

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии
и управления качеством

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА РАБОЧИХ ЗОН
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
АВТОРЕФЕРАТ**

магистрантки 3 курса 347 группы
направления 27.04.02 «Управление качеством»,
профиль «Менеджмент качества в инженерной и образовательной
деятельности»
факультета нано- и биомедицинских технологий
Бегининой Дарьи Михайловны

Научный руководитель

доцент, д.т.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В. В. Симаков

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С. Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для производства широкого спектра современных изделий электронной промышленности требуется наличие чистых помещений для защиты изделий на этапе производства и сборки от загрязнений. К помещениям промышленных зданий, в которых производятся электронные компоненты (например, электровакуумные приборы, транзисторы, микросхемы, резисторы, а также изделия и оборудование, которые содержат эти компоненты) предъявляются особые требования к качеству воздуха рабочих зон. В настоящий момент существует целый комплекс стандартов ИСО 14644 (ГОСТ Р ИСО 14644), которые регламентируют требования к чистым помещениям, их проектированию, эксплуатации, мониторингу. В стандартах указаны конкретные значения допустимых параметров микроклимата в чистых производственных помещениях (температура воздуха, относительная влажность воздуха, содержание твердых частиц в воздухе) и в рабочих объемах. Поэтому контроль параметров микроклимата, анализ качества воздуха рабочих зон производственных помещений и выявление факторов, влияющих на состояние микроклимата в чистых помещениях, является актуальной задачей.

Целью данной работы является анализ нормативной документации, в которой излагаются требования, предъявляемые к качеству воздуха производственных помещений, анализ стандартов, содержащих требования к качеству воздуха и методов его контроля на одном из предприятий города Саратова, анализ данных журналов учета и контроля микроклимата чистых помещений этого предприятия и разработка ряда рекомендаций для улучшения качества воздуха рабочих зон чистых помещений.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) изучение и анализ стандартов предприятия города Саратов, регламентирующих правила эксплуатации чистых помещений, их проектирование, а также параметры микроклимата для трех производственных помещений;

2) комплексный анализ параметров микроклимата за один год (для лабораторий, в которых производится настройка и испытания СВЧ изделий) и за три месяца (для сборочного цеха, в котором происходит монтаж, пайка, сварка, мойка и другие технологические операции в процессе сборки изделия);

3) разработка ряда рекомендаций по улучшению качества воздуха в производственных помещениях.

Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается достаточным объемом экспериментальных данных, их комплексным анализом и статистической обработкой.

Магистерская работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка используемых источников. Работа изложена на 87 страницах машинописного текста и включает в себя 50 рисунков, 15 таблиц, список использованных источников, содержащий 42 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и практическая значимость работы, сформулированы цели и задачи работы.

В первой главе сформулированы понятия микроклимата и производственного помещения, описаны основные характеристики микроклимата, а также даны нормативные значения параметров микроклимата в рабочих зонах производственных помещений в зависимости от вида трудовой деятельности.

Во второй главе вводится понятие электронной гигиены и описан комплекс средств, направленный на установление нормативных значений параметров микроклимата. Кроме того, вводится понятие чистого помещения и описаны цели применения таких помещений на производстве.

В третьей главе описаны классы чистоты чистых помещений, подробно рассмотрены требования к чистым помещениям, регламентируемые комплексом стандартов ИСО 14644 (ГОСТ Р ИСО 14644), а именно: требования по проектированию и монтажу, по вентиляции и кондиционированию воздуха, по энергосбережению и по эксплуатации чистых помещений.

В четвертой главе подробно описаны три помещения с классом чистоты 100000 на предприятии города Саратов. Среди описанных помещений сборочный цех, в котором изделие проходит все технологические операции процессе сборки, и две лаборатории, в которых происходит настройка, испытание и подготовка изделий к отгрузке потребителю. Помещения проанализированы на степень соответствия стандарту предприятия, регламентирующего требования к каждому из них. Рассмотрены конструкция и оснащение помещений, режим их эксплуатации и процедура аттестации помещений на класс чистоты. Описаны измерительные приборы для контроля значений параметров микроклимата (температура, относительная влажность и запыленность помещений). Эти значения фиксируются в журналах контроля параметров технологического микроклимата в помещениях, которые были использованы в ходе дальнейшего анализа.

