулому. На завершення цієї серії наведу ще один приклад:

У промисловості нерідко використовується так звана технологія подачі повітря для подачі свіжого повітря в приміщення. Це подача свіжого повітря з низькою інтенсивністю. Це означає, що свіже повітря, як правило, надходить у приміщення з невеликою швидкістю потоку через тонкі перфоровані листи. Такі системи подачі повітря ідеально підходять для приміщень, де необхідний найвищий комфорт, оскільки низька швидкість повітря забезпечує спокійну подачу свіжого повітря без протягів. В ідеальному випадку утворюється так званий шаровий потік. При цьому свіже повітря не змішується інтенсивно з повітрям, що знаходиться в приміщенні, а завдяки такому вмілому подаванню в приміщенні утворюються шари, що складаються як зі свіжого, не використаного повітря, так і з використаного або забрудненого повітря. В ідеальному випадку ці різні шари повітря якомога менше впливають один на одного і не заважають один одному. Як це можна реалізувати на практиці? Багато виробників вирішують цю проблему за допомогою красивих «кольорових картинок» з безліччю стрілок, подібних до моделі, наведеної в директиві VDI.

Ми в REVEN також близько 20 років тому піддалися помилковим висновкам цієї моделі. Ми розробили нові продукти для подачі повітря, в які були інтегровані листи в декількох шарах. Це були перфоровані листи, тобто листи з тисячами маленьких отворів. Вони служать для вирівнювання повітряного потоку.

На нашу думку, потік свіжого повітря повинен бути добре розподілений, щоб рівномірно і повільно «струмувати» в приміщення. Це можна уявити собі як душеву кабінку. Там сильний, сконцентрований потік води з водопроводу рівномірно розподіляється і виходить з душевої кабінки без великого тиску.

#### **Практичний приклад: системи джерельного повітря – наше припущення**

*На основі цього принципу близько 20 років тому ми розробили системи джерельного повітря REVEN®, оскільки наша команда була на 100% впевнена, що з таких систем у приміщення буде «струмувати» тільки дуже дрібно роздроблене свіже повітря утворюючи чітко розділений шар потоку для відпрацьованого повітря, і що ці два потоки повітря ніяким чином не впливатимуть один на одного. Так само, як у багатьох вищезазначених*



*Моделі: красиві сині стрілки, які показують, як припливне повітря прямо надходить у приміщення і утворює там шар свіжого повітря, не заважаючи відпрацьованому повітрю, позначеному червоними стрілками, безперешкодно надходити у витяжну шафу, де воно безпосередньо уловлюється і відсмоктується.*

### **Практичний приклад: системи припливної вентиляції – сумніви**

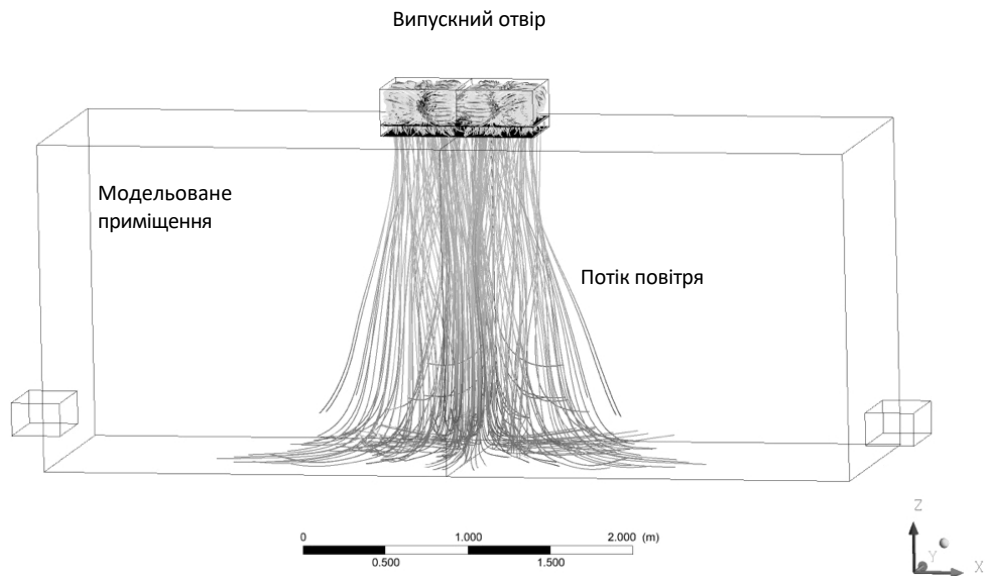
*Я ще пам'ятаю, як у 2017 році презентував наші продукти з припливною повітряною системою експерту з іспанської команди SCHAKO CFD. За допомогою багатьох чудових кольорових малюнків зі стрілками я пояснив йому, на що здатні наші продукти з припливною повітряною системою. Коли він уважно розглянув нашу конструкцію та проаналізував відповідні конструкторські креслення, у нього виникли сумніви, які досить швидко охолодили мій оптимізм. «Свен, ми повинні це змодельовати і виміряти, я сумніваюся, що все так, як ти мені щойно пояснив». І що я можу сказати? Він мав рацію!*

### **Практичний приклад: системи подачі повітря – реальність**

*Коли технік показав мені свої перші результати аналізу CFD, я ледь не зомлів. Вже незабаром після проходження останнього перфорованого листа припливне повітря розходилося віялом, утворюючи точно протилежний ефект від чітко окресленого шару, що прямував від стелі до підлоги. Я ледве міг повірити в те, що бачив на аналізі CFD. Потім технічний спеціаліст виміряв наш старий вихід повітря в лабораторії потоків і за допомогою димових машин зробив видимими потоки повітря. Це дослідження показало той самий результат, що й аналіз CFD. Тоді я остаточно зрозумів, що ми в REVEN дуже помилялися!*

## CFD-аналіз нашого випускного отвору

---



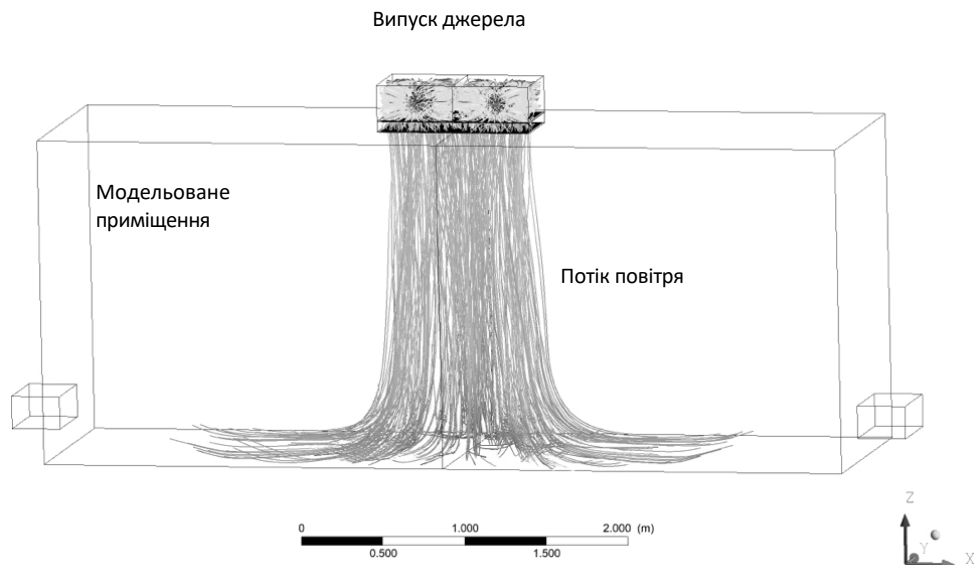
CFD-моделювання показує розсіювання повітря, що надходить з стелі.

