

*Т. В. Ховзун, Ю. В. Лобанов, А. В. Шах, Т. Ю. Вежновец
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»*

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР АЭРОЗОЛЕЙ «ХОЛОДНОГО ТУМАНА» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В ходе выполнения работы были получены данные о применении дезинфицирующих растворов в виде аэрозолей, изготовлен экспериментальный образец отечественного генератора аэрозолей, проведены испытания, подобраны режимы использования дезинфектантов в отношении различных групп микроорганизмов. В качестве составляющих дифференцированных режимов объемной дезинфекции были исследованы: концентрация рабочего раствора; расход рабочего раствора на единицу объема помещения ($\text{мл}/\text{м}^3$); длительность дезинфекционной экспозиции. Характеристики экспериментально образца отечественного генератора аэрозолей: производительность, л/ч (в зависимости от установленной форсунки) – 3–20; дисперсность частиц аэрозоля, мкм – 50–100; дальность факела, м – 60.

Чтобы изменить многолетнюю традицию санитарной обработки оборудования и помещений на предприятиях пищевой промышленности, требовалось решить две задачи:

- заменить дезинфицирующие средства на более эффективные и экологически чистые;

- разработать новое поколение технических средств и новые технологии дезинфекции объектов (технологического оборудования, поверхностей и воздуха производственных помещений), без оператора в зоне обработки, которые позволят перейти на современный уровень дезинфекции.

Первая задача - это изменение подхода к дезинфекции объектов. Если раньше обработка проводилась в основном способами протирания, погружения или заполнения какого-либо объема дезинфектантом, что требовало большого расхода дезинфицирующих средств, воды и обяза-

тельного присутствия оператора, новая технология дезинфекции («объемная дезинфекция»), целью которой является уничтожение вредных микроорганизмов не только на открытых поверхностях закрытого помещения, но и в различных укрытиях, предполагает проводить санитарную обработку мелкодисперсным аэрозолем дезинфектанта при отсутствии оператора в зоне обработки [3].

Вторая задача – это создание аэрозольной формы дезинфицирующего раствора, позволяющего получить облако дезинфектанта с высокой проникающей способностью.

Под распылением, представляющим собой сложный гидродинамический процесс, подразумевается полное разрушение струи несжимаемой жидкости, сопровождающееся образованием массы полидисперсных капель [5].

Свойства аэрозолей определяются веществом дисперсионной среды и дисперсной фазы, концентрацией, размером частиц аэрозоля. Аэрозольная система всегда принципиально неустойчива и не может сохраняться в неизменном состоянии. В аэрозолях отсутствуют силы, препятствующие сцеплению частиц между собой и с макроскопическими телами при соударении. Разрушение аэрозолей происходит путем седиментации под действием сил тяжести, диффузии к стенкам, коагуляции.

Распыление веществ, предназначенных для дезинфекции, производится с помощью различного рода приборов. В зависимости от дисперсности получаемых систем аппараты делят на генераторы для создания грубодисперсных систем и высокодисперсных аэрозолей [4].

Одним из важных требований, предъявляемых к аппаратам для получения аэрозолей, является возможность изменять размер частиц. Наряду с этим очень важно, чтобы получаемый аэрозоль был возможно однороден по размерам капель. Аэрозольные частицы малых размеров обладают огромной проникающей способностью, в силу их низкой массы, увеличивается время физического распада аэрозоля и, следовательно,

эффективность и длительность действия дезинфектанта. Если дезинфекция осуществляется при включенных вентиляционных системах, а значит и при сохраненных по направленности и мощности воздушных потоках внутри помещений, аэрозоли дезинфицирующих средств приобретают характер проточного аэрозоля. Частицы дезинфектанта в этих условиях ведут себя аналогично микроорганизмам: оседают на те же участки поверхностей, где уже находятся микроорганизмы. Таким образом происходит адресная доставка дезинфектанта к месту его действия.

Для перевода веществ в состояние аэрозоля необходимо иметь распыливающее устройство, источник энергии и емкость для препарата. С помощью форсунок, являющихся основным элементом устройства для получения аэрозолей, обеспечивается достижение наибольшей относительной скорости жидкости и окружающего ее воздуха. Перевод веществ в состояние аэрозолей представляет процесс, требующий значительных затрат энергии, так как совершаемая работа идет на преодоление молекулярных сил, действующих на всех вновь образуемых поверхностях. Однако применение веществ в виде аэрозолей оправдано [1].

