

P13-2001-179

Г.Л.Глonti, А.Л.Гонгадзе, П.Г.Евтухович, Г.Кроа\*,  
А.Манз\*, И.Н.Потрап, Р.Рихтер\*, Г.Д.Столетов,  
Э.Г.Цхададзе, В.Ф.Чепурнов, А.В.Чирков, Г.А.Шелков

**ЧИСТОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПОМЕЩЕНИЕ  
ДЛЯ СБОРКИ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК**

---

\*Институт физики Макса Планка, Мюнхен, Германия

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Чистое производственное помещение (ЧПП) предназначено для обеспечения необходимых климатических условий и уровня обеспыленности на участке сборки прецизионных газовых детекторов. Конкретная первоочередная задача состояла в обеспечении указанных условий при сборке дрейфовых трубок мюонного спектрометра установки ATLAS [1]. Согласно требованиям, предъявляемым к помещениям для сборки указанных детекторов мюонной системы ATLAS [2], ЧПП должно обеспечивать долговременное постоянство следующих параметров среды: температура  $21 \pm 1$  °С, относительная влажность  $45 \pm 10$  %, а также уровень обеспыленности, соответствующий классу чистоты 10000 по федеральному стандарту США 209В. Другим словами, в одном литре воздухе ЧПП не должно быть более 350 частиц пыли размером 0.5 мкм и более.

Выполнение этих требований обеспечивается конструкцией ЧПП, возможностями используемых в ЧПП устройств для очистки воздуха и контроля климатических параметров воздуха, а также рядом дополнительных мер: вход персонала в ЧПП производится только через тамбур; для работы в ЧПП используется безворсовая спецодежда (халаты, перчатки, головные уборы и целлофановые бахилы); пол перехода из тамбура в ЧПП имеет пылезакрывающее покрытие (коврик). Инструменты, вносимые в ЧПП, предварительно обезжириваются и промываются. Ежедневно производится уборка помещения от пыли и производственных отходов. Два раза в неделю проводится «мокрая» уборка всего помещения.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ЧПП

ЧПП расположено в помещении площадью  $\sim 100$  м<sup>2</sup> на первом этаже здания №4 ЛЯП ОИЯИ (см. рис. 1 и 2).

Конструктивно помещение состоит из отдельных секций, собранных в единую пыле- и влаго непроницаемую конструкцию. Боковые и потолочные панели выполнены из стекла толщиной 6 мм в стандартном для технологии оконных панелей обрамлении. Стекла обработаны термическим способом для уменьшения вероятности разбивания. В местах ввода коммуникаций вместо стекла используется прозрачное оргстекло.

Пол ЧПП - двойной. Верхний уровень отдален от грунтового уровня на высоту 80 см, выстелен 40-мм асбестовыми плитами и покрыт линолеумом. Для подавления вибраций, передаваемых с внешнего здания, и для размещения оборудования в ЧПП изготовлены бетонные фундаменты в грунте под полом ЧПП, не связанные с фундаментом основного здания. На этих фундаментах установлены опоры сборочной линии и стенда для бесконтактного измерения наружного диаметра алюминиевых труб. Вакуумные каналы и газопроводы высокого и низкого давления поступают внутрь комнаты через отверстия фальшпола.

Наружные размеры ЧПП: длина - 14 м, ширина - 4.5 м, высота - 3 м. ЧПП находится внутри стационарного помещения размерами 19 x 5 x 4.5 м соответственно (рис.1).

Температура наружной среды ЧПП - 15-30 °С. Влажность – 20-90 %. Освещение осуществляется с уровня потолка внешней комнаты 12 блоками ламп дневного света через стеклянную крышу ЧПП, а также местное освещение в требуемых местах. Мощность подводящей силовой сети ЧПП – 3 кВт.

ЧПП имеет тамбур для переодевания персонала, дверь для ввоза/вывоза крупногабаритных конструкций, форточку для вноса/выноса малогабаритных деталей, дверь для эвакуации персонала из помещения в случае опасности. На рис. 2 приведена фотография ЧПП.