Данные о параметрах микроклимата помещений были проанализированы с помощью трех инструментов качества: корреляционный анализ, карты Шу-харта и диаграммы Исикавы.

В начале был проведен автокорреляционный анализ со сдвигом в один день параметров микроклимата для каждого из помещений, рассчитаны коэффициенты автокорреляции, построены коррелограммы.

Для сборочного цеха было выявлено, что автокорреляционные связи для всех трех исследуемых параметров (запыленность воздушной среды, температура воздуха, относительная влажность) достаточно слабые. Отсутствие автокорреляционных зависимостей может быть связано с эффективной работой приточно-вытяжной системы вентиляции и кондиционирования воздуха, герметичностью ограждающих конструкций и эффективной уборкой помещений цеха.

Для лабораторий наблюдалась совершенно другая картина. Наблюдается существенная автокорреляционная связь для разных параметров. Можно предположить, что это является следствием отсутствия как таковой системы венти-

ляции в лабораториях, недостатков в конструкции помещения, нарушения персоналом правил эксплуатации чистых помещений.

На втором этапе был проведен взаимный корреляционный анализ между параметрами двух лабораторий, рассчитаны коэффициенты корреляции, построены диаграммы разброса. Корреляционная связь между значениями температур, запыленности воздушной среды и относительной влажности воздуха обеих лабораторий прямая и сильная. Это может объясняться следующими причинами:

- 1) непосредственная близость помещений;
- 2) одинаковое количество персонала в обоих помещениях;
- 3) аналогичное оборудование;
- 4) аналогичные системы вентиляции;
- 5) одинаково спроектированные помещения;

б) если происходят какие-то мероприятия, связанные с включенным оборудованием или большим скоплением людей, то они происходят одновременно в обеих комнатах (аудит, испытания, настройка и т.д.).

На следующем этапе проводился анализ относительной корреляции между параметрами микроклимата каждого из помещений. Были проведены расчеты коэффициентов корреляции параметров микроклимата и построены диаграммы разброса для каждого из помещений. Проведена проверка гипотезы о том, что холодный воздух обладает пониженной влажностью, и, следовательно, при пониженных температурах запыленность помещений увеличивается.

Для помещения сборочного цеха оказалось, что параметры температуры и запыленности не коррелируют между собой, а корреляция влажности и запыленности слабая и обратная, т.е. чем выше влажность, тем ниже запыленность и наоборот. Для лабораторий же ситуация оказалась похожей: корреляция запыленности с остальными параметрами обратная, для случая с влажностью – средняя, с температурой – слабая. Обратная корреляция подтверждает тот факт, о том, что сухой холодный воздух – более благоприятная среда для распространения частиц пыли. Несмотря на то, что корреляционные связи были обнару-

жены, сделан вывод, что для приведения в норму каждого из параметров необходим отдельный комплекс мер. Воздействуя на один параметр в масштабах одного помещения, невозможно привести другой в норму.

На заключительном этапе корреляционного анализа было рассмотрено, как погодные условия влияют на параметры микроклимата помещений. Для каждого из помещений посчитаны коэффициенты корреляции, построены диаграммы разброса.

В цеху коэффициент корреляции связи запыленности с температурой является средним, а запыленности с влажностью – слабым. Однако, диаграммы разброса параметров никакую тенденцию выявить не позволили. Например, запыленность равная 3000 ч/л случается при любой температуре воздуха, и при близкой к нулю, и при температуре больше 30 градусов. Это значит, что температура наружного воздуха своего влияния на запыленность не оказывает, а коэффициент корреляции может быть обусловлен недостаточным периодом наблюдения. Исходя из вышесказанного, можно сказать, что помещение сборочного цеха достаточно хорошо защищено от внешних факторов.

Аналогичный анализ был проведен и для помещений лабораторий. Корреляция запыленности в лабораториях со значениями температуры и относительной влажности на улице оказалось обратной. Для случая относительной влажности за окном и запыленности в помещении корреляционная связь слабая, для температуры на улице и запыленности в помещении – средняя.

По итогам корреляционного анализа параметров микроклимата в помещении с погодными условиями, был сделан вывод, что помещение цеха хорошо защищено от внешних факторов, а в помещениях лабораторий вследствие естественной вентиляции, которая запрещена по правилам эксплуатации чистых помещений, наблюдается изменение запыленности вследствие изменения погодных условий. Кроме естественной вентиляции, можно сделать вывод, что на запыленность влияют также и негерметичные окна, негерметичные ограждающие конструкции.

