

# ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ СТЕКЛЯННЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ВОЗДУХА

Методические рекомендации от производителя  
МР 01-23

---

*Настоящая методика предназначена помочь в выборе модели и количества приборов «            » необходимых для создания и поддержания низкого уровня микробиологической обсемененности воздуха в помещениях и рабочих боксах различного класса чистоты*

## I. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации (далее – МР) содержат основные положения по использованию установок молекулярной очистки и обеззараживания воздуха «            », работа которых основана на фотокаталитическом окислении органических загрязнителей воздуха на пористых стеклянных элементах под действием мягкого ультрафиолетового излучения (315-400 нм), в комплексе дезинфекционных мероприятий в помещениях (рабочих боксах) с нормируемой обсемененностью и носят рекомендательный характер.

1.2. Настоящие МР предназначены для работников, осуществляющих профилактику обсемененности ключевых объектов, а также специалистов, осуществляющих            федеральный            государственный            санитарно-эпидемиологический надзор

## II. Общие положения

2.1. **В современных условиях** в медицине, на предприятиях фармацевтической и пищевой промышленности постоянно существует высокий риск формирования и распространения штаммов патогенной микрофлоры, в том числе плесневых грибов и дрожжей, устойчивых к воздействию широко применяемых УФ-В рециркуляторов, химических дезинфицирующих средств и антисептиков.

2.2. При необходимости постоянного поддержания низкой (вплоть до уровней близких к нулевым значениям) обсемененности воздуха в рабочих помещениях больниц и предприятий в присутствии людей рекомендуется использование установок «            » с фотокаталитическими фильтрами из пористого стекла стационарного и переносного типов в качестве универсального дезинфекционного оборудования.

2.3. Установки «            » используются для эффективного обеззараживания воздуха от любых микроорганизмов, в том числе от штамма *Aspergillus niger*, высшего вида плесневых грибов из рода аспергилл, без их накопления внутри установок, с их полной минерализацией до паров воды и углекислого газа.

2.4. Установки должны быть сертифицированы и иметь «Технический паспорт» и «Руководство пользователя и технического обслуживания» на русском языке.

2.5. Обеззараживание воздуха выполняется установками в непрерывном режиме в сочетании с другими санитарно-гигиеническими мероприятиями, проводимыми в помещении.

2.6. Установки также рекомендованы для применения в местах с источниками выделения озона, к которым могут быть отнесены: высоковольтное оборудование и УФ-В рециркуляторы.

2.7. Персоналом, эксплуатирующим фотокаталитические установки с фильтрами из пористого стекла должны строго выполняться работы по сложному периодическому техническому обслуживанию, рекомендованные в сопроводительной документации.

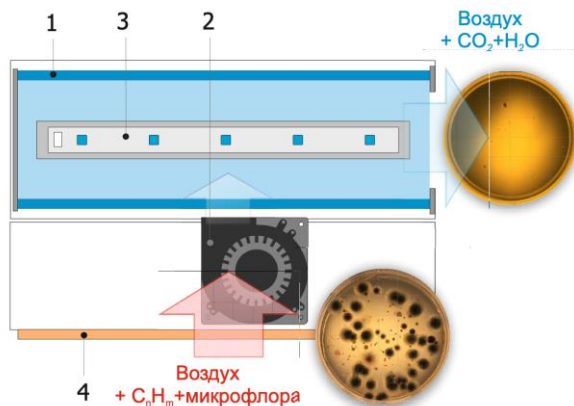
### **III. Принцип работы**

3.1. Технология фотокатализа на пористых стеклянных фильтрах отличается от обычного фотокатализа тем, что в пористых фотокаталитических элементах одновременно реализованы процессы механической фильтрации микрофлоры, адсорбции летучих органических соединений и непосредственно фотокатализа (окисления органических частиц под действием мягкого ультрафиолетового излучения).

3.2. Конструктивно фильтр состоит из легко продуваемого пористого стеклянного носителя с нанесенным на него фотокатализатором - нанокристаллическим порошком диоксида титана - и источника УФ-А излучения с длиной волны 315-400 нм. Форма и размеры самих фильтров, количество нанесенного фотокатализатора, мощность ламп, могут варьироваться и быть оптимизированы под конкретно решаемую задачу.

