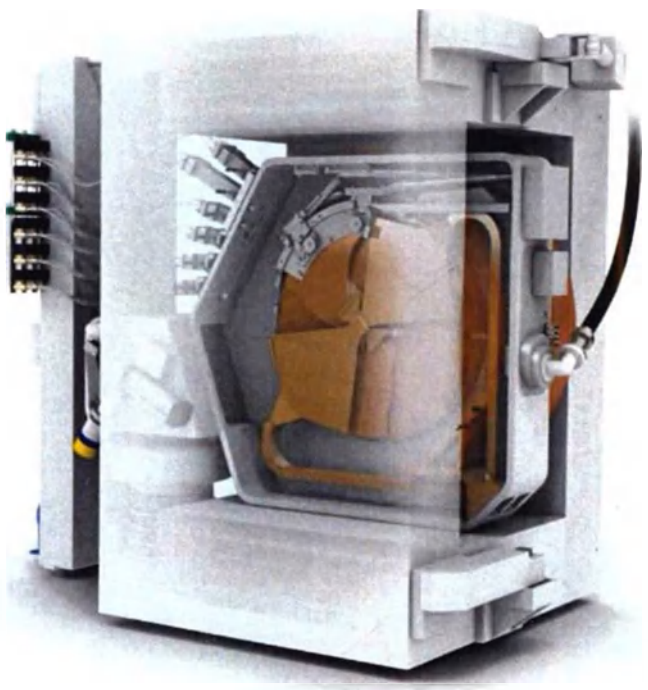
10

GE Healthcare

PETtrace серии 800

Руководство оператора

Класс A



GEMS PET Systems AB
Gamla Börjevägen 4
752 28 Uppsala
Sweden

«Approved»
Karin Granath, General Manager
GEMS PET Systems Aktiebolag
Husbyborg 75228 Uppsala, Sweden
Karin Granath, 7 Dec, 2021

NOTARIUS PUBLICUS I UPPSALA

Распоряжение 5397086-145
Редакция 19

P-1-9

ЭЛЕКТРОННАЯ КОПИЯ ОФОРМЛЕНА ЦЕНТРОМ ИСПЫТАНИЙ И РЕГИСТРАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

It is hereby certified that Karin Gruchy
has/have personally signed this document.

Uppsala, Sweden, December 7, 2021
Ex officio:

Eva Gustafsson, Notary Public

NOTARIUS PUBLICUS I UPPSALA

Notarius Publicus i Uppsala
Vaksalagatan 6
SE-753 20 Uppsala, Sweden
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПЕРЕЧЕНЬ ВНЕСЁННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Ред.	Дата	Причина внесения изменений
19	5 ноября 2019 г.	Добавлена информация о портале клиентской документации. Глава 1: добавлено PETtrace 890. Раздел 2-1: добавлено PETtrace 890. Таблица 17-1: изменено техническое обслуживание системы экстракции. Приложение D: добавлен новый раздел с включением/выключением системы. [PCR 18-393]
18	11 сентября 2019 г.	Раздел 4-2-1: добавлен внешний DVD-привод. [PCR 18-453] Раздел 6-3-1: добавлено начало работы с Dell Optiplex XE3. [PCR 18-453] Раздел 17-12-6: добавлены предостережения относительно уплотнителей Helicoflex™. [PCR 19-173] Раздел 17-12-7: добавлены предостережения относительно уплотнителей Helicoflex™. [PCR 19-173] Раздел A-3: удален. Раздел A-5: изменен.
17	15 мая 2019 г.	Таблица 17-1: добавлена замена шланга рециркуляции воды. [PCR 18-370] Раздел 17-8-5: изменен для включения систем с конденсатоотводчиком. [PCR 18-069] Раздел 17-12-5: изменен с добавлением примечания, нового изображения и ссылки на пиктограмму на самоэкранирующих мишенях $^{18}F^-$ Nb 27. [PCR 18-370] Раздел 17-12-6-4: добавлен новый раздел с инструкциями по техническому обслуживанию мишени для новой конструкции самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27. [PCR 18-370] Раздел 17-12-6-5: самоэкранирующие мишени $^{18}F^-$ Nb 27 переименованы на самоэкранирующие мишени $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения. [PCR 18-370]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ред.	Дата	Причина внесения изменений
16	2 апреля 2019 г.	Раздел 2-1-2: изменена таблица 2-1. [PCR 19-069] Раздел 2-2: добавлен новый раздел с табличкой маркировки оборудования. [PCR 19-069] Раздел 2-3: добавлены паспортные таблички. [PCR 19-069] Разделы 3-3-3 и 10-2: добавлено предупреждение об излучении ^{14}O. [PCR 18-052] Раздел 3-3-3-2: добавлено предупреждение о газообразном ^{13}N в условиях горячей камеры. [PCR 06-173] Раздел 5-4-8: изменен раздел (включая предупреждение) о контейнере для продукта. Новый рисунок. [PCR 14-280] Раздел 6-4-2: добавлено предупреждение (и пояснение) относительно длительного периода производства с включенным пучком. [PCR 13-163] Раздел 7-1-4, приложение B: изменены требования к жидкости. [PCR 16-202] Разделы с 8-1 по 8-3: изменена информация относительно контейнера для продукта (включая новые рисунки). [PCR 14-280] Раздел 11-4: удалены ссылки на контейнер для продукта (не включены в систему мишеней). [PCR 14-280] Раздел 15-3-4: изменены инструкции. Удалена фотоинструкция. Таблица 17-1, источник ионов: добавлена ссылка на график технического обслуживания. [PCR 19-010] Раздел 17-3: добавлен новый раздел со справочной информацией для списка расходных материалов. [PCR 16-206] Раздел 17-8: добавлено предостережение относительно закрытия дверцы LTF. Раздел 17-8-3-1: добавлено предостережение относительно негабаритных бутылок LTF. Раздел 17-12-11-1: объем мишенной воды для самоэкранирующих мишеней $^{18}F^-$ Nb 27 изменен на 2,5–2,8 мл. Раздел A-1-3: рисунок паспортной таблички перенесен в раздел 2. [PCR 19-069]
15	26 ноября 2018 года	Раздел 1-2: обновлены нормативные требования. Раздел 6-4-8: отчет о производстве доступен в виде файла PDF. Раздел 17-7-5: добавлен новый датчик давления в разделах о замене трубок ПЭЭК. Приложение A, таблица A-3: давление изменено на 0,1 ± 0,05. [PCR 18-403] Приложение B: добавлено примечание о требованиях к регулятору. Приложение B, таблица B-1 (Газообразные расходные материалы): изменено значение для охлаждающего газа He на 0,38 ± 0,03 МПа. Приложение B, таблица B-1 (Газообразные расходные материалы): заголовок столбца изменен с «Рекомендованное давление регулятора» на «Рабочее давление». Приложение C: обновлена ссылка на сайт Gensuite. Приложение E: добавлено новое приложение с информацией RoHS II для Китая (только в версии на китайском языке). [PCR 18-407]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ред.	Дата	Причина внесения изменений
14	2 октября 2018 года	*Редакция для валидации продукции (ограниченного распространения)* Главы 2 и 3: добавлена жидкостная мишень ^{68}Ga. Раздел 5-2: добавлено устройство для заливки жидкостных мишеней (LTF) ^{68}Ga. Глава 15: новая глава – «Производство ^{68}Ga». Раздел 17-7: добавлены жидкостная мишень ^{68}Ga и LTF ^{68}Ga. Раздел 17-11: добавлено ^{68}Ga. Новый раздел – «Техническое обслуживание жидкостной мишени ^{68}Ga». Раздел 17-14: обновлена таблица 17-4 (интервал планового технического обслуживания источника ионов). [PCR 18-226] Приложения B и D: добавлено ^{68}Ga. Задняя обложка: изменен контактный адрес веб-сайта.
13	20 февраля 2018 года	Раздел 16-11-6-4: изменена процедура чистки, самоэкранирующие мишени ^{18}F- Nb 27. [PCR 17-197] Раздел 16-11-6-4: добавлен комментарий о замене уплотнительного кольца, самоэкранирующие мишени ^{18}F- Nb 27. [PCR 17-149]
12	15 декабря 2017 года	Раздел 6-4-4: добавлено примечание об авторегулировке условий. [PCR 17-323] Раздел 6-4-5: обновлен с добавлением информации об авторегулировке условий. [PCR 17-323]
11	2 мая 2017 года	Раздел 1-2: обновлены директивы. [PCR 16-135] Добавлена информация о ГОСТ и EAC. [PCR 16-104] Таблица 2-1: P-кат. для самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27 обновлена. [PCR 16-091] Таблицы 2-1: добавлены система мишеней для $^{13}NH_3$ и корпус мишени $^{13}NH_3$. [PCR 17-106] Раздел 3-3: обновлены таблички безопасности. [PCR 16-117] Раздел 5-2: обновлено с учетом информации $^{13}NH_3$. [PCR 17-106] Раздел 5-4-8: добавлено примечание. [PCR 17-106] Глава 9: добавлена новая глава «Производство в мишени $^{13}NH_3$». [PCR 17-106] Таблица 16-1: обновлено с учетом информации $^{13}NH_3$. [PCR 17-106] Раздел 16-11-6-2: добавлен новый раздел «Техобслуживание мишени $^{13}NH_3$». [PCR 17-106] Таблица B-1: добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. Приложение B: обновлено с учетом информации $^{13}NH_3$. [PCR 17-106] Добавлено замечание о газах. [PCR 15-126] Приложение C: ссылки удалены. [PCR 16-238]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ред.	Дата	Причина внесения изменений
10	26 января 2016 года	Таблица 2-1: Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Гл. 7: Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Разд. 7-1-2: Максимальная сила тока пучка мишени ^{18}F- Nb 25 изменена на 65 мкА. Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Таблица 7-1: Максимальная сила тока пучка мишени ^{18}F- Nb 25 изменена на 65 мкА. Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Таблица 15-1: Добавлен интервал технического обслуживания самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Разд. 15-11: Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. К предупреждению PPE добавлена информация об использовании обуви со стальным носком. [PCR 15-193] Разд. 15-11-6-2: Добавлена процедура тщательной очистки мишени ^{18}F- Nb 25 Разд. 15-11-6-3: Добавлено техническое обслуживание самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Изображения на экране главной системы обновлены для отражения главных изменений при эксплуатации версии 3.2. [PCR 15-193]
9	12 августа 2015 года	Разд. 1-2: Обновлены стандарт по электромагнитной совместимости и Директива по низковольтному оборудованию. [PCR 15-122] Глава 2: Исключен раздел Директивы WEEE. [PCR 14-155] Рисунок 5-19: Обновлен. [PCR 13-135] Разд. 15-11-6: Обновлен раздел по очистке жидкостных мишеней. [DCR 14-308] Приложение C: Добавлено приложение по новой оценке риска для безопасности.
8	15 августа 2013 года	Разд. 15-2: Добавлена информация по безопасности. [PCR 13-170]
7	20 мая 2013 года	Разд. 3-3-1-1: Панель управления компрессией воздуха добавлена в качестве места расположения предупреждающего знака. [PCR 13-121] Разд. 4-4-1: Добавлены инструкции быстрого отключения для панели управления компрессией воздуха на ПЛК. [PCR 13-121]
6	8 апреля 2013 года	Разд. 3-3-1-1: Для панели управления компрессией воздуха добавлен символ опасности поражения электрическим током. [PCR 08-249] Рисунки 6-1, 6-5, 6-13, 6-15: Обновлены для версий ПК Lynx 2.2. [PCR 13-078] Разд. 15-11: Обновлено предупреждение.
5	27 февраля 2013 года	Разд. 3-3-1-1: Добавлена информация об использовании в условиях ограниченного пространства.
4	9 октября 2012 года	Разд. 3-3-1-6: Добавлен новый раздел по табличкам на защитных полиэкранах. [PCR 12-124] Разд. 12-3: Внесены изменения в информацию о продувке трубок и предупредительных знаках. [PCR 12-226] Разд. 13-3-8: Удален шаг 2 (предупредительный знак потока 1). [PCR 12-151]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ред.	Дата	Причина внесения изменений
3	5 июля 2012 года	Разд. 3-3-1-1, 3-3-1-2: Добавлен предупредительный знак о шумовом уровне. [PCR 12-106] Таблица 11-1: Изменено стандартное значение силы тока пучка на 25 мкА. [PCR 12-188] Рисунок 11-2: Изменено стандартное значение силы тока пучка на 25 мкА. [PCR 12-188] Разд. 15-6-5-1: Изменен рисунок для шага 1. Разд. 15-6-5-2: Изменен рисунок для шага 4. Таблица B-1: Изменены значения давления. [PCR 12-100]
2	12 декабря 2011 года	Разд. 3-3-1: Изменен предупредительный знак для мишеней [PCR 08-038] Разд. 3-3-3: Добавлены предупредительные знаки без текста. [PCR 11-293] Удален предупредительный знак на системе управления химической обработкой. Разд. 5-3, 5-4: Предупредительные таблички без текста на панелях/блоках. [PCR 11-293]
1	30 марта 2011 года	Разд. 3-3-1-6: Добавлен новый раздел с табличкой безопасности для устройства заливки жидкостных мишеней пок. II. Рисунок 5-2: Изменено. Разд. 5-6 (Подача реагентов) перенесен в новое приложение B. Таблица 5-2: Удалены технические требования к газовому регулятору. [PCR 08-084] Разд. 6-4, 9-2, 9-4: Изменена информация о работе мишеней $^{11}CO_2$. [PCR 09-297] Разд. 7-3: Удалена информация о предварительном облучении. [PCR 10-068] Разд. 9-2-5: Добавлена предупредительная надпись. Разд. 10-3-3: Добавлена предупредительная надпись. Рисунок 15-1: Изменено.
0	27 января 2011 года	Утверждение.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПОРТАЛ КЛИЕНТСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Руководства могут быть загружены с портала клиентской документации (CDP).