Так как было выяснено, что параметры микроклимата в лабораториях не соответствуют нормативным значениям, то дальнейшее исследование было проведено только для параметров микроклимата цеха. С этой целью были построены контрольные карты Шухарта. Значения параметров для контрольных карт приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения параметров для контрольных карт индивидуальных значений для параметров микроклимата сборочного цеха

Параметры микро- климата	Значения параметров для контрольных карт				
	$\bar{X}$	$UCL_{\bar{X}}$	$LCL_{\bar{X}}$	R	UCL_R
Запыленность, ч/л	2746,44	3244,26	2248,61	862,78	1823,92
Относительная влажность, %	48,13	51,60	44,65	6,02	12,73
Температура, °C	23,25	24,13	22,37	1,52	3,22

На рисунках 1, 2 представлены карта размаха и карта среднего для запыленности.

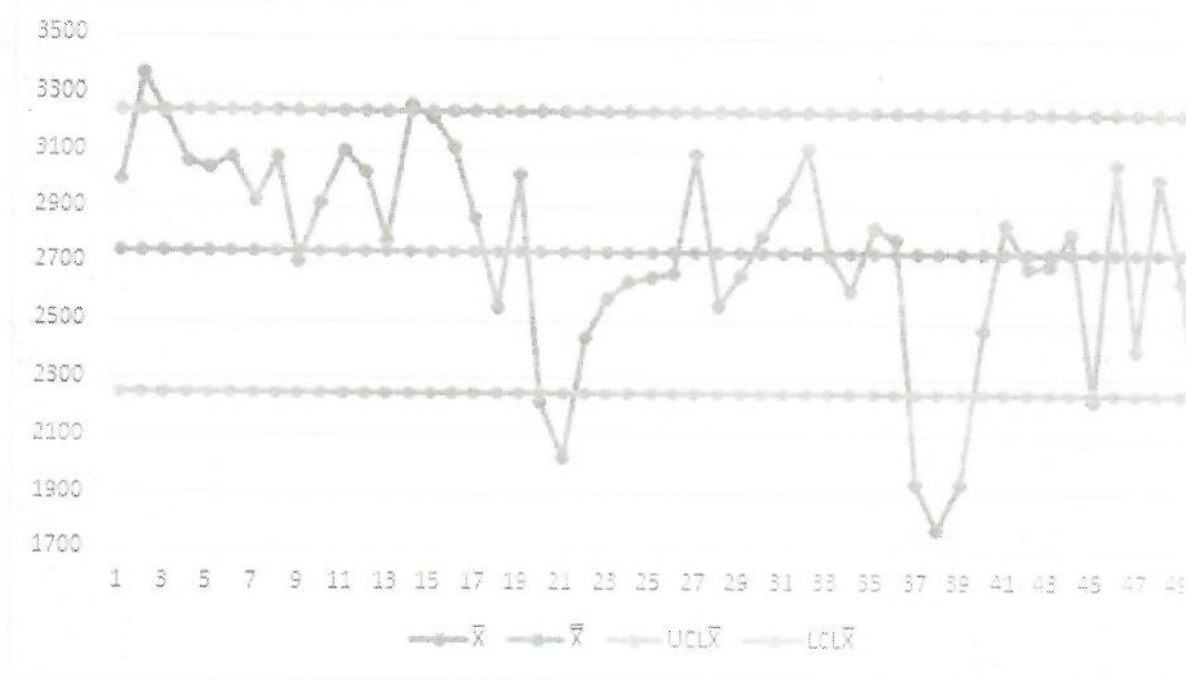