Рисунок 35

### **Практичний приклад: системи повітряних потоків – оптимізація завдяки CFD**

Дотримуючись девізу «Небезпека виявлена – небезпека усунена», у 2017 році ми почали робити саме те, що мали робити з самого початку. За допомогою CFD-моделювання та вимірювальної техніки ми оптимізували ефективність наших продуктів для подачі повітря і досягли ефективності, яка дійсно дуже наближається до кольорової картинки з синьою стрілкою, що вказує від стелі вниз у напрямку підлоги.

## Оптимізація вихідного отвору



CFD-моделювання показує, як припливне повітря рухається по прямій лінії від стелі до підлоги.

Рисунок 36

*Але для досягнення такого потоку повітря знадобилося близько 12 місяців роботи з численними CFD-аналізами та симуляціями потоку. Врешті-решт було створено дійсно ефективну систему подачі повітря, яка не викликає жодних зауважень. Дякуємо команді SCHAKO CFD!*

## Візуалізація повітряного потоку ефективної системи припливної вентиляції

---



У лабораторії SCHAKO припливне повітря візуалізується за допомогою машини для створення туману. Видно, як вдуване припливне повітря м'яко тече вниз. Оптимізація вихідного отвору за допомогою CFD-аналізу виявилася виправданою.

Рисунок 37

---



---

## 6. Як можна виміряти забруднення повітря?

?



Вже багато років існує єдиної думки, що забруднене повітря шкідливе для здоров'я. Під час пандемії ми дізналися, наскільки небезпечним для нашого здоров'я може бути повітря, забруднене вірусами. Тому я хочу перелічити фактори, які можуть забруднювати повітря. До факторів забруднення повітря належать, серед іншого:

- 1. віруси та бактерії*
- 2. дрібний пил, спори грибків та пилок*
- 3. Гази та пари*

#### **Частинки та аерозолі**

За інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення повітря має найбільший негативний вплив на здоров'я людини в усьому світі. Тому в 1987 році в США було визначено так званий стандарт РМ. РМ означає Particulate Matter (тверді частинки) і є часткою твердих або рідких частинок у повітрі. Ці тверді або рідкі частинки часто є складовими аерозолів. Отже, аерозолі — це суміш повітря і частинок. Тут також часто виникають непорозуміння, і терміни плутають між собою.

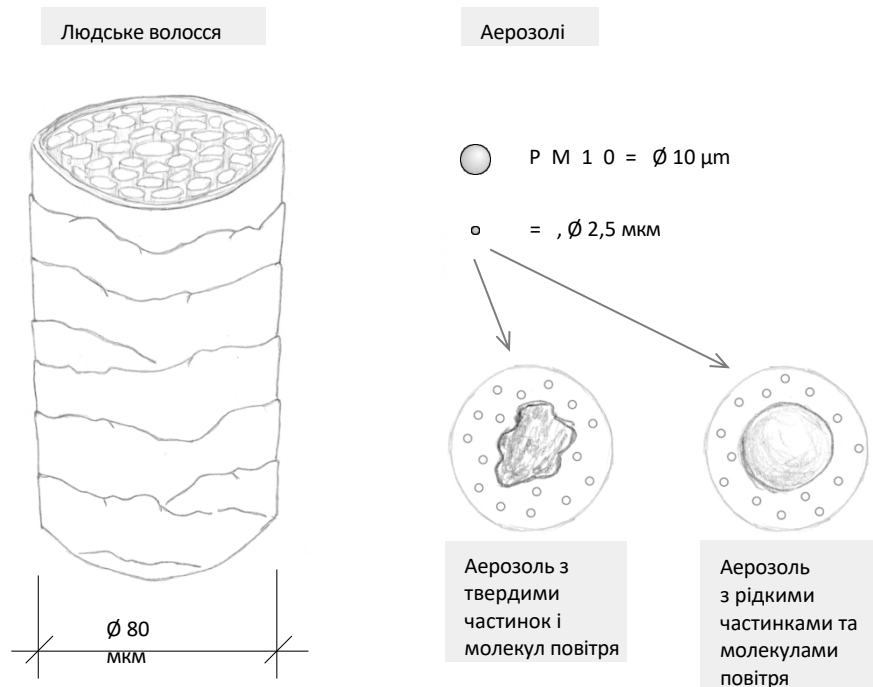
#### **Непорозуміння**

***Аерозоль — це інше слово для позначення частинок.***



Частинки, що знаходяться в повітрі, самі по собі ще не є аерозолем, він утворюється тільки в поєднанні з навколишнім повітрям. Термін PM10 визначає наявність у повітрі дрібних частинок діаметром 10 мікрметрів (0,01 міліметра) і менше. Для порівняння: діаметр людської волосини становить приблизно 50–80 мікрметрів (0,05–0,08 мм). Слід зауважити, що ці частинки PM10, які знаходяться в повітрі, можуть складатися як з твердих частинок пилу, так і з дрібних крапель рідини. Простіше кажучи, аерозоль завжди складається з газу, найчастіше повітря, та твердих або рідких частинок, які знаходяться в повітрі.

## Розмір і склад аерозолі



Ілюстрація 38

Позначення PM10 або PM2,5 відноситься до розміру частинок. Цифра вказує на діаметр у мікрометрах. Тут також слід бути уважним, щоб не виникло непорозуміння!

## Непорозуміння

***За даними про РМ можна зробити висновок про фактичну форму та розмір частинки.***

Вказання діаметра фактично передбачає геометрію кулі. Але як це може бути? Хіба пилинки, піщинки, віруси та всі інші забруднення повітря завжди мають геометрію кулі? Звичайно, ні! Часто ці частинки мають зовсім іншу форму!

## Віднесення значень РМ до окремих частинок

Але як тоді можна визначити всі ці частинки за діаметром РМ<sub>10</sub>, РМ<sub>2,5</sub> або РМ<sub>1</sub>? Це можна зробити за допомогою хитрого прийому: просто порівняти реальні частинки, що мають довільну геометрію, з частинками, які мають кулясту геометрію і в повітрі поведуться так само, як і реальні частинки. При цьому враховуються, наприклад, поведінка потоку, а також поведінка дифузії і щільність частинок. Перевіряється, які геометрично кулясті частинки демонструють таку саму поведінку, як і власне частинки, з огляду на ці критерії. Кулясті частинки з такою самою поведінкою потоку та дифузії можна визначити як РМ<sub>10</sub>, РМ<sub>2,5</sub> або РМ<sub>1</sub>. Діаметр, визначений таким чином, у науці також називають аеродинамічним діаметром.

