

АППАРАТНО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ

А.Н. Чусов, К.В. Воробьев

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
(Санкт-Петербург, Россия)

Эл. почта: landl4@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 22.10.2014; принята к печати 29.01.2015

С учетом действующих санитарно-гигиенических норм сформулированы требования к устройствам для очистки, увлажнения и насыщения аэроионами воздуха в помещениях. Приведены экспериментальные данные по применению аппаратно-биологического комплекса, в котором используются растения в комбинации с техническими средствами очистки и ионизации для повышения качества воздуха.

Ключевые слова: воздух, качество, гигиена, аэроионы, увлажнитель, ионизатор, очиститель, аппаратно-биологический комплекс.

A BIO-INSTRUMENTAL APPARATUS FOR IMPROVING INDOOR AIR QUALITY

A.N. Chusov, K.V. Vorob'yev

Saint-Petersburg Polytechnical University (Saint Petersburg, Russia)

E-mail: landl4@yandex.ru

With account of current hygienic regulations, requirements to equipment for improving indoor air quality are formulated. Data are presented on the performance of a bio-instrumental apparatus, which comprises house plants combined with instrumental means for air purification, humidification and amelioration with air ions.

Keywords: air quality, hygiene, air ions, humidifier, ionizer, purifier, bio-instrumental apparatus.

Введение

В настоящее время техника кондиционирования воздуха достигла очень высокого уровня развития. Однако применение даже самой современной техники без достаточного глубокого понимания всех параметров воздушной среды и их взаимного влияния друг на друга не гарантирует высокое качество воздуха в помещениях.

Главными показателями качества воздуха являются температура, влажность и подвижность и физико-химический состав¹. Основным фактором ухудшения качества воздуха в закрытых помещениях является наличие мелкодисперсных взвесей и нарушенный аэроионный фон. Подвергаясь фильтрации и проходя по протяженным вентиляционным воздуховодам, атмосферный воздух теряет аэроионы [3, 5].

Улучшить физико-химический состав воздуха, приблизить его к природным показателям возможно путем применения в помещении устройств, предназначенных для очистки воздуха от аэрозолей, увлажнения воздуха и насыщения воздуха аэроионами – ионизаторов, очистителей, увлажнителей [2, 6–10]. Ионизация должна осуществляться только в очищенном воздухе. Поскольку основными загрязнителями, влияющими на аэроионный фон в помещении, являются аэрозоли, необходимо предварительно очистить воздух от них. Если в устройстве функции ионизации и очистки включаются независимо друг

от друга, ионизатор должен включаться относительно момента включения очистителя с задержкой, гарантирующей требуемую очистку воздуха от аэрозолей. Если включение ионизатора и очистителя происходит одновременно, то насыщение воздуха аэроионами должно осуществляться непосредственно на выходе устройства, в зоне уже очищенного воздуха. Ионизатор должен обеспечивать генерацию аэроионов обеих полярностей. Только в этом случае, независимо от наличия в помещении наведенных или индуцированных зарядов и их полярности, возможно формирование аэроионного фона, отвечающего требованиям санитарных норм.

Кроме этого, область воздушной среды помещения, насыщенной аэроионами в оптимальных концентрациях, должна быть достаточной для того, чтобы человек не был «жестко привязан» к своему рабочему месту [4, 5].

Желательно, чтобы увлажнение воздуха было автоматизированным с целью поддержания влажности на уровне, близком к оптимуму 45–55%. Интенсивность увлажнения должна зависеть от исходной влажности воздуха помещения. При достижении оптимального уровня влажности $50 \pm 5\%$ интенсивность увлажнения должна снижаться.

Наконец, процесс увлажнения должен быть экологически чистым – при работе увлажнителя в воздушную среду помещения не должны вноситься новые загрязнители.

Для снижения интенсивности роста колоний микроорганизмов, задержанных фильтрами, материал фильтров должен иметь асептические свойства.

¹ СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры климата в помещениях». ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Методическая часть

Реализовать указанные требования в опытном образце устройства, сочетающего функции «мокрой» очистки воздуха от аэрозольных загрязнителей, экологически чистого увлажнения и биполярной ионизации, удалось с помощью разработанного нами лабораторного стенда (рис. 1).

Загрязненный воздух с помощью вентилятора поступает в комплекс, укомплектованный растениями. Растения интенсивно освещаются энергосберегающими лампами, в результате чего возрастает выход на поверхность листьев влаги и биологически активных веществ, в том числе фитонцидов. Воздушные потоки внутри корпуса комплекса формируются таким образом, чтобы аэрозольные кластеры, проходя сквозь листву растений, оседали на листьях. Влажные листья хорошо удерживают аэрозоли, а фитонциды инактивируют микроорганизмы. Таким образом, из устройства поступает очищенный от аэрозольных и микробных загрязнителей и увлажненный воздух, насыщенный биологически активными веществами. Проходя воздухораспределительные решетки, воздух насыщается легкими аэроионами в концентрациях, соответствующих СанПин 2.2.4.1294-03.

Для исследования выбирались две группы растений, характеризующиеся значительной площадью листвы и тем, что листья имеют высокую плотность тонких кутикул, содержащих вещества с большой адгезивной способностью, обусловленной наличием на поверхности листьев жирных кислот и воска (первая группа), или имеют развитую транспирационную функцию (вторая группа). При усиленной транспирации, выходе влаги из листа наружу, под действием внешних факторов (интенсивное освещение, повышение температуры окружающей среды) листья представляют собой природный аналог «мокрого» фильтра, часто применяемого в промышленных технологиях очистки воздуха. В качестве представителя первой группы использовалась сансеверия

(*Sansevieria sp.*), в качестве представителя второй группы использовалась традесканция (*Tradescantia fluminensis*) [9, 10].

Растения размещены в горшках, предназначенных для нижнего полива. Горшки установлены на дно резервуара с водой. Сверху над растениями установлен корпус, прозрачный для спектрального диапазона 400–700 нм. Внутри корпуса над растениями установлен униполярный ионизатор. В отверстие для входа воздуха установлен вентилятор, а в отверстие для выхода воздуха установлен биполярный ионизатор воздуха. Снаружи корпуса смонтированы лампы искусственного освещения. Перед биполярным ионизатором воздуха в корпусе установлены параллельно друг другу перфорированные металлические решетки таким образом, чтобы через них проходил весь воздушный поток. К каждой из решеток подсоединен один из полюсов источника постоянного напряжения.

Для моделирования загрязнения воздуха в испытательном помещении оно заполнялось дымом от нескольких сигарет. Аэрозольная составляющая табачного дыма состоит из смолы, которая содержит такие вещества, как никотин и бенз(а)пирен. В состав газовой фазы входят такие загрязнители, как оксид углерода, аммоний, диметилнитрозамин, формальдегид и многие другие.