Войдите на портал клиентской документации через https://www.gehealthcare.com/documentationlibrary.

1 В выпадающем меню **Modality** (Модальность) выберите **Radiopharmacy Cyclotrons** (Радиофармакологические циклотроны).

2 Выберите продукт.

3 По желанию выберите тип и язык документа.

4 Щелкните кнопку **Search** (Поиск).

Регулярно проверяйте CDP на наличие изменений.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ 19
1-1 Система PETtrace 800 19
1-2 Соответствие нормативным требованиям 19
1-3 Руководство оператора 20

2 ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И МАРКИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ 21
2-1 Введение 21
2-1-1 Циклотрон PETtrace 800 21
2-1-2 Дополнительные опции 21
2-1-3 Стандартные конфигурации системы PETtrace 800 25
2-2 Табличка маркировки оборудования 25
2-3 Паспортные таблички 26
2-4 Переработка и утилизация элементов питания 28

3 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ 29
3-1 Введение 29
3-2 Соответствие нормативным требованиям 29
3-3 Предупреждающие знаки и предостережения 30
3-3-1 Помещение циклотрона 30
3-3-2 Аппаратное помещение 37
3-3-3 Радиохимическая лаборатория 38
3-3-4 Аппаратная 44
3-4 Порядок действий в аварийных ситуациях 44
3-4-1 Аварийные выключатели 44
3-4-2 Аварийные ситуации 45
3-5 Техника безопасности 47
3-5-1 Ответственный инженер 47
3-5-2 Практические меры техники безопасности 47
3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации 48
3-5-4 Ежедневный технический осмотр 49
3-5-5 Режим работы при перебоях в электроснабжении 49
3-5-6 Процедура повторного запуска 50
3-5-7 Сбои в системе 50

4 СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ 51
4-1 Общие сведения 51
4-2 Централизованной системы управления (ЦСУ) 51
4-2-1 Компоненты Централизованной системы управления 52
4-2-2 Соединения Централизованной системы управления 52
4-2-3 Пользовательский интерфейс 52
4-3 Блок управления вакуумом 53
4-3-1 Функции и элементы управления передней панели 53
4-3-2 Индикация параметров вакуума 54

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4-4 Подвесной пульт управления дверью ... 55
4-4-1 Функции управления ... 55
4-4-2 Звуковой сигнал системы радиационной защиты ... 57
4-4-3 Правила техники безопасности ... 57
4-5 Отсек для обработки (доп. опция) ... 58

5 ХИМИЯ И КОМПОНЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ... 61
5-1 Общие сведения ... 61
5-2 Панель мишени ... 61
5-2-1 Компоненты панели мишеней ... 61
5-2-2 Устройства для заливки жидкостных мишеней (дополнительная опция) ... 63
5-3 Отсек для обработки (доп. опция) ... 65
5-3-1 Панели для обработки (дополнительная опция) ... 67
5-4 Компоненты, расположенные в горячей камере ... 68
5-4-1 Панели для продукции (дополнительная опция) ... 68
5-4-2 Панель подачи газов для производства FDG (дополнительная опция) ... 69
5-4-3 Панель подачи газов для производства MeI (дополнительная опция) ... 69
5-4-4 Панель для $^{18}F_2$-протон (дополнительная опция) ... 70
5-4-5 Панель для отходов (дополнительная опция) ... 73
5-4-6 Ловушка с натронной известью для F_2 (дополнительная опция) ... 74
5-4-7 Процессы производства воды, меченой ^{15}O (дополнительная опция) ... 75
5-4-8 Установка для производства аммиака (дополнительная опция) ... 76
5-4-9 Панель клапанов переключения мишеней (дополнительная опция) ... 79
5-5 Система переключения мишеней (дополнительная опция) ... 79
5-5-1 Элементы системы переключения мишеней ... 80
5-5-2 Инструкции по эксплуатации ... 82

6 ОБЗОР ИНСТРУКЦИЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ... 85
6-1 Введение ... 85
6-2 Ежедневный технический осмотр ... 85
6-2-1 Ускоритель ... 85
6-2-2 Радиохимическая система (дополнительная опция) ... 86
6-3 Запуск системы ... 87
6-3-1 Запустите и войдите в централизованную систему управления ... 87
6-3-2 Запуск циклотрона ... 89
6-4 Производство ... 89
6-4-1 Выбор и редактирование файлов параметров ... 91
6-4-2 Работа с двойным пучком и протонами/дейтронами ... 91
6-4-3 Проверка мишени на утечку ... 93
6-4-4 Выбор производственного процесса ... 94
6-4-5 Запуск облучения ... 97
6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) ... 99
6-4-7 Химическая обработка (дополнительная опция) ... 100
6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции ... 101

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла 105
6-5-1 Завершение работы системы 105
6-5-2 Подача реагентов 106
6-6 Контроль качества 107

7 ПРОИЗВОДСТВО ФТОРИДА $^{18}F^-$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 109
7-1 Введение 109
7-1-1 Величины давления гелия 109
7-1-2 Сила тока пучка 109
7-1-3 Внутри мишени 110
7-1-4 Качество воды 110
7-2 Подготовка 111
7-3 Производство 112
7-3-1 Стандартизованная технология для производства $^{18}F^-$ изотопов ... 112
7-3-2 Производство $^{18}F^-$ фторида 112
7-4 Операции, выполняемые после производственного цикла 114
7-4-1 Промывка мишени 114
7-4-2 Просушивание мишени 115
7-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона 115

8 ПРОИЗВОДСТВО ^{13}N-АММИАКА (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 117
8-1 Подготовка 117
8-1-1 Подключение воды для мишени 117
8-1-2 Проверка емкости для отходов и отвода отработанных газов 118
8-1-3 Распаковка одноразовых расходных компонентов 119
8-1-4 Подготовка кассеты 119
8-1-5 Загрузка кассеты 122
8-1-6 Сборка одноразовых расходных компонентов 123
8-2 Производство аммиака 124
8-2-1 Выбор производственного процесса 125
8-2-2 Запуск облучения 125
8-2-3 Выгрузка аммиака 125
8-2-4 Производство ^{13}N-аммиака 126
8-2-5 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции 127
8-3 Процедуры, выполняемые после производства аммиака 127
8-3-1 Выемка продукта 128
8-3-2 Выемка кассеты 128
8-3-3 Очистка 128
8-3-4 Общие процедуры, выполняемые после производства 128

9 ПРОИЗВОДСТВО В МИШЕНИ $^{13}NH_3$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНО) 129
9-1 Введение 129
9-1-1 Величины давления гелия 129
9-1-2 Сила тока пучка 130
9-1-3 Внутри мишени 130
9-1-4 Качество среды мишени 130

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9-2 Подготовка ... 132
9-2-1 Подготовка мишенной среды ... 134
9-3 Производство ... 134
9-3-1 СРП для производства изотопа $^{13}NH_3$ ... 134
9-3-2 Производство в мишени $^{13}NH_3$ ... 135
9-4 Операции, выполняемые после производственного цикла ... 136
9-4-1 Промывка мишени ... 136
9-4-2 Просушивание мишени ... 137
9-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона ... 137

10 ПРОИЗВОДСТВО ГАЗООБРАЗНЫХ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ^{11}C (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) ... 139
10-1 Подготовка ... 139
10-1-1 Основная подготовка ... 139
10-2 Производство ... 140
10-2-1 Проверка мишени на утечку и цикл опорожнение/заполнение мишени ... 140
10-2-2 Производство ^{11}C-CO_2 для дальнейшей обработки ... 142
10-2-3 Производство ^{11}C-CO_2 для прямого использования ... 143
10-2-4 Производство ^{11}C-CO_2 ... 144
10-2-5 Производство ^{11}C-CO ... 145
10-2-6 Производство ^{11}C-HCN ... 148
10-3 Операции, выполняемые после производственного цикла ... 150
10-4 Условия эксплуатации и особенности работы с $^{11}CO_2$ HP ... 151
10-4-1 Условия эксплуатации ... 151
10-4-2 Особенности работы с мишенями ... 151

11 ПРОИЗВОДСТВО РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ^{15}O (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) ... 153
11-1 Введение ... 153
11-2 Подготовка ... 153
11-2-1 Основная подготовка ... 153
11-2-2 Предварительный нагрев термостатов ... 154
11-3 Производство газообразного ^{15}O ... 156
11-3-1 Проверка мишени на утечку и цикл опорожнение/заполнение мишени ... 156
11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2 ... 157
11-3-3 Производство газообразного ^{15}O-CO ... 159
11-3-4 Производство газообразного ^{15}O-CO_2 ... 161
11-4 Производство воды, меченой ^{15}O ... 163
11-4-1 Производство воды, меченной ^{15}O, с помощью системы для производства воды ... 164
11-4-2 Производство воды, меченой ^{15}O, с помощью дополнительной установки для производства воды (автономное производство воды, меченой ^{15}O) ... 168

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 ПРОИЗВОДСТВО МЕТАНА $^{11}CH_4$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 173
12-1 Подготовка 173
12-2 Производство 173
12-2-1 Проверка мишени на утечки 175
12-2-2 Опорожнение мишени в отходы 175
12-2-3 Заполнение мишени 175
12-2-4 Предварительное облучение 176
12-2-5 Производство 177
12-3 Операции, выполняемые после производственного цикла 178
12-3-1 Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени свежим газом 178
12-3-2 Общие процедуры, выполняемые после производства 178

13 ПРОИЗВОДСТВО $^{18}F_2$ ИЗ ДЕЙТРОНОВ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 179
13-1 Подготовка 179
13-1-1 Трубки панели для продукции в горячей камере 180
13-1-2 Трубки для отходов в горячей камере 180
13-1-3 Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон (2–3 раза) 180
13-2 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов 182
13-3 Процедуры, выполняемые после производства фтора $^{18}F_2$ 183
13-3-1 Общие процедуры, выполняемые после производства 183
13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 183

14 ПРОИЗВОДСТВО $^{18}F_2$ ИЗ ПРОТОНОВ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 185
14-1 Обзор 186
14-2 Подготовка 187
14-2-1 Порядок проверки перед производством 187
14-2-2 Основная подготовка 188
14-2-3 Заполнение резервуара для $^{18}O_2$ 189
14-3 Производство $^{18}F_2$ из протонов 190
14-3-1 Запуск системы 190
14-3-2 Проверка на утечку мишени и панели для $^{18}F_2$-протонов 191
14-3-3 Выбор производственного процесса 191
14-3-4 Запуск первого облучения (кадр 1) 193
14-3-5 Заполнение жидким N_2 193
14-3-6 Остановка первого облучения 194
14-3-7 Завершение первого цикла производства и отчет о произведенной продукции 194
14-3-8 Запуск второго облучения (кадр 2) 195
14-3-9 Остановка облучения 198
14-3-10 Завершение второго цикла производства и отчет о произведенной продукции 198
14-4 Процедуры, выполняемые после производства фтора $^{18}F_2$ 198
14-4-1 Откачка мишени системой (из окна Maintenance (Техобслуживание)) . 198
14-4-2 Общие процедуры, выполняемые после производства 198

