

УДК 62.015.13

Саттаров З.И.
Старший инженер-испытатель
Космодром «Плесецк»
Россия, г. Мирный Архангельской обл.

**ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ В ЧИСТОМ ПОМЕЩЕНИИ ПЛОЩАДКИ 43
К ЗАПУСКУ С КОСМОДРОМА "ПЛЕСЕЦК"**

При подготовке космических аппаратов к запуску особое положение занимает комплекс мероприятий по обеспечению чистоты. Наличие чистого помещения и специальных технических систем обеспечения чистого воздуха не гарантирует поддержания чистоты на рабочем месте подготовки космического аппарата. Здесь решающим фактором выступает персонал. Данная работа имеет задачу ознакомить с особенностями обеспечения и поддержания чистоты в чистом помещении сооружения 14 площадки 43 космодрома «Плесецк», а также выработать наиболее оптимальный алгоритм работы руководителя работ по выполнению организационных мероприятий обеспечения чистоты.

Ключевые слова: чистое помещение, космический аппарат, технический комплекс, обеспечение чистоты, оборудование, персонал.

Sattarov Z.I.
Senior Test Engineer
Plesetsk Cosmodrome
Russia, Mirny, Arkhangelsk region

FEATURES AND PROBLEMS OF PREPARING SPACE VEHICLES IN A CLEAN ROOM OF SITE 43 FOR LAUNCH FROM THE PLESETSK COSMODROME

When preparing spacecraft for launch, a special position is occupied by a set of measures to ensure cleanliness. The presence of a clean room and special technical systems for ensuring clean air does not guarantee maintaining cleanliness in the workplace where the spacecraft is being prepared. Here, the decisive factor is the personnel. This work has the task of familiarizing with the features of ensuring and maintaining cleanliness in the clean room of structure 14 of site 43 of the Plesetsk cosmodrome, as well as developing the most optimal algorithm for the work manager to implement organizational measures to ensure cleanliness.

Keywords: clean room, spacecraft, technical complex, ensuring cleanliness, equipment, personnel.

ВВЕДЕНИЕ

Чистое помещение (ЧП) — это помещение, где в воздухе поддерживается в определённом заданном диапазоне размер и число на кубический метр таких частиц как: пыль, микроорганизмы, аэрозольные частицы и химические пары. В них также могут контролироваться и другие параметры: влажность, давление и температура. Такие помещения строятся и используются так, чтобы свести к минимуму поступление, генерацию и накопление таких частиц внутри помещения.

История развития чистых помещений начинается с 1860 годов, когда хирург Джозеф Листер выдвинул теорию «чистоты». Из нее следовало, что удаление бактерий из больниц, а особенно операционных, должно предотвратить возникновение инфекций. Листер добился значительного

снижения инфекционных осложнений в операционных. Однако в чистых помещениях того времени все еще отсутствовал важнейший элемент – вентиляция, с фильтрацией приточного воздуха.

В середине XX века началось внедрение принудительной вентиляции в помещения клиник в целях борьбы с загрязнениями. К началу 1960-х годов было уже известно большинство основополагающих принципов, определяющих характеристики турбулентно вентилируемых помещений, а именно распределение воздушных потоков, влияние объема приточного воздуха на степень разбавления аэрозольных загрязнений, эффективность фильтров и контроль движения воздуха. Было установлено, что люди являются источником находящихся в воздухе бактерий, которые переносятся на отшелушившихся частицах наружных кожных покровов, причем выяснилось, что спецодежда из рыхлой хлопчатобумажной ткани слабо препятствует их распространению, и для нее нужен более плотный материал.

В промышленности очень скоро пришло понимание того, что отсутствие микроорганизмов и отсутствие частиц – это не одно и то же. Значительные усилия были направлены на внедрение материалов, поверхность которых не выделяет частиц, а также на способы подачи «чистого» приточного воздуха в больших объемах.

В конце 50-х годов появились чистые помещения с рециркуляцией воздуха, была начата аттестация чистых помещений. Была заложена научно-техническая основа и создана промышленность чистых помещений, налажено серийное производство основных элементов чистых помещений: фильтров тонкой очистки воздуха, ограждающих конструкций, счётчиков аэрозольных частиц и многих других элементов, связанных с созданием и эксплуатацией чистых помещений.

Потребности космической промышленности дали мощный импульс развитию чистых технологий, повышению надежности аппаратуры и

снижению ее массогабаритных показателей. Освоение принципов технологии чистоты в машиностроении позволило вывести на качественно новый уровень показатели надежности и долговечности.

Основным принципом обеспечения чистоты является создание в чистом помещении избыточного давления по отношению к смежным с ним помещениям. Это обеспечивается созданием в нем дисбаланса воздуха, то есть разности между количеством приточного и вытяжного воздуха.

Надёжность работы аппаратуры, выводимой в космос, зависит от чистоты помещения, в котором она произведена. Для космической отрасли производятся электронные и оптические приборы, солнечные батареи. Помимо определенной чистоты воздуха в помещениях необходимо поддерживать и определённые температурно-влажностные параметры воздуха. Условно, чистые помещения космической промышленности можно разделить на два вида: цеха сборки космических аппаратов (уникальные сооружения очень больших размеров) и чистые помещения для изготовления отдельных частей аппаратов (небольшие зоны с классом от «5 ИСО» до «8 ИСО» по ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017).