При включении вентилятора искусственно загрязненный табачными аэрозолями воздух поступает в корпус устройства. Объем внутренней части корпуса и поперечное сечение корпуса выбраны таким образом, чтобы направленная составляющая скорости входящего в корпус воздушного потока снижалась, как минимум, на порядок. Скорость воздушного потока от вентилятора составляет 4–5 м/с.

Все опыты проходили в помещении с объемом 130 м³ при использовании восьми традесканций с общей площадью листьев 0,5 ± 0,1 м² или восьми сансеверий с общей площадью листьев 0,25 ± 0,1 м².

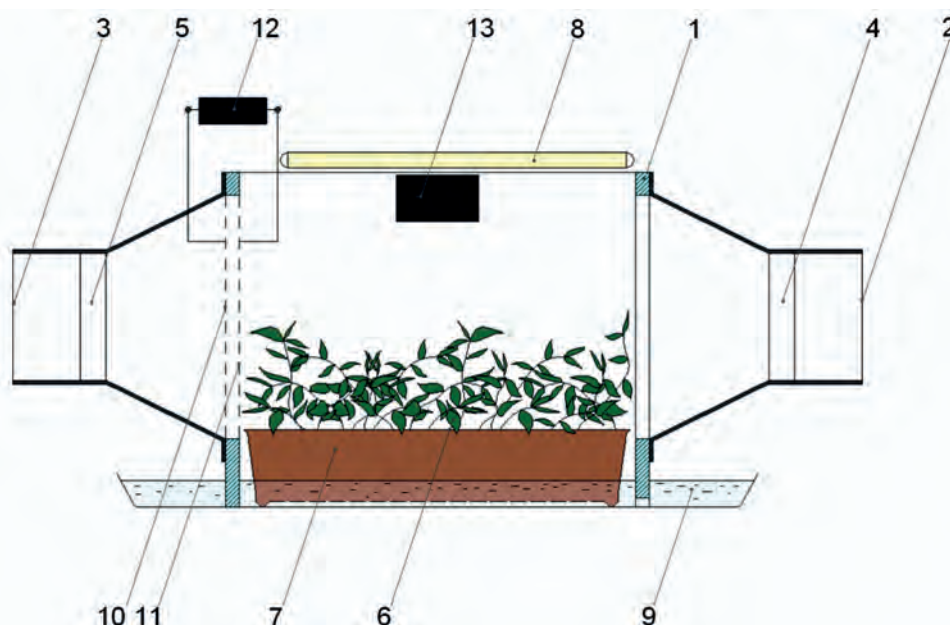


Рис. 1. Устройство для исследования эффективности очистки воздуха от аэрозолей с использованием растений с различными свойствами поверхности листьев. Устройство содержит корпус (1) с отверстиями для входа (2) и выхода (3) воздуха, вентилятор (4), биполярный ионизатор воздуха (5), растения (6) в горшках (7), лампы искусственного освещения (8) растений, резервуар (9), перфорированные металлические решетки (10, 11), источник постоянного напряжения (12) и униполярный ионизатор (13)

Оценка возможности различных видов растений очищать воздух от аэрозолей требует соблюдения нескольких условий проведения опытов.

1. Использование стандартных загрязнителей. Во всех опытах использовались табачные аэрозоли, которые образуются при открытом горении 4 сигарет марки Marlboro Filter Plus в специальной камере в течение 20 минут до начала эксперимента на расстоянии 1 м от входного отверстия камеры.

2. Для всех экспериментов использовалась стандартная камера.

3. Тестирование аэрозольных частиц проводилось при помощи счетчика аэрозольных частиц ГЗА, который позволяет определять в воздухе количество частиц с размерами в диапазонах 0,3–0,4, 0,4–0,5, 0,5–1, 1–2, 2–5 мкм. Важность анализа широкого спектра аэрозолей обусловлена тем, что наибольшую опасность представляют мелкодисперсные аэрозоли, которые, проникая в легкие человека, причиняют максимальный вред организму. Замеры концентраций аэрозольных частиц на входе в камеру и на выходе из нее проводили в течение 10 секунд с интервалом 2 минуты. Общее время проведения опыта – 66 минут.

4. Эксперимент включал несколько контрольных опытов, которые позволяли учесть возможные воздействия на результаты со стороны других (нерастительных) факторов: сорбция стенками камеры, влияние освещения, влияние ионизации, наличие «запирающей» решетки.

Сначала были проведены контрольные измерения способности пластиковых стенок камеры фиксировать на своей поверхности аэрозольные частицы различной дисперсности при локальной освещенности лампами дневного света (уровень освещенности 5000–10000 люкс). Данный вид и интенсивность освещения усиливает транспирационную функцию листьев. На рис. 2 изображена схема устройства, использованного с этой целью.

Затем, помимо камеры с освещением, были задействованы растения *Tradescantia fluminensis* Vell. [8]. Растения находились в комфортных условиях (лампы искусственного освещения обеспечивали интенсивность освещения в пределах 5000–10000 люкс).

Была исследована возможность растений, находящихся в таких условиях, задерживать на поверхности своих листьев аэрозольные загрязнения. На рис. 3 изображена схема использованного устройства.

Известно, что аэроионы повышают поглощательную способность листьев растений [1]. Поэтому в следующем опыте к имеющейся схеме был добавлен униполярный ионизатор, формирующий в корпусе высокую, от 100000 до 1000000 ион/см³, концентрацию положительных аэроионов. Кроме того, в опыт была добавлена так называемая «запирающая» решетка, которая предотвращает выход аэрозольных кластеров из камеры устройства, что способствует их постепенной утилизации растениями. На выходе из корпуса устройства были установлены параллельно друг другу перфорированные металлические решетки таким образом, чтобы через них проходил весь воздушный поток. К каждой из решеток подсоединен один из полюсов источника постоянного напряжения (рис. 4).

Для того чтобы предотвратить выход заряженных аэрозольных кластеров из корпуса, амплитуда на-

пряжения U_0 источника постоянного напряжения выбирается на основании условия:

$$U_0 \geq (V/S) \cdot (D/\mu), \quad (1)$$

где (V/S) – плотность воздушного потока, формируемого вентилятором 4 в зоне расположения перфорированных металлических решеток;

V – расход формируемого вентилятором воздушного потока через устройство;

S – площадь сечения воздушного потока;

D – расстояние между перфорированными металлическими решетками;

μ – подвижность кластеров в электрическом поле.