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-5 Техобслуживание, выполняемое с помощью централизованной системы управления ... 198
14-5-1 Заполнение 18O2 ... 199
14-5-2 Заполнение F2+He ... 200
14-5-3 Заполнение аргоном (Ar) ... 200
14-5-4 Восстановление кислорода ... 200
14-5-5 Выгрузка продукта ... 200
14-5-6 Откачка мишени ... 200
14-5-7 Откачка системы ... 201
14-5-8 Проверка на утечку ... 201
14-5-9 Проверка контура заполнения на утечку ... 201
14-5-10 Проверка движения подъемника вверх и вниз ... 201

15 ПРОИЗВОДСТВО ^{68}GA (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) ... 203
15-1 Введение ... 203
15-2 Подготовка ... 203
15-2-1 Приготовление раствора [^{68}Zn] цинка нитрата ... 205
15-2-2 Приготовление раствора азотной кислоты ... 208
15-3 Производство ... 210
15-3-1 СТП изотопа ^{68}Ga ... 210
15-3-2 Производство в мишени ^{68}Ga ... 210
15-3-3 Неполная выгрузка или неполная активность ... 212
15-3-4 Разрыв фольги во время излучения ... 213
15-4 Операции, выполняемые после производственного цикла ... 213
15-4-1 Чистка мишени ... 213
15-4-2 Просушивание мишени ... 214
15-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона ... 214

16 ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В ТВЕРДЫХ МИШЕНЯХ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) ... 215
16-1 Введение ... 215
16-2 Подготовка ... 215
16-3 Производство ... 215
16-4 Операции, выполняемые после производственного цикла ... 216

17 ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ ... 217
17-1 Введение ... 217
17-2 Информация по безопасности ... 217
17-2-1 Оценка риска (RA) ... 218
17-3 Запасные части и расходные материалы ... 218
17-4 График выполняемого оператором техобслуживания ... 219
17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) ... 224
17-5-1 Выключение термостата ... 225
17-5-2 Заполнение стеклянной трубки ... 225
17-5-3 Замена стеклянной трубки ... 225

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-6 Замена молекулярного сита в термостате OC1A (установки для производства ^{11}C) 226
17-6-1 Выключение термостата 226
17-6-2 Опорожнение термостата 226
17-6-3 Заполнение молекулярным ситом 226
17-6-4 Активация ловушки 227
17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) 227
17-7-1 Выключение термостатов 227
17-7-2 Замена абсорбера 227
17-8 Замена емкостей и трубок LTF 228
17-8-1 Завершение работы циклотрона 228
17-8-2 Открывание дверей системы радиационной защиты 229
17-8-3 Операции с сосудами LTF и иглами 230
17-8-4 Замена сосудов 231
17-8-5 Замена трубок из ПЭЭК 233
17-8-6 Замена трубки из материала Tefzel, ведущей к горячей камере 238
17-8-7 Закрывание дверей системы радиационной защиты 239
17-9 Замена ловушки с натронной известью 240
17-9-1 $^{18}F_2$-протон 240
17-9-2 $^{18}F_2$-дейтрон 240
17-10 Очистка протонной панели для $^{18}F_2$ 241
17-11 Замена предохранителя в блоке управления протонной установкой $^{18}F_2$ 242
17-12 Техобслуживание мишени 243
17-12-1 Особые меры предосторожности в случае разрыва мишенной фольги 244
17-12-2 Инструменты, необходимые для техобслуживания мишеней 244
17-12-3 Запасные части 245
17-12-4 Отключение мишени 246
17-12-5 Снятие мишени 247
17-12-6 Техобслуживание жидкостных мишеней 250
17-12-7 Техобслуживание газовых мишеней 303
17-12-8 Установка мишени на место 320
17-12-9 Подключение мишени 322
17-12-10 Проверка мишени на утечку 322
17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней 323
17-12-12 Процедура кондиционирования газовых мишеней 324
17-13 Замена фильтра мишени (только для жидкостных мишеней) 325
17-14 Обновление базы данных системы (при замене расходных материалов) 326
17-15 График планового техобслуживания 327

A СИСТЕМА BEAM LINE (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ) 331
A-1 Безопасность оператора 331
A-1-1 Предупреждающие знаки и предостережения системы Beam Line 331
A-1-2 Предупреждающие таблички на системе Beam Line 332
A-1-3 Паспортная табличка 334
A-1-4 Средства защитной блокировки 334

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-2 Средства управления и отображения информации 335
A-2-1 Общие сведения 335
A-2-2 Централизованная система управления 335
A-2-3 Блок управления вакуумом (VCU) системы Beam Line 336
A-3 Инструкции по эксплуатации 338
A-3-1 Запуск системы 338
A-3-2 Производство с использованием системы Beam Line 339
A-4 Предлагаемые настройки тока магнита при запуске системы Beam Line 345
A-5 Выполняемое оператором техобслуживание 346
A-6 Предохранители 346
A-6-1 Комплект автоматического выключателя к системе Beam Line 346
A-7 Расходные материалы 348

B ПОДАЧА МАТЕРИАЛОВ 349

C ОЦЕНКА РИСКА (RA) 353

D ВКЛЮЧЕНИЕ/ВЫКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ 355
D-1 Включение системы 355
D-2 Выключение системы 356

E ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ЗАКАЗА 357
E-1 Расходные материалы для производства аммиака 357
E-2 Реактивы 357

УКАЗАТЕЛЬ 360

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство применимо к циклотронным системам PETtrace серии 800 (например: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880 и PETtrace 890). Эти системы в настоящем руководстве именуются PETtrace 800.

1-1 Система PETtrace 800

Система GE PETtrace 800 представляет собой единую систему производства радиофармпрепаратов для ПЭТ, в состав которой входят циклотрон отрицательных ионов с системой управления, рабочая станция оператора, а также (в качестве дополнительных опций) системы мишеней и системы химической обработки.

1-2 Соответствие нормативным требованиям

PETtrace 800 отмечена символом CE в соответствии со следующими директивами:

- EMCD 2014/30/EU относительно электромагнитной совместимости.
- LVD 2014/35/EU относительно изделий с низким напряжением.

Маркировка CE

Маркировка CE действительна для PETtrace 800 только тогда, когда:

- оборудование подключено в соответствии с описанием в документации пользователя,
- оборудование используется в том же состоянии, в котором оно было доставлено компанией GE Healthcare (кроме изменений, описанных в пользовательской документации).

PETtrace 800 отмечено символами (ГОСТ[1]) **и** EAC

Продукт соответствует всем применимым требованиям и техническим нормам стран – членов Таможенного союза (России, Беларуси, Казахстана, Армении и Кыргызстана).

PETtrace 800 прошла испытания на безопасность в соответствии с требованиями следующего стандарта:

- EN 61010-1 ред. 3:2010, по требованиям по безопасности к электрическому оборудованию для измерений, контроля и использования в лабораториях.

Степень вреда окружающей среде	2
Категория установки	2

1 Этикетка ГОСТ прикрепляется только к системам, поставляемым в Россию.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

PETtrace 800 прошла испытания на электромагнитную совместимость в соответствии с требованиями следующего стандарта:

- EN 61326-1:2013, по электромагнитному излучению и защите от него.

Соответствие требованиям по уровню электромагнитного излучения:

Класс A	PETtrace 800 предназначена для промышленного использования. PETtrace 800 не переназначена для использования в жилых помещения или в помещениях, имеющих прямое соединение с низковольтной сетью электропитания, предназначенной для подачи тока в здания, использующиеся в качестве жилых помещений.
Группа 1	PETtrace 800 использует РЧ (радиочастотную) энергию только для внутреннего функционирования.

1-3 Руководство оператора

Руководство оператора содержит необходимые сведения, призванные помочь обученным техникам-лаборантам использовать систему PETtrace 800 для производства радиофармпрепаратов. Руководство содержит описание имеющихся аппаратных средств управления и химико-технологического оборудования. Кроме того, в руководстве оператора приводятся инструкции по эксплуатации, которые помогут работать с наиболее важными программными меню.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2 ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И МАРКИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

2-1 Введение

Основой системы PETtrace 800 является компактный циклотрон отрицательных ионов. Данная система может быть настроена на производство различных радиоизотопов для ПЭТ. Основные компоненты системы PETtrace 800 представлены на Рис. 2-1.

Дополнительную информацию о системах PETtrace 800 см. в разделе *PETtrace 800 series Service Manual – Accelerator (dup. 2169047-100).*

Раздел 2-3 Паспортные таблички на странице 26 описывает расположение паспортных табличек в системах PETtrace 800.

2-1-1 Циклотрон PETtrace 800

Составными частями циклотрона PETtrace 800 являются:

- Ускоритель, включая системы обслуживания магнита, ВЧ, вакуумной установки, источника ионов и вывода пучка
- Шесть гнезд для установки мишеней
- Система управления ускорителем
- Централизованнаясистема управления с контролем со стороны оператора
- Электронные блоки и источники питания
- Система водяного охлаждения с блоком вторичного охлаждения
- Энергораспределительная система

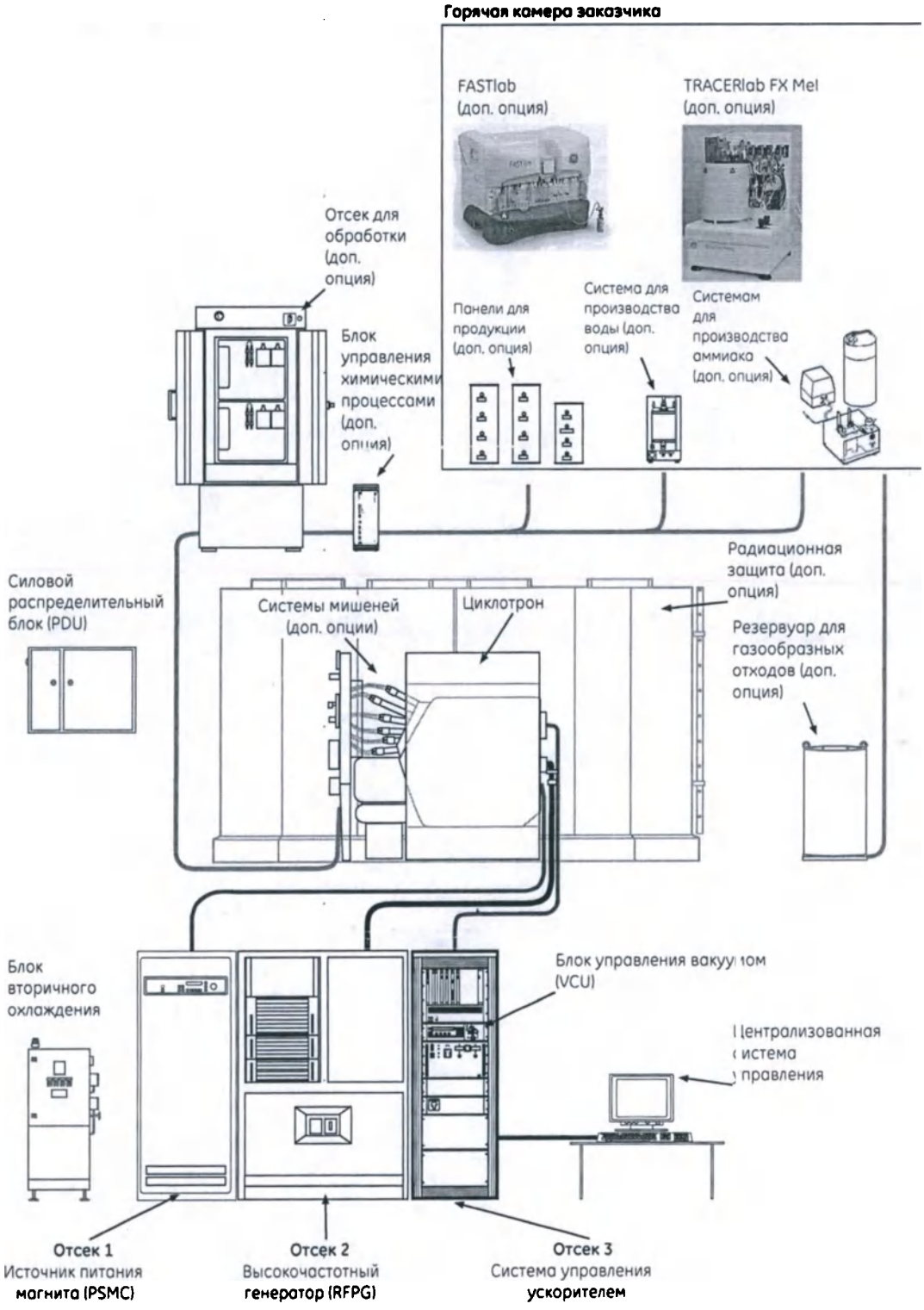
2-1-2 Дополнительные опции

Циклотрон PETtrace 800 можно настроить на выработку протонов или дейтронов в режиме одиночного или двойного пучка. Путём добавления опций систем мишеней и химической обработки система PETtrace 800 способна производить наиболее распространенные ПЭТ-изотопы. Таблица 2-1 содержит перечень наиболее распространённых дополнительных опций.