Космическая промышленность имеет и некоторые особенности. Например, аппараты, отправляемые на другие планеты, не должны занести туда с Земли бактерии, грибки и прочие микроорганизмы. Это требует использования чистых помещений класса «1 ИСО». Для сравнения: классу «5 ИСО» соответствует чистота атмосферного воздуха на высоте более 4 км и в космосе. Более чистых сред в естественных природных условиях не существует.

Рассмотрим другой тип чистых помещений космической отрасли – ЧП технического комплекса (ТК) подготовки космических средств (КСр) к запуску. На территории России таких чистых помещений единицы, три из них находятся на космодроме «Плесецк». Основной объем всех работ с космическими средствами выполняется на площадке 43, где проводится

подготовка космических аппаратов (КА), выводимых на орбиту с помощью ракет-носителей (РН) «Союз-2» и универсального разгонного блока «Фрегат» (РБФ). Технология обеспечения чистоты в подготовку КА была внедрена в начале 2000-х годов. С тех пор накопился достаточный опыт эксплуатации ЧП данного типа.

ЦЕЛЬ И ПРИМЕНЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обеспечение и поддержание требуемых параметров чистоты и температурно-влажностного режима воздуха в ЧП требует от персонала не только базовых знаний по теории эксплуатации чистых помещений, но и знания множества нюансов эксплуатации конкретного ЧП.

Как и любой технологический процесс эксплуатация ЧП требует от персонала выполнения как технических, так и организационных мероприятий.

Целью данной работы является не только ознакомление руководителей работ в ЧП с перечнем проблем по обеспечению и поддержанию требуемого класса чистоты в ЧП, но и выработка простого алгоритма, базирующегося на нескольких основных принципах. Ведь когда выполнены все технические мероприятия по обеспечению чистоты воздуха в ЧП необходимо обратить особое внимание на организационные мероприятия.

В основу настоящей работы легли такие практические методы исследования, как наблюдение и описание. Но главным методом исследования является теоретический – аналитическое обобщение. Выбор данного метода обоснован наличием многолетнего опыта эксплуатации ЧП сооружения 14 площадки 43.

ОПИСАНИЕ ЧИСТОГО ПОМЕЩЕНИЯ ПЛОЩАДКИ 43

Комплекс специализированного оборудования ЧП, обеспечивающий требуемые параметры температурно-влажностного режима (ТВР) и чистоты класса «8 ИСО», предназначен для проведения работ по технологии заказчика в сооружении 14 площадки 43:

- подготовка РБФ 14С44 на ТК РБФ 14П73;
- подготовка КА 14Ф112, 14Ф142, 14Ф143, 14Ф160 и др. на унифицированном наземном техническом комплексе (УНТК) 14П510;
- совместная проверка РБФ и КА;
- сборка блока КА+РБФ на ТК КГЧ 16НК;
- подготовка головного обтекателя (ГО) 14С737 и др.;
- подготовка космической головной части (КГЧ) 14С141, 14С145 и др. (накатка ГО на блок КА+РБ, проверочные работы с КГЧ).

Чистые помещения сооружения 14 представляют собой помещения, оснащенные нестандартным оборудованием и инженерными системами по обеспечению заданных параметров ТВР и чистоты воздуха, для выполнения всех технологических операций на УНТК КА, ТК РБФ, ТК КГЧ по подготовке составных частей (СЧ) и сборки КГЧ в условиях окружающей среды, которая обеспечивает управляемый на протяжении всего цикла работ класс чистоты и температурно-влажностный режим (ЧТВР), с целью защиты КА и СЧ КГЧ от привносимых загрязнений.

Сооружение 14 представляет собой прямоугольное здание с размерами 30 x 136 м, в котором проводят подготовку элементов КГЧ и ракет космического назначения (РКН). Сооружение является монтажно-испытательным корпусом (МИК) и состоит из монтажно-испытательного зала и четырехэтажной пристройки, расположенной вдоль западной стороны здания.

Монтажный зал имеет размеры 20 x 136 м и высоту около 18,00 м (до низа перекрытия). Перегородкой, установленной между осями 9-10, монтажный зал разделен на две части. Отделенная от основного зала 101

(зала подготовки РН) северная часть длиной 30 м и является, собственно, чистым помещением – залом 101А для подготовки КА, РБ, КГЧ. Для доставки и вывоза грузов из ЧП в перегородке имеются комбинированные ворота с размером в свету по ширине 8,0 м и высотой 10 м. В торцевой (южной) стене монтажного зала подготовки РН установлены откатные ворота для доставки и вывоза грузов. В зале имеется центральный железнодорожный путь с колеей 1520 мм и пять внутризальных железнодорожных путей. С целью выполнения подъемно-перегрузочных работ с изделиями зал оборудован двумя мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 30т/5т.

В западной пристройке размещены пультовые, административно-служебные и подсобные помещения и оборудование спецтехнических систем.