Подвижность подавляющего большинства (более 90%) кластеров больше или равна $\mu = 0,0001 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

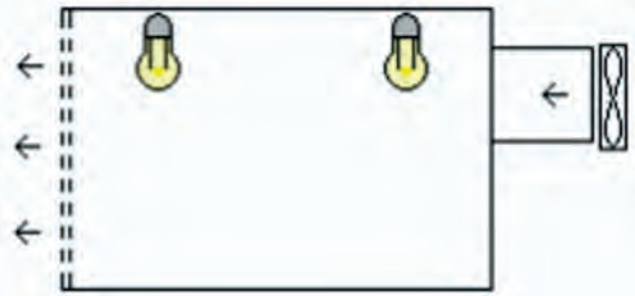


Рис. 2. Камера для фиксации на ее поверхности аэрозольных частиц различной дисперсности при локальной освещенности лампами дневного света (уровень освещенности 5000–10000 люкс)



Рис. 3. Камера с растениями *Tradescantia fluminensis* Vell. с локальной освещенностью лампами дневного света (уровень освещенности 5000–10000 люкс)

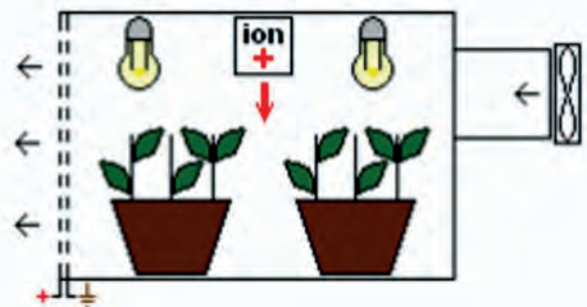


Рис. 4. Камера с растениями *Tradescantia fluminensis* Vell. с локальной освещенностью лампами дневного света (уровень освещенности 5000–10000 люкс), запирающей решеткой и источником аэроионов

Расчеты показывают, что при $V = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $S = 0,2 \text{ м}^2$, $D = 5 \text{ мм}$ и указанном значении μ достаточно иметь U_0 на уровне 7 кВ, чтобы препятствовать выходу подавляющего числа заряженных аэрозолей за пределы корпуса. Эти данные также были подтверждены экспериментально.

Действие «запирающей» решётки приводит к повышению концентрации аэрозольных частиц и кластеров внутри камеры, поэтому нами с целью проследить динамику выхода частиц из камеры время проведения опыта было увеличено до 118 минут.

Поскольку разные виды растений могут очищать воздух по-разному, было проведено сравнение между традесканцией и сансевьерией. За исключением вида растений все остальные характеристики: свет, аэроионы, «запирающая» решётка – были одинаковыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерения концентраций аэрозольных частиц при прокачке загрязнённого воздуха с расходом $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ через пустую камеру устройства представлены на рис. 5 в виде графиков изменения концентрации аэрозольных загрязнений различной дисперсности в зависимости от времени.

Как видно, концентрации аэрозольных частиц разной дисперсности на входе в камеру и выходе из неё снижались одинаково. Можно предположить, что снижение концентраций аэрозолей, по всей вероятности, происходит за счёт их прилипания к стенкам камеры и оседания на окружающие предметы. Чем мельче частицы, тем выше вероятность их фиксации на стенках камеры. Причины этого могут быть связаны с различным химическим составом частиц разной величины, а также с их суммарным зарядом. На наш взгляд, данный факт является важным и может стать предметом дальнейшего исследования.

Представляет интерес возможность камеры с освещёнными на её стенках аэрозольными частицами выступать в качестве вторичного загрязнителя. Известно, что такая проблема характерна для систем вентиляции и кондиционирования. О возможности вторичного загрязнения свидетельствуют ситуации, когда количество аэрозольных частиц на выходе из камеры превышает их концентрацию на входе (табл. 1).

Результаты измерения концентраций аэрозольных частиц при прокачке загрязнённого воздуха с расходом $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ через устройство, укомплектованное традесканциями, представлены на рис. 6.

На рис. 6 можно видеть, что в присутствии растений в камере также происходит снижение концентрации аэрозольных частиц, причём очистка оказалась эффективной только для грубодисперсных частиц аэрозолей. Для среднедисперсных частиц наблюдается похожая с первым опытом ситуация: только лишь в первые минуты опыта есть существенная разница между концентрацией на входе и выходе. Это говорит о том, что растения более активно фиксируют на своей поверхности более крупные частицы. В то же время фиксация мелких частиц приводит к быстрому насыщению. Следовательно, растения могут быть рекомендованы для очистки воздуха в основном от крупных аэрозольных частиц.

На рис. 6 можно также видеть, что с течением времени количество поглощённых частиц (разница концентраций на входе и выходе) постепенно снижается. На рис. 7 показана динамика коэффициента эффективности очистки, рассчитанного по формуле:

$$K_{эфф} = \frac{N_{вх} - N_{вых}}{N_{вх}} \cdot 100\%, [2]$$

где $N_{вх}$ и $N_{вых}$ – концентрация аэрозолей соответствующей дисперсности на входе и выходе из устройства соответственно.

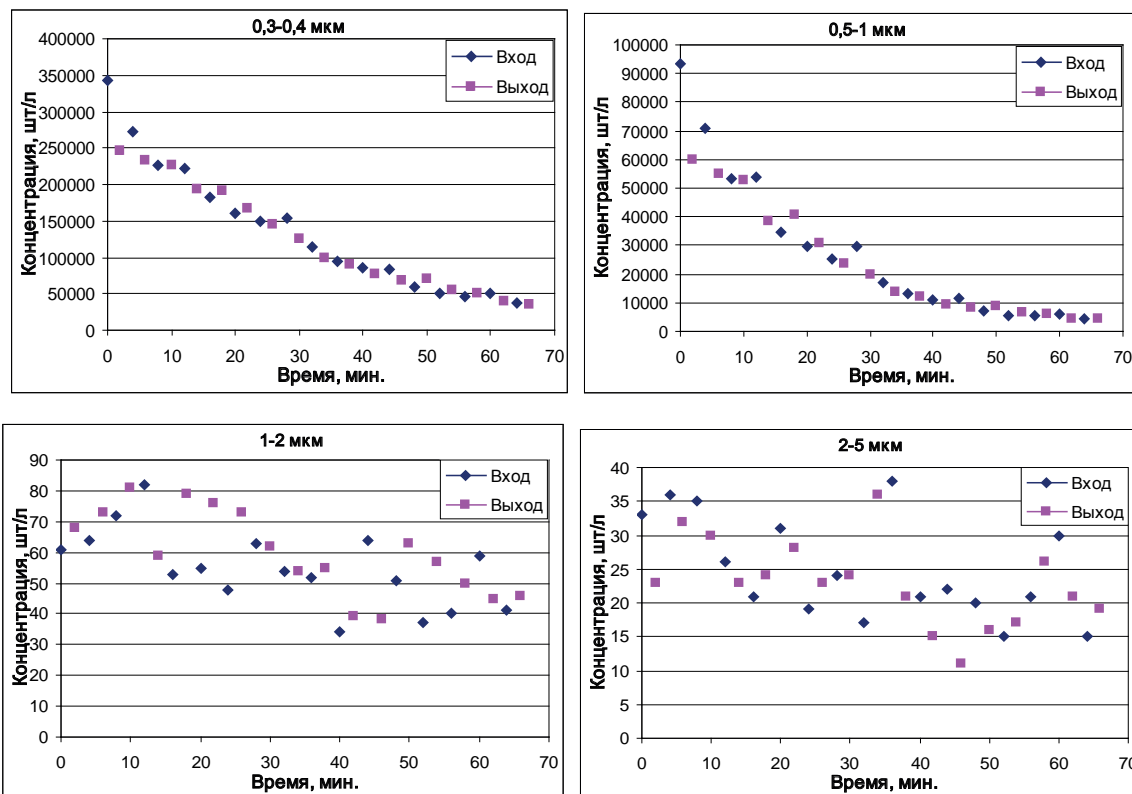


Рис. 5. Изменение концентрации табачных аэрозолей различной дисперсности в помещении объемом 130 м^3 при прокачке загрязненного воздуха с расходом $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ через пустую камеру устройства