### 3. СИСТЕМА КЛИМАТИЗАЦИИ

Система климатизации предназначена для обеспечения требуемых параметров температуры, влажности и запыленности внутри ЧПП (см. рис. 1,3,4). Система состоит из следующих подсистем:

- **Линия очистки воздуха.** Забор воздуха из ЧПП производится на уровне пола с помощью металлических коробов-воздуховодов вдоль длинных стен (МК) в шести местах. Над потолком ЧПП расположены очищающие фильтры (типа EU3, EU5, HEPA). Очищенный воздух возвращается обратно через потолочные жалюзи в четырех местах вдоль центра помещения (рис.3,4). На рисунках стрелками обозначены направления движения воздуха по воздуховодам, DK22B254, DK22B215, DK22B160 – типы воздуховодов, проведенные сверху потолка ЧПП вдоль трапа, ASGC023 – решетки-распределители воздуха, закрепленные на потолке ЧПП в центральном пролете.
- **Линия притока свежего воздуха.** Система обеспечивает забор свежего воздуха и его подачу внутри ЧПП в четырех местах через потолочные жалюзи вдоль центральной линии. Для поддержания параметров комнаты воздух подогревается и проходит пылезахватывающие фильтры (см. рис.1, 4).
- **Линия кондиционирования воздуха.** Система климатизации включает в себя кондиционер-обогреватель для обеспечения стабильной температуры и требуемой влажности (рис.1). Кондиционер автоматически включается в режиме охлаждения до достижения нижней границей допустимой температуры (20 °С). Одновременно происходит осушение воздуха и в случае выхода уровня влажности ниже допустимой границы (35 %) автоматически включается отдельная увлажнительная установка.

На рис.5 показана фотография части климатической системы ЧПП, размещенная рядом с ЧПП на специально сооруженной антресоли. Система воздуховодов, расположенная над потолком ЧПП вдоль трапа обслуживания, показана на рис.6.

На рис.7 приведены диаграммы испытаний стабильности температуры и влажности в течение нескольких суток. Как видно из приведенных диаграмм, контролируемые параметры не выходили за рамки допустимых пределов в течение двух суток непрерывной работы системы. При длительной работе ведется постоянный автоматический контроль за этими параметрами (с занесением информации в общую базу данных) с помощью размещенных внутри ЧПП датчиков температуры, влажности и чистоты воздуха.

К настоящему моменту система климатизации прошла испытания длительной работы в течение года. Найдены оптимальные режимы согласованной работы обогревающих, охлаждающих и увлажняющих агрегатов. Регулярные измерения пробы воздуха внутри ЧПП с помощью специального счетчика аэрозольных частиц