В начале 2000-х годов при создании ЧП в сооружении 14 с северной стороны была построена двухэтажная пристройка (сооружение 14А) с венткамерами для размещения спецтехнических систем ЧП.

Для выполнения работ по подготовке КА, РБФ, сборке КГЧ и обеспечения заданных параметров ЧТВР в ЧП используются следующие помещения и оборудование:

- ЧП класса чистоты «8 ИСО» (зал 101А) для проведения работ с КА, РБ, КГЧ, отделенное от зала подготовки РН отсечным устройством ЧП (ОУ ЧП), включающего в себя ворота подъемные, ворота комбинированные и ворота распашные;
- чистые помещения санпропускника класса чистоты «8 ИСО» (помещения для подготовки, хранения, выдачи инструмента и спецодежды, помещения для переодевания и подготовки персонала);
- обдувочный шлюз между санпропускником и ЧП;

- комплекс инженерных систем по обеспечению ЧТВР в ЧП и санпропускнике с автоматизированной системой контроля и управления (АСКУ) параметрами ЧТВР;
- рабочее место (РМ) подготовки РБФ, он же ТК 14П73;
- РМ подготовки КА, он же УНТК 14П510;
- РМ сборки КГЧ, он же ТК КГЧ 16НК (включая РМ для работ с ГО).

ЧП (зал 101А) имеет следующие размеры: ширина – 16,7 м; длина – 30,0 м; площадь – 500 м²; объем – 7800,0 м³.

Облицовка стен ЧП выполнена профилированным металлическим листом по каркасу, закрепленному на колоннах здания. Швы между профлистами герметизируются силиконовым герметиком.

Подшивной потолок облицован также профлистом и выполнен со встроенными воздухораспределителями, не выходящими за плоскость нижней поверхности потолка. Швы между профлистами герметизируются силиконовым герметиком.

Подвесной потолок ЧП выполнен на отметке +15.650 (расстояние до перил крана при этом составляет 250 – 280 мм) и в нем установлены воздухораспределители. В пространстве между перекрытием сооружения и подвесным потолком располагаются подводящие воздуховоды системы кондиционирования, вентиляции и фильтрации воздуха (СКВиФ).

Пол в ЧП выполняется наливным, полимерным с антистатическими свойствами. В помещениях санпропускника – линолеумный.

Комплекс специальных и инженерных систем предусматривает четыре условные рабочие зоны для обеспечения чистоты СЧ КГЧ:

1. ЧП (зал 101А) класса чистоты «8 ИСО» для проведения работ с СЧ КГЧ состоит из двух технологических зон:

- зона "А" – западная половина ЧП (РМ РБФ, РМ КА);
- зона "Б" – восточная половина ЧП (РМ КГЧ и РМ для работ с ГО).

2. Зона "Ц" – зал подготовки РН (зал 101), где на центральном железнодорожном пути производится выгрузка с железнодорожного транспортного агрегата (ЖТА) СЧ КГЧ и перемещение их краном в ЧП.

3. Зона "Д", располагается перед откатными воротами сооружения. Данная зона предназначена для предварительной очистки транспортных контейнеров и железнодорожных платформ.

Вспомогательные помещения: помещения санпропускника класса чистоты «8 ИСО»; обдувочный шлюз на выходе из санпропускника в ЧП.

Инженерные системы обеспечения ЧТВР:

1. СКВиФ для обеспечения параметров ЧТВР, расположенная в помещении венткамеры на 1-м этаже северной пристройки, в составе: система кондиционеров К1 и К2 для ЧП; система кондиционеров К3 и Кр3 для санпропускника; система холодоснабжения СКВиФ; система подачи воды к парогенераторам кондиционеров и сброса конденсата от пароувлажнительных секций кондиционеров.

2. Пультовая АСКУ на 3-м этаже западной пристройки.

3. Система автономной аварийной вентиляции (САВ) по компонентам топлив (КТ) "О" (окислитель) и "Г" (горючее), расположенная в венткамере на 2-м этаже северной пристройки, в составе:

- системы АВ-3 "О" и АВ-4 "Г" для зоны "А" ЧП на РМ РБ;
- системы АВ-1 "О" и АВ-2 "Г" для зоны "Б" ЧП на ТК КГЧ.

4. Система дымоудаления (СДУ) расположена на кровле сооружения.

ЧП должно соответствовать классу «8 ИСО» при работающем оборудовании и обслуживающем персонале в спецтехнологической одежде (при условии выполнения регламентов по обеспечению чистоты). Ряд помещений санпропускника также должны соответствовать классу «8 ИСО». Обдувочный шлюз в санпропускнике должен иметь чистоту воздуха на выходе из сопел для обдува персонала не ниже класса «7 ИСО».

Кратность обмена воздуха по притоку в ЧП составляет 7 крат. Способ подачи воздуха в ЧП – вертикальная раздача.

В чистых помещениях санпропускника – избыточное давление относительно окружающей среды должно быть не менее 5 Па. Избыточное давление в ЧП относительно санпропускника должно быть не менее 5 Па и относительно окружающей среды не менее 10 Па.

Параметры поддерживаемого микроклимата: температура в пределах от +18 до +25°C; влажность в диапазоне 35 – 60% (для ЧП) и не более 65% (для санпропускника).