Значения концентраций аэрозолей на входе и выходе из камеры устройства

| Исходный момент измерения (мин) | Концентрации (шт./л) частиц указанных размеров (нм) на входе и выходе установки | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------|---------|--------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0,3–0,4 | | 0,4–0,5 | | 0,5–1 | | 1–2 | | 2–5 | |
| | Вход | Выход | Вход | Выход | Вход | Выход | Вход | Выход | Вход | Выход |
| 16 | 182141 | | 108312 | | 34729 | | 53 | | 21 | |
| 18 | | 190398 | | 114672 | | 40876 | | 79 | | 24 |
| 52 | 51024 | | 20966 | | 5641 | | 37 | | 15 | |
| 54 | | 54961 | | 23221 | | 6536 | | 57 | | 17 |
| 56 | 46736 | | 18373 | | 5392 | | 40 | | 21 | |
| 58 | | 51279 | | 20464 | | 5917 | | 50 | | 26 |

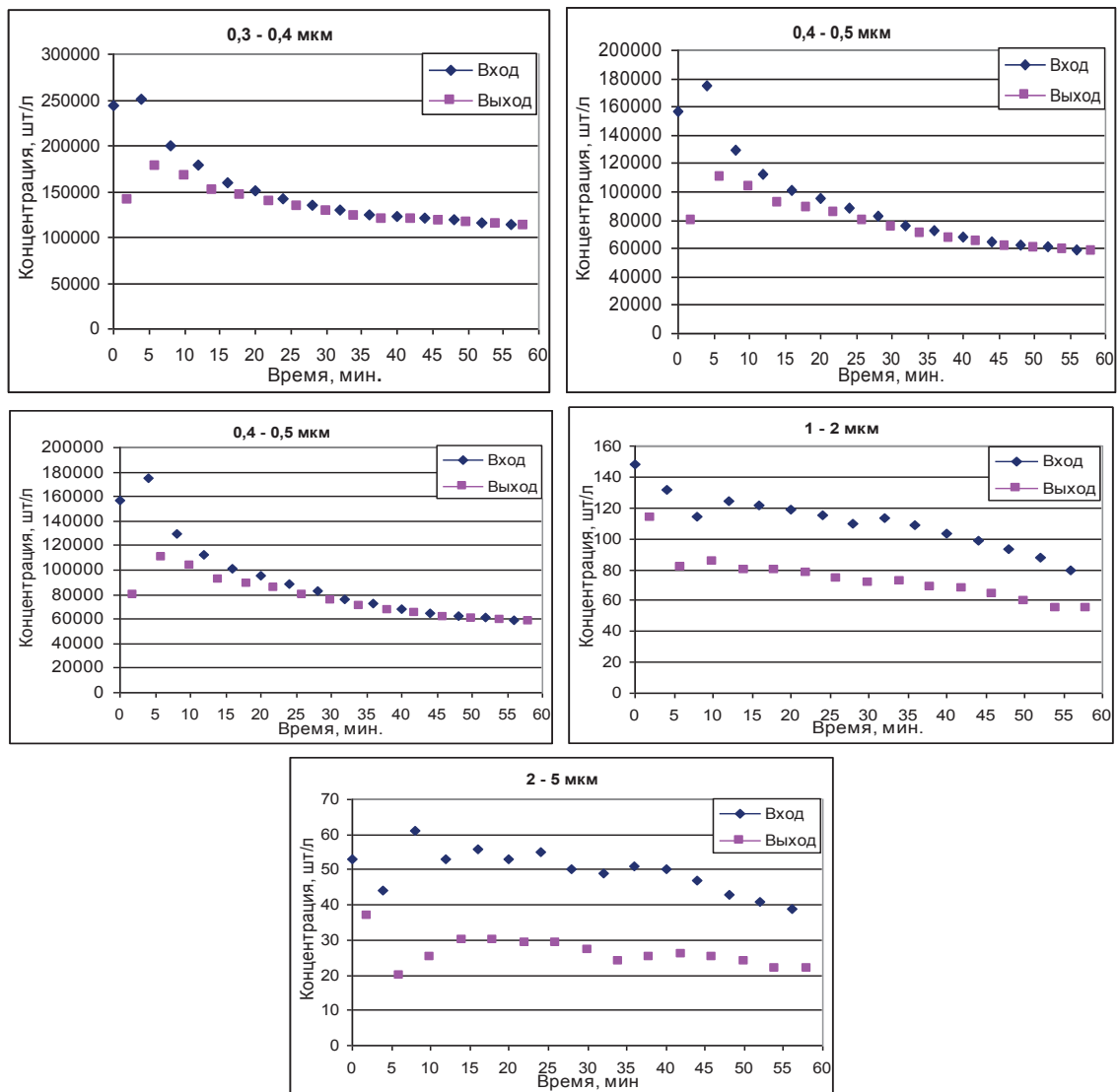


Рис. 6. Изменение концентрации табачных аэрозолей различной дисперсности в помещении объемом 130 м³ при прокачке загрязненного воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное только традесканциями

На рис. 7 видно, что, например, в случае частиц размером 0,5–1 мкм в начале эксперимента камера задерживает больше 60%, а в конце опыта – 2–3%. Таким образом, растения с течением времени теряют способность выполнять роль фильтра.

При прокачке загрязнённого воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное традесканциями и униполярным ионизатором частиц, были получены результаты, показанные на рис. 8.

На рис. 8 можно видеть, что ионизация камеры не сказалась на грубодисперсных аэрозолях – некоторые значения концентраций частиц на выходе оказались даже выше, чем на входе в камеру. Возможно, это связано с тем, что образованные из аэроионов и аэрозоль кластеры слишком мало времени находят-

ся в камере, а потому не успевают осесть на листья растений.

Результаты расчетов коэффициента эффективности очистки воздуха от аэрозольных частиц по формуле 2 показаны на рис. 9.

На рис. 9, в отличие от рис. 7, нет устойчивой тенденции к снижению $K_{эфф}$, что позволяет рекомендовать аэроионное воздействие в качестве фактора, сохраняющего способность растений к очистке воздуха от аэрозолей.