Рисунок 1 – Карта среднего для запыленности воздушной среды в сборочном цеху

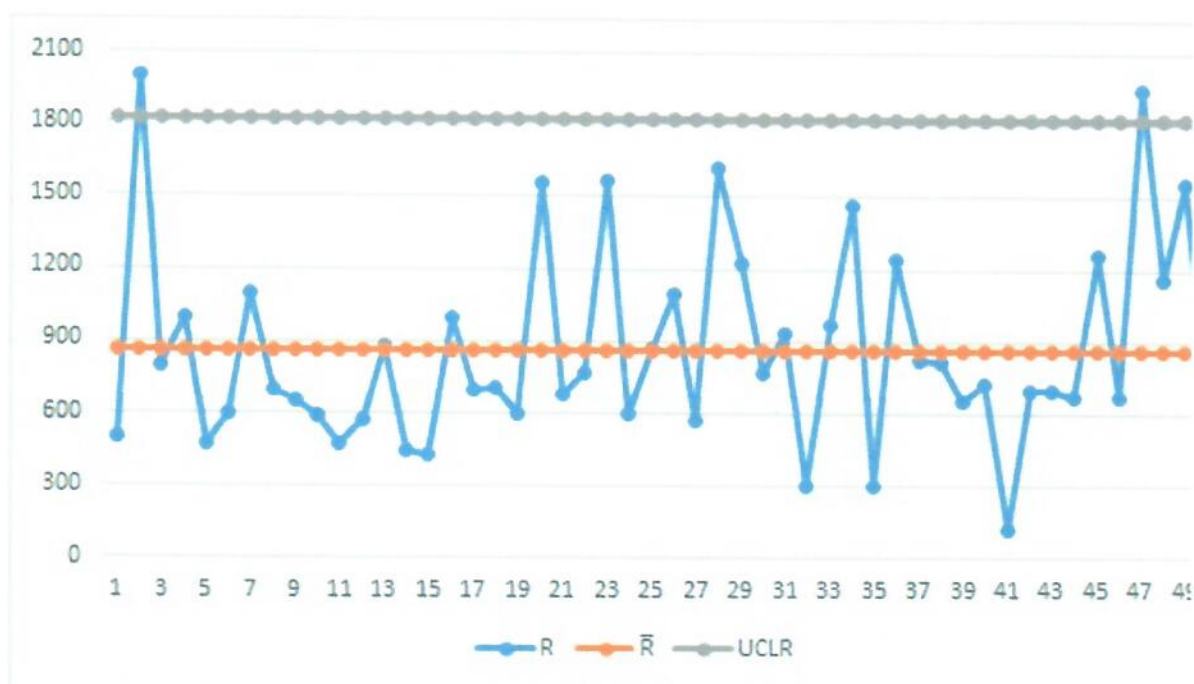


Рисунок 2 – Карта размаха для запыленности воздушной среды
в сборочном цеху

На картах размаха нет нижней границы, так как значение D_3 для $n=5$ отсутствует.

В случае с запыленностью, процесс выходит за границы, значит, можно говорить, что он неуправляемый и не стабильный. Линейный тренд отсутствует, но присутствуют особые причины. По-видимому, для стабилизации запыленности необходима более частая замена фильтров.

Для влажности контрольные карты (рисунки 3,4) указывают на наличие неслучайного или циклического участка изменчивости процесса. Процесс также неконтролируемый. Для стабилизации относительной влажности в помещениях может быть необходима установка увлажнителей и модернизация приточно-вытяжной системы вентиляции.