За получением дальнейшей информации относительно возможности заказа дополнительных опций и систем химической обработки обращайтесь в ближайшее представительство компании GE Healthcare.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 2-1: Система PETtrace 800



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-1: Дополнительные опции системы PETtrace 800

Позиция	Номер по каталогу
Система ускорения протонов	P5220JD
Система ускорения дейтронов	P5220JB
Двойная экстракция	P5220JC
Система стандартных мишеней для $^{11}CO_2$	P5230JC
Система мишеней для $^{11}CO_2$ HP	P5260LF
Система мишеней для $^{11}CH_4$	P5260ME
Система мишеней для ^{13}N и установка для производства аммиака	P5260NG
Система мишеней для $^{13}NH_3$	S9120MC
Система жидкостных мишеней для ^{68}Ga	S9120MF
Система мишеней для ^{15}O	P5230JD
Система мишеней для $^{18}F^-$ Nb 25	P5260NF
Система самоэкранирующих мишеней для $^{18}F^-$ Nb 27	P5280VM
Дейтронная система мишеней для $^{18}F_2$	P5230JE
Протонная система мишеней для $^{18}F_2$ для сетей с частотой 50 Гц	P5260MB
Протонная система мишеней для $^{18}F_2$ для сетей с частотой 60 Гц	P5260MC
Протонная система мишеней для $^{18}F_2$ для сетей с напряжением 100 В	P5260MF
Система обработки газообразных веществ для ^{11}C	P5260JC
Система обработки газообразных веществ для ^{15}O	P5260JB
Установка для производства воды, меченой изотопом ^{15}O	P5260JA
Отсек для обработки, экранированный	P5260PC
Система для газообразных отходов	P5260JE
Система переключения мишеней	P5260JP
Клиентская станция	P5260QL

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

За отдельную плату можно приобрести также корпуса мишеней.

Позиция	Номер по каталогу
Корпус стандартной мишени для $^{11}CO_2$	P5230JH
Корпус мишени для $^{11}CO_2$ HP	P5260LG
Корпус мишени $^{11}CH_4$	P5260MD
Корпус мишени ^{13}N	P5230JG
Корпус мишени $^{13}NH_3$	P5280VL
Корпус жидкостной мишени ^{68}Ga	P5260NL
Корпус мишени ^{15}O	P5230JJ
Корпус мишени для ^{18}F- Nb 25	P5260NC
Корпус самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27	P5280VP
Корпус мишени для $^{18}F_2$-дейтрон	P5230JK
Корпус мишени для $^{18}F_2$-протон	P5260MA

У циклотрона PETtrace 800 есть четыре стандартные конфигурации: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880 и PETtrace 890. Для обновления вашей системы PETtrace 800 до более высокого стандарта производительности, обратитесь к местному торговому представителю компании GE Healthcare.

Сила тока для всех мишеней определяется в зависимости от установленной опции и управляется с помощью программного ключа. Программный ключ устанавливается на определенном компьютере в момент поставки системы PETtrace 800 и действует только для этого компьютера.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-1-3 Стандартные конфигурации системы PETtrace 800

У циклотрона PETtrace 800 есть три стандартные конфигурации в зависимости от требований, предъявляемых заказчиком к току пучка. См. Таблица 2-2.

Таблица 2-2: Стандартные конфигурации системы PETtrace 800

			Количество/тип мишеней	
	Ток пучка протонов[1]	Ток пучка[1] дейтронов[2]	^{18}F- Nb 25	Самоэкранирующая ^{18}F- Nb 27
PETtrace 840	60 мкА	60 мкА	1	
PETtrace 860	100 мкА	60 мкА	2	
PETtrace 880	130 мкА[3]	60 мкА	2	
PETtrace 890	160 мкА[3]	60 мкА	Н/п	2

1 Общий ток пучка протонов на любой мишени или нескольких мишенях.

2 Позиция

3 Предназначено для двойного пучка. Максимальный ток 100 мкА на одном разъеме пучка.

Систему PETtrace 800 можно сконфигурировать для работы с различными мишенями и системами обработки и использовать в производстве различных радиоактивных изотопов для ПЭТ.

В зависимости от того, какой радиофармпрепарат предполагается получать, может возникнуть необходимость использования пучка дейтронов, в дополнение к стандартной возможности бомбардировки ускоренным пучком протонов.

Более подробную информацию см. *в таблицах технических характеристик PETtrace серии 800.*

2-2 Табличка маркировки оборудования

Табличка маркировки оборудования прикреплена к циклотрону для идентификации всей циклотронной системы, см. Таблица 2-3.

Таблица 2-3: Табличка маркировки оборудования

Система	Табличка маркировки оборудования	Расположение
Циклотронная система PETtrace серии 800	GEMS PET Systems AB Uppsala · Made in Sweden Model: 5807840-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PETtrace 800 series	В задней части магнитной двери

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-3 Паспортные таблички

Паспортные таблички прикреплены к некоторым подсистемам циклотрона. Стандартное расположение на элементах перечислено в таблицах ниже, но точное расположение может незначительно отличаться.

Таблица 2-4 перечисляет паспортные таблички на подсистемах, которые всегда включены в системы PETtrace 800. Таблица 2-5 перечисляет паспортные таблички на системах, которые доступны в качестве дополнительных опций.

Обращайте внимание на паспортные данные компонентов системы. Эти данные определяют степень опасности аппаратуры и узлов, находящихся под напряжением. Однако степень опасности других узлов оборудования может быть еще выше, как описано в Глава 3 Охрана труда и техника безопасности.

Таблица 2-4: Паспортные таблички стандартных подсистем

Система	Паспортная табличка	Расположение
Отсек 3	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5391362-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PT 800 Series CAB3 380/415/480 V~ 3Ph,N,PE 50/60Hz 7kVA	На задней дверце (питание от главного распределительного щита (ГРЩ))
Генератор тока ВЧ	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5307744-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PT 800 Series RFPG 380/415/480 V~ 3Ph,PE 50/60Hz 28kVA	На задней крышке (питание от ГРЩ)
Магнитные катушки блока питания	Табличка, прикрепленная Danfysik	Передняя дверца (питание от ГРЩ)
Трансформатор СРБ	Табличка, прикрепленная Noratel	На боковой панели (питание от ГРЩ)
Блок вторичного охлаждения	Табличка, прикрепленная Swedewater	Возле сетевого входа (питание от ГРЩ)
Компьютеры (главный, сервисный ноутбук и клиентский)	Табличка, прикрепленная Dell	Адаптеры AC/DC (питание от розетки)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-5: Паспортные таблички дополнительных систем

Система	Паспортная табличка	Расположение
Система Beam Line	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5728016-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PT BEAM LINE SYSTEM 380/400/415/480 Vac~ 50/60Hz 15kVA	Задняя дверца отсека системы Beam Line (питание от ГРЩ)
Протонная система мишеней для $^{18}F_2$	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: UP912385-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PT 18F2 PROTON CONTROL BOX 85–264 Vac~ 50/60Hz 200VA	Задняя панель протонного блока управления для $^{18}F_2$ (питание от розетки)
Система управления химическими процессами	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5433900-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: CCU 100–240Vac~ 50/60Hz 340W Fuses 2 x T4AH 250V	Задняя панель блока управления химическими процессами (питание от БРП)
Система обработки газообразных веществ	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5440235-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: CEU 220Vac~ 50/60Hz 1kVA	Задняя панель электронного блока химических процессов (питание от БРП)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Система	Паспортная табличка	Расположение
Установка для производства воды, меченой изотопом ^{15}O	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: UP905035-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: WEU 220–240Vac~ 50/60Hz 400VA	Задняя панель водного электронного блока (питание от розетки)
Система переключения мишеней	GEMS PET Systems AB Uppsala Made in Sweden Model: 5501227-*revision* S/N: *serial number* Mfrd: *month year* Desc: PT Target Switching System 85–264Vac~ 50/60Hz 40VA	Блок управления (питание от розетки)
Компрессор радиационной защиты	Табличка, прикрепленная Atlas Copco	Верхний левый угол (питание от ГРЩ)
Система управления радиационной защитой PLC	Табличка, прикрепленная SMC	Панель PLC (питание от БРП)

2-4 *Переработка и утилизация элементов питания*

Директива ЕС 2006/66/ЕС по элементам питания призвана пропагандировать передовые методы переработки и утилизации элементов питания с истекшим сроком службы.

Pb/Cd/Hg

Элементы питания или упаковку маркируют специальным символом, указывающим на то, что данный элемент питания следует перерабатывать или утилизировать в соответствии с государственными или местными правовыми актами. Буквенные обозначения ниже этого специального символа указывают, содержатся ли в элементе питания тяжелые металлы (Pb=свинец, Cd=кадмий, Hg=ртуть). Чтобы свести к минимуму возможное влияние на здоровье людей и состояние окружающей среды, важно проводить утилизацию и переработку отслуживших элементов питания надлежащим образом.

Сведения о том, как безопасно извлекать из устройств элементы питания, можно получить в руководстве по обслуживанию и эксплуатации соответствующего оборудования.

Информация о потенциальных эффектах веществ, используемых в батареях, на окружающую среду и здоровье человека доступна по адресу:
http://www.gehealthcare.com/euen/weee-recycling/index.html

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

3-1 Введение

Обратите внимание!
Перед началом эксплуатации и обслуживания циклотрона весь персонал обязан прочесть данную главу и иметь четкое представление о ее содержании.

Чтобы обезопасить пользователя и оборудование от возникновения опасных ситуаций, в различных местах циклотрона прикреплены предупреждающие знаки. Предупреждающие знаки охватывают следующие аспекты безопасности:

- Радиационная безопасность;
- Безопасность при работе с высокочастотным (ВЧ) излучением;
- Безопасность при работе с электрооборудованием;
- Безопасность, связанная с риском воздействия магнитных полей;
- Безопасность при работе с движущимися механическими частями;
- Безопасность, связанная с опасностями воздействия высоких температур
- Безопасность, связанная с риском воздействия жидких химических веществ.

Настоящая глава призвана ознакомить читателя со всеми предупреждающими знаками. Кроме того, существует ряд **предупреждений об опасностях**, которые могут возникнуть во время работы системы, а также в результате аварий.

Наконец, в данной главе представлены меры, которые рекомендуется принимать для обеспечения безопасности и при возникновении аварийных ситуаций.

Обратите внимание!
Эксплуатация циклотрона регламентируется федеральными, региональными или местными организациями. Убедитесь, что все предъявляемые законом требования выполнены.

3-2 Соответствие нормативным требованиям

См. Раздел 1-2 Соответствие нормативным требованиям на странице 19.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3 Предупреждающие знаки и предостережения

3-3-1 Помещение циклотрона

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от циклотрона уровни радиации могут быть высокими.

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ). Постоянно следите за уровнем радиации.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Циклотрон и его узлы могут быть загрязнены радиоактивными веществами и служить источником вредного излучения. Механическая обработка деталей, загрязненных радиоактивными веществами, может привести к распространению загрязнения в виде стружки или опилок.

Не подвергайте детали циклотрона механической обработке.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивное загрязнение воздуха

В случае аварии в процессе производства изотопов воздух в помещении циклотрона может оказаться загрязненным или активированным и стать источником вредного излучения.

Необходимо постоянно отслеживать уровень радиации и предпринимать все разумные меры предосторожности для ограничения дозы облучения персонала.

ОСТОРОЖНО! Мощное магнитное поле!

Магнитное поле магнита циклотрона может влиять на работу жизненно важных имплантатов, таких как электрокардиостимуляторы.

Лицам, у которых имеются жизненно важные имплантаты, не следует заходить в помещение циклотрона.

ВНИМАНИЕ! Магнитные носители информации

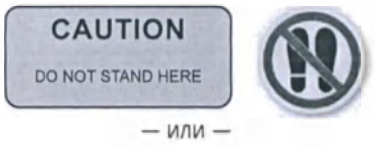
Магнитное поле, создаваемое магнитом циклотрона, способно стирать информацию, содержащуюся, например, на кредитных картах и другом чувствительном оборудовании.