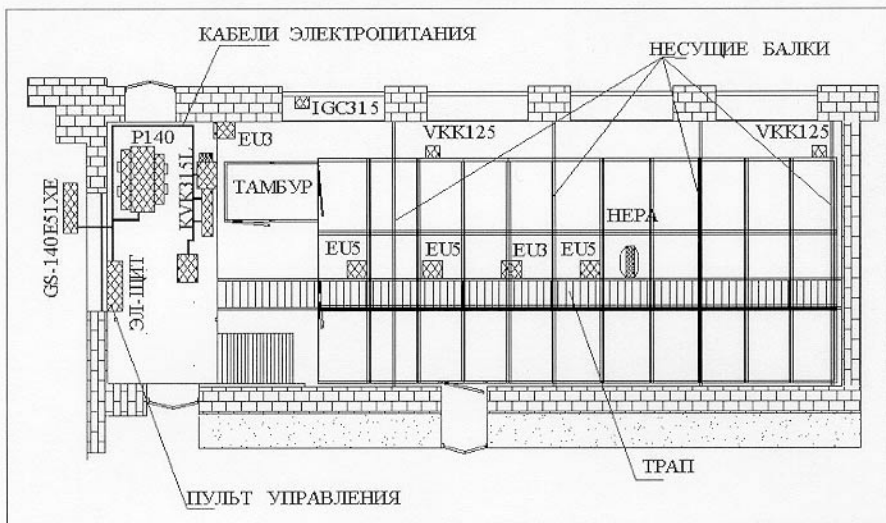


Рис.1: Схема ЧПП: ЕСЗ, ЕС5, НЕРА – фильтры для очистки воздуха, GS-40E51XE – выносной блок кондиционера, P140 – кондиционер, ВКК315L – вентиляторы, ИГС315 – входная вентиляционная решетка, ВКК125 – клапаны для сброса избыточного давления

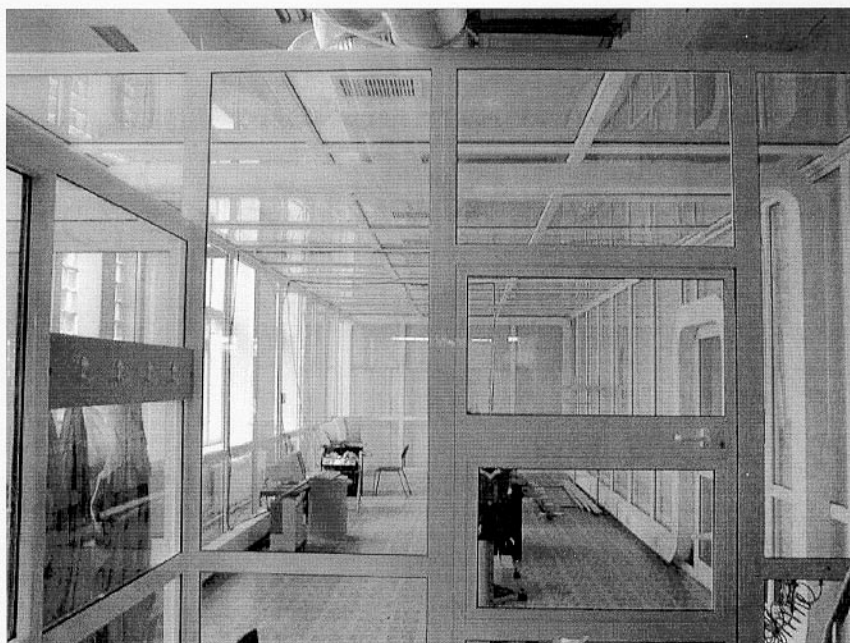


Рис.2: ЧПП (вид со стороны входного тамбура)