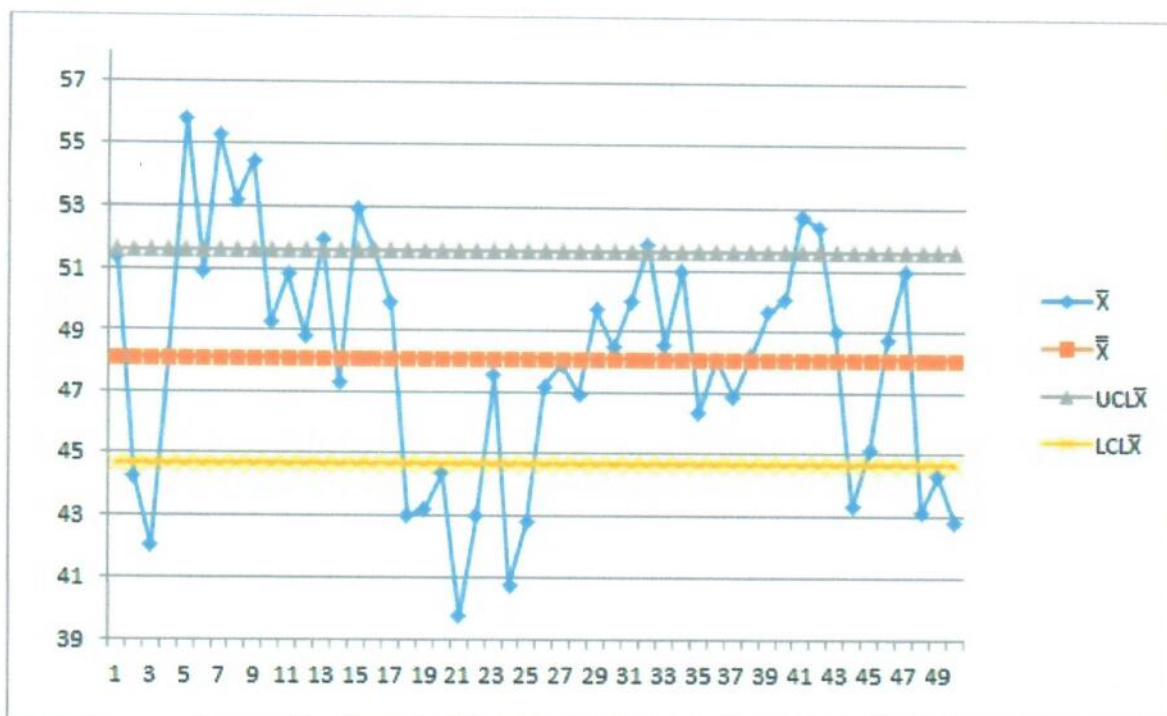


Рисунок 3 – Карта среднего для относительной влажности в сборочном цеху

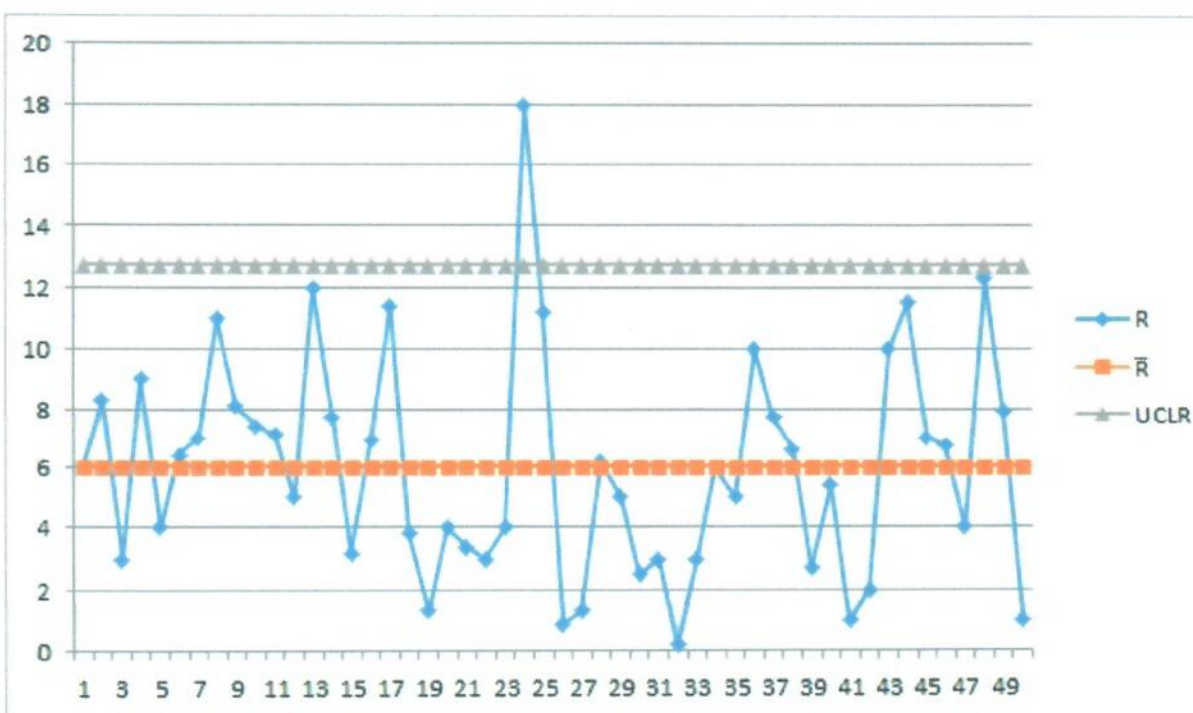


Рисунок 4 – Карта размаха для относительной влажности в сборочном цеху

Для температуры контрольные карты (рисунки 5,6) указывают на наличие систематического линейного тренда процесса. Это может быть связано с

сезонными колебаниями температур. Стабилизировать этот процесс возможно с помощью герметизация окон и ограждающих конструкций.