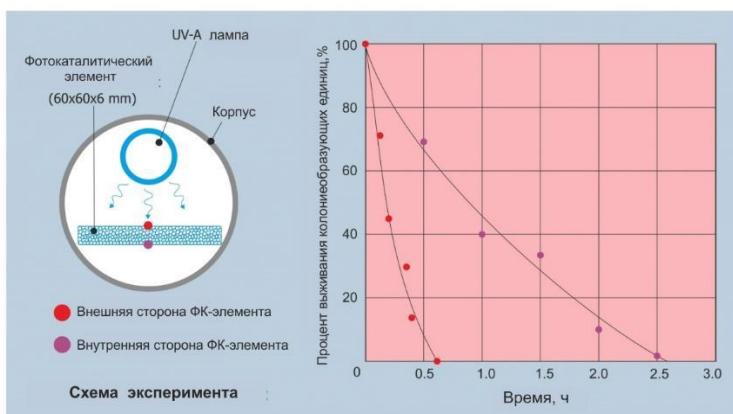
3.3. Схема работы фотокаталитического фильтра на основе пористого стеклянного носителя цилиндрической формы с принудительной вентиляцией представлена на Рисунке 1.

3.4. Движение очищаемого воздуха инициируется вентилятором (2). Воздух во время очистки проходит через пористую стенку стеклянного фотокаталитического фильтра (1). Вредные загрязнители - бактерии, споры плесени и молекулярные загрязнители воздуха адсорбируются на поверхности фотокаталитического элемента и минерализуются под действием света от источника УФ-А излучения (3). Для защиты фотокаталитического блока от неорганических частиц применяется пылевой фильтр (4).



**Рисунок 1**  
Схема работы

3.4. Фильтрация микрофлоры на фильтре из пористого стекла происходит по всей толщине его стенки, в 5-6 мм слое нанокристаллического фотокатализатора с размером мезопор на уровне нескольких микрон. Отфильтрованная микрофлора инактивируется и полностью минерализуется под действием  $\text{OH}^-$  радикалов, образующихся частицах фотокатализатора благодаря применению в качестве его носителя - УФ прозрачного кварцевого стекла. Экспериментально установлено (Рисунок 2), что поверхность стандартного фотокаталитического элемента диаметром 82 мм, непосредственно подверженная облучению УФ-А лампой Philips PL-36L, полностью стерилизуется от самых устойчивых штаммов микроорганизмов через 30-40 мин, противоположная – примерно через 2,5 часа. При необходимости, это время может быть уменьшено в несколько раз за счет увеличения интенсивности облучения.



**Рисунок 2**  
Выведение микрофлоры на поверхности фотокаталитического элемента под действием УФ-А облучения

## IV. Характеристики

4.1. Эффективность обеззараживания воздуха за проход через устройство зависит количества очищаемого воздуха, проходящего через единицу поверхности фотокаталитического элемента в единицу времени. и для стандартных образцов составляет 85-98 %. При необходимости, она может быть увеличена до 99,9 % за счет уменьшения производительности, применения двухстадийной очистки, увеличения количества фотокатализатора, нанесенного на фотокаталитические элементы и т.п.

4.2. Основными преимуществами фотокаталитических установок на основе пористых стеклянных фильтров для обеззараживания воздуха являются:

– высокая эффективность антимикробиологического действия в отношении любых микроорганизмов;

– возможность непрерывной работы в присутствии людей;

- стабильная эффективность обеззараживания воздуха во времени (до 7-10 лет) без замены основных рабочих блоков:

– обеззараживание воздуха:

- без накопления микрофлоры внутри;
- без применения HEPA фильтров;
- без генерации озона;
- без применения жесткого ультрафиолетового излучения

- полная минерализация (превращение в водяной пар и углекислый газ) летучих органических соединений:

- углеводородов ряда метана и этилена;
- альдегидов (в том числе формальдегида), эфиров, кетонов;
- ароматических углеводородов (в том числе бензопирена);
- гетероциклических канцерогенов;
- веществ, вызывающих аллергические заболевания

- удаление озона и других активных форм кислорода.

4.3. В качестве источников излучения в установках используются люминисцентные УФ-А лампы, используемые в соляриях, или экологически чистые (без ртути) светодиодные лампы с длиной волны 365 нм. Мощность устанавливаемых ламп в каталитическом диапазоне излучения (315-400 нм) на один стандартный фотокаталитический элемент с размерами: диаметр 82 мм, длина 420 мм, составляет 8 - 18 Вт.

4.4. Установки легко масштабируются за счет применения разного количества и размеров фотокаталитических фильтров. Производительность установок по очищаемому воздуху может составлять от нескольких кубических метров в час до нескольких тысяч.

4.5. В процессе эксплуатации установок не происходит попадания в воздух активных радикалов, не происходит ионизации воздуха, а основными

вновь образуемыми примесями могут являться: перекись водорода, в концентрациях до 15 ppb и пары этилового спирта, в концентрации 5 ppb, что в сотни и тысячи раз меньше ПДК этих веществ

## **V. Порядок работы**

5.1. Эксплуатация фотокаталитических установок на основе пористых стеклянных фильтров должна осуществляться в соответствии с «Техническим паспортом» фирмы изготовителя, «Руководством по эксплуатации технического обслуживанию» и настоящими МР.