Результаты измерения концентраций аэрозольных частиц при прокачке загрязнённого воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное традесканциями, униполярным ионизатором частиц и «запирающей» решёткой, представлены на рис. 10.

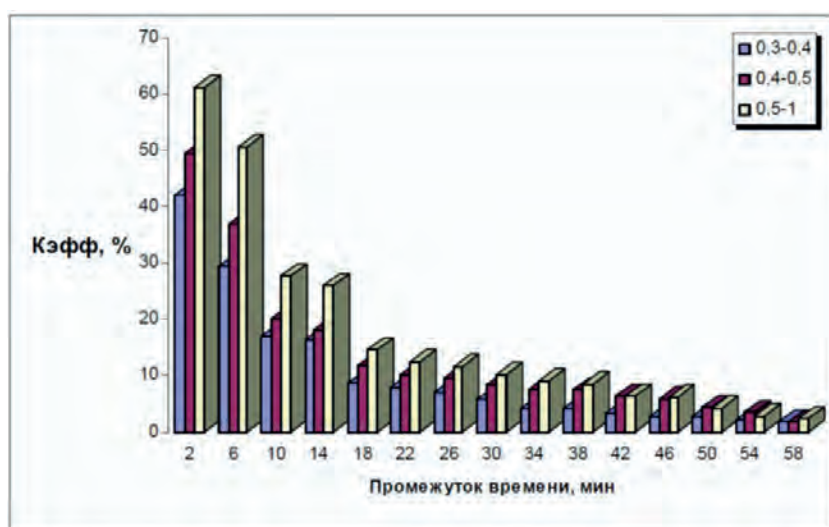


Рис. 7. Снижение коэффициента эффективности очистки воздуха в зависимости от времени

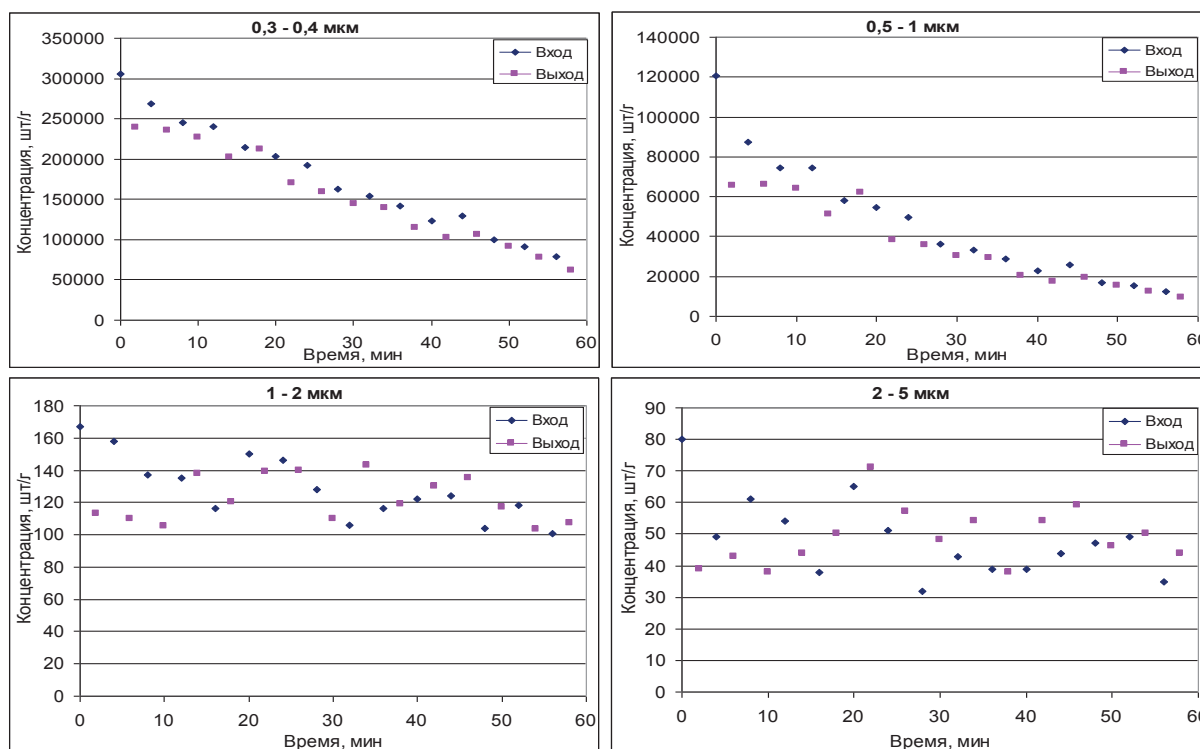


Рис. 8. Изменение концентрации табачных аэрозолей различной дисперсности в помещении объемом 130 м³ при прокачке загрязненного воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное традесканциями и униполярным ионизатором