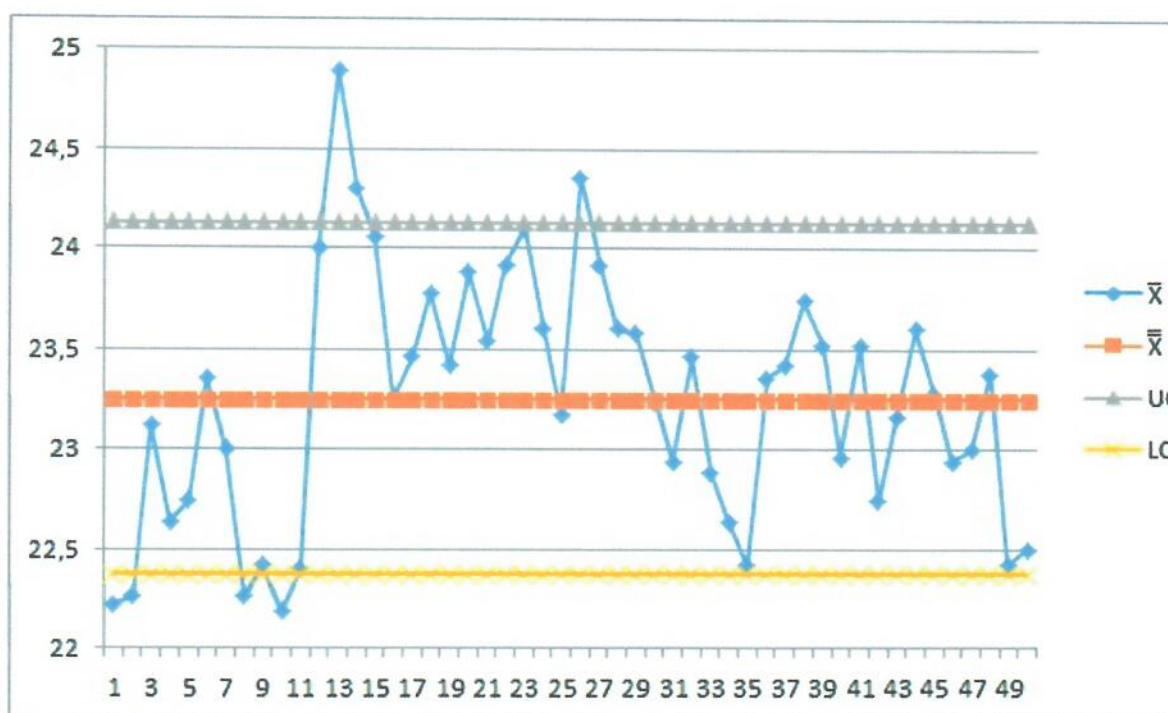


Рисунок 5 – Карта среднего для температуры воздуха в сборочном цеху

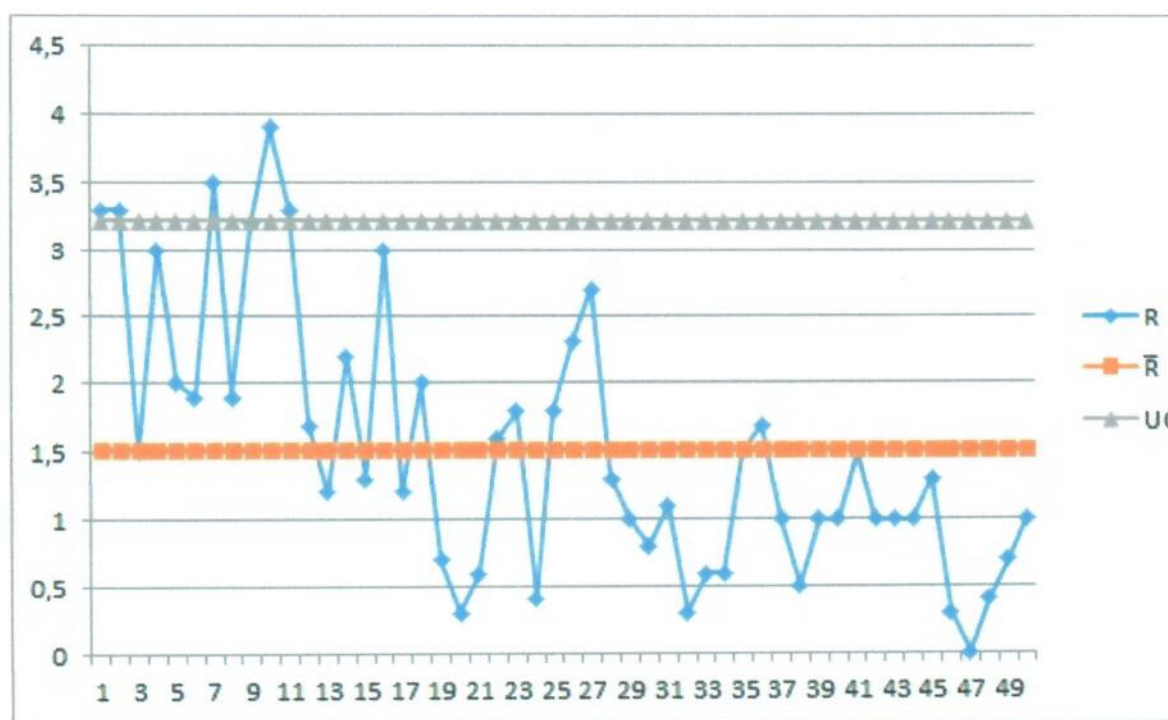


Рисунок 6 – Карта размаха для температуры воздуха в сборочном цеху

На следующих этапах контроля качества применяется один из семи простых инструментов управления качеством – причинно-следственная диаграмма или диаграмма Исикавы. Еще называют диаграммой рыбьего скелета за схожесть по внешнему виду. У этого «скелета» пять основных ребер: персонал, методы, оборудования, измерения/рабочая среда и перечисления соответствующих проблем (справа от ребра диаграммы).