5.2. Необходимая производительность установок подбирается исходя из объема помещения, требований снижения концентраций КОЕ за конкретный промежуток времени и оценивается по методике, изложенной в разделе VI настоящих МР.

5.3. Фотокаталитические установки на основе пористых стеклянных фильтров стационарного типа располагаются на полу, стенах или потолке таким образом, чтобы обеспечить наибольший по длине циркуляционный контур движения очищенного воздуха, образующийся в помещении. Поэтому не рекомендуется их установка напротив стенных проемов, открытых дверей, ворот и т.п.

5.4. Следует помнить, что фотокаталитические установки на основе пористых стеклянных фильтров эффективно работают при загрязнении воздуха летучими органическими соединениями на уровне нескольких значений ПДК и поэтому не следует при «испытаниях» установок впрыскивать в них что-либо из аэрозольных баллонов, создавая ударные дозы загрязнителя, так как в последующем потребуются несколько суток их работы на чистом воздухе для регенерации фотокатализатора с возобновлением его нормальной работы.

## **VI. Подбор необходимой производительности установок по очищаемому воздуху**

6.1. Расчетное снижение концентрации колониеобразующих единиц (КОЕ) в помещении с работающим внутри рециркулятором «                    » может получено из уравнения, справедливом для ректора идеального смешения в предположении, что снижение концентрации микроорганизмов при обеззараживании помещения мгновенно и равномерно распространяется на все помещение.

6.2. Оценка минимально необходимой производительности по очищаемому воздуху рециркуляторов «                    » может быть сделана на основе графика (Рисунок 3), полученного решением уравнения реактора идеального смешения. Для быстрого (за 30-60 мин) эффективного обеззараживания помещения (в 5-10 раз) часовая производительность приборов должна быть в 2 ... 4 раза больше объема помещения. Такие приборы могут быть рекомендованы для рабочих объемов, где предъявляются особо строгие требования к обсемененности.

Для замкнутых по воздуху помещений, например, камер хранения готовой продукции, могут быть рекомендованы приборы с часовой производительностью в 5-10 раз меньшей, чем объем очищаемого помещения.

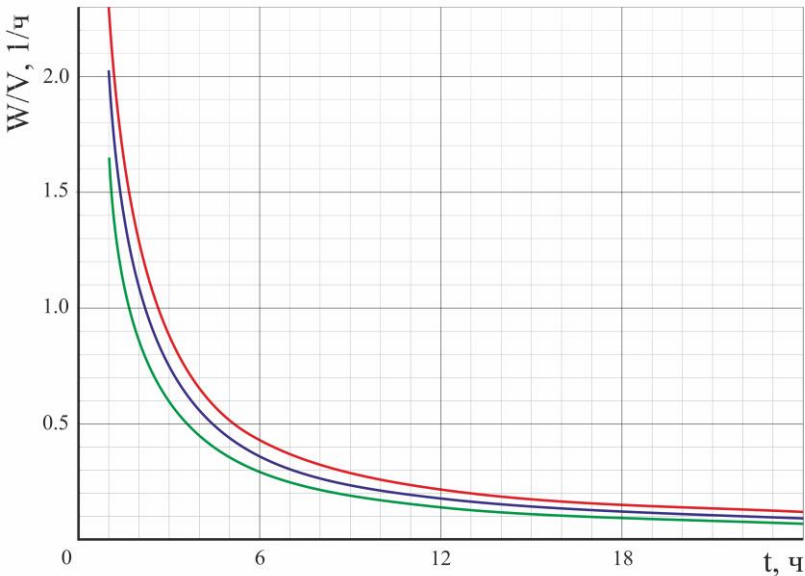


Рисунок 3

Определение минимально необходимой производительности рециркуляторов « »

—  $C_k / C_{исх} = 0,2$    
 —  $C_k / C_{исх} = 0,13$    
 —  $C_k / C_{исх} = 0,1$

$C_k$  – конечная концентрация КОЕ,  $1/м^3$ ;

$C_{исх}$  – исходная концентрация КОЕ,  $1/м^3$ ;

$V$  – рабочий объем,  $м^3$ ;

$W$  – производительность приборов по очищаемому воздуху,  $м^3/ч$ ;

$t$  – время непрерывной работы, ч

6.3. На практике все помещения отличаются от идеальной модели. Есть утечки воздуха, вызванные открытием-закрытием дверей, есть источники постоянного микробиологического загрязнения воздуха (например – люди или вентиляционные каналы). Перемешивание воздуха нельзя считать мгновенным, как это принято в расчете. Поэтому реальная производительность устанавливаемых приборов должна быть несколько выше расчетной и для каждого конкретного помещения поправочный коэффициент – свой. Как показывают практические испытания, поправочный коэффициент составляет примерно 1,5-2 раза для больших, с объемом несколько тысяч кубических метров, помещений

## **VII. Меры безопасности при эксплуатации**

7.1. Персонал, эксплуатирующий установки, должен ознакомиться с «Руководством по эксплуатации и техническому обслуживанию».