В зависимости от количества вещества, распыляемого в единицу времени, различают малопроизводительные аппараты и высокопроизводительные. При создании аппарата в зависимости от конкретных требований выбирают оптимальный вариант с учетом следующих характеристик — дисперсности получаемых частиц, производительности, затрат энергии, размеров и массы (табл. 1) приведены характеристики генераторов аэрозолей.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика генераторов аэрозолей «холодного тумана»

| Генераторы аэрозолей | Большого объема | Малого объема (LV)* | Ультрамалого объема (ULV)** |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|
| Выпрыскиваемый объем жидкости, л/ч | Больше 100 | 100–25 | 5–25 |
| Количество капель в 1 см ³ | 2–19 | 153–3000 | более 3000 |

| Генераторы аэрозолей | Большого объема | Малого объема (LV)* | Ультрамалого объема (ULV)** |
|----------------------|--|---|---|
| Весит в воздухе | 1,9–3,2 с | 3,2–11,1 с | Около 1 ч |
| Выводы | Равномерное покрытие поверхностей раствором возможно только при очень большом количестве жидкости. Таким образом увеличивается влажность, частицы не висят в воздухе и поэтому образуются лужи на полу | Количество влаги и равномерная аппликация зависят от того, какой объем жидкости выпрыскивается в час, потому что диапазон генераторов малого объема широкий | Влага в помещении почти не вырастает, но аппликация поверхностей эффективна на 99%. Кроме того, частица долго висит в воздухе таким образом не выпадает большое количество воды на одну поверхность |

* ULV режим получения частиц аэрозоля размером 10–100 мкм.

** LV режим получения частиц аэрозоля размером 100–400 мкм.

Действие аэрозольного дезинфектанта, кроме всего прочего, зависит еще от времени, в течение которого создается определенная концентрация действующего начала, а этот момент, в свою очередь зависит от производительности генератора аэрозоля, т.е. одно связано с другим, а эффективность целого обусловлена связью и соблюдением целого ряда соответствующих показателей и условий.

Аэрозоли дезинфицирующих препаратов применяют для профилактической, вынужденной и заключительной дезинфекции различных объектов на предприятиях пищевой промышленности. На отечественных пищевых предприятиях используют импортные генераторы «холодного тумана», ремонт и обслуживание которых приводит к дополнительным затратам валютных средств. При этом имеющиеся генераторы не являются последними разработками, поскольку современные и эффективные виды генераторов практически недоступны из-за высокой стоимости. Таким образом, одним из наиболее важных и перспективных направлений развития и внедрения аэрозольной дезинфекции является разработка и создание высокоэффективных и доступных по цене отечественных технических средств ее проведения [2].

Отделом санитарной обработки оборудования и помещений РУП «Институт мясо-молочной промышленности» по заданию АН07.71 «Разработать и внедрить генератор «холодного тумана» и технологию применения высокодисперсных аэрозолей для проведения санитарной обработки на предприятиях пищевой промышленности» Государственной программы импортозамещения был разработан экспериментальный образец генератора аэрозолей.

Генератор состоит из следующих частей: корпуса, электропривода, системы перемешивания, компрессора, электронного блока управления, бака, распыливающего устройства. Аэрозольный генератор приводится в действие электродвигателем. Движущийся с большой скоростью воздушный поток создается с помощью компрессора. Воздушный поток ускоряется с помощью завихрителя и создает разрежение во всасывающей трубке, которое и обеспечивает подачу рабочего раствора дезинфицирующего средства в распылительное устройство. Установленные на генераторе вентиляторы обеспечивают равномерную циркуляцию аэрозольных частиц раствора в обрабатываемом помещении. Генератор снабжен блоком управления, позволяющим работать как в ручном, так и в автоматическом режиме.