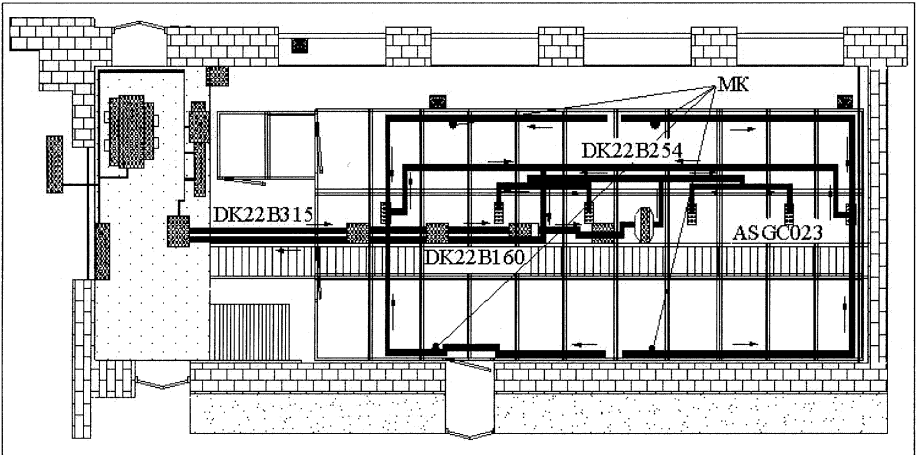


Рис.3: Схема системы очистки воздуха

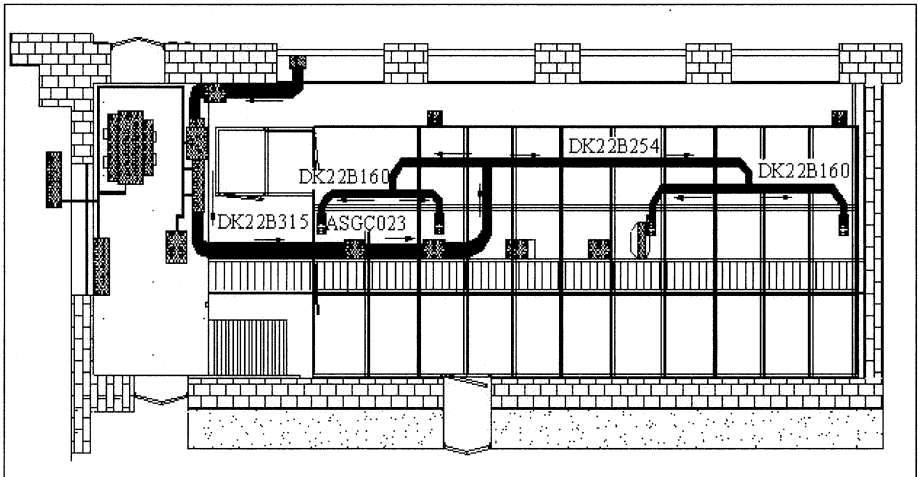


Рис.4: Схема системы притока свежего воздуха

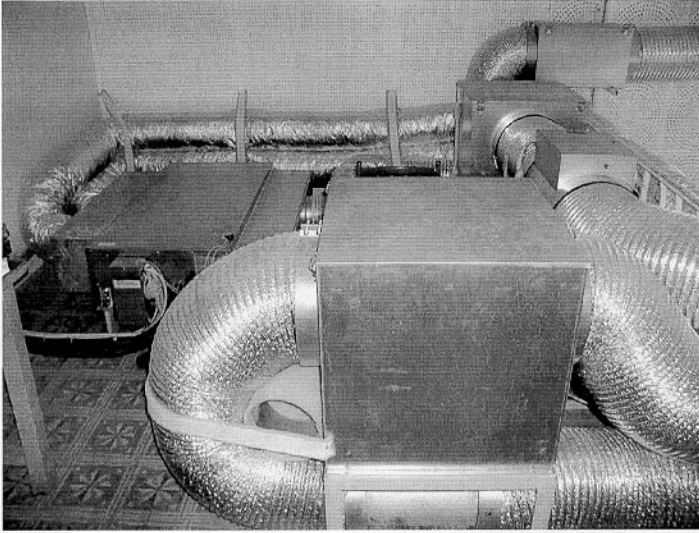


Рис.5: Часть климатической системы ЧПП (кондиционер, каналы воздухозабора, обогрева и очистки воздуха)

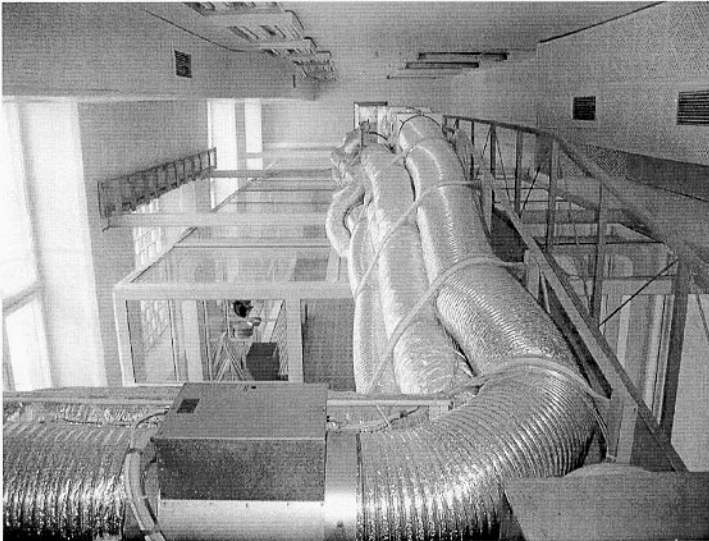


Рис.6: Система воздуховодов, расположенная над потолком ЧПП. Видны корпуса фильтров грубой и тонкой очистки воздуха