Не вносите эти предметы в помещение циклотрона.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-1 Радиационная защита (дополнительная опция)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На крышках баков экрана.
ИНСТРУКЦИИ:
Ограниченное пространство.
Соблюдайте процедуры входа в ограниченное пространство.



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверях системы защиты от радиации.
ИНСТРУКЦИИ:
Возможны травмы персонала, когда система радиационной защиты останавливается и опускается на пол.
Берегите ноги.
Соблюдайте правило не заходить за желто-черную полосу на полу.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверях системы защиты от радиации.
ИНСТРУКЦИИ:
Циклотрон и мишени могут испускать радиоактивное излучение.
Постоянно следите за уровнями радиации.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверях системы защиты от радиации.
На антирадиационном экране воздушной панели/ПЛК воздушной панели.
ИНСТРУКЦИИ:
Двери системы радиационной защиты при приведении в действие издают повышенный шум.
В таких случаях используйте приспособления для защиты органов слуха.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На полу.
ИНСТРУКЦИИ:
Не заходите внутрь обозначенной зоны при открывании дверей системы радиационной защиты.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На воздушной панели PLC.
ИНСТРУКЦИИ:
Высокое напряжение внутри. Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-2 Циклотрон

— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На клеммах магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Не вскрывайте кожухи и не ослабляйте разъёмы. Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На всех боковых поверхностях магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Магнит создает мощное магнитное поле. Возможны травмы персонала от инструмента, попавшего в зону притяжения магнитного поля.
При работе поблизости от магнита пользуйтесь инструментом из немагнитных материалов.

— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На магнитной двери.
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте магнитную дверь.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На магнитной двери.
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте магнитную дверь.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

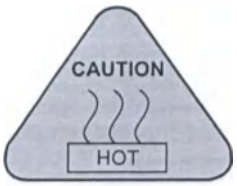
РАЗМЕЩЕНИЕ:
Рядом со входом питающего ВЧ-кабеля.
ИНСТРУКЦИИ:
На ВЧ-резонатор поступают мощные высокочастотные сигналы – опасность неионизирующего излучения.
Не вскрывайте кожухи и не ослабляйте разъёмы. Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.
Ни в коем случае не включайте циклотрон при отсоединенном питающем ВЧ-кабеле.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
Рядом со входным разъемом источника ионов.
ИНСТРУКЦИИ:
На источник ионов подается высокое напряжение, достигающее 2000 В.
Не вскрывайте кожухи и не ослабляйте разъёмы.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-3 Вакуумная система

— или —



— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На крышке высоковакуумного клапана.
ИНСТРУКЦИИ:
Не приближайтесь к работающему вакуумному насосу.

РАЗМЕЩЕНИЕ:

1 На крышке форвакуумного насоса.

2 На боковой стороне диффузионного насоса.

ИНСТРУКЦИИ:
Температура наружной поверхности диффузионного насоса в процессе работы может достигать 250°C.
Наружная поверхность форвакуумного насоса может нагреваться до 100°C.
Не прикасаться!

3-3-1-4 Мишени (дополнительная опция)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На боковой поверхности каждой мишени.
ИНСТРУКЦИИ:
Радиационная опасность.
При работе с мишенями обязательно надевайте защитные очки и перчатки. Ни в коем случае не касайтесь глаз или рта при работе с мишенями.
Если имеется утечка, оставайтесь снаружи помещения циклотрона до тех пор, пока радиация не снизится до безопасного уровня в результате распада. Не входите в помещение, пока дозиметрические приборы не укажут на безопасный уровень ионизирующего излучения.

— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На пластине 2-клапанной панели переключения мишеней (дополнительная опция).
ИНСТРУКЦИИ:
При работе с панелью переключения мишеней всегда используйте защитные очки и перчатки. Во время работы с панелью переключения мишеней запрещается дотрагиваться до глаз и рта.
Если имеется утечка, оставайтесь снаружи помещения циклотрона до тех пор, пока радиация не снизится до безопасного уровня в результате распада. Не входите в помещение, пока дозиметрические приборы не укажут на безопасный уровень ионизирующего излучения.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

РАЗМЕЩЕНИЕ:

1 На боковой поверхности мишени $^{18}F_2$-дейтрон.

2 На опорном кронштейне клапана $^{18}F_2$, укрепленном на монтажной панели мишени.

3 На резервуаре с газом.

ИНСТРУКЦИИ:
Газообразный фтор (F_2) отличается повышенной токсичностью и коррозионной активностью. Перед открытием соединений обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Глава 13 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов (дополнительная опция)). При работе с мишенью $^{18}F_2$-дейтрон всегда используйте защитные очки и перчатки.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При вдыхании газообразный фтор способен вызывать тяжелые поражения легких и слизистых оболочек.

Газообразный фтор способен вызывать ожоги кожи и поражения глаз.

Если произошло вдыхание, немедленно обратитесь за медицинской помощью.

При контакте с кожными покровами обильно промойте пораженное место водой. Просушите кожу и вотрите в нее гель с содержанием 2,5% глюконата кальция.

При попадании в глаза промывайте их водой не менее 15 минут. Обратитесь за медицинской помощью.

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газовая смесь водород/азот (H_2/N_2) (для опции метана $^{11}CH_4$) взрывоопасна в смеси с воздухом в определённых пропорциях.

Перед началом производства обеспечьте достаточную вентиляцию. Избегайте открытого огня в помещении циклотрона.

В нерабочее время источник H_2/N_2 рекомендуется держать закрытым. В случае неожиданного падения давления в баллоне H_2/N_2 обязательно найдите причину утечки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-5 Защитный полиэкран (дополнительная опция)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На переносном защитном полиэкране, которым закрываются мишени.
ИНСТРУКЦИИ:

- Во избежание защемления будьте осторожны при закрытии защитного полиэкрана.
- Для поворота колеса используйте ручку. Не беритесь за колесо.

3-3-1-6 Устройства для заливки жидкостных мишеней – LTF (дополнительная опция)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверце LTF поколения II и LTF ^{68}Ga.
ИНСТРУКЦИИ:
При работе с устройством для заливки жидкостных мишеней всегда используйте защитные очки и перчатки. Во время работы с устройством для заливки жидкостных мишеней запрещается дотрагиваться до глаз и рта.
Если имеется утечка, оставайтесь снаружи помещения циклотрона до тех пор, пока радиация не снизится до безопасного уровня в результате распада. Не входите в помещение, пока дозиметрические приборы не укажут на безопасный уровень ионизирующего излучения.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверце LTF ^{68}Ga.
ИНСТРУКЦИИ:
Азотная кислота обладает выраженными коррозионными свойствами. При работе с LTF обязательно используйте соответствующие средства индивидуальной защиты, например подходящие перчатки и защитные очки.
Если в сливном лотке обнаружена жидкость, обращайтесь с ней как с кислотой. Удалите жидкость с помощью соответствующего абсорбента и проверьте систему на наличие утечки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-7 Силовой распределительный щит (PDU)

РАЗМЕЩЕНИЕ:

1 На дверце PDU.

2 На трансформаторе PDU.

ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

3-3-1-8 Газовый коллектор источника ионов

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразные водород (H_2) и дейтерий (D_2) взрывоопасны в смеси с воздухом при определенных пропорциях.

Перед началом производства обеспечьте достаточную вентиляцию. Избегайте открытого огня в помещении циклотрона.

После завершения производственного цикла закройте главные клапаны подачи H_2 и D_2.

3-3-1-9 РЧ-кабель

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На каждом конце РЧ-кабеля вблизи муфт.
ИНСТРУКЦИИ:
Питающий РЧ-кабель передает опасное для жизни напряжение, достигающее 1000 В радиочастоты, от РЧ-выхода радиочастотного генератора к питающему РЧ-вводу вакуумной камеры циклотрона. Персонал может быть подвергнут мощному РЧ-излучению при ненадлежащем подключении данного кабеля.
Не допускается эксплуатация системы генерации токов ВЧ, если питающий кабель ВЧ правильно не подсоединен и не закрыт на обоих концах.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-2 Аппаратное помещение

3-3-2-1 Отсек 1 (источник питания магнита)

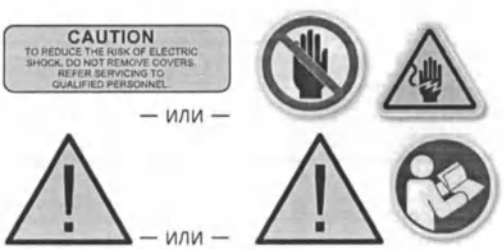
РАЗМЕЩЕНИЕ:
На задней дверце источника питания магнита (PSMC).
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На задней дверце PSMC.
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

3-3-2-2 Отсек 2 (генератор тока ВЧ)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На нижней передней и задней панелях генератора тока ВЧ (RFPG).
ИНСТРУКЦИИ:
Внутри RFPG имеется высокое напряжение.
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

3-3-2-3 Отсек 3



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На задней дверце отсека 3.
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-2-4 Система водяного охлаждения

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На вторичном блоке охлаждения (Swedewater).
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

3-3-3 Радиохимическая лаборатория

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от отсека для обработки и горячей камеры может присутствовать высокий уровень ионизирующего излучения. Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ).

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

ОСТОРОЖНО! Излучение ^{14}O

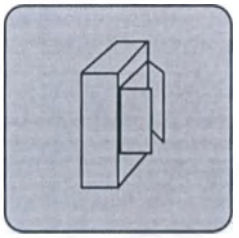
^{14}O производится в виде побочного продукта облучения мишеней $[^{11}C]CO_2$. ^{14}O обладает более высокой энергией и способностью проникать в свинец, чем ^{11}C. Накопленная индивидуальная доза на поверхности свинцового отсека, в котором расположена ловушка (ProCab/горячая камера) может составлять до 4 мкЗв для производства $[^{11}C]CO_2$, независимо от времени облучения.

Поскольку излучение ^{14}O быстро уменьшается (период полураспада составляет 70 с), воздействие можно минимизировать путем ожидания нескольких минут перед доставкой продукта в ProCab/горячую камеру, или перед приближением к ProCab/горячей камере после доставки.

Всегда применяйте принцип ALARA.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

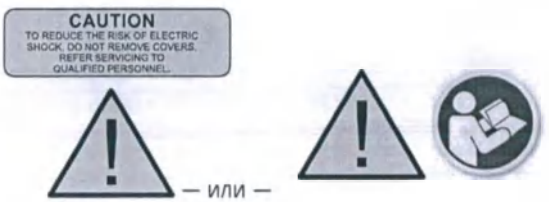
3-3-3-1 Отсек для обработки (дополнительная опция)



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На верхней передней панели отсека для обработки.
ИНСТРУКЦИИ:
Если двери отсека для обработки не закрыты, загорается желтая лампочка **ДВЕРЬ**.
Перед началом производства поверните дверную ручку до упора в положение **CLOSED** (ЗАКРЫТО).

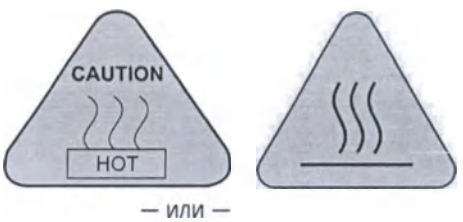
— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На дверце отсека для обработки.
ИНСТРУКЦИИ:
При открытии отсека для обработки всегда имейте при себе радиационный дозиметр и проверяйте, нет ли облучения.



— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На крышках разъемов внизу каждой панели для обработки.
ИНСТРУКЦИИ:
Опасно высокое напряжение под крышками.
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.



— или —

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На всех термостатах, установленных на панели для обработки.
ИНСТРУКЦИИ:
Внутренняя и верхняя наружная поверхность термостатов может достигать температур до 1000°C.
Не прикасаться!

ОСТОРОЖНО! Ядовитый газ NH_3 (аммиак)

Технологический отсек во время цикла обработки содержит ядовитый аммиак (NH_3). В высокой концентрации этот газ затрудняет дыхание.

При возникновении утечки не входите в помещение радиохимической лаборатории до тех пор, пока весь газ не будет выведен наружу системой вентиляции.

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом в определенных пропорциях.