## Види, форми та розміри частинок

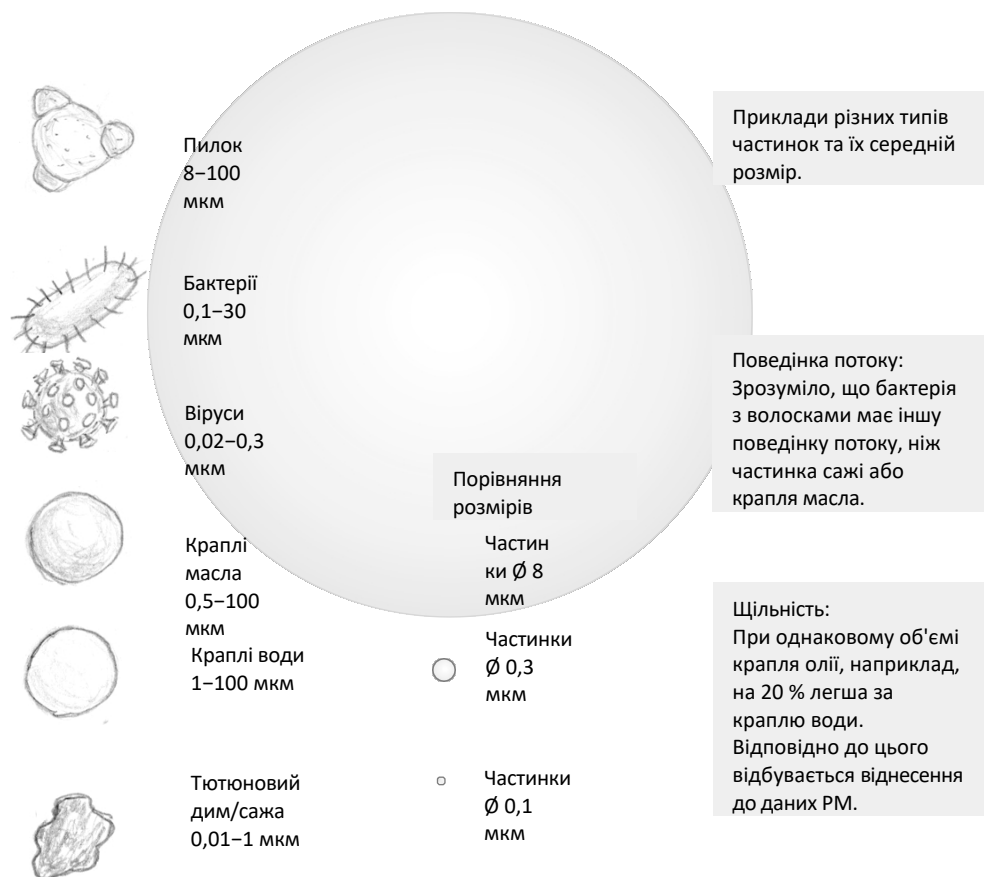


Рисунок 39

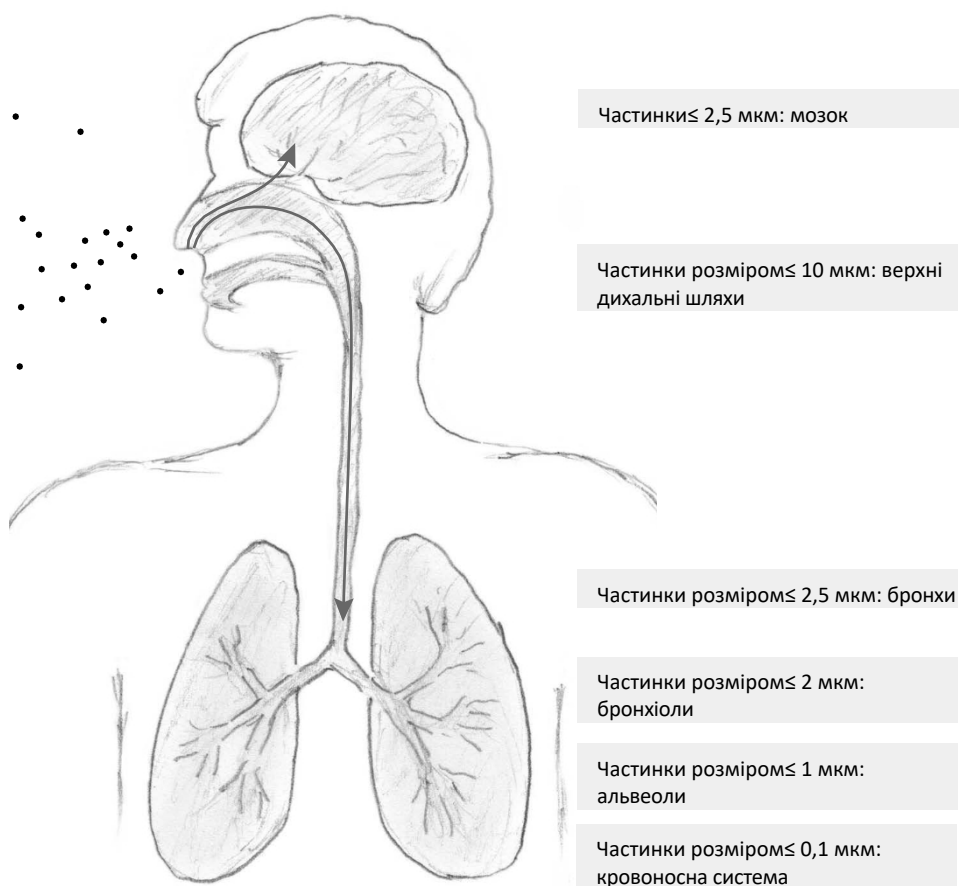
### **Частинки PM10 можуть вдихатися**

Коли в 1987 році в США були визначені стандарти щодо забруднення повітря, спочатку почали досліджувати забруднення повітря в діапазоні PM10, тобто частинки діаметром 10 мікрометрів і менше. Чому саме в цьому діапазоні розмірів? Тому що частинки такого розміру при вдиханні не фільтруються і не відокремлюються в роті та носі. Вони досягають легенів.

### **Частинки PM2,5 проникають у легеневі альвеоли**

Наразі цей діапазон було звужено до PM2,5. І тут також вирішальну роль відіграла охорона здоров'я: частинки розміром менше 2,5 мікрометра можуть проникати до наших легневих альвеол. Якщо забруднення повітря можуть проникати в найпотаємніші куточки нашого тіла, можна уявити, який негативний вплив вони можуть мати на наше здоров'я.

## Поглинання частинок при вдиханні



Те, що частинки PM10 можуть завдавати шкоди верхнім дихальним шляхам, а частинки PM2,5 — нижнім, на сьогодні добре доведено. Згідно з останніми дослідженнями, частинки розміром менше 2,5 мкм, потрапляють безпосередньо через нюховий нерв або кровоносну систему в мозок і погіршують його працездатність.

Ілюстрація 40

Нещодавно один з моїх співрозмовників у моєму новому подкасті «Luftpost» (Повітряна пошта) так висловив цю думку:

*«Те, що ми вдихаємо в приміщеннях на виробництві, часто є речовинами, які не належать до нашого організму і не повинні потрапляти в нього!»*

Але і тут виникають великі непорозуміння в області вентиляційної техніки та очищення повітря!

## 6.1. Непорозуміння щодо якості повітря в приміщеннях

Після більш ніж двадцяти років роботи в нашій галузі, для мене все ще залишається загадкою, чому існують такі серйозні непорозуміння щодо якості повітря в приміщеннях. З незрозумілих причин люди завжди вважають, що повітря, яке їх оточує в приміщеннях, є прийнятної якості і не містить значних забруднень.