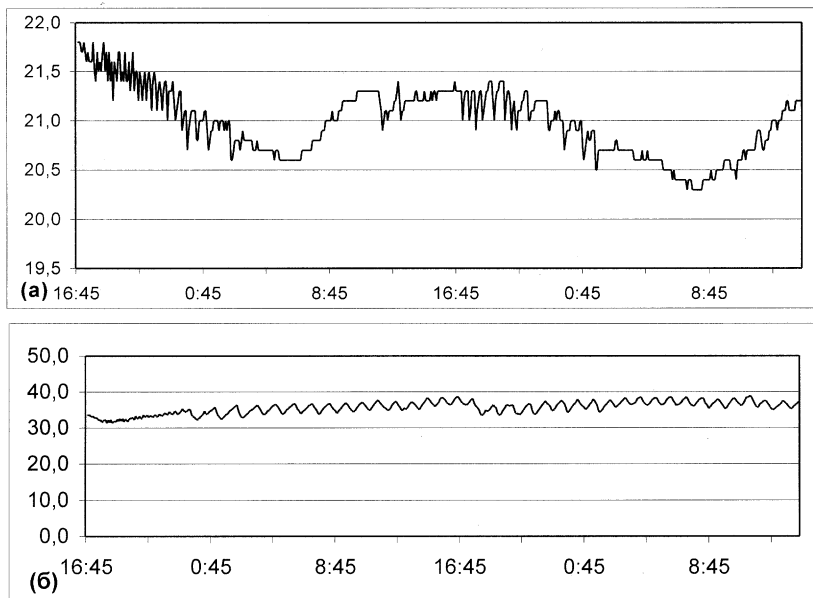


Рис.7: Диаграммы испытаний стабильности температуры (а) и влажности (б) в течение нескольких суток

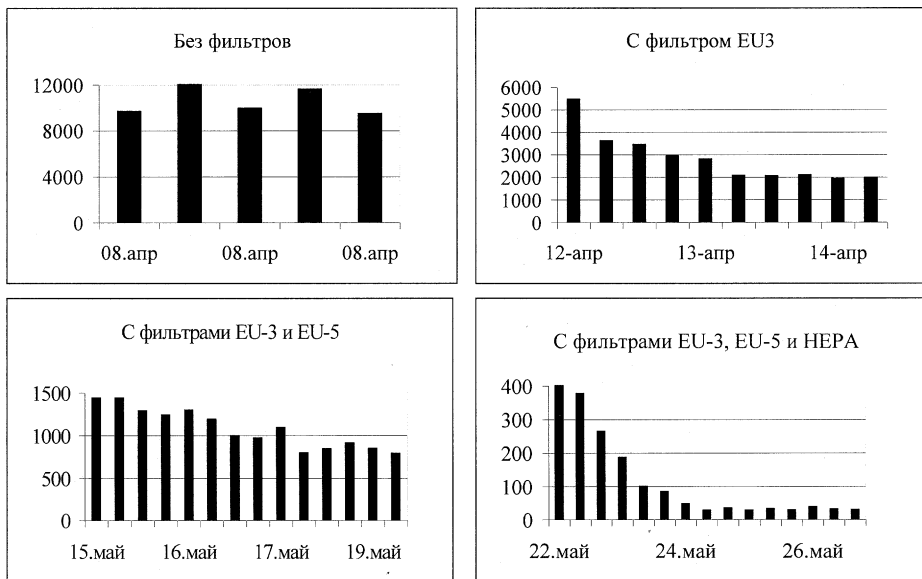


Рис. 8: Результаты измерений чистоты воздуха с последовательным включением пылезаживающих фильтров



Рис.9: Интерьер ЧПП. На переднем плане - линия измерителя диаметра алюминиевой трубы. На заднем – линия сборки дрейфовых трубок

(ПК.ГТА-0,3-002) показали, что необходимый уровень чистоты воздуха достигается в течение суток с начала очистки даже после длительного отключения системы.