Перед началом производства препаратов ^{11}C-HCN и ^{15}O-H_2O обеспечьте достаточную вентиляцию. Избегайте открытого огня внутри технологического отсека. После завершения производственного цикла закройте главный клапан подачи H_2.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-3-2 Горячая камера

Панели для продукции (доп. опция)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На ловушке для F_2 в системе производства $^{18}F_2$-дейтрон.
ИНСТРУКЦИИ:
Ловушка для F_2 содержит натронную известь – очень едкое вещество. Натронная известь бурно реагирует с водой. При работе с ловушкой для F_2 обязательно надевайте защитные очки и перчатки.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На свинцовом держателе панели для $^{18}F_2$-протон, закрывает ловушку с молекулярным ситом.
ИНСТРУКЦИИ:
Область внутри свинцового держателя может быть радиоактивной.
Постоянно следите за уровнями радиации. Используйте СИЗ (средства индивидуальной защиты).

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На блоке управления панели для $^{18}F_2$-протон, вблизи силового входа перем. тока.
ИНСТРУКЦИИ:
На блок управления подается высокое напряжение, достигающее 264 В.
Отключите питание и отсоедините силовой кабель, прежде чем открыть блок управления.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
В верхней части системы охлаждения O_2 панели для $^{18}F_2$-протон.
ИНСТРУКЦИИ:
При использовании LN2 O-резервуар и контур могут остужаться до –196 градусов по Цельсию.
ВНИМАНИЕ!

Охлаждайте резервуар O_2 только с помощью основной системы, ручное охлаждение запрещено.

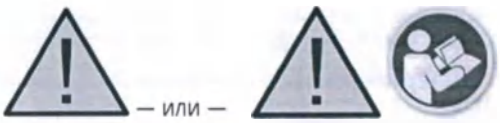
Не прикасайтесь без СИЗ (средств индивидуальной защиты).

РАЗМЕЩЕНИЕ:
В нижнем положении подъемника системы охлаждения O_2 панели для $^{18}F_2$-протон.
ИНСТРУКЦИИ:
Опасность защемления при использовании подъемника с сосудом Дьюара.
Уберите руки при эксплуатации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На сосуде Дьюара.
ИНСТРУКЦИИ:
Внутри сосуда Дьюара может находиться LN2, охлажденный до -196 градусов Цельсия.
При работе с сосудом Дьюара используйте СИЗ (средства индивидуальной защиты).

РАЗМЕЩЕНИЕ:
Под блоком управления вблизи 15-штырькового миниатюрного разъема типа D.
ИНСТРУКЦИИ:
Внешнее оборудование должно быть «переключателем без напряжения» или иметь **макс. 24 В пост. тока / 1 А** на входе.
Для получения дополнительной информации о блокирующих соединениях ознакомьтесь с *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*



РАЗМЕЩЕНИЕ:
Между ловушкой на основе NaF и натровой извести.
ИНСТРУКЦИИ:
Ловушки на основе NaF и натровой извести содержат вредные и токсичные химические вещества. Прежде чем осуществлять демонтаж, ознакомьтесь с *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На свинцовом держателе, закрывающем ловушку с молекулярным ситом, и рядом с ловушкой с молекулярным ситом.
ИНСТРУКЦИИ:
Ловушка с молекулярным ситом может содержать токсичный газ F_2. Прежде чем осуществлять демонтаж, ознакомьтесь с *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*
Крышка содержит токсичный свинец. Используйте СИЗ (средства индивидуальной защиты).

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На панели, закрывающей клапаны.
ИНСТРУКЦИИ:
Все клапаны при активации могут нагреваться.
Не прикасайтесь к работающим клапанам.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газы

Во время производственного цикла в патрубках для выходагазообразного продукта могут присутствовать радиоактивные газы.

В случае утечки закройте горячую камеру и оставайтесь за пределами радиохимической лаборатории, пока газ не будет удален через вентиляционную систему.

ОСТОРОЖНО!

Облучение воды ^{16}O, особенно под воздействием высокого давления и тока, может привести к выделению радиоактивного газообразного ^{13}N в условиях горячей камеры. Убедитесь, что у горячей камеры хорошая вентиляция.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

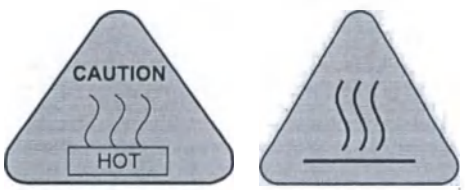
Во время производственного цикла возле выпускных отверстий для жидкого продукта могут присутствовать радиоактивные жидкости.

Пользуйтесь защитными очками и перчатками!

Не касайтесь глаз или рта!

При попадании радиоактивной жидкости на кожу немедленно промойте проточной водой загрязненное место. Продолжайте промывать до тех пор, пока не будет достигнут безопасный уровень радиации.

Системы для производства воды, меченой ^{15}O (дополнительная опция)



— или —

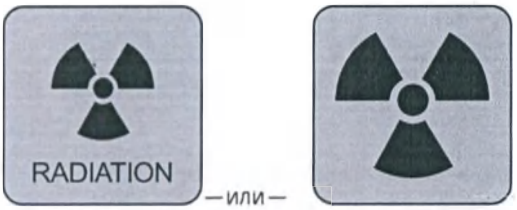
РАЗМЕЩЕНИЕ:

1 На плите основания установки для синтеза воды, позади термостата.

2 На плите основания технологического модуля производства воды.

ИНСТРУКЦИИ:
Внутренняя и верхняя поверхности термостата могут достигатьтемператур до 400°C.
Не прикасаться!

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU



РАЗМЕЩЕНИЕ:

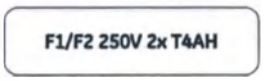
1 На нижней передней панели системы для производства воды.

2 На плите основания технологического модуля производства воды.

ИНСТРУКЦИИ:
Поблизости от модуля/системы для производства воды возможны высокие уровни ионизирующего излучения.
Постоянно следите за уровнями радиации.
Используйте защитные очки и перчатки.

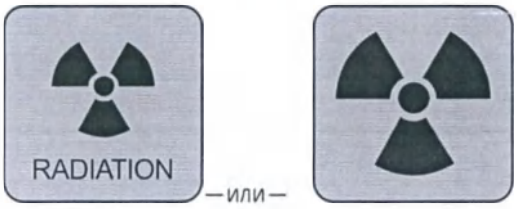
РАЗМЕЩЕНИЕ:
На плите основания технологического модуля производства воды.
ИНСТРУКЦИИ:
Опасно высокое напряжение под крышками.
Отключите питание и отсоедините силовой кабель, прежде чем открыть блок производства воды.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На задней панели электронного блока управления производством воды.
ИНСТРУКЦИИ:
Опасно высокое напряжение под крышками.
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.



РАЗМЕЩЕНИЕ:
Под патроном предохранителя на задней панели электронного блока управления производством воды (WEU).
ИНСТРУКЦИИ:
Используйте только предохранители указанного диапазона.
Отключите питание и отсоедините силовой кабель, прежде чем заменять предохранители.

Система для производства ^{13}N-аммиака (дополнительная опция)



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На передней части системы для производства аммиака.
ИНСТРУКЦИИ:
Поблизости от системы для производства аммиака возможен высокий уровень ионизирующего излучения.
Кроме того, использованные расходные материалы после производственного цикла становятся радиоактивными.
Постоянно следите за уровнями радиации.
Используйте защитные очки и перчатки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Едкие вещества

После выполнения синтеза в реакционном сосуде содержится едкий раствор гидроксида натрия (pH 14).

Избегайте попадания на кожу и в глаза.

При работе с использованной кассетой надевайте защитные очки и перчатки.

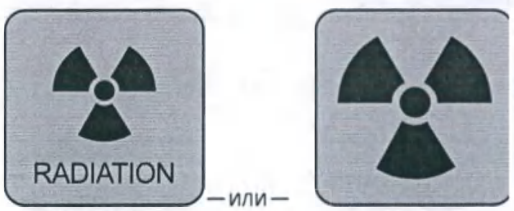
В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

ОСТОРОЖНО! Интенсивный нагрев

Во время процесса или при попадании воды в реакционный сосуд начинается бурная химическая реакция, при которой будет выделяться тепло, вызывающее нагрев примерно до 100°C.

Заполняйте реакционный сосуд в сухой зоне.

Панель переключения мишеней (дополнительная опция)



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На пластине 3-клапанной панели переключения мишеней.
ИНСТРУКЦИИ:
Поблизости от 3-клапанной панели переключения мишеней возможен высокий уровень ионизирующего излучения.
Постоянно следите за уровнями радиации.
Используйте защитные очки и перчатки.

3-3-4 Аппаратная

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На блоке управления системой переключения мишеней (дополнительная опция).
ИНСТРУКЦИИ:
Не открывайте крышки.
Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

3-4 Порядок действий в аварийных ситуациях

3-4-1 Аварийные выключатели

GE рекомендует использовать вместе с циклотронами **АВАРИЙНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**, установленные в помещении. В случае возникновения риска получения физической травмы или повреждения оборудования используйте **АВАРИЙНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**. В этом случае все электроснабжение системы будет немедленно отключено.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-4-2 Аварийные ситуации

3-4-2-1 Радиация

В случае радиационной аварии весь персонал должен действовать в соответствии с национальными и местными законами и правилами. Кроме того, необходимо немедленно проинформировать ответственного инженера вашей организации, а также в течение 24 часов сообщить о происшествии в компанию GE Healthcare.

Выброс радиоактивности в боксе циклотрона PETtrace 800

Обратите внимание!
Прежде чем входить в помещение циклотрона, обязательно измеряйте радиационный фон. Убедитесь, что уровень радиации приемлемый и возможна безопасная работа.

Общее правило таково: следует выждать 10 периодов полураспада того изотопа, который производили последним, чтобы уровень радиации успел понизиться и было безопасно войти в помещение циклотрона.

Внутри бокса циклотрона полученные изотопы накапливаются в зоне расположения мишеней. Даже если мишень будет повреждена (напр., произойдет разрыв фольги), вакуумная система предотвратит или задержит утечку радиации в помещение циклотрона и систему вентиляции.

Поведение вакуумной системы
Вакуумная установка управляется специализированным устройством (TPG 300). Это устройство разработано с таким расчетом, чтобы в случае возникновения каких-либо аварийных ситуаций вакуумная установка оставалась управляемой.

В случае резкого роста давления в вакуумной камере (что произойдет в случае разрушения одной или обеих фольг мишени) приток газа в вакуумную камеру разблокирует устройство управления вакуумной установкой. Высоковакуумный клапан, расположенный между масляным диффузионным насосом и вакуумной камерой, немедленно закроется.

Система вакуумной откачки окажется закрытой и изолированной от вакуумной камеры, что не позволит газу выходить из вакуумной камеры. Это означает, что **содержимое вакуумной камеры (возможно, радиоактивное) будет удерживаться внутри до тех пор, пока оператор не примет решения вручную перенастроить вакуум-регулятор и заново запустить откачку из вакуумной камеры.**

Выпускное отверстие механического форвакуумного насоса оборудовано фильтром для отделения масла, выпуск из которого открыт в сторону бокса циклотрона. Весь газ, выходящий через это отверстие, удаляется системой вентиляции бокса.

Ниже описан наихудший теоретически возможный сценарий развития событий.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сценарий

1 Если две фольги мишени разрушатся, газ мишени $^{11}CO_2$ газ с активностью 6000 мКи устремится внутрь вакуумной установки.

2 Эти 6000 мКи равномерно распределяются по всей вакуумной системе. Емкость камеры составляет 240 л, а диффузионного насоса с заслонкой – 50 л, так что вакуумный насос с заслонкой вместит примерно 1/6 всей активности (если предположить, что CO_2 не распределится по поверхностям системы, что, видимо, соответствует действительности).

3 Время срабатывания высоковакуумного клапана менее 0,3 секунды; при его закрытии около 1000 мКи оказывается изолировано в рабочем пространстве насоса. Эта часть газа удаляется в течение 1 минуты через форвакуумный насос.

4 Уровень остаточной активности в вакуумной камере будет уменьшаться вследствие распада, пока оператор не примет решения возобновить откачку из вакуумной камеры. Количество радиоактивности, выброшенной в бокс циклотрона на этой стадии, в значительной мере определяется степенью естественного распада за истекшее время. По мере распада (скорость которого характеризуется периодом полураспада нуклида) радиоактивность будет снижаться. Часть радиоактивности распределяется по внутренним поверхностям вакуумной камеры и поэтому не выходит в помещение. Это может до некоторой степени затянуть время ожидания того момента, когда техническое обслуживание внутреннего объема вакуумной камеры станет возможным, что следует учитывать для целей техобслуживания.