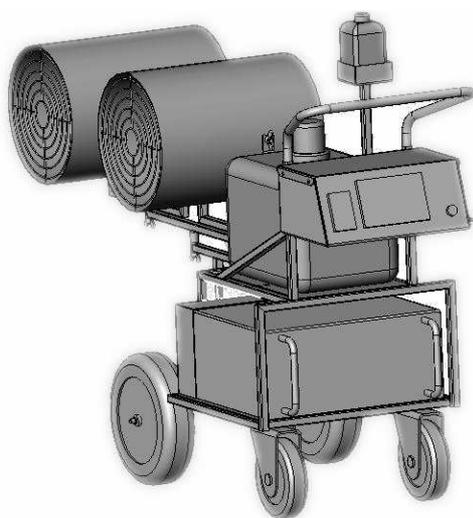


Рисунок 1 – Экспериментальный образец отечественного генератора аэрозолей

Для определения характеристик аппарата и проверки эффективности обеззараживания испытания экспериментального образца проводили следующим образом.

Для проверки эффективности обеззараживания опыт проводили с набором тест-поверхностей, которые используются при отделке производственных помещений и материалов, для изготовления технологического оборудования: нержавеющая сталь, керамическая плитка, пластмасса, бетон. Эффективность обеззараживания учитывали по снижению естественной микрофлоры, а также по гибели тест-микробов, нанесенных на испытываемую поверхность. Тест-микробами служили штаммы: *Esherichia coli* ATCC 11229, *St. aureus* ATCC 6538 (ДСМ 799), *Candida albicans* ATCC 10231.

Тест-поверхности заражали аэрозольным методом из расчета $5 \cdot 10^3$ - $5 \cdot 10^5$ микроорганизмов на 1 см^2 , в качестве белковой нагрузки использовали 20%-ную инактивированную сыворотку. Влажность до опыта колебалась от 68 до 80%, после опыта она увеличивалась до 85–95%. Температура в помещении до опыта колебалась от 16 до 18°C.

Отбор проб для определения эффективности обеззараживания поверхностей и воздуха проводили по общепринятым методикам и указаниям по исследованию действия на различные микроорганизмы антисептиков и дезинфицирующих средств (Инструкция №11-20-204-2003). Результаты проведенных опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проведения объемной дезинфекции на различных поверхностях

| Тест-поверхность | <i>St. aureus</i> , КОЕ на см^2 | | <i>Esherichia coli</i> , КОЕ на см^2 | | <i>Candida albicans</i> , КОЕ на см^2 | |
|---------------------|--|-----------------|---|-----------------|--|------------------|
| | до обработки | после обработки | до обработки | после обработки | до обработки | после обработки |
| Бетон | $6,4 \cdot 10^4$ | 9 | $2,5 \cdot 10^5$ | 2 | $2,4 \cdot 10^4$ | $1,1 \cdot 10^1$ |
| Нержавеющая сталь | $4,6 \cdot 10^4$ | – | $1,4 \cdot 10^5$ | – | $1,9 \cdot 10^4$ | – |
| Керамическая плитка | $3,5 \cdot 10^4$ | – | $1,5 \cdot 10^5$ | – | $1,1 \cdot 10^4$ | – |
| Пластмасса | $1,7 \cdot 10^4$ | 3 | $1,8 \cdot 10^5$ | – | $1,7 \cdot 10^4$ | 2 |

Наиболее трудно поддавалась обеззараживанию бетонная шероховатая поверхность, где гибель микрофлоры составила 99,5%, а на остальных видов материалов достигала 99,9 и 100%.

Эффективность обеззараживания воздуха определяли с помощью аспирационного метода при помощи системы отбора проб воздуха LA030 до и после проведения аэрозольной дезинфекции и нейтрализации дезинфектанта. После инкубации посевов в термостате в течение 48 ч подсчитывали число колоний на чашках в опыте и контроле.

Для определения эффективности проведения дезинфекции применяли группу кислородсодержащих дезинфектантов, которые имеют широкий спектр антимикробной активности (эффективны в отношении бактерий, грибов, вирусов) при низких концентрациях и обладают такими свойствами, как быстрое саморазложение, отсутствие куммуляции в окружающей среде и организме, отсутствие канцерогенности, мутагенности, аллергенности. Поэтому были проведены испытания целого ряда пероксидов, режимы применения которых представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Режимы применения дезинфицирующих средств для проведения объемной дезинфекции на предприятиях пищевой промышленности