В случае с описанием чистых помещений было выбрано шесть ребер. Диаграмма Исикавы представлена на рисунке 7.

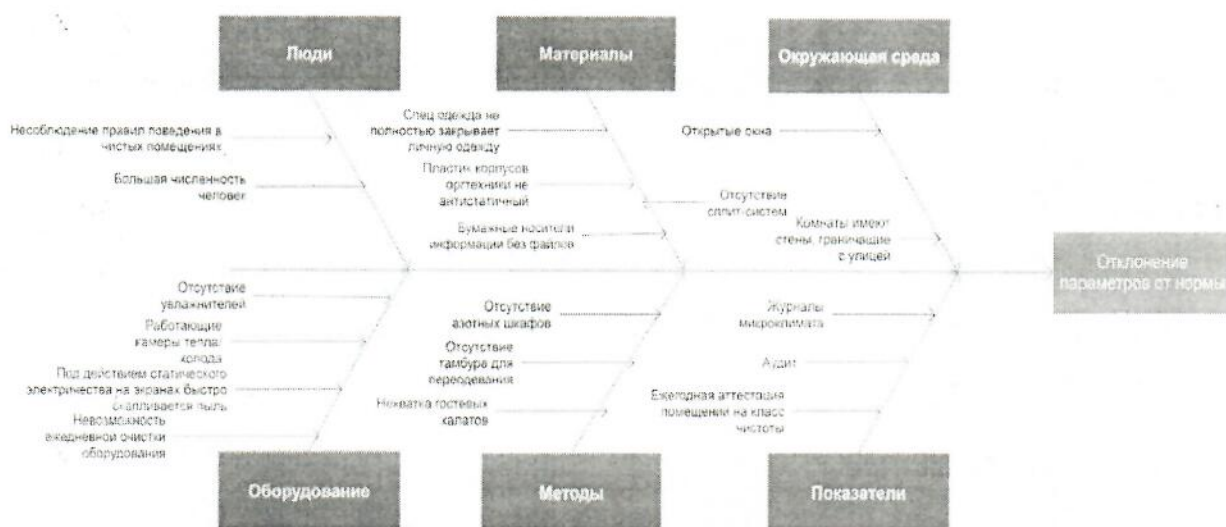


Рисунок 7 – Причинно-следственная диаграмма Исикавы

Особенностью диаграммы Исикавы является то, что эта диаграмма наглядно представляет возможные причины отклонения параметров микроклимата от их нормативных значений и бывает полезна в случае необходимости принятия комплекса мер по контролю и приведению параметров микроклимата в норму.