Выводы

Придерживайтесь общего правила ни в коем случае не входить в бокс циклотрона, пока там сохраняется высокий уровень радиоактивности. Однако учтите, что:

- вероятность двойного разрыва фольги крайне мала и
- основная часть радиоактивного газа, вышедшего из мишени наружу, останется в вакуумной камере,

выброс газа в бокс циклотрона в результате разрушения мишенной фольги приводит ограниченному росту общего уровня радиоактивности в боксе циклотрона.

3-4-2-2 Получение физической травмы

Если в результате аварии произошел несчастный случай, сразу же обращайтесь за неотложной медицинской помощью. Кроме того, необходимо немедленно проинформировать ответственного инженера вашей организации, а также в течение 24 часов сообщить о происшествии в компанию GE Healthcare.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-4-2-3 Возгорания

При возгорании необходимо покинуть помещение.

Соблюдайте меры ликвидации возгораний, принятые в вашей местности (применение огнетушителей, порядок эвакуации и отключения оборудования).

В случае, если порядок действий предусматривает или требует отключения электрооборудования, поступайте следующим образом:

- Отключите электроснабжение, востользовавшись одним из **АВАРИЙНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**.
- На распределительном щите магистральной линии (ГРЩ) отключите главный автомат защиты.

3-5 Техника безопасности

Именно заказчик несет ответственность за то, чтобы весь персонал, участвующий в эксплуатации и обслуживании циклотрона, обладал соответствующей квалификацией, прошел необходимое обучение, был полностью ознакомлен со всеми инструкциями, касающимися охраны труда, и всегда придерживался норм техники безопасности.

Исключительно важно, чтобы еще до начала работы с системой циклотрона весь персонал был ознакомлен с расположением всех аварийных выключателей и других средств ее останова. Меры предосторожности, описанные в Раздел 3-5-1 Ответственный инженер на странице 47 – Раздел 3-5-7 Сбои в системе на странице 50, направлены на повышение безопасности в процессе эксплуатации и технического обслуживания системы.

Систему аварийной защиты следует проверять как минимум раз в год.

3-5-1 Ответственный инженер

Ответственным за систему PETtrace 800 следует назначать компетентного инженера, входящего в штат заказчика.

3-5-2 Практические меры техники безопасности

Всегда соблюдайте эти правила при работе в лабораториях с использованием циклотрона:

- Всегда носите с собой персональный дозиметр со звуковой сигнализацией опасного уровня радиации.
- Не курите и не принимайте пищу в радиохимической лаборатории.
- Не пользуйтесь одним и тем же холодильником для продуктов питания и радиоактивных материалов.
- Никогда на набирайте материал в пипетку ртом.
- Надевайте перчатки и лабораторный халат.
- Работу с радиоактивными материалами производите в горячей камере.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- Застилайте рабочий стол и другие поверхности фильтровальной бумагой.
- По возможности используйте экран для защиты от радиации; держитесь на максимальном расстоянии от источника излучения.
- Следуйте рекомендованным процедурам утилизации твердых и жидких радиоактивных отходов (см. Раздел 3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации на странице 48).
- Следите за тем, чтобы уровень радиации в рабочей зоне был всегда известен.
- По окончании работы тщательно мойте руки.
- Ставьте в известность ответственного инженера обо всех случаях вдыхания, попадания в систему пищеварения или пролива радиоактивных веществ, а также о получении травм.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Всех людей и все предметы на выходе из зоны размещения циклотрона необходимо проверять на наличие радиации при помощи дозиметра и детектора загрязнения поверхности.

Имейте в виду, что радиоактивность материала может быть обусловлена как бомбардировкой активными частицами, так и загрязнением (например, частицами фольги).

3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации

Утилизация радиоактивных и опасных отходов производится в соответствии с федеральными, региональными и/или другими местными нормативами.

Компания GE рекомендует следующую универсальную процедуру утилизации:

- Храните твердые сухие и жидкие отходы в отдельных контейнерах за свинцовой защитой в горячей камере.
- Прежде чем производить с отходами какие-либо операции, выждите, пока не истечет по меньшей мере 10 периодов полураспада.
- С остатками химических веществ поступайте согласно соответствующим предписаниям.
- Утилизацию стеклянной посуды производите в соответствии с местными предписаниями по обращению с отходами стекла.

3-5-3-1 Процедуры утилизации расходных компонентов установки для производства аммиака

Одноразовую кассету можно использовать только для одного цикла синтеза. Утилизацию радиоактивных и опасных отходов следует производить в соответствии с федеральными, региональными и/или местными правовыми актами. Компания GE рекомендует следующую процедуру утилизации:

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Поместите использованную кассету с трубками в экранированный бокс, находящийся внутри горячей камеры, хотя бы на 3 часа.

ОСТОРОЖНО! Едкие вещества

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ), в том числе защитные очки и перчатки.

2 Убедитесь, что радиоактивность кассеты и трубок упала ниже уровня, разрешенного федеральными, региональными и/или местными правовыми актами.

3 Утилизацию кассеты и трубок производите согласно требованиям местных нормативных документов. Учтите, что в реакционном сосуде содержится едкий гидроксид натрия.

Обратите внимание!
Магистральный коллектор и сосуды кассеты изготовлены из полипропилена. Трубки подачи газов изготовлены из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Уплотнительные кольца изготовлены из материала FPM 70 (фторкаучук).

3-5-4 Ежедневный технический осмотр

Перед началом производства изотопов необходимо провести проверку циклотрона в соответствии с процедурой ежедневного техосмотра, которая описана в Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации настоящего руководства.

3-5-5 Режим работы при перебоях в электроснабжении

Циклотрон обеспечивает безопасность работы при полном или частичном отключении электроэнергии. Это включает в себя закрытие клапанов во избежание утечки опасных радиоактивных веществ и отключение узлов для предотвращения повреждения оборудования.

Прежде чем пытаться запустить систему снова, необходимо найти и устранить причину перебоя в электроснабжении.

Если произошло отключение всего электроснабжения, необходимо проверить все внешние системы, в том числе:

- Систему первичного охлаждения
- Систему вентиляции
- Систему подачи сжатого воздуха
- Пожарную сигнализацию

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-5-6 Процедура повторного запуска

Если циклотрон был остановлен из-за перебоя в электроснабжении, возникновения аварийной ситуации или в результате прерывания процесса производства, его повторный запуск допускается только после соответствующего испытания и, если потребуется, устранения неисправностей.

Перед использованием Централизованной системы управления циклотроном для возобновления производства необходимо проконсультироваться с ответственным инженером по эксплуатации установки.

3-5-7 Сбои в системе

Если в результате ежедневной процедуры техосмотра у циклотрона обнаруживаются те или иные отклонения от нормы, перед запуском системы проконсультируйтесь с ответственным инженером.

ОСТОРОЖНО! Сбои и блокировки в системе

Не используйте систему PETtrace 800 если известно или есть основания считать, что она неисправна, или если какая-то из функций защитной блокировки отключена.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

4-1 Общие сведения

В этой главе даётся описание средств управления и отображения информации, имеющиеся в распоряжении оператора системы PETtrace 800.

Приводится описание следующих компонентов:

- Централизованной системы управления (ЦСУ)
- Блока управления вакуумом (VCU)
- Подвесного пульта управления дверью
- Отсека для обработки (дополнительная опция)

4-2 Централизованной системы управления (ЦСУ)

Централизованная система управления управляет блоком управления ускорителем (ACS) и блоком управления химическими процессами (CCS) по локальной сети. Она постоянно отображает информацию о состоянии ускорителя, мишеней и радиохимической системы.

Программное обеспечение ЦСУ содержит функции для:

- запуска и управления производством радиохимпрепаратов
- внесения изменений в параметры производства
- работы с мишенями и радиохимической системой до и после производственного цикла (**Maintenance** (Техобслуживание))
- печати отчетов
- вывода содержимого экрана
- вывода на экран текстов справки

Также включена всеобъемлющая база данных операционных параметров рабочей среды и исходных материалов для производимых препаратов. Инструменты управления базой данных упрощают техническое обслуживание и диагностику системы.

Имеется возможность изменения силы тока мишени и времени облучения во время облучения мишени. Таким образом, можно задержать перенос изотопа в радиохимическую систему. Ни облучение, ни перенос изотопов не выполняются без получения подтверждения от оператора.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4-2-1 Компоненты Централизованной системы управления

В состав Централизованной системы управления входят

- компьютер [1]
- монитор с плоским экраном
- клавиатура
- мышь
- Внешний DVD-привод [2]
- Принтер [3]
- прикладное ПО Централизованной системы управления

1 ПК с операционной системой Linux™. Рабочие инструкции см. в предоставляемом руководстве пользователя.

2 Поставляется только с компьютерами Dell Optiplex XE3.

3 Не входит в комплект.

4-2-2 Соединения Централизованной системы управления

Рис. 4-1 показаны стандартные соединения ЦСУ.

Рис. 4-1: Стандартные соединения Централизованной системы управления

4-2-3 Пользовательский интерфейс

См. руководство пользователя операционной системы. Меню и функции приложения описаны в *PETtrace 800 series Master System – PC Lynx – Software Manual (dup. 5324837-100).*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4-3 Блок управления вакуумом

4-3-1 Функции и элементы управления передней панели

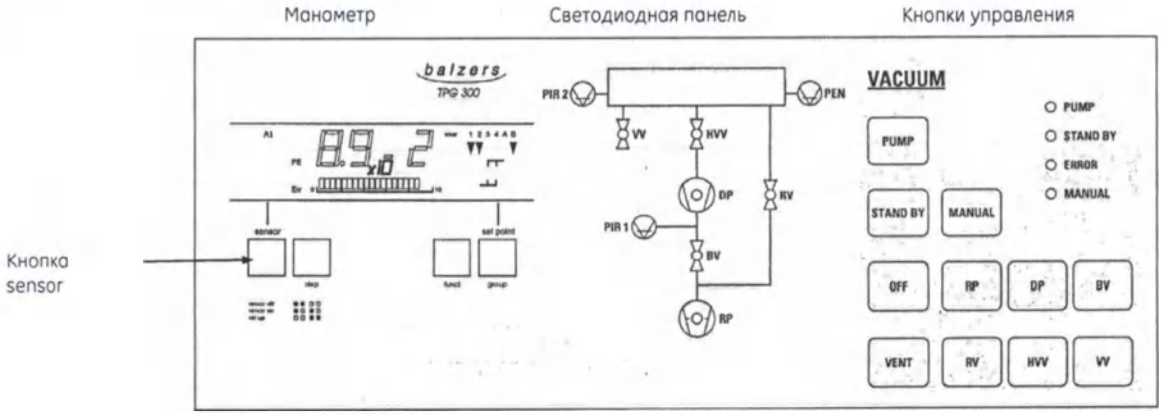
Блок управления вакуумом, расположенный в отсеке 3, управляет всеми компонентами вакуумной системы. Органы управления и дисплей, расположенные на передней панели, позволяют оператору следить за состоянием вакуума в различных частях вакуумной системы.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Элементы управления на блоке управления вакуумом должны использоваться только уполномоченными представителями сервисной службы; исключением является считывание параметров вакуума (см. ниже).

Элементы управления на передней панели

Манометр	На контрольную панель блока управления манометрами и датчиками давления могут выводиться параметры вакуума от различных датчиков.
Светодиодная панель	Светодиоды на панели показывают состояние различных компонентов вакуумной системы. Например, открытому клапану соответствует зеленый цвет индикатора; закрытому клапану – красный цвет.
Кнопки управления	Кнопки управления служат для управления работой вакуумной системы. Оператору следует использовать только те кнопки управления, которые отвечают за работу в автоматическом режиме («PUMP» (НАСОС), «STAND BY» (ОЖИДАНИЕ), «OFF» (ВЫКЛ.), «VENT» (ПРОДУВКА).

Рис. 4-2: Блок управления вакуумом



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4-3-2 Индикация параметров вакуума

При нормальной работе системы параметры вакуума отображаются на контроллере измерителей давления. В каждый момент времени может отображаться только одно показание. Для переключения между показаниями различных измерительных приборов **A1–A2–B1** нажмите кнопку **sensor** (датчик). Это переводит блок управления в режим поочередного вывода следующих параметров вакуума:

Таблица 4-1: Уровни вакуума

Расположение	Датчик	Нормальное показание[1]	Индикация на контроллере[2] управления измерителями давления		Комментарий
Резервная камера	Вакуумметр Приани 1	$3 \times 10^{-2} \pm 2 \times 10^{-2}$ **мбар** 2 ± 2 **Па**	**A1**	**3.0_{x10}-02**	Это поддерживающее давление.
Вакуумная камера	Вакуумметр Пирани 2	При глубоком вакууме данный манометр показывает *under range* (выход за нижний предел).	**A2**	***ur*** *(выход за нижний предел)*	Давление в вакуумной камере, измеренное вакуумметром Пирани. (При глубоком вакууме показывает *under range* (выход за нижний предел), см. след. строку)
Вакуумная камера	Вакуумметр Пеннинга	$5 \times 10^{-7} \pm 2 \times 10^{-7}$ **мбар** $5 \times 10^{-5} \pm 2 \times 10^{-5}$ **Па**	**B1**	**5.0_{x10}-07**	Давление в вакуумной камере, измеренное вакуумметром Пеннинга. Включается автоматически, когда A2 показывает *under range* (выход за нижний предел).

