

Автоматизация инженерных систем чистых помещений: от классического контроля до адаптивных систем на базе ИИ

Яналиев Я. Р.
руководитель IT проектов,
программист-электронщик,
ООО «ИНПРЕН»

Введение

ООО «ИНПРЕН» — российская инжиниринговая компания, работающая с 1989 года в области проектирования, строительства и оснащения чистых помещений и лабораторий. Современное чистое помещение — это не просто набор конструктивных элементов, а сложный технологический комплекс, где ключевую роль играют системы автоматизации. В данной статье мы рассмотрим архитектуру систем управления микроклиматом, задачи локальной и централизованной автоматизации, а также перспективы перехода к системам диспетчеризации на базе искусственного интеллекта.

1. Базовые компоненты и инженерные системы чистых помещений

Чистое помещение представляет собой среду, требующую строгого контроля параметров. Его основу составляют конструктивные элементы (стены, потолки, полы, герметичные двери и окна) и инженерные системы. Фундаментом стерильности выступает система вентиляции и кондиционирования (ОВиК), поддерживающая заданные параметры давления, температуры и влажности. Ключевую роль играют HEPA/ULPA

фильтры высокой эффективности, через которые проходит очистка воздуха перед подачей, а также воздухораспределители, формирующие ламинарные или турбулентные потоки.

Для минимизации переноса загрязнений используются шлюзы и передаточные окна.

Непрерывный контроль среды осуществляется с помощью системы мониторинга, включающей датчики частиц, температуры, влажности и перепада давления. Локальные чистые зоны и модули часто базируются на фильтро-вентиляционных установках (FFU).

1.



2.



На фото: 1. Модуль фильтровентиляционный (ФВМ) напольный с функцией тонкой очистки воздуха от механических частиц AWTech

2. Универсальная ламинарная станция AWTech ПРОМЕТЕЙ с регулируемой высотой и двухсторонним доступом к рабочей зоне, с однонаправленным нисходящим потоком HEPA фильтрованного воздуха в рабочей зоне обеспечивает защиту оператора и рабочего процесса от пыли и аэрозолей.

2. Задачи автоматизации: локальный и централизованный уровни

Автоматизация оборудования чистых помещений решает критически важные задачи, которые принято разделять на локальные и централизованные.

Задачи локальной автоматизации оборудования:

- Обеспечение требуемой кратности воздухообмена и скорости потока воздуха.
- Поддержание качества воздуха (контроль ПДК вредных веществ).
- Точное регулирование относительной влажности и температуры.

Задачи централизованной системы:

- Мониторинг параметров среды в режиме реального времени (давление, температура, влажность, концентрация частиц).
- Управление системами ОВиК для гарантированного

поддержания класса чистоты.

- Диспетчеризация (SCADA) для централизованного контроля, архивирования данных и автоматизации процедур валидации и квалификации оборудования.

3. Объекты регулирования и сенсорная база

Сердцем системы кондиционирования являются приточно-вытяжные машины, где объектами регулирования выступают калориферы (нагрев), охладители, рекуператоры, секции рециркуляции, фильтры и вентиляторы.

Для сбора данных используется разветвленная сеть датчиков параметров среды:

- Дифференциальные манометры контролируют засорение фильтров (разница давлений до и после фильтра), работу вентиляторов и расход воздуха (замер разницы давлений на диффузоре).
- Датчики температуры (ка-

нальные, наружные, комнатные) обеспечивают комплексное терморегулирование.

- Датчики качества воздуха включают сенсоры CO2 (для адаптации вентиляции к присутствию людей), влажности (гигростаты), летучих органических соединений (VOC) и счетчики аэрозольных частиц.

4. Устройства управления и защиты

Обработка данных с датчиков и принятие решений осуществляется локальными системами управления на базе промышленных контроллеров. Контроллеры могут быть как специализированными, так и свободно программируемыми (ПЛК).

Контроллер сравнивает текущие значения с заданными уставками и, при наличии отклонений, корректирует работу исполнительных устройств:

- Силовые реле (управление нагревателями, двигателями вентиляторов и компрессоров).
- Воздушные заслонки (перекрытие или перераспределение потоков в вентканалах).
- Регулирующие клапаны (управление потоками тепло- и хладоносителей в трубах).
- Частотные преобразователи (плавное управление скоростью вращения двигателей).

5. Интеграция в систему управления зданием (BMS)

По мере масштабирования



На фото: Свободно программируемый контроллер (ПЛК) собственного производства компании АВТех (Россия) для управления выпускаемым технологическим оборудованием.



На фото инженер-электроник Муштак Сиар в процессе программирования SCADA для системы автоматизации оборудования.

объекта отдельные единицы оборудования объединяются в единую локальную сеть. Системы управления зданием (BMS) или системы диспетчеризации позволяют отслеживать состояние и управлять настройками всего парка оборудования с одного или нескольких автоматизированных рабочих мест (АРМ). При этом сохраняется важный принцип отказоустойчивости: оборудование продолжает иметь возможность локальной (автономной) работы даже в случае потери связи с центральной диспетчерской.

6. Перспективы: переход к адаптивным системам на базе ИИ

Будущее диспетчеризации вентиляции чистых помещений лежит в плоскости искусственного интеллекта. Мы наблюдаем переход от ручного контроля к полностью адаптивным системам. Современные диспетчерские трансформируются в режим интеллектуального сопровождения.

Алгоритмы ИИ будут непрерывно анализировать массивы данных с датчиков, прогнозируя отклонения микроклимата еще до их появления. Точность

регулирования возрастет многократно: система самостоятельно и мгновенно подстроит работу клапанов и вентиляторов под текущую нагрузку помещения, исключив инерционность и человеческий фактор. (Как образно было подмечено в романе С. Лукьяненко «Девятый»: «лишь вентиляция недовольно всхлипнула, уловив избыток

людей в комнате, и заработала быстрее»).

Для операторов это означает колоссальное снижение нагрузки. Вместо рутинного отслеживания графиков персонал будет получать готовые сценарии и автоматические рекомендации. Время реакции на события сократится до секунд, а микроклимат будет поддерживаться стабильно, без резких перепадов. Это позволит инженерам сосредоточиться на стратегических задачах, сведя к минимуму ошибки и повысив общий уровень безопасности и комфорта в чистых зонах.

Контакты:

ООО «ИНПРЕН»

Сайт: www.inpren.ru

Телефоны: +7 (495) 204-28-06, +7 (999) 078-72-85, +7 (901) 765-91-12

E-mail: info@inpren.ru

Адрес: РФ, 127566, г. Москва, Алтуфьевское ш, дом 48, корпус 1, эт. 10, пом.1, оф. 17

ИНН/КПП 9715254176/771501001

ОГРН 1167746359791

Тел: +7 (495) 204-28-06

Тел: +7 (999) 078-72-85

info@inpren.ru

www.inpren.ru



INPREN

ИНСТИТУТ ИННОВАЦИОННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА



ЧИСТЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ФАРМПРОИЗВОДСТВА И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Проектируем и производим: локальные чистые зоны, ламинарные боксы, передвижные чистые модули и др.
Оказываем услуги по валидации и квалификации.
Автоматизация производственных процессов под ключ!



ООО «ИНПРЕН»
ГК «АВТЕХ»

127566 Россия, Москва,
Алтуфьевское шоссе, д. 48, корп. 1
+7 (495) 204-28-06 | +7 (999) 078-72-85
info@inpren.ru | www.inpren.ru