Кондиционеры К1 и К2 обеспечивают обработку наружного и рециркуляционного воздуха для подачи в ЧП. Приготовление воздуха в кондиционерах предусмотрено с постоянными расходами наружного и рециркуляционного воздуха. При необходимости система позволяет изменять количество наружного воздуха. Для подогрева наружного воздуха в холодный и переходные периоды используется многоступенчатый электроподогреватель, установленный в секции кондиционеров.

Увлажнение воздуха в кондиционерах К1 и К2 осуществляется паром, в качестве источника подачи пара используются парогенераторы фирмы «Hygromatik». Вода для приготовления пара поступает от существующей водопроводной сети, на трассе которой установлена система водоподготовки «ОСМОС» для ее очистки.

В летний период года, обрабатываемый воздух охлаждается в кондиционерах до требуемой температуры в пластинчатых воздухоохладителях. Источником холодоснабжения являются две холодильные водоохлаждающие машины фирмы «York» с воздушным охлаждением конденсаторов.

В соответствии с технологическими требованиями к чистоте воздушной среды в ЧП в кондиционерах предусмотрена трехступенчатая очистка приточного воздуха:

- I ступень – фильтры грубой очистки воздуха класса G4;
- II ступень – фильтры тонкой очистки воздуха класса F8;
- III ступень – фильтры высокой эффективности класса H14.

Обработанный в кондиционерах K1 и K2 воздух проходит через фильтровальные камеры III ступени и двумя воздуховодами подается к воздухораспределителям, установленным в подшивном потолке ЧП.

Воздух из ЧП забирается через рециркуляционные решетки, установленные в каждом промежутке колонн, собирается в общие рециркуляционные воздуховоды, расположенные за облицовкой с западной и восточной стороны зала, и далее попадает в секции смешения кондиционеров.

Аварийная вентиляция является как санитарно-гигиеническим мероприятием (снижение концентраций до предельно допустимых), так и мероприятием, предотвращающим взрыв и пожар. Аварийная вентиляция рассчитывается из условий пятикратного обмена воздуха «условно опасной зоны» (площадь зоны размерами 5 метров от обвода КА, РБФ и КГЧ по горизонтали и 5 метров от пола по вертикали) с установкой фильтров очистки вытяжного воздуха.

САВ имеет четыре автономные аварийные установки вентиляции: АВ1 и АВ3 для компонента топлива "О"; АВ2 и АВ4 для компонента топлива "Г". Следует отметить, что компонентами топлив являются гептил (несимметричный диметилгидразин) и амил (азотный тетраоксид), заправляемые в РБФ. Удаление КТ при аварии предусматривается из нижней зоны ЧП, через воздуховоды аварийной вентиляции. Удаляемый воздух очищается в фильтрах-поглотителях и выбрасывается

вентиляторами марки ВР6-28-6 из нержавеющей стали (взрывобезопасного исполнения), установленными в венткамере АВ.

Для противодымной защиты здания предусмотрены четыре установки дымоудаления при пожаре ДУ-1, ДУ-2, ДУ-3 и ДУ-4. Дымоудаление осуществляется крышными вентиляторами марки ВКРМ-6.3. Установки СДУ установлены на кровле здания по углам чистого помещения.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ЧИСТОМ ПОМЕЩЕНИИ ПЛОЩАДКИ 43

Изделие (КА) поставляется на космодром авиатранспортом в специальном контейнере. В отдельных контейнерах поставляются панели батарей солнечных (БС) и штанги БС. Некоторые КА поставляются целиком в одном контейнере. После выгрузки контейнеров с изделием и упаковок с комплектующими элементами из самолета производится их доставка автотранспортом с аэродрома до МИК – сооружения 14 площадки 43.

По прибытии транспортных средств с контейнерами и упаковками осуществляется их выгрузка в зале подготовки РН. Выгруженные контейнеры с изделием подвергаются внешнему осмотру и чистке.

Основной контейнер с КА устанавливается перед комбинированными воротами ОУ ЧП для тщательной чистки и последующей перегрузки КА из контейнера в ЧП с помощью кранов. На данном участке подшивной потолок облицован также как и в ЧП профлистом. Это сделано в целях минимизации попадания пыли на изделие после снятия крышки контейнера.

После перегрузки КА осуществляется чистка и перегрузка контейнеров с БС. Их выгрузка из контейнеров производится уже внутри ЧП. Блок хранения и подачи (БХП) осматривается, в случае

необходимости подвергается чистке, и в специальном контейнере отправляется на заправочную станцию.

Здесь выявляется первая проблема данного ЧП – плохая изоляция от соседнего зала, ввиду наличия огромных по размерам щелей в ОУ ЧП, которые из-за сложной конструкции ворот невозможно полностью устранить резиновыми уплотнителями.

Конечно, разработчиками ЧП предусмотрено избыточное давление, создаваемое разницей между подачей и рециркуляцией в 10 тысяч кубометров воздуха в час, но тут выявляется вторая проблема – низкая кратность обмена воздуха. Практика показала, что 7-кратный обмен воздуха крайне недостаточен для быстрого восстановления при малейшем отклонении (нарушении) параметров чистоты воздуха в ЧП.