### Непорозуміння

*Якість повітря в приміщеннях зазвичай є безпечною.*

Більше десяти років ми займаємося просвітницькою роботою з цього питання, але майже не знаходимо відгуку. Часто ми бачимо здивовані обличчя, які свідчать про те, що наші пояснення не викликають довіри! Чому так? Про що ми хочемо розповісти? В принципі, мова йде про досить просту річ, а саме про боротьбу із забрудненням повітря у великих містах Німеччини в порівнянні з боротьбою із забрудненням повітря у приміщеннях.

### Вимірювання вмісту дрібного пилу у великих містах

У наших великих містах говорять про забруднення повітря і думають про введення обмежень на рух транспорту, коли протягом тривалого часу перевищується граничне значення 50 для частинок дрібного пилу PM10. Для визначення цих значень у міській точці вимірювання вимірюється кількість частинок дрібного пилу PM10 в одному кубічному метрі повітря.



Ще раз просто пояснимо: маємо об'єм повітря в один кубічний метр міського повітря і за допомогою відповідної вимірювальної техніки можна виміряти, скільки частинок дрібного пилу діаметром 10 мікрометрів або менше міститься в цьому кубічному метрі міського повітря. За діаметром частинки можна обчислити її об'єм, за допомогою щільності можна визначити її вагу, а за виміряною кількістю обчислити загальну вагу шкідливих речовин в одному кубічному метрі міського повітря. Ця загальна вага вказується в мікрограмах.

## Значення якості повітря на відкритому просторі



Зростаюче значення якості повітря можна побачити в детальному переліку шкідливих речовин у сучасних метеорологічних додатках. Вони показують поточні значення для вказаного міста з поясненням, що можуть спричинити ці шкідливі речовини.

Приклад:  
Штутгарт, 14  
липня 2023 року  
о 16:05 **PM10: 25**

**мкг/м³ PM2,5: 10**

**мкг/м³**

Рисунок 41

### **Актуальні граничні значення забруднення повітря на відкритому повітрі**

Якщо, наприклад, загальна вага становить 20 мікрограмів, то за стандартами ВООЗ це є незначним забрудненням повітря і, отже, прийнятною якістю повітря. Наприклад, Директива ЄС про дрібні частинки пилу встановлює, що середньодобова концентрація дрібних частинок пилу PM10 не повинна перевищувати 50 мікрограмів на кубічний метр міського повітря і не може перевищуватися більше 35 днів на рік.

### **Світові зусилля щодо зниження граничних значень**

В даний час у всьому світі ведуться дискусії та вживаються заходи щодо подальшого зниження цих граничних значень, наприклад, до 40 мікрограмів твердих частинок на кубічний метр. Також все більшої уваги в усьому світі приділяється більш суворому контролю за вмістом частинок PM2,5 замість PM10. Такий стан справ у великих містах.

### **Забруднення повітря в приміщеннях**

А як виглядає ситуація в приміщеннях? Тобто в приміщеннях, де, наприклад, готують їжу або сучасні верстати обробляють металеві деталі.

### ***Практичний приклад: вимірювання в приміщенні***

*Ми, компанія REVEN GmbH, регулярно вимірюємо рівень забруднення повітря в приміщеннях. Як ми це робимо? За допомогою тієї ж вимірювальної техніки та методики, що були описані вище для вимірювань у центральних районах міст. Ми вимірюємо кількість шкідливих частинок у кубічному метрі повітря в приміщенні, наприклад, на виробничому підприємстві або у великій кухні готелю.*

*Результат, отриманий таким чином, дає індекс якості повітря, наприклад, 10 000, 50 000 або 100 000. Це зовсім інші величини, ніж у містах! Навіть результат вимірювання 500 000 ми вже мали представити нашим клієнтам! Це означає, що в одному кубічному метрі повітря міститься до 500 000 мікрограмів шкідливих частинок! І це дійсно не рідкість у виробничих приміщеннях!*

### **Офіційні рекомендації щодо граничних значень для машинобудування**

При ознайомленні з відповідними директивами та нормами стає зрозуміло, що такі високі рівні забруднення не є рідкістю. Так, для машинобудування в офіційних директивах діє така рекомендація:

Для водорозчинних охолоджувальних мастил при обробці металів, а також при обробці скла та кераміки встановлено граничне значення 10 міліграмів цих речовин в одному кубічному метрі повітря в приміщенні, так само як і для водонерозчинних охолоджувальних мастил з температурою спалаху нижче 100 градусів Цельсія.

Ці 10 міліграмів відповідають індексу якості повітря у великих містах, що становить 10 000! Якби такий показник вимірювався протягом тижня в центрі Штутгарта, то вдень там не могло б їздити жодне авто, а всі ЗМІ по всій країні повідомляли б про це.

## Порівняння граничних значень шкідливих речовин (PM10)

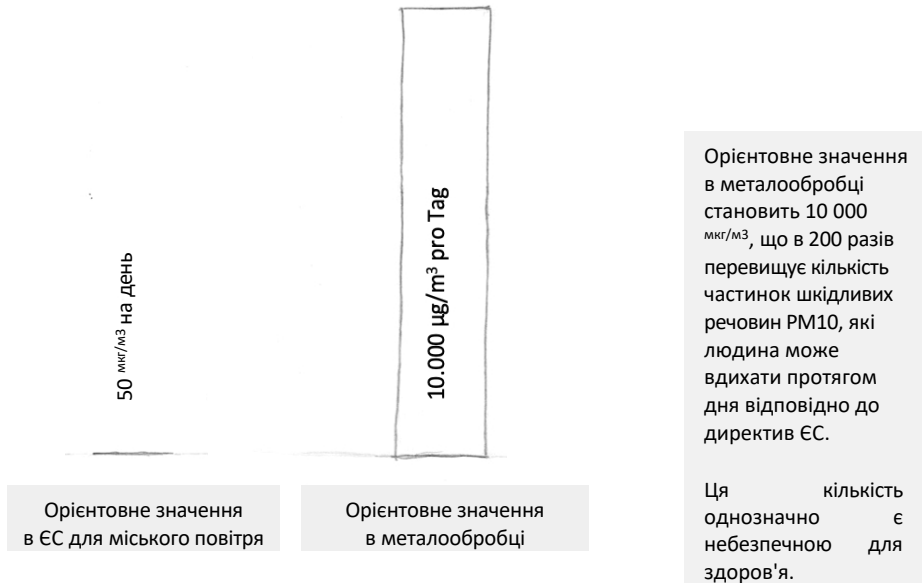


Рисунок 42

Натомість, якщо такий рівень забруднення повітря виміряти на машинобудівному підприємстві або в кухні готелю, це практично нікого не цікавить. Навіть представники цих галузей не приділяють цій темі особливої уваги. Навпаки – , незважаючи на очевидність, про ці умови мовчать, адже їх усунення коштувало б грошей.

### Значення результатів вимірювань для працівників

Ще раз нагадуємо: Директива ЄС про дрібні частинки пилу встановлює, що середньодобова концентрація дрібних частинок пилу PM10 не повинна перевищувати 50 мікрограмів на кубічний метр міського повітря і не може перевищуватися більше ніж 35 днів на рік.