На рис. 8 приведены четыре диаграммы, полученные в результате измерений количества пыли в 1 литре воздуха с последовательным включением пылезастывающих фильтров. Как видно из диаграмм, установка более тонко очищающих фильтров заметно влияет на количество пылинок и требуемая чистота (не более 300 пылинок в 1 л) достигается при наличии HEPA-фильтра. Наличие фильтров предварительной очистки заметно продляет ресурсы использования тонких дорогостоящих фильтров.

Температурный режим внутрикомнатного воздуха устанавливается за 3-4 часа. Приток свежего воздуха составляет 20 % от общего объема комнаты в час. Обеспечивается стабильность всех необходимых параметров в пределах допустимых границ.

Внутри ЧПП размещены оборудования для сборки и измерения дрейфовых трубок. На рис.9 приведена фотография интерьера комнаты.

Авторы благодарят сотрудников ЗАО «Дубна-Пласт» за плодотворное сотрудничество, а также руководство института физики Макса Планка (Мюнхен, Германия) за оказание поддержки в создании чистого производственного помещения.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Atlas Muon Spectrometer Technical Design Report. CERN/LHCC/97-22.  
<http://atlasinfo.cern.ch/Atlas/GROUPS/MUON/TDR/Web/TDR.html>.
2. H.Kroha. Quality Assurance and Control Reference Document for ATLAS MDT Chamber Construction. ATL-MUON-2000-008.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 августа 2001 года.

Глonti Г.Л. и др.  
Чистое производственное помещение  
для сборки дрейфовых трубок

P13-2001-179

Представлено описание чистого производственного помещения для сборки дрейфовых трубок мюонного спектрометра эксперимента ATLAS. Высокие требования, предъявляемые к производимым детекторам, потребовали создания рабочего места со стабильной температурой и влажностью и минимальным количеством пыли в помещении. Проверка параметров внутрикомнатного воздуха в течение длительной непрерывной работы подтвердила правильность расчетных характеристик установленной аппаратуры в системе климатизации. Большой рабочий объем помещения ( $\sim 190 \text{ м}^3$ ), мощная и гибкая система климатизации, простота в обслуживании позволяют производить сборку детекторов длиной до 5 м.

Последующий тщательный контроль работоспособности собранных детекторов продемонстрировал высокое качество сборки (процент брака не превышает 2 %), что соответствует критериям качества сборки для массового производства дрейфовых камер мюонного спектрометра.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

#### Перевод авторов

Glonti G.L. et al.  
Clean Industrial Room for Drift Tube Assembling

P13-2001-179

Description of a clean industrial room for assembly of drift tubes for the muon spectrometer of the ATLAS experiment is presented. High quality specifications on the detectors to be produced demanded creation of a workplace with stable temperature and humidity, as well as minimum quantity of dust in the room. Checking of parameters of intra-room air during long period of continuous work has been confirmed correctness of the designed characteristics of the climatic system installed in the clean room. The room large volum ( $\sim 190 \text{ м}^3$ ), the powerful and flexible climatic system, and simplicity of service allow assembling of detectors with length up to 5 m.

Subsequent checking of functionality of the assembled detectors has shown high quality of assembling (the amount of rejected tubes does not exceed 2 %). It demonstrates conformity to the assembling quality requirements for mass production of drift chambers for the muon spectrometer.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор Е.Ю.Шаталова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 05.09.2001  
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 0,88  
Тираж 335. Заказ 52850. Цена 88 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
Дубна Московской области