В заключении представлены мероприятия для устранения нарушений и несоответствий, а также выделены мероприятия, которые для предприятия являются наиболее легко осуществимы, безболезненны для производственного процесса и не требующие больших денежных затрат:

1) вынос зоны переодевания персонала за пределы помещения лабораторий: это мероприятие будет наиболее перспективным, так как уличная обувь и

верхняя одежда являются серьезными источниками загрязнения, и устранение этих источников позволит существенно снизить запыленность в помещениях;

2) ограничение количества единовременного пребывания персонала в помещении лабораторий, так как человек является одним из главных источников загрязнения воздушной среды: частички кожи, антропотоксины, выделяющиеся в процессе жизнедеятельности, волосы, выдыхаемый углекислый газ – все эти факторы отражаются на параметрах микроклимата, и ограничение количества единовременного пребывания людей в небольших по площади лабораториях помогло бы избежать резких скачков запыленности и влажности;

3) перенос места приема пищи персонала в другое приспособленное помещение, так как принимать пищу в чистых помещениях недопустимо, так же как и использование сопутствующих бытовых электроприборов (чайники, микроволновые печи, холодильники и т.д.), которое также отражается на качестве контролируемых параметров микроклимата помещений лабораторий;

4) обязать персонал лабораторий ежедневно убирать свое рабочее место до начала работы и после ее окончания: более тщательная и частая уборка может способствовать приведению параметров микроклимата к нормативным значениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были детально изучены и проанализированы стандарты предприятия, регламентирующие правила эксплуатации чистых помещений, а также параметры микроклимата этих помещений. Выполнен комплексный анализ параметров микроклимата за один год (для лабораторий) и три месяца (для сборочного цеха). Для анализа использовались три инструмента качества: корреляционный анализ, контрольные карты Шухарта и диаграмма Исикавы. В ходе проведения анализа параметров микроклимата было выявлено, что два из трех исследованных помещений, а именно помещения двух лабораторий, не соответствуют заданному классу чистоты по ряду возможных причин:

- 1) отсутствие приточно-вытяжной системы, которая способна обеспечить поддержание параметров микроклимата чистых помещений в диапазоне нормативных значений;
- 2) использование в лабораториях мебели и материалов, являющихся источниками загрязнений;
- 3) пренебрежение персоналом правилами эксплуатации чистых помещений;
- 4) допущенные недостатки в конструкции помещений: негерметичные окна и ограждающие конструкции, одна из комнат лаборатории является проходной;
- 5) осуществление в помещении технологических операций, не требующих класса чистоты.

Все эти факторы оказывают существенное влияние на параметры микроклимата помещений лабораторий. Запыленность воздушной среды лабораторий достигала значений в 2-4 раза превышающих нормативные, влажность воздуха в среднем ниже нормы в 2-3 раза, а температура в течение года превышала норму на 1-2°C. Эти грубейшие отклонения от нормативных параметров микроклимата чистых помещений негативно влияют на качество продукции выпускаемой предприятием.

В заключительной части даны рекомендации по приведению этих параметров к нормативным значениям и выделены наиболее эффективные, менее затратные и безболезненные для производственного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ Р 50116-92. 92. Электронная гигиена. Термины и определения. М. : Изд-во Стандартиформ, 2005. 10 с.
- 2 Торгонский, М. Н. Основы строительного дела / М. Н. Торгонский. М. : Гослесбумиздат, 1961. 220 с.
- 3 Готра, З. Ю. Справочник по технологии микроэлектронных устройств / З. Ю. Готра. Львов : Каменяр, 1986. 287 с.
- 4 Харченко, М. А. Корреляционный анализ / М. А. Харченко. Воронеж : ВГУ, 2008. 31 с.
- 5 Суслов, В. И. Эконометрия / В. И. Суслов, Н. Б. Ибрагимов. Новосибирск : СО РАН, 2005. 744 с.