Все это вкупе с технологией подготовки КА и РБ, которая предусматривает многократное открытие и закрытие ворот ОУ ЧП, привносит в процесс обеспечения и поддержания чистоты в ЧП ситуации отклонения от нормы, требующие длительные по времени восстановления класса чистоты.

КА в ЧП устанавливается на кантователь РМ подготовки КА. К этому моменту на рабочем месте РБФ уже ведутся работы.

В состав боевого расчета подготовки КА и РБ на ТК входят: расчет электрических испытаний КА, расчет систем электропитания КА, расчет монтажно-сборочных работ КА и РБ, расчет пневмовакуумных испытаний КА и РБ, расчет системы обеспечения теплового режима РБ, расчет наземного комплекса системы управления РБ, а также расчеты обеспечения работ: расчет гарантированного электропитания, расчет системы газоснабжения, расчет обеспечения и поддержания ЧТВР. Рассмотрим отдельно работу расчета обеспечения и поддержания ЧТВР.

Принцип работы любого ЧП – это непрерывное обеспечение (продувка) ЧП чистым воздухом. В связи с этим СКВиФ с АСКУ должны

работать круглосуточно, и остановка или выход из строя кондиционера должны рассматриваться как аварийная ситуация и приниматься необходимые меры по ее устранению.

Функционирование ЧП в процессе проведения работ в нем, должно выполняться только в условиях, когда параметры ЧТВР контролируются АСКУ, с регистрацией данных в электронном архиве.

Основанием для эксплуатации ЧП является наличие Паспорта ЧП, подтверждающего соответствие ЧП требованиям заданного класса чистоты, на основании проведенной аттестации ЧП. Аттестация ЧП проводится в стадии «оснащенное», то есть без наличия персонала в ЧП.

Здесь выявляется основная проблема несоответствия аттестационных данных реальным условиям эксплуатации ЧП. Дело в том, что ЧП весьма проблематично аттестовать в стадии «эксплуатируемое», так как каждое введение персонала в ЧП выдает свой набор данных при замерах чистоты воздуха. При этом велико влияние человеческого фактора, когда малейшее нарушение той же гигиены одним или несколькими людьми приводит к ошибочным измерениям. Разброс данных может быть так велик, что при этом теряется ценность всех измерений, так как аттестационные данные не укладываются в требуемые параметры.

Таким образом аттестация ЧП подтверждает соответствие ЧП требуемым параметрам заданного класса чистоты при выполнении технических мероприятий обеспечения чистоты, фактически оставляя организационные мероприятия за пределами аттестации.

Обслуживающий персонал на всем протяжении функционирования ЧП проводит наблюдение за работой систем, руководствуясь показаниями данных параметров ЧТВР, зафиксированных в специальном журнале, и принимает необходимые решения для обеспечения заданных значений параметров ЧТВР. Необходимые параметры ЧТВР при подготовке изделий приведены в эксплуатационной документации (ЭД) соответствующих КСр.

Оператор АСКУ имеет возможность получать информацию о состоянии включенности электроприводов вентиляторов кондиционеров, положении воздушных заслонок и реализовывать дистанционное управление через станцию оператора АСКУ. Изменение заданий по температуре и границ регулирования по влажности, также их поддержание в заданных пределах, может осуществляться автоматически или оператором АСКУ.

При выходе из строя станции оператора АСКУ возможно управление работой оборудования СКВиФ в ручном режиме: непосредственно со шкафов низковольтно-командных устройств (НКУ) системы АСКУ. Но контроль параметров ЧТВР в данном случае возможен только с помощью переносных приборов и осуществляется не реже трех раз за рабочий день.

На расчет обеспечения ЧТВР возлагается и работа с ОУ ЧП. При этом время открытия ворот должно быть минимизировано. Не допускается одновременное открытие створок ворот комбинированных ОУ ЧП и откатных ворот зала подготовки РН.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧИСТОТЫ В ЧИСТОМ ПОМЕЩЕНИИ ПЛОЩАДКИ 43

Оборудование, постоянно установленное в ЧП, подвергается регламентной очистке в период запуска ЧП и по плану-графику выполнения регламентных работ по обеспечению чистоты в ЧП. За определенное время до прибытия изделия в МИК проводится подготовка оборудования и зала ЧП к предстоящим работам. Также осуществляется подготовка наземного технологического оборудования, находящегося в ЧП и персонала, участвующего в работах.

Регламент обеспечения чистоты составных частей КГЧ при выполнении подготовительных работ в ЧП и перемещения изделий на ТК

учитывает существенные особенности технологии сборки КГЧ и состояние ограждающих конструкций ТК, а именно:

- работы проводятся в большом помещении, высотой до 16 м; необходимость наличия в ЧП громоздкого технологического оборудования (стенд-кантователь, площадки обслуживания и прочее оборудование, требующее дополнительных трудозатрат по подготовке к работе в части обеспечения его чистоты);

- большие габариты вносимых контейнеров, объектов и изделий, требующих предварительной очистки от загрязнений перед внесением в рабочие зоны ЧП;

- транспортирование и перемещение объектов в ЧП и из него, что влечет за собой открытие ворот ЧП, и как следствие, значительное увеличение привносимых загрязнений, преимущественно размером более 5 микрон;

- въезд ЖТА в общий зал с улицы ввиду отсутствия тамбур-шлюза и как следствие нарушение ТВР в общем зале, особенно зимой и значительное увеличение загрязненности;

- работа в ЧП мостовых кранов, используемых для подъема оборудования и изделий в процессе сборки.

