

УФ-обеззараживание поверхностей: как получить нужную дозу и не потерять эффективность

Зачем вообще нужно УФ-обеззараживание поверхностей?

Поверхности в помещениях — это не только точка контактной передачи, но и постоянный источник вторичного аэрозольного загрязнения воздуха. Любая обсеменённая площадка “работает” в обратную сторону: микроорганизмы с неё вновь попадают в воздушную среду при прикосновениях, вибрациях, движении людей и воздуха. УФ-облучение поверхностей решает эту задачу прямым образом: поток излучения накапливает дозу в материале микробной клетки и приводит к инактивации. Метод применяют в медицине, пищевой промышленности, фармацевтике, микробиологии, на транспорте — везде, где требуется быстрое и предсказуемое снижение микробной нагрузки без химических остаточных факторов. Широко используются стационарные и передвижные открытые УФ-облучатели; они одинаково годятся и для поверхностей, и для воздуха, если режим работы и размещение подобраны корректно.

Какие типы облучателей применяют для поверхностей и чем они удобны?

Для обеззараживания поверхностей в производственных помещениях и лечебно-профилактических организациях используют открытые облучатели — настенные, потолочные, передвижные. Их ключевое преимущество — высокая удельная мощность и возможность “подвести” излучение туда, где оно нужно технологически. Практика показывает, что увеличение единичной мощности оборудования напрямую сокращает длительность обработки больших площадей и, соответственно, технологические окна. Это стало устойчивой тенденцией в развитии аппаратной базы для дезинфекции поверхностей.

Почему материал поверхности так сильно влияет на требуемую УФ-дозу?

Требуемая доза обеззараживания зависит не только от микроорганизма, но и от подложки. При одинаковой целевой эффективности на непрозрачных и светопоглощающих материалах доза возрастает, а на оптически “лёгких” — снижается. Показательно, что для обработки чёрной резины от тест-культуры *Staphylococcus aureus* в белковой защите, при целевой эффективности 90 %, нужна доза порядка 30–45 мДж/см², что на порядок выше традиционного ориентира 4,9 мДж/см². Это подчёркивает: универсальной “малой дозы для любых поверхностей” не существует — режим нужно подбирать по конкретной задаче и подложке.

Какие дозы требуются для устойчивых объектов на поверхностях?

Самые “жёсткие” к инаktivации — паразитарные формы. Для полной инаktivации яиц гельминтов и цист патогенных кишечных простейших на поверхности резины приводятся требования к дозе порядка **400–460 мДж/см²**. В качестве ориентира рассматриваются яйца аскарид как наиболее устойчивые — достижение заявленной дозы обеспечивает необходимую полноту обеззараживания. Отсюда вытекают конструктивные требования к облучателям: в реальных условиях поверхности часто требуют существенно более высоких доз, чем воздух, а значит, в рабочей зоне нужно обеспечить повышенную интенсивность либо увеличить экспозицию, если технологически это допустимо (например, при обработке теплообменника кондиционера).

Как выбрать интенсивность и время облучения, чтобы уложиться в регламент?

Для рутинной работы ориентируются на практическое правило: подбирать интенсивность на обрабатываемых поверхностях так, чтобы время облучения не превышало 15–20 минут. Такой подход позволяет без излишнего усложнения технологического процесса достигать заданных уровней обеззараживания. В технике здравоохранения применяются те же типы открытых облучателей, что и для воздуха, но режимы облучения и контроль эффективности подчинены профильным методическим указаниям.

Как контролируют результат в медицинских помещениях?

Для асептических зон обязательны строгие индикаторы и процедуры. После санитарной уборки включают облучатели на расчётную экспозицию. Контроль проводят по установленным методикам, включая отбор смывов с нормированной площади и оценку целевых индикаторов. Для критичных помещений требуется достижение высокой степени обеззараживания; в то же время подбирается такой режим, чтобы технологическая пауза оставалась приемлемой для работы подразделения.

Где уместны барьерные системы и “целевые” облучатели?

Когда важно локально разорвать перенос микрофлоры между зонами, применяют барьерные решения. Конструкция формирует световой “коридор” — арку с лампами по бокам и, при необходимости, сверху. Излучение собирают в узкие лучи экранами и отражателями, чтобы добиться высокой облучённости в короткое время — ровно на период прохождения человека и сопряжённого воздуха. Такие барьеры показали способность существенно снижать концентрацию бактерий в воздушной струе и сокращать частоту респираторных заболеваний; при этом требования к уровням излучения внутри барьера изначально повышенные.

Как учесть реальную кинематику объекта при экспозиции?

Режим дозирования надо привязывать к движению и геометрии объекта. Показателен транспортный кейс: при скорости ленты поручня эскалатора 0,7 м/с и времени пребывания в зоне 1–2 с интенсивность на поверхности 40–60 мВт/см² обеспечивает за один проход дозу порядка 100 мДж/см². Серия из шести проходов давала эффективность по общему микробному числу до 99,85–100 % при полном отсутствии яиц гельминтов; через сутки обсеменённость оставалась на уровне 15–18 % от исходной. Эти цифры иллюстрируют общий принцип: чем меньше доступное время контакта, тем выше должна быть облучённость рабочей зоны, чтобы набрать требуемую дозу.

Какие области применения особенно выигрывают от УФ-обеззараживания поверхностей?

В пищевой промышленности поверхностная дезинфекция — регулярная операция. Здесь используют те же открытые стационарные и передвижные облучатели, что и в медицине. Подбор режимов завязан на материал и фактическую загрязнённость, а также на технологические паузы между операциями. Для производств с крупными площадями и краткими окнами времени важно иметь облучатели повышенной единичной мощности — это позволяет уложиться в цикл без компромиссов по эффективности. Для других отраслей подход и оборудование аналогичны, но параметры подгоняют под требовательность конкретного процесса.

В чём главные ограничения метода и как их обходить?

Ключевое технологическое ограничение — затенение. Рёбра, выступы, углубления и сложная конфигурация деталей создают “тени”, где доза падает ниже требуемой. Есть три рабочих пути:

- перестроить схему облучения (изменить положение источника, добавить отражатели, организовать сканирование);
- увеличить мощность в зоне, чтобы компенсировать локальные потери;
- удлинить экспозицию, если процесс это допускает.

Во всех случаях расчёт ведут по целевой дозе для материала и вида микроорганизма; если объект устойчивый (например, яйца гельминтов), режим сразу закладывают из “жёсткого” диапазона доз.

Как выстраивать алгоритм выбора режима для конкретной поверхности?

Практический порядок таков:

1. Определить цель (какие индикаторы под контролем и какой уровень обеззараживания нужен).
2. Учесть подложку (материал поверхности и её оптические свойства).
3. Выбрать тип облучателя (открытый стационарный или передвижной; при необходимости — барьерный).
4. Рассчитать дозу по виду объекта: для типовой бактериальной контаминации на сложной подложке допускается ориентироваться

на диапазон, сопоставимый с 30–45 мДж/см²; для паразитарных форм на резине — 400–460 мДж/см².

5. Назначить облучённость и время с учётом кинематики (статично/движение), придерживаясь регламента, чтобы экспозиция не превышала 15–20 минут, либо компенсируя малое время высокой интенсивностью.
6. Проверить фактический результат микробиологическим контролем в установленных точках.

Такой алгоритм опирается на реальные зависимости дозы от подложки и устойчивости объекта и позволяет быстро выйти на воспроизводимый режим.