7.2. Если корпус установки выполнен из токопроводящего материала, то для обеспечения защиты от поражения электрическим током работающего персонала эта установка должна подключаться к сети питания с заземлением.

7.3. Газоразрядные УФ-А лампы, установленные в некоторые моделях приборов, должны утилизироваться организациями, которые предоставляют услуги по сбору и утилизации газоразрядных источников света в соответствии с ОКПД 90.02.140149 (Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности). Договор с такими компаниями составляется на основании КОСГУ (Классификация операций сектора государственного управления).

7.4. Светодиодные лампы принадлежат к IV классу опасности и считаются малоопасными отходами. Как и сами приборы они должны утилизироваться в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ

## **VIII. Примеры подбора приборов для конкретных помещений**

### **8.1. Операционная (Помещение Класс «А» - «особочистые»)**

Исходные данные технического задания на очистку:

площадь помещения – 66 м<sup>2</sup>;

высота потолков – 3,5 м;

исходная концентрация микрофлоры – 1500 КОЕ/м<sup>3</sup>;

требуемая концентрация микрофлоры – 150 КОЕ/м<sup>3</sup>;

время достижения требуемого результата – 1 ч

Обсемененность операционной должна снизиться в 10 раз за 1 час.

Согласно графику Рисунка 3 требуемый результат может быть достигнут при производительности прибора, превышающей объем помещения в 2,3 раза, т.е. минимально необходимая производительность по обеззараживанию воздуха

$$W = 2,3 \times 66 \times 3,5 \sim 530 \text{ м}^3/\text{ч}$$

С учетом поправочного коэффициента, рекомендуемая производительность

$$W_p = 1,5 \times 530 \sim 800 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В итоге выбор может быть следующим:

а) 1 прибор «                   » с производительностью 800 м<sup>3</sup>/ч

б) 3 прибора «                » с производительностью 270 м<sup>3</sup>/ч каждый

### **8.2. Цех розлива соков (Помещение Класс «Б» - «чистые»)**

Исходные данные технического задания на очистку:

площадь помещения – 650 м<sup>2</sup>;  
высота потолков – 6 м;  
исходная концентрация микрофлоры – 1250 КОЕ/м<sup>3</sup>;  
требуемая концентрация микрофлоры – 250 КОЕ/м<sup>3</sup>;  
время достижения требуемого результата – 24 ч

Обсемененность цеха должна снизиться в 5 раз за 24 часа.  
Согласно графику Рисунка 3 требуемый результат может быть достигнут при часовой производительности прибора, равной 1/10 объема цеха

$$W = 0,1 \times 650 \times 6 \sim 400 \text{ м}^3/\text{ч}$$

С учетом поправочного коэффициента, рекомендуемая производительность

$$W_p = 2 \times 400 \sim 800 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В итоге выбор может быть следующим:

- а) 1 прибор «           » с производительностью 800 м<sup>3</sup>/ч
- б) 2 прибора «           » с производительностью 400 м<sup>3</sup>/ч каждый

### 8.3. Кладовая чистого белья (Помещение Класс «В» -«условночистые»)

Исходные данные технического задания на очистку:

площадь помещения – 10 м<sup>2</sup>;  
высота потолков 3.5 м;  
Исходная концентрация микрофлоры – 3000 КОЕ/м<sup>3</sup>;  
Требуемая концентрация микрофлоры – 600 КОЕ/м<sup>3</sup>;  
Время достижения требуемого результата – 3 ч

Концентрация микрофлоры должна снизиться в 5 раз.  
Согласно графику Рисунка 3 требуемый результат может быть достигнут при производительности прибора равной 0,6 от объема кладовой.

$$W = 0,6 \times 10 \times 3,5 \sim 20 \text{ м}^3/\text{ч}$$

С учетом поправочного коэффициента, рекомендуемая производительность

$$W_p = 1,5 \times 20 \sim 30 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В итоге выбор может быть следующим:

- а) 1 прибор «           » с производительностью 30 м<sup>3</sup>/ч
- б) 2 прибора «           » с производительностью 15 м<sup>3</sup>/ч каждый