Якщо в машинобудівному підприємстві вимірюється вищезазначена концентрація в 10 міліграмів, це означає, що працівники цього підприємства приблизно 200 робочих днів на рік змушені працювати в умовах забруднення повітря шкідливими речовинами в концентрації до 10 000 мікрограмів.

### **Висновок з практики**

*Протягом останніх 20 років ми провели тисячі вимірювань рівня забруднення повітря в приміщеннях по всьому світу. Ми відвідали виробничі об'єкти різного типу, де виготовляються найрізноманітніші продукти з найрізноманітніших матеріалів. Однак під час усіх наших вимірювань ми постійно спостерігали наступне:*

***коли повітря було видиме, ми вимірювали в одному кубічному метрі повітря в приміщенні понад 10 000 мікрограмів забруднюючих речовин.***

### **Простий метод оцінки якості повітря**

У майбутньому ви зможете самостійно оцінити якість повітря! Якщо ви перебуваєте у виробничому приміщенні – , незалежно від того, чи це кухня готелю, виробничий цех харчової промисловості чи машинобудування, і ви помічаєте, що повітря в цьому приміщенні вже не здається чистим, а нагадує осінній туман, то це означає, що рівень забруднення повітря становить щонайменше 10 000 мікрограмів на кубічний метр. Найпростіше це визначити, якщо подивитися в бік освітлення приміщення! Якщо ви чітко бачите світильник, а повітря навколо нього невидиме, то все в порядку. Однак, якщо ви не можете чітко розгледіти світильник через дифузний туман, що утворився навколо нього, можете бути впевнені, що індекс якості повітря в цій кімнаті становить близько 10 000!

## Проста оцінка якості повітря



Якщо стельові світильники в приміщенні не видно чітко, рівень забруднення повітря дуже високий і становить приблизно  $10\,000 \text{ мкг/м}^3$ .

Рисунок 43

### Розбіжність між оцінкою якості повітря зовні та всередині приміщення

Це порівняння з інтенсивно обговорюваним забрудненням повітря в центральних районах німецьких міст показує розбіжність, яка викликає подив і незрозуміння, коли мова йде про приміщення. Нас часто запитують, як можна пояснити такі відмінності?

На нашу думку, вони просто не виправдані. Усі спроби пояснень з боку відповідальних осіб є надуманими виправданнями, щоб уникнути нагально необхідних інвестицій.

Просто ніхто не усвідомлює, які ризики це несе для всіх учасників процесу. Концентрації найдрібніших частинок, які вважаються серйозною загрозою для здоров'я на відкритому повітрі, у 200 разів перевищують допустимі норми в приміщенні і вважаються прийнятними? Хто нестиме відповідальність за цю небезпеку в майбутньому?

### **Виробники вентиляційних систем повинні змінити своє мислення**

Ми, виробники вентиляційних систем і очищувачів повітря, також повинні зіткнутися з цією проблемою! Чому? Тому що в нашій галузі є сотні виробників вентиляційних систем для промислових кухонь або машинобудівних підприємств, які не мають навіть найпростішої вимірювальної техніки, щоб хоча б початково виміряти та проаналізувати таке забруднення повітря.

Водночас вони пропонують продукти для очищення повітря, які призначені для вентиляції приміщень та очищення повітря від шкідливих речовин.

### **Норма для вентиляції кухонь DIN EN 16282**

Для промислових кухонних вентиляційних систем існує «Норма для кухонної вентиляції» DIN EN 16282, яка діє майже в усій Європі. Вона вимагає, щоб у великих кухнях усі шкідливі речовини були зібрані, відсмоктані, а потім відокремлені від потоку відпрацьованого повітря, як ми дізналися в попередніх розділах.

Якщо вдається виконати обидві умови, тобто уловлювання та витягання, а також відокремлення шкідливих речовин від потоку відпрацьованого повітря, то ви отримуєте

- a) отримується дійсно хороша, сучасна та ефективна система вентиляції і
- b) хорошу якість повітря з дуже низьким рівнем забруднення в приміщеннях.



### **Недостатній контроль за виконанням**

Тепер моє запитання до вас: як ви думаєте, у скількох нововстановлених промислових кухнях перевіряється дотримання норми під час введення в експлуатацію? Приблизно так само часто, як заявлений витрата палива у нових автомобілях? Або так само часто, як споживання електроенергії у нових теплових насосах?

З 1000 нових промислових кухонних вентиляційних систем це перевіряється менше ніж в десяти!

### **Практичний приклад**

*Я вже кілька разів стикався з тим, що конкуренти зверталися до нас, коли замовник наполягав на такій перевірці, і просили нас провести вимірювання за них, оскільки вони самі не мали необхідного вимірювального обладнання!*

### **Озон – приклад забруднення повітря газами**

У випадку забруднення повітря газами ми маємо дуже схожу ситуацію і спостерігаємо те саме явище. Я хотів би проілюструвати це на прикладі озону. Про потенційну небезпеку озону ми вже розповідали в розділі 4. Гранична концентрація озону в приміщеннях у багатьох країнах Європи, як і раніше, встановлена на рівні 200 мікрограмів на кубічний метр повітря. Це було також попереднім граничним значенням у Німеччині, яке, однак, було скасовано. У Швейцарії це граничне значення все ще діє. Згідно з критеріями класифікації канцерогенних речовин Німецького товариства з досліджень (DFG), озон класифікується як речовина, яка ще недостатньо досліджена, але підозрюється у викликанні раку у людей.

## Погода з високим рівнем озону в зовнішньому повітрі



У додатку про погоду найвищі значення шкідливих речовин вказані на першому місці.

На першому місці тут знаходиться озон із значенням 104 <sup>мкг/м<sup>3</sup></sup>. Ця концентрація перевищує рекомендовану середню 8-годинну норму ВООЗ (див. рис. 29).

Приклад:  
Хойерсверда, 20  
серпня 2023 року  
о 9:55

оз: 104 мкг/м<sup>3</sup>

Рисунок 44

### Озон – граничні значення в зовнішньому повітрі

Інформацію про граничні значення на відкритому повітрі та ризики для здоров'я надає Федеральне агентство з охорони навколишнього середовища. Воно попереджає, що озон у повітрі може призвести до зниження функції легенів, запальних реакцій у дихальних шляхах та дихальних розладів. Діє

Граничне значення 180 мікрограмів озону на кубічний метр міського повітря. Це значення називається інформаційним порогом. Якщо концентрація перевищує це значення, через засоби масової інформації населенню надаються рекомендації щодо поведінки та попередження. При концентрації 240 мікрограмів озону на кубічний метр міського повітря перевищується поріг тривоги і спрацьовує сигнал тривоги. Крім того, слід зазначити, що значення озону в зовнішньому повітрі не повинні перевищувати 120 мікрограмів на кубічний метр міського повітря в середньому протягом восьми годин не більше ніж 25 днів календарного року.

### **Озон – граничні значення в зоні кухонної вентиляції**

Однак на даний момент експерти в галузі вентиляції кухонь все ще вказують допустиму межу в 20 000 мікрограмів озону на кубічний метр повітря. Ця інформація також походить з європейського стандарту DIN EN 16282, нормативного документа, над яким працювали багато національних промислових асоціацій. Хто думає про погане, той сам винен!