Оборудование, оснастка, инструмент и материалы, проходящие соответствующие регламентные работы и аттестацию для использования в ЧП подразделяются в соответствии с технологическим маршрутом на:

1. Постоянно установленное оборудование в ЧП и подвергающееся регламентной очистке в период запуска ЧП для выполнения работ: кантователи, стапели, колонны обслуживания, оборудование систем пневмовакуумных испытаний и обеспечения теплового режима, наземная кабельная сеть и электрооборудование.

2. Оборудование, вносимое в ЧП несколько раз в процессе выполнения транспортно-перегрузочных работ и других операций

технологического графика и подвергающееся регламентной очистке каждый раз при внесении в ЧП: тележки, траверсы, канаты, переходники, технологические проставки и подставки, оснастка и инструмент, мостовые краны, комплекты кабелей и переносные приборы.

Содержание регламентных работ, выполняемых с каждым видом технологического оборудования, транспортных средств и оснастки перед их установкой в ЧП определяется соответствующими видами очистки по специально разработанным технологиям для конкретного вида оборудования: удаление масляно-жировых загрязнений; механическая очистка поверхностей; отмывка деминерализованной водой; обработка поверхностей пылесосом; протирка растворителем; отмывка поверхностей с применением нейтральных моющих средств и последующей отмывкой деминерализованной водой; протирка не пылящими салфетками, смоченными деминерализованной водой.

Проверка качества чистоты поверхностей осуществляется визуальным методом по критерию «визуально чистый», то есть при визуальном осмотре с расстояния от 150 до 450 мм невооруженным глазом при уровне освещенности 500 люкс на поверхности отсутствуют видимые загрязнения.

Подготовка зала 101А (ЧП) заключается в выполнении следующих мероприятий: вакуумная пылеуборка и отмывка стен и колонн сооружения; отмывка поперечной перегородки ЧП (ворота, подъемные щиты и стены) и подвесного потолка; влажная уборка и отмывка пола с использованием моющих средств. Те же мероприятия проводятся в помещениях санпропускника и в обдувочной шлюзовой камере. Методы и правила уборки ограждающих конструкций «чистых» помещений (стен и потолков), а также методы и правила уборки наливных (линолеумных) полов отражены в соответствующих инструкциях. Для условий обеспечения чистоты класса «8 ИСО» в ЧП необходимо выполнить

регламентные работы по устранению источников загрязнений в зале 101 (зале подготовки РН) сооружения 14.

После очистки технологического оборудования и отмывки чистых и вспомогательных помещений проводится функциональный контроль и определение готовности ЧП: функциональный контроль и определение готовности оборудования СКВиФ (включая проверку эффективности работы фильтровальных секций кондиционеров), АСКУ, систем аварийной вентиляции и дымоудаления; проверка чистоты технологического оборудования и в ЧП и в сопряженных с ним помещениях.

Работа в ЧП требует от персонала неукоснительного выполнения всех требований, указаний и рекомендаций инструкции по спецодежде и правилам переодевания и инструкции по нормам и правилам поведения персонала в «чистых» помещениях. Перед каждой рабочей сменой персонал должен пройти инструктаж по специфике работы в ЧП (технология использования спецодежды, приемы очистки тела и личной гигиены, соблюдения правил поведения).

Уровень запыленности воздуха в ЧП находится в прямой зависимости от числа работающего в нем персонала. Источниками образования аэрозольных частиц являются открытые части тела или спецодежда и технологические принадлежности. В первом случае механизм образования аэрозольных частиц связан с повышенным выделением аэрозольных частиц из органов дыхания (при курении, некоторых болезнях), особенно при рубцевании царапин, отделения роговой части волос и ногтей. Повышенная генерация частиц также проявляется при резких движениях человека и скоплении персонала, при разговоре. Специфика работы в ЧП такова, что все работы ведутся в условиях особой чистоты, которую легко нарушить если не обладать определенными знаниями и не выполнять установленных правил, поэтому

кроме хорошей и четкой организации самой работы в них требуется и высокая культура труда.

Уменьшение пылеобразования от персонала или его устранение достигается применением спецодежды для работающих в ЧП и правилами поведения персонала в ЧП. К спецодежде для персонала ЧП предъявляются следующие основные требования: одежда не должна быть источником загрязнений (пыли); загрязнения, источником которых является человек, через спецодежду не должны проникать в производственную среду (наличие надежной и эффективной фильтрации загрязнений спецодеждой); должна обладать антистатическими свойствами; быть удобной в носке и работе (не затруднять движения, не вызывать потения, быть легкой и эластичной).

Одежда изготавливается из малоусадочного и малорастягивающегося трикотажного полотна специальной структуры, изготовленного из поликапроамидных нитей с постоянными антистатическими свойствами.