Рис. 9. Изменение эффективности очистки воздуха в зависимости от времени

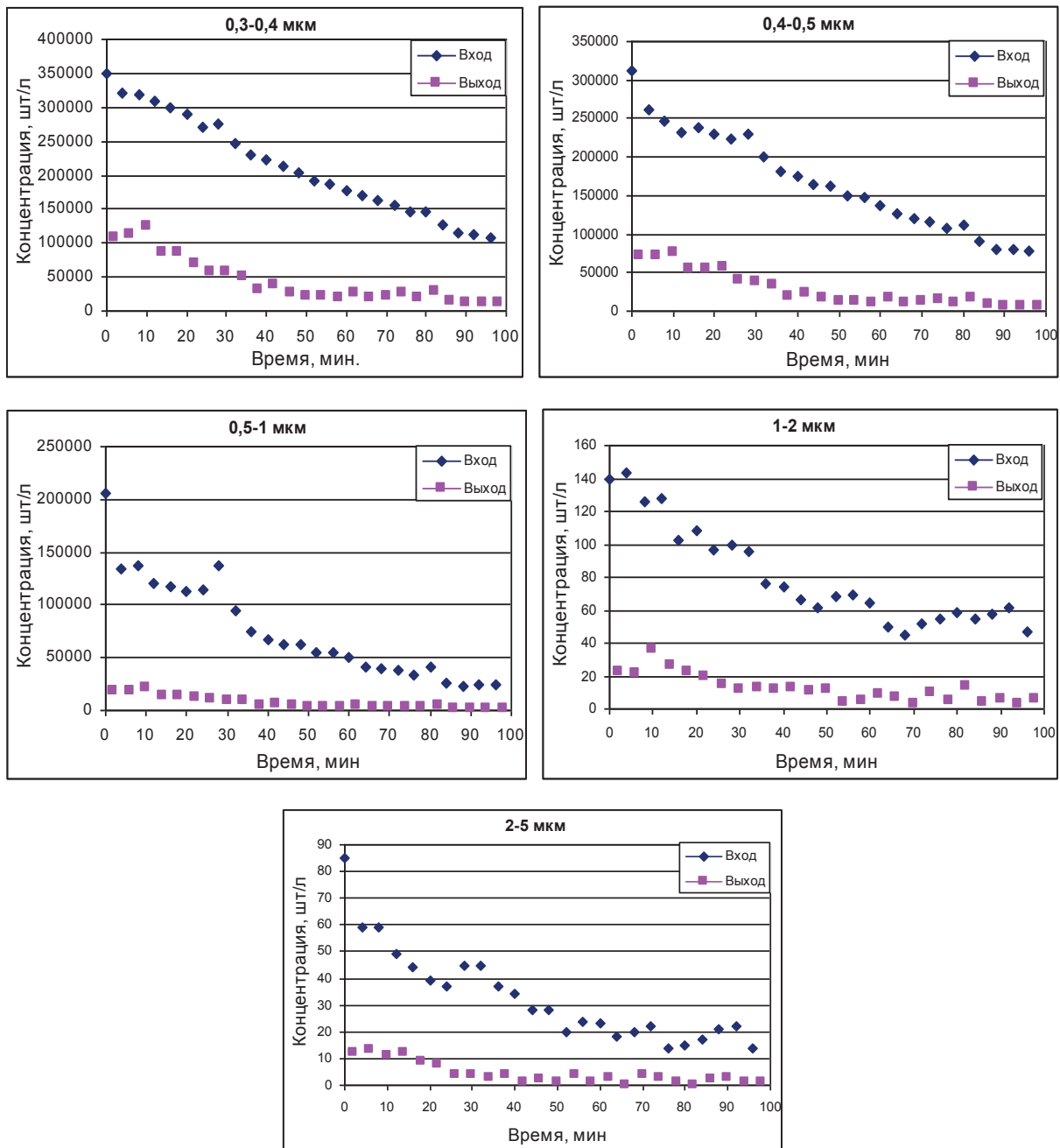


Рис. 10. Изменение концентрации табачных аэрозолей различной дисперсности в помещении объемом 130 м³ при прокачке загрязненного воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное традесканциями, униполярным ионизатором и запирающей решёткой

В этом опыте выходу положительных аэроионов препятствовали перфорированные металлические решётки, к которым был подведён один из полюсов источника постоянного напряжения. В таких условиях концентрации аэрозольных частиц на выходе из камеры имеют низкие значения, практически стремящиеся к нулю, что свидетельствует об эффективности работы устройства. Расчёты показывают, что на всём протяжении опыта эффективность очистки была приблизительно на одном уровне: 80–90% – для среднедисперсных частиц и 85–88% – для грубодисперсных.

Таким образом, использование технических средств очистки в сочетании с биологическими существенно усиливает очистительные свойства ком-

плекса. Это подтверждается результатами, полученными с сансевьериями (рис. 11).

Сравнение данных, полученных с традесканцией и сансевьерией, выявляет общие закономерности. Однако сансевьера обеспечивает более стабильный характер очистки в течение длительного времени. Это может быть связано с особенностями строения листьев растения. Сансевьера, растение засушливых полупустынных районов, имеет на поверхности высокое содержание веществ липидной природы, которые обеспечивают высокую способность к сорбции аэрозольных частиц. Традесканция имеет на поверхности листьев больше гидрофильных соединений, которые могут обеспечивать эффективное прикрепление аэрозольных частиц, но более слабую их фиксацию,

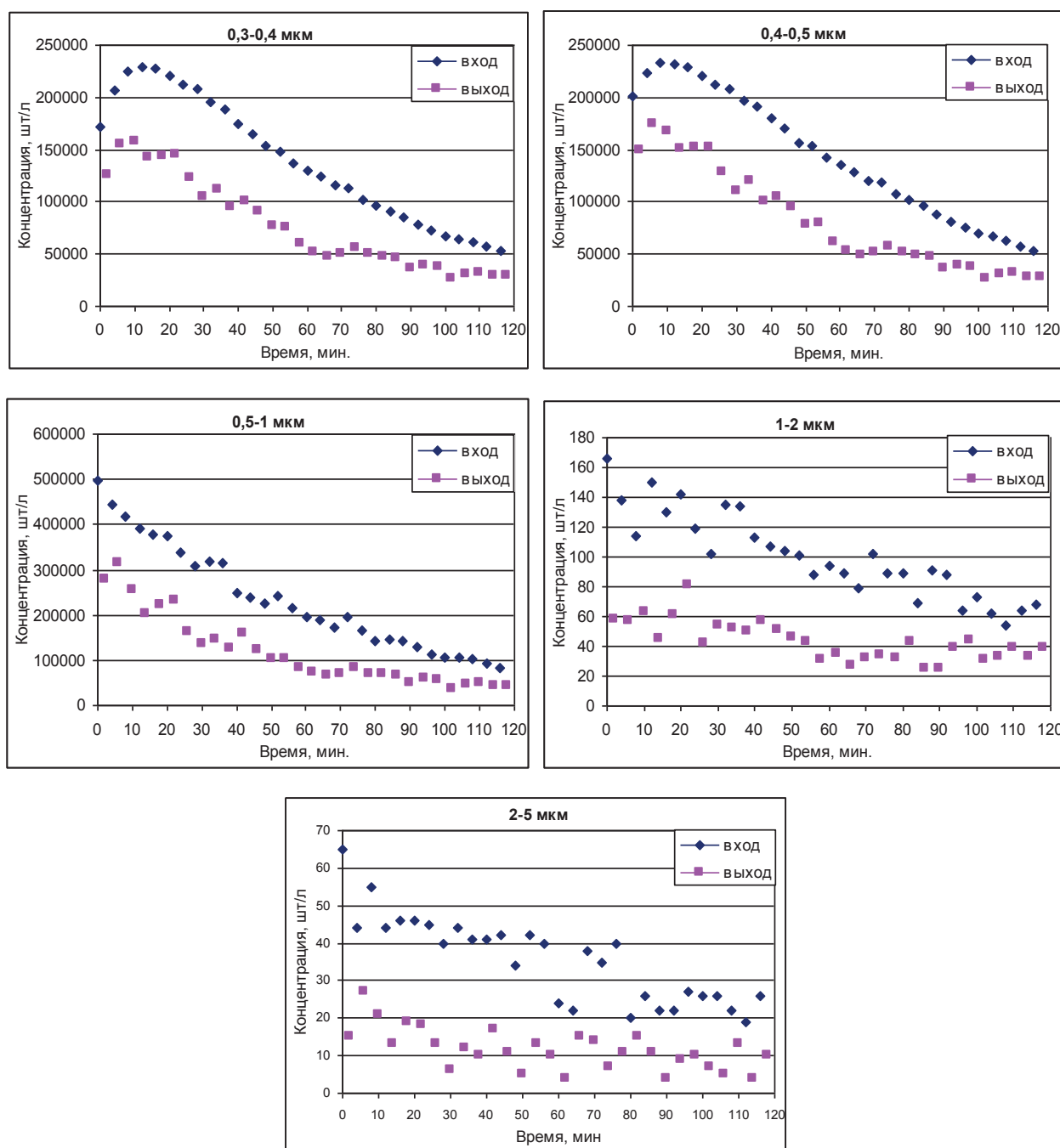


Рис. 11. Изменение концентрации табачных аэрозолей различной дисперсности в помещении объемом 130 м³ при прокачке загрязненного воздуха с расходом 100 м³/ч через устройство, укомплектованное сансевьериями, униполярным ионизатором и запирающей решёткой