У цій нормі зазначено, що концентрація озону у відпрацьованому повітрі промислової кухні не повинна перевищувати 10 ppm. При атмосферному тиску 1013 гектопаскалів і температурі 20 градусів Цельсія зазначені 10 ppm озону досить точно відповідають граничному значенню 20 000 мікрограмів озону на кубічний метр повітря (див. рис. 29).

### **Озон – розбіжності, які говорять самі за себе**

Я вважаю, що наведені в цьому прикладі розбіжності в оцінці якості повітря в приміщеннях і на відкритому повітрі говорять самі за себе і не потребують додаткових пояснень. Насправді, в цьому випадку кожному має бути зрозуміло, що потрібно робити, а саме повністю уникати утворення озону, незалежно від того, в приміщенні це чи на відкритому повітрі!

Однак для досягнення цієї мети необхідно вимірювати та аналізувати забруднення повітря. Про те, як це можна зробити, ми розповімо трохи пізніше.

## **6.2. Вимірювання частинок робить забруднення повітря видимим!**

Якою вимірювальною технікою можна виміряти шкідливі речовини в повітрі? Якою вимірювальною технікою можна перевірити ефективність вентиляційної системи? В принципі, це не складно і вже було описано в розділі 3. Для точного визначення рівня забруднення повітря шкідливими речовинами рекомендується використовувати

- а) використовувати техніку вимірювання частинок і аерозолів, а також
- б) детектор іонізації полум'я (FID)

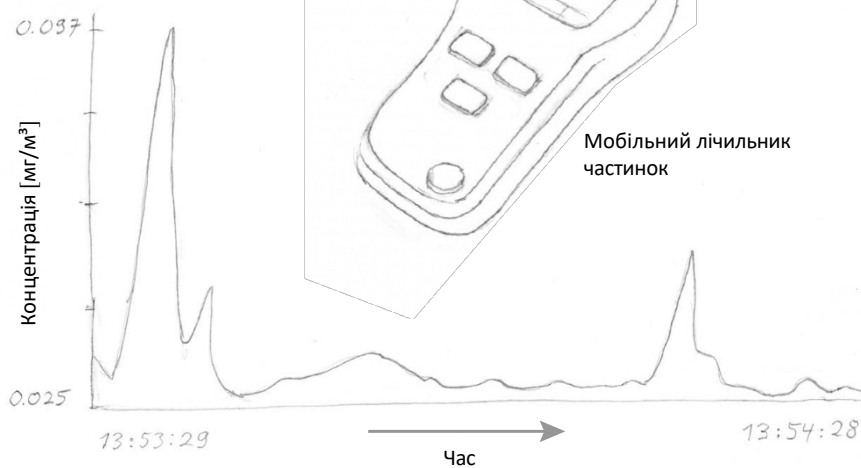
Прилади для вимірювання FID ми вже детально описали в розділі 3. Прилади для вимірювання частинок і аерозолів вже давно є стандартом для чистих приміщень. Вже протягом десятиліть немає жодної операційної в лікарні та жодного виробничого приміщення для мікропроцесорів, де б під час введення в експлуатацію вентиляційної системи не використовувалися лічильники частинок для перевірки її роботи. В принципі, це просто і зрозуміло доводить, що повітря в такій чистій кімнаті дійсно чисте і не містить найдрібніших частинок. Для цього і служить лічильник частинок.

### **Як вимірюються частинки**

Лічильники частинок за допомогою складної оптики та лазерних променів аналізують, чи є в повітрі приміщення найдрібніші частинки. При цьому підраховується кількість частинок і одночасно досліджується їх розмір, тобто визначається їх аеродинамічний діаметр.

## Мобільний лічильник частинок

Мобільний лічильник частинок з акумуляторним живленням, вимірюванням розсіяного світла та реєстрацією даних для вимірювання маси аерозолів у реальному часі



Малюнок 45

### Техніка вимірювання частинок повинна бути адаптована до ситуації

Так само, як у чистих приміщеннях, у виробничих цехах, промислових кухнях або на машинобудівних підприємствах можна аналізувати повітря в приміщенні та визначати вміст частинок. В принципі, це той самий процес, але з однією великою і важливою відмінністю:

кількість частинок набагато більша, ніж у чистих приміщеннях! Якщо в чистих приміщеннях перевіряють, чи є в повітрі частинки PM10, то в повітрі кухні або виробничого приміщення вимірюють кількість частинок, що містяться в одному кубічному метрі повітря. При цьому часто йдеться про

Десятки тисяч або навіть більше, ніж у чистій кімнаті! Лічильники частинок повинні бути адаптовані до цих умов або необхідно вибрати правильну техніку вимірювання.

### **Практичний приклад: вимірювання частинок шляхом розрідження повітря**

*Коли 25 років тому ми проводили перші вимірювання частинок у приміщеннях з таким високим рівнем забруднення, ми намагалися використовувати традиційні вимірювачі частинок, оскільки на той час не було більш придатної вимірювальної техніки. Як можна собі уявити, ці перші вимірювання часто були непідтверджені, непідконтрольні та дуже низької якості, оскільки лічильники частинок були повністю перевантажені високою концентрацією частинок. Першим кроком до поліпшення було визначення ступеня розведення повітря, що аналізується. Це означає, що за допомогою відповідних ступенів розведення повітря, що аналізується, розбавляли, наприклад, у 1000 разів чистим повітрям без частинок. Потім це розбавлене повітря вимірювали за допомогою традиційних лічильників частинок, а результат екстраполювали з коефіцієнтом 1000. Одночасний подальший розвиток лічильників частинок забезпечив, що пізніше прилади стали менш чутливими до дуже високих концентрацій частинок, а результати вимірювань стали все більш точними.*

### **Сучасні прилади забезпечують точні вимірювання**

Сучасні лічильники частинок можуть аналізувати навіть дуже забруднене повітря в приміщеннях з такою ж точністю, до якої ми звикли протягом десятиліть у чистих приміщеннях. Галузь просто повинна дійсно прагнути до таких точних вимірювань і бути готовою інвестувати в сучасну вимірювальну техніку.

### **Виконується занадто мало вимірювань**

На сьогоднішній день на німецькомовному ринку кухонної вентиляції ледве можна знайти виробників, які використовують таку вимірювальну техніку при введенні в експлуатацію нових вентиляційних систем.

На жаль, це не непорозуміння!

***Оптимальна функціональність вентиляційних систем просто вважається само собою зрозумілою, без вимірювальних доказів.***

Бездоганна робота вентиляційної системи, ефективність збору та витяжки, а також відділення та фільтрація шкідливих речовин з повітряного потоку – все це вважається само собою зрозумілим і прийнятним. За принципом: «Все якось буде, все буде добре». Більшість людей не хочуть знати, чи це дійсно так, а про прозорість за допомогою аналізу та документації вони взагалі не хочуть і чути.

**Для досягнення оптимальної якості повітря вимірювальна техніка є обов'язковою**

У попередніх розділах ми докладно пояснили, наскільки складними є завдання вентиляційної техніки, такі як збір і витяжка, фільтрація і відділення, а також вентиляція свіжим повітрям. З цих причин вимірювальна техніка для підтвердження того, що повітря в приміщенні дійсно не містить шкідливих речовин, є обов'язковою. Немає виправдання для того, щоб не використовувати цю вимірювальну техніку регулярно.