Комплект одежды, используемый для работы в ЧП сооружения 14 предназначен для персонала ЧП класса «5 ИСО» – «8 ИСО» различных отраслей промышленности. Все потребительские свойства одежды стабильны не менее 1,5 лет эксплуатации в условиях ЧП и выдерживают до 150 стирок.

Состав комплекта включает: блузон с брюками или комбинезон (для персонала не соприкасающегося с бортом изделия достаточен халат); шапочка или шлем, в зависимости от состава выполняемых персоналом работ и расстояния от изделия; бахилы типа чулки на твердой подошве и тапочки (для персонала не соприкасающегося с бортом изделия достаточна легкая чистая обувь на светлой подошве); перчатки.

Для каждого работающего в ЧП необходимо иметь три комплекта одежды: используемый; находящийся в стирке или чистке; запасной.

Категорически запрещается находиться в ЧП без технологической одежды или выходить в ней за пределы санпропускника. Практика показала, что персонал чаще всего нарушает запрет выхода в спецодежде за пределы санпропускника. Особенно часто это происходит с курильщиками, которые не только выходят к месту для курения в обуви и спецодежде для ЧП, но и не уделяют должного внимания к личной гигиене после курения.

Персоналу запрещается брать с собой домашние (личные) вещи в ЧП. При выходе из ЧП на короткое время, например, на перерывы или на обед, чистая спецодежда должна сдаваться и храниться в чистых полиэтиленовых пакетах. Необходимо принимать меры предосторожности во избежание контактов чистой спецодежды с полом при переодевании.

Персонал, поступающий на работу в ЧП, допускается к работе только после прохождения курса по обучению и освоению положений и требований по обеспечению чистоты в ЧП и аттестации по результатам обучения, проводимых специалистами расчета по обеспечению и поддержанию чистоты.

Персонал, работающий в ЧП класса «5 ИСО» – «8 ИСО», допускается к работе после прохождения специального инструктажа по требованиям инструкций по технологии обеспечения чистоты. С персоналом, работающим в ЧП, должна постоянно проводиться работа, на повышение уровня знаний о правилах поведения в ЧП и средствах и способах поддержания чистоты.

Во избежание повышения запыленности в ЧП и на рабочих местах необходимо соблюдать специальные правила поведения персонала в ЧП:

– передвигаться плавно, медленно, не делать резких, размашистых движений руками при ходьбе; передвигаться только по установленным маршрутам;

- не собираться группами более двух человек, если это не предусмотрено порядком выполнения технологического графика подготовки изделия;
- не вести обсуждения и не делать резкие движения, не связанные с выполнением технологических операций (движение персонала может быть источником пылеобразования и может оказывать непосредственное воздействие на СЧ КГЧ, а также косвенно влиять на них, вследствие нарушения потоков воздуха);
- не отходить со своего рабочего места без острой необходимости;
- двери открывать и закрывать плавно; не оставлять двери открытыми;
- не допускать присутствия в ЧП посторонних лиц.

Работающим в чистых помещениях запрещается:

- входить в ЧП при наличии косметических средств, которые являются источником аэрозольных частиц (тушь для ресниц и бровей, румяна, тени, пудра, лак для волос, ногтей и др.), пользоваться духами и дезодорантами;
- носить парики и ювелирные изделия;
- курение в течении рабочего дня всем работникам, которые потенциально могут иметь любой вид контакта с изделием, так как после курения частицы табачного пепла переносятся курящими на рабочие места (при разрешении руководителя работ возможно курение только в специальных местах, за пределами ЧП. После курения необходимо прополоскать рот водой);
- принимать пищу и жевание жевательной резинки в ЧП;
- выходить за пределы ЧП и комнат второго переодевания в технологической одежде и обуви.

При входе в ЧП из санпропускника всему без исключений персоналу необходимо выполнять следующий порядок действий:

- 1) перед зеркалом проверить правильность надетой спецодежды, заправить под головной убор волосы, если они видны;
- 2) плавно открыть первую дверь и пройти в обдувочный шлюз;
- 3) плавно закрыть за собой дверь, убедиться в ее полном закрытии;
- 4) включить обдув и дождаться, когда вентилятор полностью остановится;
- 5) плавно открыть вторую дверь и войти в ЧП;
- 6) плавно закрыть за собой вторую дверь, убедиться в ее полном закрытии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая все условия эксплуатации ЧП, основными источниками микрозагрязнений являются персонал, ограждающие конструкции, оборудование. Некоторое количество частиц проникает из окружающей среды. Исследования показали, что проблема чистых помещений носит комплексный характер. Недостаточно создать собственно ЧП, которое обеспечивает нужный класс чистоты при отсутствии технологического оборудования и персонала. Нужно одновременно применять оборудование, выделяющее минимум загрязнений или не выделяющее их вообще, одеть людей в «не пылящую» одежду, научить их правильно себя вести, установить контроль за гигиеной персонала и т.д. Иначе значительные затраты на создание чистых помещений попросту бессмысленны.

В спокойном, неподвижном состоянии человек выделяет в минуту примерно 200 тыс. частиц, состоящих из чешуек кожи, с размерами 0,5 мкм и более. При интенсивном движении человек выделяет примерно 10 млн. частиц в минуту. В среднем человек выделяет около 3,5 кг частиц/год или 10 г в день!