| Дезинфектант | Сандим-Д | | | Нависан-1 | | | Divosan Forte | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---|------------------|-----------------------------------|---|------------------|-----------------------------------|--|------------------|
| | концентрация рабочего раствора, % | расход рабочего раствора, мл/м ³ | экспозиция, мин. | концентрация рабочего раствора, % | расход рабочего раствора (мл/м ³) | экспозиция, мин. | концентрация рабочего раствора, % | расход рабочего раствора мл/м ³ | экспозиция, мин. |
| <i>Тест-культура</i> | | | | | | | | | |
| БГКП (<i>E. coli</i>) | 2 | 40 | 60 | 2 | 30 | 60 | 2 | 30 | 60 |
| <i>St. aureus</i> | 2 | 40 | 60 | 1 | 30 | 60 | 2 | 30 | 60 |
| Дрожжи плесени | 4 | 40 | 60 | 2 | 30 | 60 | 3 | 30 | 60 |

Для исследования дисперсности полученного аэрозоля с помощью экспериментального образца отечественного генератора аэрозолей его частицы осаждали на предметные стекла, покрытые диметилдихлорсиланом. Стекла раскладывали в различных местах обрабатываемого помещения, а также проносили перпендикулярно оси струи аэрозоля, вы-

ходящей из генератора. После того, как проба каплею была отобрана, т.е. получены предметные стекла с осевшими на них каплями, приступали ко второму этапу исследования – измерению размера осевших каплею. Диаметр осевших частиц измеряли с помощью микроскопа. Установлено, что средний диаметр частиц на полу составлял 50–100 мкм, на стенах – 50 мкм, т.е. чем ближе от генератора располагались предметные стекла, тем крупнее был размер частиц.

Для определения дальности факела получаемого аэрозоля располагали предметные стекла через 1 м от генератора, включали аппарат, распыляли необходимое количество препарата и определяли наличие частиц на каждом стекле. В ходе проведения опыта была определена дальность факела получаемого аэрозоля, которая составила 60 м при работе распыляющих устройств генератора в противоположные стороны.

Выводы. 1. Эффективность аэрозолей дезинфицирующих средств при проведении «объемной дезинфекции» на предприятиях пищевой промышленности в значительной степени зависит от их дисперсности, поэтому в конечном итоге задача состоит в создании генератора для получения аэрозолей с заданной степенью дисперсности (10–100 мкм). Именно от этой величины зависит поведение аэрозоля во времени, его реакция на воздействие тех или иных внешних сил. Начиная с момента образования аэрозолей, идут процессы их разрушения в результате осаждения частиц, диффузии к стенкам, коагуляции, испарения. Следовательно, физико-химические и биологические свойства аэрозолей при прочих равных условиях существенно зависят от их дисперсности, а значит в конечном итоге и на качестве проведения дезинфекции всех поверхностей производственных помещений и технологического оборудования, воздуха производственных помещений.

2. Проведение дезинфекции отечественным генератором аэрозолей «холодного тумана» и получением аэрозоля дезинфицирующего средства

заданной и постоянной на протяжении всего периода распыления дисперсности частиц дезинфектанта позволит:

- значительно снизить микробную контаминацию технологического оборудования, поверхностей и воздуха производственных помещений;
- провести дезинфекцию труднодоступных мест, вентиляционной системы;
- сократить расход дезинфицирующих средств;
- снизить экологическую нагрузку;
- исключить влияние человеческого фактора на качество проводимой дезинфекции.

Литература

1. Лобанов, Ю.В. Аппаратура для объемной дезинфекции аэрозолями на предприятиях молочной промышленности. / Ю. В. Лобанов // Вес. Нац. акад. наук Беларуси, 2005.–№ 5.–С. 189–190.
2. Лобанов, Ю.В. Применение генераторов аэрозолей холодного тумана при проведении объемной дезинфекции на предприятиях молочной промышленности. / Ю. В. Лобанов [и др.]// «Современные технологии и комплексы технических средств в сельскохозяйственном производстве»: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.–Минск, 2005г.
3. Лобанов, Ю.В. Объемная аэрозольная дезинфекция и опыт ее использования на предприятиях мясо и птицеперерабатывающей промышленности Республики Беларусь. / Ю. В. Лобанов [и др.]// «Инновационные технологии в производстве пищевых продуктов»: сб. тр. V междунар. науч.-практ. конф.–Минск, 2006г.
4. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей.–М.: Химия, 1984.–255 с.
5. Лярский П.П., Цетлин В.М. Дезинфекция аэрозолями.–М.: Медицина, 1981.–176 с.