**Відсутність вимірювальних даних для очищувачів повітря від озону**

За допомогою відповідного вимірювального обладнання можна також виміряти небезпечні гази, такі як озон. Але і в цьому випадку спостерігається така сама ситуація, як і у випадку з вищеописаною технікою вимірювання частинок: серед тисяч постачальників очищувачів повітря від озону ви навряд чи знайдете такого, який за допомогою відповідної вимірювальної техніки зможе надати вам доказ того, що його продукція не завдає більше шкоди, ніж користі завдяки виробленому озону.

### **Серйозна вентиляційна техніка має наукове обґрунтування**

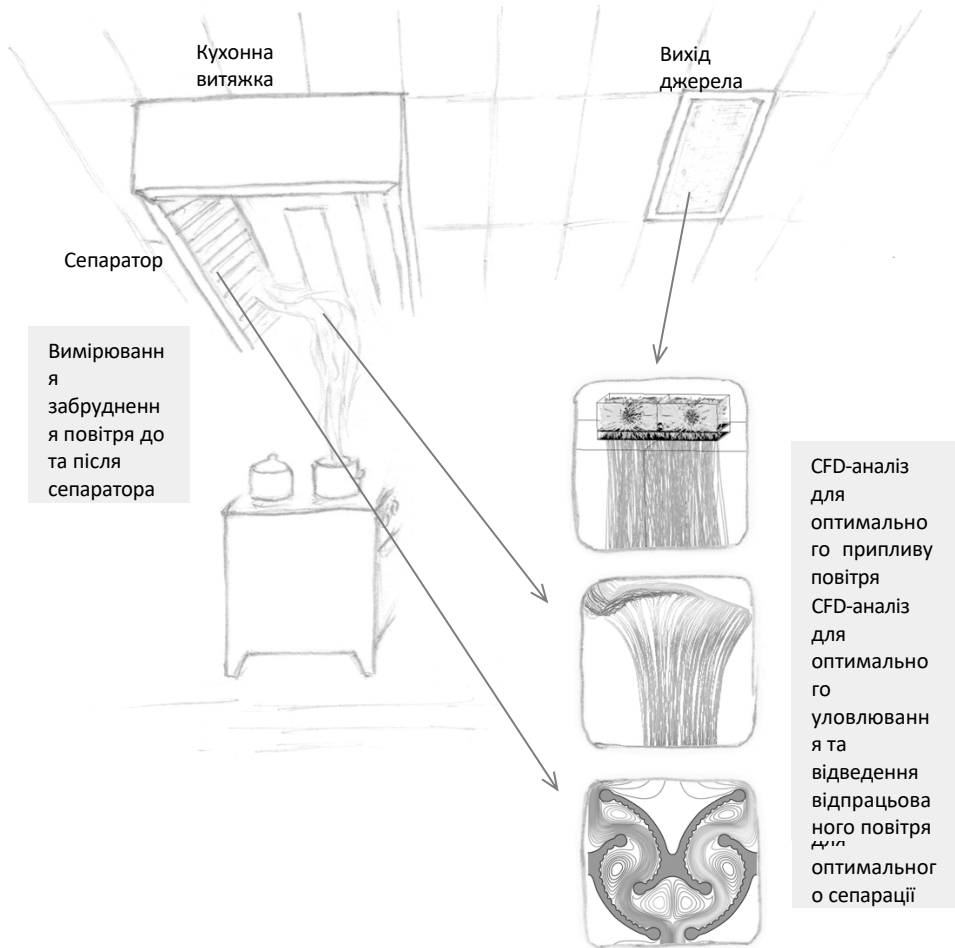
Як і в попередніх розділах, тут знову видно, що серйозна розробка продуктів у вентиляційній техніці та очищенні повітря вимагає науково обґрунтованого підходу. Гучні обіцянки в привабливих рекламних проспектах у нашій галузі занадто часто змушують думати інакше. Будьте обов'язково пильні та критично ставтеся до таких обіцянок.

### **Висновок**

—Сподіваюся, що мої зауваження допомогли вам краще зрозуміти цю тему та надали цікаву інформацію. Тепер коло замкнулося: від ефективного збору та витяжки в розділі 1 до відповідної вимірювальної техніки для визначення ефективності вентиляційної техніки та очищення повітря в розділі 6 ми обговорили все.



## Науково обґрунтована вентиляційна техніка



Функціональність кухонної вентиляційної техніки перевіряється та оптимізується в компанії Rentschler REVEN за допомогою науково обґрунтованих методів.

---

## Заключне слово

Ви прочитали всі розділи цієї книги, які спочатку були опубліковані в нашому подкасті.

«Непорозуміння в області вентиляційної техніки та очищення повітря». Сподіваюся, я зміг дати вам кілька корисних підказок. Нещодавно один з конкурентів на ринку розкритикував зміст подкасту. Він вважає, що все занадто поверхнево і чекав від мене більшого. Як уже згадувалося раніше, моя мета полягала в тому, щоб зробити теми, пов'язані з вентиляційною технікою та очищенням повітря, доступними для широкого кола слухачів і максимально цікавими. Я не хотів писати наукову статтю. Теми нашої галузі вентиляції є скоріше нішевими, які не цікавлять широку аудиторію. Тому для мене було важливо пояснити непорозуміння простим і зрозумілим чином навіть людям, які не знайомі з цією галуззю. Сподіваюся, мені це вдалося.

На основі цього подкасту ми написали цю книгу. Вона містить багато цікавих ілюстрацій, які доповнюють інформацію та наочно її ілюструють.

Для мене дуже важливо зробити нашу галузь привабливою для молодих фахівців, адже охорона повітря є важливою темою і залишатиметься такою в майбутньому. Тому до цього питання слід підходити з відповідальністю та сумлінністю.

Мої колеги з відділу продажів матимуть цю книгу при собі і з радістю нададуть вам примірник для ознайомлення з різними темами, коли ви будете обговорювати з ними нові проекти, нові процеси та плани. Адже ми хочемо, щоб наші технології та продукти були зрозумілими!

На знак подяки слухачам нашого подкасту ми пропонуємо нову книгу безкоштовно.

Паралельно з нашим книжковим проектом з'явився також новий подкаст. Він має назву «Luftpost» (Повітряна пошта).



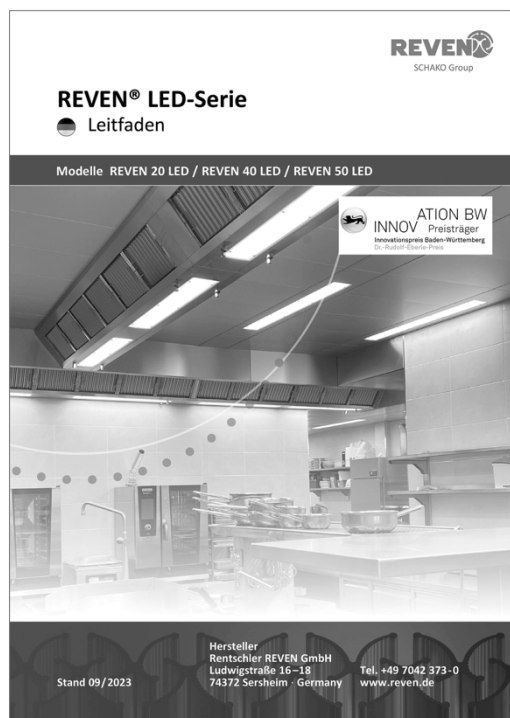
Ця нова серія подкастів присвячена здоровому повітрю. Я представляю людей і компанії, які займаються питаннями очищення повітря та вентиляційних технологій. В ході інтерв'ю з учасниками з різних галузей обговорюються технології. Я вибрав цю назву через асоціації, які викликає цей термін. Раніше новини та повідомлення часто надсилали повітряною поштою. У своєму подкасті «Luftpost» я хочу розповідати про актуальні новини на тему чистого повітря та здорового довкілля.