и вместе с испаряющейся водой частицы могут вновь оказываться в окружающей среде. Тем не менее, расчёты показали, что средняя эффективность по очистке воздуха от загрязнений у сансеvierии составляет 45–50% для среднedisперсных частиц и 55–65% для грубодисперсных, что ниже, чем у традесканции.

Полученные данные были учтены при разработке экспериментального лабораторного комплекса, включающего как технические, так и биологические компоненты. С учетом необходимости длительного и комфортного существования растений в условиях такого комплекса были сформулированы требования к растениям, грунтам и техническим средствам.

Требования к растениям

Растения должны быть неприхотливы, при хорошей подкормке быстро размножаться и увеличивать зеленую массу, хорошо развиваться, обладать высокой декоративной ценностью. Но самое главное, растения должны эффективно решать задачи повышения качества воздуха в помещениях в зависимости от специфики воздушной среды помещений: поглощать основные виды газовых загрязнений и углекислый газ, инактивировать микробные загрязнители, улавливать аэрозоли, при необходимости увлажнять воздух помещений, насыщать воздух полезными биологически активными веществами.

Желательно использовать так называемый «нижний полив» как более технологичный. Сервисное обслуживание комплекса должно быть необременительным и сводиться, в основном, к периодическому осмотру, подкормке и обрезке растений и замене некондиционных растений. При правильно организованной работе комплекса периодичность сервисного обслуживания должна быть не чаще 1 раза в месяц.

Экспериментальным путем было установлено, что наиболее подходящими растениями для использования в аппаратно-биологических комплексах являются хлорофитум, бегония, драцена, филодендрон, монстера, аглаонема, различные виды традесканций и фикусов.

Требования к субстратам

Субстраты должны препятствовать загрязнению воздуха микробами. В ходе подбора субстратов были определены наиболее оптимальные композиции, состоящие из песка, кокосовой стружки, вермикулита и сфагнома [7].

Требования к аппаратным средствам комплекса

- Управление комплексом должно быть максимально автоматизировано.
- Обеспечение жизнедеятельности растений (полив, подкормка) должно быть технологичным.
- Интенсивность и спектр искусственного освещения растений должны быть оптимальными для интенсивного функционирования растений.
- Комплекс должен иметь устройство для генерации аэроионов отрицательной и положительной полярности.
- Энергопотребление комплекса должно основываться на энергосберегающих технологиях.
- Установка комплекса не должна требовать сложных строительных работ, связанных с подведением воды и водоотведением (канализацией) [5, 8].

На рис. 12 представлена функциональная схема аппаратно-биологического комплекса вертикального исполнения рециркуляционного типа.

Загрязненный воздух с помощью вентилятора (2) поступает в комплекс, укомплектованный растениями, установленными на разных ярусах. Комплекс укомплектован несущей конструкцией вертикального исполнения с полками-поддонами. В поддоны установлены ящики с растениями. Конструкция ящиков обеспечивает возможность нижнего полива растений. В качестве грунтов используются гипоаллергенные минеральные грунты, практически исключающие развитие на своей поверхности микроорганизмов. Растения с развитой транспирационной функцией интенсивно освещаются энергосберегающими лампами или светодиодными облучателями (10), в результате чего резко возрастает выход на поверхность листьев влаги и биологически активных веществ, в том числе фитонцидов [1].

В верхней части конструкции предусмотрен аппаратный блок, обеспечивающий работу генератора биполярных аэроионов и вынос аэроионов в воздух помещения. Блок управления и контроля осуществляет обработку информации, поступающей с датчиков, отслеживающих наличие воды в накопительном резервуаре и в одном из поддонов, и формирует команду на очередной полив растений. В нижней части комплекса установлен накопительный резервуар для воды.

Воздушные потоки внутри корпуса комплекса формируются таким образом, чтобы аэрозольные кластеры, проходя сквозь листья растений, оседали на них. Влажные листья хорошо удерживают аэрозоли, а фитонциды инактивируют микроорганизмы. Наличие запирающего потенциала (18) на перфорированных воздухораспределительных решетках исключают выход заряженных аэрозольных кластеров из корпуса устройства, таким образом, наружу устройства поступает очищенный от аэрозольных и микробных загрязнителей и увлажненный воздух, насыщенный биологически активными веществами. Проходя воздухораспределительные решетки, воздух насыщается легкими аэроионами в концентрациях, соответствующих СанПин 2.2.4.1294-03, и раздается в помещение.

Техническая система жизнеобеспечения растений функционирует в соответствии со следующим алгоритмом.

В накопительный резервуар заливается вода в необходимом количестве. Аппаратно-биологический комплекс снабжен часами. Полив растений осуществляется утром (9-00), но не ранее чем через 6 часов после наполнения резервуара водой (данное время необходимо для отстаивания и дехлорирования воды). По команде блока управления включается помпа, обеспечивающая наполнение всех поддонов водой. По мере потребления растениями воды уровень воды в поддонах падает. Момент полного осушения поддонов фиксирует датчик нижнего уровня в одном из поддонов. Следующий полив осуществляется в первое разрешенное время полива – 9:00. Автоматическое включение ламп осуществляется в 9:00 (одновременно с началом полива), автоматическое отключение – в 21:00. Таким образом, время активного функционирования растений и время их отдыха составляет по 12 часов. Генераторы аэроионов