Опираясь на опыт эксплуатации ЧП, в рамках организационных мероприятий обеспечения класса чистоты «8 ИСО» в ЧП были выработаны следующие основные принципы (ограничения) для поддержания чистоты:

1. Не вносить загрязнения (контроль условий введения в ЧП персонала и оборудования). Выполнение данного требования обеспечивается неукоснительным соблюдением:

- регламента обеспечения чистоты при перемещении составных частей КГЧ по технологическому маршруту;

- регламента проведения вынужденных «грязных» работ (строительно-монтажных работ, связанных с заменой оборудования или с реконструкцией ЧП) на ТК;

- методов и правил уборки наливных (линолеумных) полов.

Дополнительно к типовым регламентам можно добавить минимизацию времени нахождения ворот ОУ ЧП в открытом положении. Важно помнить, что без изоляции от соседних помещений ЧП по определению перестает быть чистым помещением. Со стороны руководителя работ необходим строгий контроль за полнотой подготовки к работам до и хронометраж во время выполнения технологических операций с открытием ворот ОУ ЧП.

2. Не выделять загрязнений (контроль применения материалов, предметов и ограничение перемещений). Выполнение данного требования обеспечивается неукоснительным соблюдением:

- регламента по подготовке комплекта механо-технологического оборудования (КМТО), подъемно-транспортных средств (ПТС), оснастки и инструмента к работе в ЧП;

- норм и правил поведения персонала в ЧП;

- требований к спецодежде и правил переодевания.

Следует обратить особое внимание на персонал, периодически игнорирующий переодевание в санпропускнике и выходящий в

спецодежде и обуви за пределы чистых зон. Возможно введение двухпостового контроля в санпропускнике: первый пост около шлюза между ЧП и санпропускником для контроля входа персонала в ЧП, второй пост на выходе из санпропускника для предотвращения выхода персонала за пределы чистой зоны в спецодежде и обуви, предназначенной для ЧП.

Также недопустимо проведение в ЧП построений и совещаний.

3. Не накапливать загрязнений. Выполнение данного требования обеспечивается неукоснительным соблюдением:

- регламента по подготовке КМТО, ПТС, оснастки и инструмента к работе в ЧП;
- регламента проведения вынужденных «грязных» работ;
- норм и правил поведения персонала в ЧП.

Необходимо уделять особое внимание межстенному пространству между стенами сооружения и обшивкой из профлиста. В данном пространстве также требуется уборка при подготовке ЧП к приему КА.

4. Удалять загрязнения. Выполнение данного требования обеспечивается неукоснительным соблюдением:

- регламента по подготовке КМТО, ПТС, оснастки и инструмента к работе в ЧП;
- методов и правил уборки наливных (линолеумных) полов и ограждающих конструкций ЧП;
- норм и правил установки и замены фильтрующих элементов системы кондиционирования и вентиляции.

Ввиду наличия большого количества громоздкого оборудования в ЧП и многочисленных труднодоступных мест, таких как кабельные группы, требуется максимально тщательная уборка и очистка всех поверхностей при подготовке ЧП к приему КА. Это наиболее трудоемкая операция, требующая как неукоснительного контроля со стороны руководителя, так и добросовестности от исполнителей.

Выполнение всех этих ограничений, помимо материальных затрат, требует тщательного контроля со стороны руководящего состава и высокой дисциплины труда со стороны персонала.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Руководство по эксплуатации 500/317-3-14-ЧП.ТХ/РЭ «Чистые помещения. Технология обеспечения чистоты. Книга 1»
2. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И1 «Книга 2. Регламент обеспечения чистоты при перемещении составных частей КГЧ по технологическому маршруту на ТК»
3. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И2 «Книга 3. Регламент проведения работ по подготовке КМТО, подъемно-транспортных средств, оснастки и инструмента к работе в ЧП»
4. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И3 «Книга 4. Методы и правила уборки ограждающих конструкций (стены и потолок) ЧП»
5. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И4 «Книга 5. Методы и правила уборки наливных (линолеумных) полов»
6. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И5 «Книга 6. Нормы и правила поведения персонала в ЧП»
7. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И6 «Книга 7. Спецодежда и правила переодевания»
8. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И7 «Книга 8. Нормы, правила установки и замены фильтрующих элементов системы кондиционирования»
9. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И8 «Книга 9. Аттестация ЧП»
10. Инструкция 500/317-3-14.ЧП.ТХ/И9 «Книга 10. Регламент проведения вынужденных «грязных» работ на ТК»
11. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха»

12. ГОСТ Р ИСО 14644-2-2001 «ЧП и связанные с ними контролируемые среды. Часть 2. Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ГОСТ Р ИСО 14644-1»
13. ГОСТ Р ИСО 14644-5-2005 «ЧП и связанные с ними контролируемые среды. Часть 5. Эксплуатация»
14. Инструкция 14Ф112 ИЭ10 ч.2 «Инструкция по подготовке на ТК»
15. Инструкция 14Ф112 ИЭ36 ч.2 «Инструкция по обеспечению и контролю чистоты»