Ви можете знайти його за посиланням [reven.news/luftpost](https://reven.news/luftpost), перші епізоди вже доступні онлайн.

Якщо ви самі є учасником галузі вентиляції або очищення повітря, ми можемо разом створити епізод подкасту. Я з радістю приїду до вас. Просто зв'яжіться зі мною за адресою [marketing@reven.de](mailto:marketing@reven.de).

# Цікаве від REVEN

## Посібник з LED-освітлення

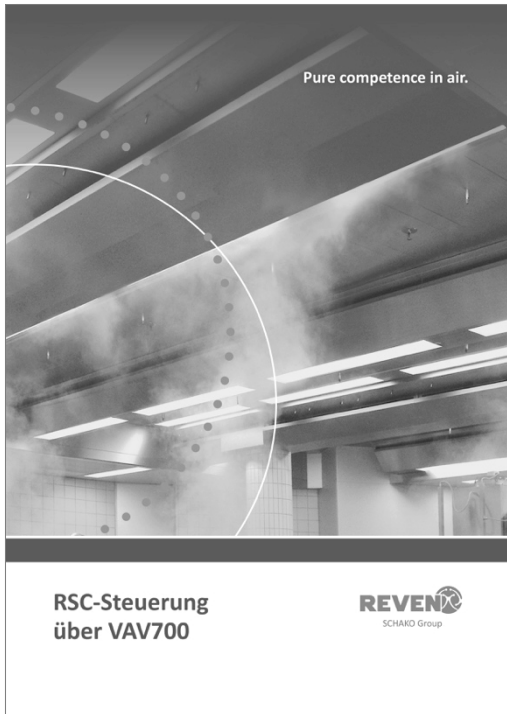


Часто недооцінюють важливість  
хорошого освітлення для  
використання приміщення.

Саме в промислових кухнях  
правильне освітлення має велике  
значення. Тому при плануванні слід  
враховувати такі аспекти, як  
яскравість, контрастність і  
кольоровість. Тут наше управління  
освітленням пропонує великі  
переваги.

У цьому посібнику з LED-освітлення  
ми пояснюємо, які фактори важливі  
для хорошого освітлення і як  
світильники REVEN® LED  
відповідають цим вимогам.

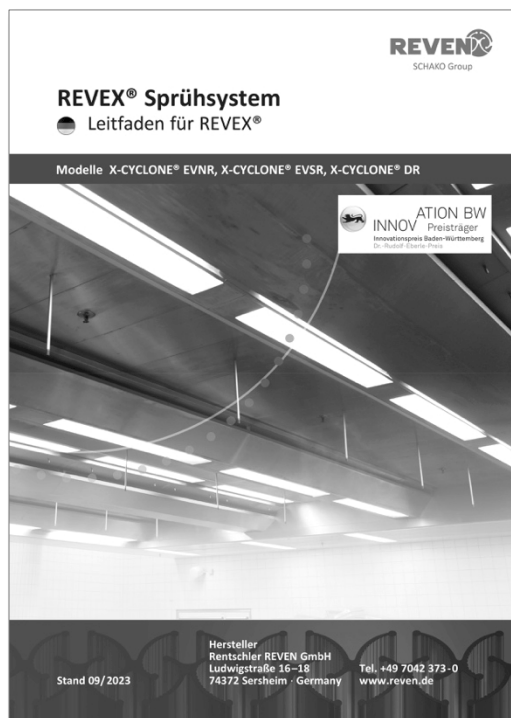
## Брошура «Система управління RSC»



Для підвищення економічності вентиляційних систем у великих кухнях компанія Rentschler REVEN пропонує інтелектуальну систему автоматичного регулювання RSC. Система безступінчасто регулює кількість припливного та витяжного повітря відповідно до інтенсивності приготування їжі, повністю відповідаючи інноваційному стандарту Індустрія 4.0.

У нашій брошурі ви дізнаєтеся про технічні деталі, на які слід звернути увагу при встановленні системи управління RSC.

## Посібник для системи розпилення REVEX®



У минулому темі «Очищення кухонних вентиляційних систем» часто не приділяли достатньої уваги. Регулярне, професійне та правильне очищення вентиляційних систем у промислових кухнях забезпечує бездоганну роботу обладнання, зменшує ризик виникнення пожежі та запобігає розмноженню мікроорганізмів всередині системи. Крім того, це захищає здоров'я персоналу кухні.



# Непорозуміння в техніці вентиляції та очищення повітря

## Книга

Резонанс під час подкасту був настільки великим, що виникла ідея створити на його основі книгу. Відгуки, які говорять самі за себе:

«... подкаст на тему повітряних потоків викликав бажання дізнатися більше...»

«... я хотів би привітати вас з цікавим подкастом «Непорозуміння в техніці вентиляції та очищення повітря» і подякувати за інформацію...»

«... Дякую за дійсно цікавий подкаст. Буду радий продовженню. Я понад 20 років працюю керівником проектів у галузі вентиляційної техніки і зміг почерпнути багато корисного для практики та подальших проектів. Буду радий, якщо зможу побудувати з вами наступну кухонну установку ...»

«... Хочу привітати вас з подкастом. Тема дуже зрозуміла навіть для таких людей, як я, які не дуже добре знаються на цій справі...»

«... як уважний слухач вашого подкасту, я хотів би скористатися нагодою і замовити фаховий посібник, анонсований на 2023 рік. Сподіваюся на нові випуски на тему повітря – нашого найціннішого продукту харчування...»

## Автор

Дипломований інженер Свен Рентшлер є керуючим директором Rentschler Reven GmbH, середнього підприємства-виробника систем очищення повітря. Як підприємець, він поставив собі за мету забезпечити кращу обізнаність про очищення повітря в промисловості та комерційній сфері в усьому світі. Результатом його діяльності є два міжнародні патенти та премія за інновації землі Баден-Вюртемберг. Крім того, Свен Рентшлер є блогером та спікером з питань очищення повітря.

## Цільова аудиторія

Всі, хто цікавиться питаннями оптимальної вентиляції та очищення повітря.

Новачки, фахівці, які бажають поновити свої знання, та професіонали в галузі клімат-контролю та вентиляції, а також фахівці з суміжних галузей, зокрема проектувальники систем вентиляції в машинобудуванні та харчовій промисловості, виконавчі підприємства, експерти, оператори та проектувальники великих кухонь.

• ПОВЗОДНЕВА

• КЛІМАТ

• ХОЛОД

2023 cci-dialog.de

cci Buch є торговою маркою компанії cci Dialog

GmbH Також доступно в електронному вигляді

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743

€ 47,00 (D)