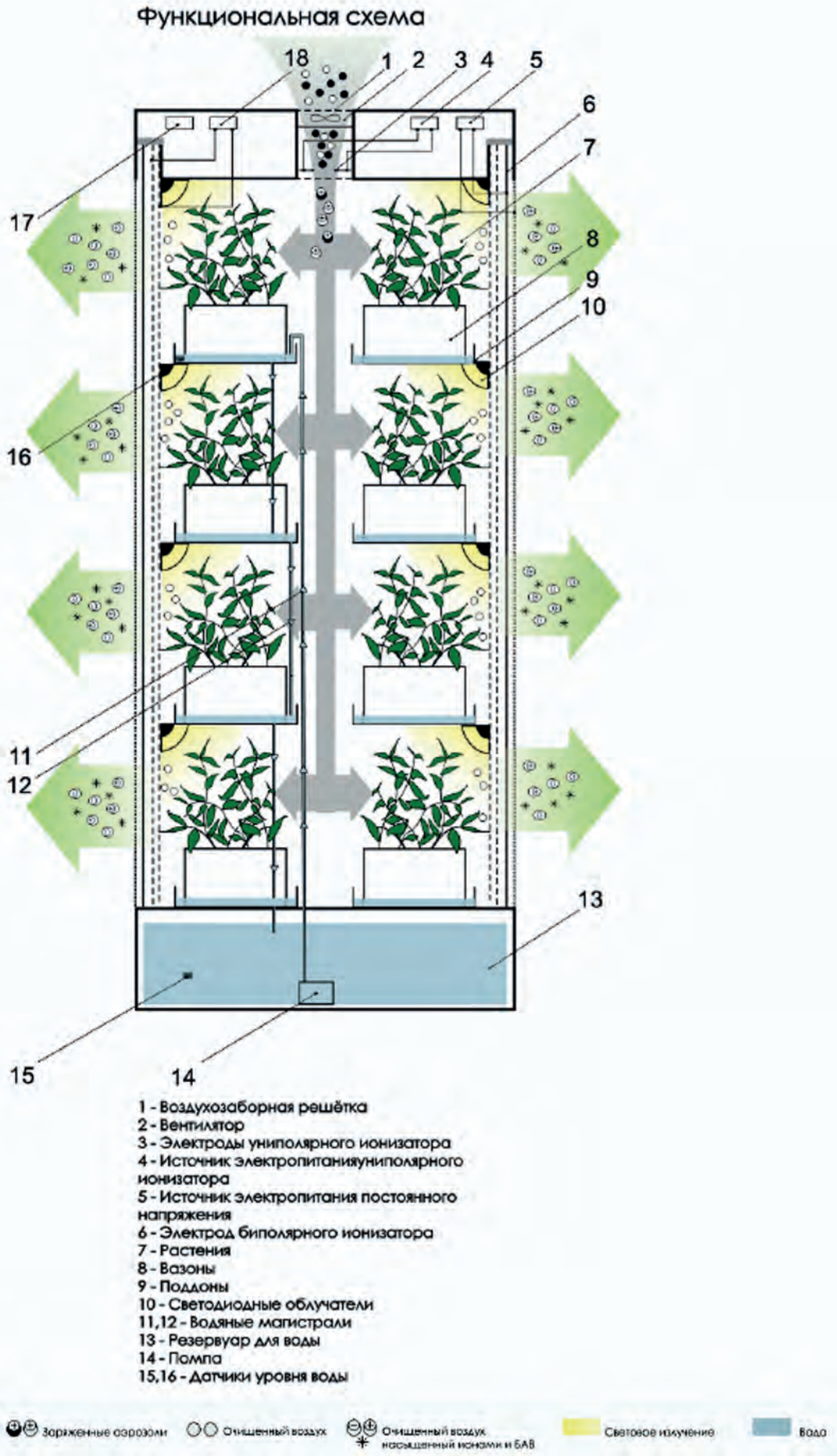


Рис. 12. Функциональная схема комплекса рециркуляционного типа



Рис. 13. Дизайн-концепция вертикального аппаратно-биологического комплекса рециркуляционного типа

включаются/выключаются одновременно с включением/выключением ламп. Работа комплекса полностью автоматизирована. Предусмотрен ручной режим включения/отключения комплекса.

На рис. 13 представлена дизайн-концепция вертикального аппаратно-биологического комплекса рециркуляционного типа, на основе которой был разработан опытный образец.

Основные технические характеристики опытного образца аппаратно-биологического комплекса вертикального исполнения рециркуляционного типа:

- эффективность очистки при расходе воздуха 100 м³/ч от аэрозольных частиц размером 0,3–1 мкм – 85%, размером 2–10 мкм – 65%;

- эффективность очистки при расходе воздуха 30 м³/ч от аэрозольных частиц размером 0,3–1 мкм – 95%, размером 2–10 мкм – 85%;

- производительность по увлажнению (при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности в помещении 20%) – 300 мл/ч;

- содержание микроорганизмов в воздухе помещения объемом 130 м³ (приточно-вытяжная вентиляция выключена) через 3 часа работы комплекса снижается в 2,6 раза (бактерии), в 2,8 раза (актиномицеты), в 3–5 раз (плесени *Mucor*, *Penicillium*, *Cladosporium*), в 2 раза (грибки *Fusarium*);

- содержание аэроионов в воздухе помещения на расстоянии 4 м от комплекса через 30 минут работы комплекса и далее в течение всего рабочего дня – 2500 ± 1000 ион/см³ (отрицательные аэроионы), 1500 ± 1000 ион/см³ (положительные аэроионы);

- характерный размер зоны, заполненной высококачественным воздухом, – до 3 м;

- энергопотребление комплекса – не более 100 Вт.

Работа комплекса (включение/выключение освещения, увлажнение и подкормка растений, включение генератора биполярных аэроионов, периодическая очистка поверхности листьев от осевших аэрозолей с помощью УЗ увлажнителя) полностью автоматизирована и осуществляется в соответствии с выбранным алгоритмом.

Литература

1. Ван дер Неер Я. Всё о комнатных растениях, очищающих воздух // СПб. : ООО «СЗКЭО «Кристалл», 2006. – 128 с.
2. Воробьев К.В., Кудрявцев О.Ю., Спичкин Г.Л., Федоров М.П. Использование аппаратно-биологических комплексов для повышения качества воздуха помещений // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. – 2010. – № 4. – С. 63–67.
3. Воронин В.А. Главный жизненный ресурс: воздушная среда помещений // СПб. : ДЕАН, 2004. – 128 с.
4. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещении. – М. : Стройиздат, 1982. – 161 с.
5. Ефремов С.В. Безопасность жизнедеятельности для строителей. – СПб. : Изд-во СПб-ГПУ, 2005. – 85 с.
6. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. – Мн. : Книжный дом, 2004. – 512 с.
7. Федоров М.П., Спичкин Г.Л., Воробьев К.В., Кудрявцев О.Ю. Комнатные растения против органических загрязнителей // Экология и жизнь. – 2008. – № 11(84). – 2008. – С. 80–85.
8. Федоров М.П., Воробьев К.В., Спичкин Г.Л. Применение аппаратно-биологических комплексов для снижения уровня углекислого газа в воздухе помещений // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. – 2010. – № 3. – С. 56–59.
9. Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д. Фитонцидные растения в интерьере. Оздоровление воздуха с помощью растений. – Новосибирск : Новосибирское кн. изд-во, 2000. – 111 с.
10. Цыбуля Н.В., Казаринова Н.В. Фитодизайн как метод улучшения среды обитания человека // Растительные ресурсы. – 1998. – № 3. – С. 112–129.