1 Имеется возможность изменить единицы измерения давления и выводить показания в Паскалях. Обращайтесь с просьбой об этом к своему ответственному инженеру.

2 Показания вакуума без притока газа к источнику ионов.

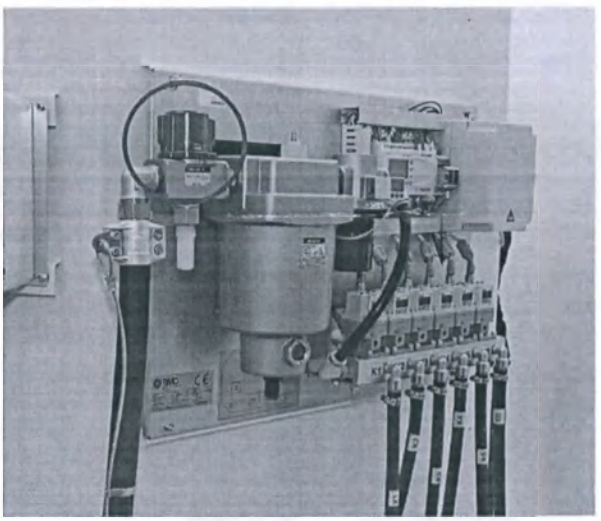
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4-4 *Подвесной пульт управления дверью*

4-4-1 Функции управления

Подвесной пульт управления дверью позволяет оператору открывать экран защиты от радиационного излучения (устанавливается дополнительно) для доступа к мишеням. Помимо этого, он дает возможность квалифицированному инженеру сервисной службы открыть магнитную дверь для проведения сервисных работ внутри вакуумной камеры.

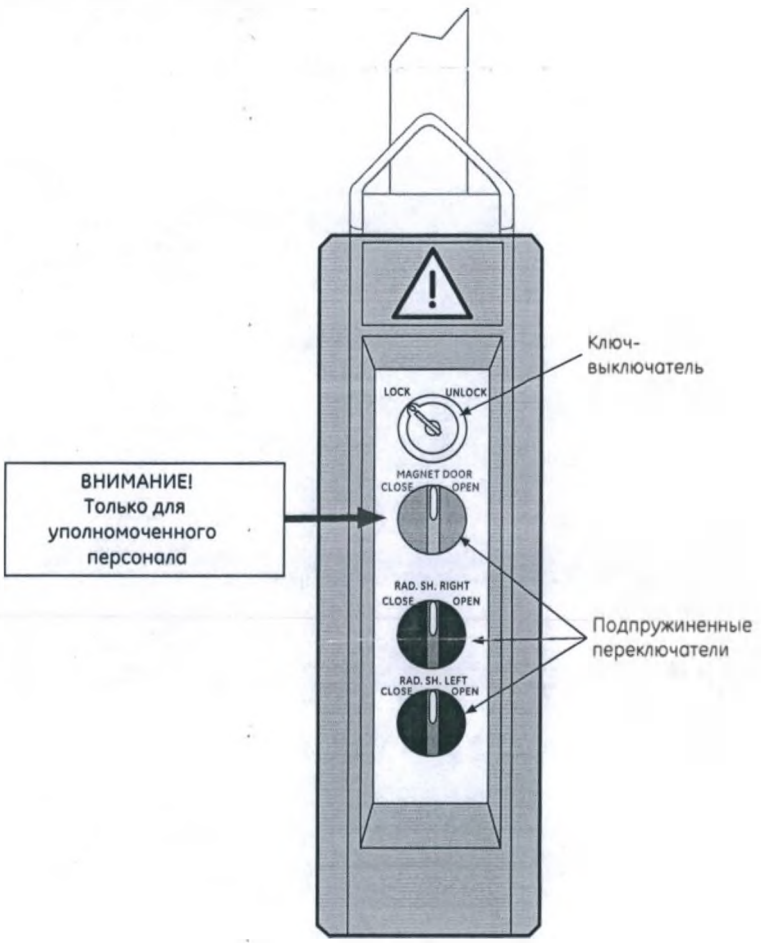
Быстрое отключение
В случае неисправности дверей экрана защиты от радиационного излучения и необходимости их быстрого отключения закройте отсекающий клапан подачи компрессионного воздуха (красного цвета) на панели управления подачей компрессионного воздуха на ПЛК (расположенной справа от экрана защиты от радиационного излучения).



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

На подвесном пульте управления дверью имеются три подпружиненных переключателя и один выключатель с ключом блокировки.

Рис. 4-3: Подвесной пульт управления дверью



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Назначение этих переключателей следующее:

LOCK/UNLOCK	Когда в гнездо **LOCK/UNLOCK** (БЛОК./РАЗБЛОК.) вставлен ключ и выключатель повернут в положение *UNLOCK* (РАЗБЛОК.), переключатели на подвесном пульте управления дверью включены. Извлечь ключ блокировки можно только в случае, когда выключатель установлен в положение *LOCK* (БЛОК.)
MAGNET DOOR	Данный выключатель предназначен только для уполномоченного персонала сервисной службы.
RAD. SH. RIGHT	При повороте этого переключателя в положение *CLOSE* (ЗАКРЫТО) правая дверь системы радиационной защиты смещается внутрь, пока не закроется полностью или пока оператор не отпустит переключатель.
RAD. SH. LEFT	Этот подпружиненный переключатель действует аналогично переключателю **RAD. SH. RIGHT**. Позволяет открывать и закрывать левую дверь системы радиационной защиты.

4-4-2 Звуковой сигнал системы радиационной защиты

Когда дверь системы радиационной защиты приходит в движение, раздается звуковой сигнал. Во время движения светится сигнальный вращающийся маячок.

4-4-3 Правила техники безопасности

- Следует использовать только один ключ.
- Открыв двери системы радиационной защиты, поверните переключатель **LOCK/UNLOCK** (БЛОК./РАЗБЛОК.) в положение *LOCK* (БЛОК.) и выньте ключ. Храните ключ при себе или в надежном месте, чтобы кто-то другой случайно не заблокировал дверь системы радиационной защиты.

ОСТОРОЖНО! Опасность защемления

При остановке радиационной защиты и ее опускании на пол персонал может получить травмы.

Смотрите под ноги.

Не переступайте желто-черную границу на полу.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от циклотрона уровни радиации могут быть высокими.

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ). Постоянно следите за уровнем радиации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

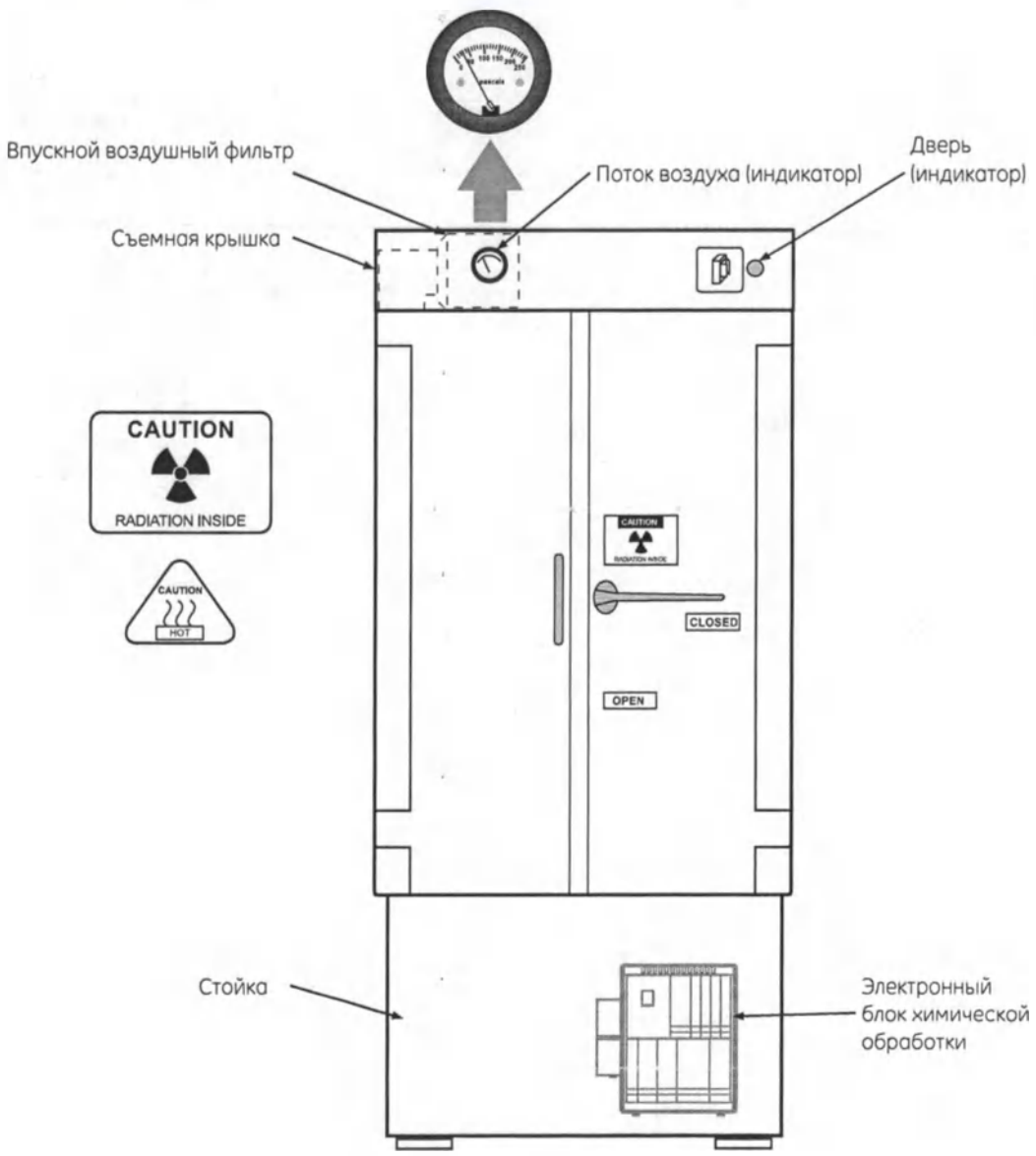
ВНИМАНИЕ! Внутри нет деталей, рассчитанных на обслуживание пользователем

Не открывайте управляемую магнитном дверь. Это может делать только подготовленный обслуживающий персонал. Если управляемая магнитом дверь оказалась открытой по ошибке, пригласите отвечающего за ее работу инженера.

4-5 Отсек для обработки (доп. опция)

Отсек для обработки представляет собой отсек, снабженный системой радиационной защиты, в котором размещены установки для производства газа ^{11}C и ^{15}O (панели для обработки), а также электронный блок химической обработки (CEU). Отсек может быть либо отдельно стоящим, либо встроенным в стену, в последнем случае стойка не нужна.

Рис. 4-4: Отсек для обработки



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

На корпусе отсека для обработки имеются следующие органы управления и индикаторы:

ДВЕРЬ	Желтая лампочка, которая загорается, если двери отсека для обработки не закрыты.
ПОТОК ВОЗДУХА	Прибор, показывающий падение давления на впускном воздушном фильтре. Причиной повышенного падения давления может быть высокий расход воздуха или загрязнение воздушного фильтра. Если манометр показывает падение давления в 50 Па или более, следует заменить воздушный фильтр.
ДВЕРНАЯ РУЧКА	Прежде чем приступать к производству, необходимо до упора повернуть дверную ручку в положение *CLOSED* (ЗАКРЫТО).

ОСТОРОЖНО! Опасные напряжения

Внутри технологического отсека имеются смертельно опасные напряжения 600 В постоянного тока (счётчик Гейгера-Мюллера) и 250 В переменного тока.

Не открывайте крышки на тыльной стороне технологических панелей.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый газ NH_3 (аммиак)

Аммиак (NH_3) вреден для легких.

При возникновении утечки не входите в помещение радиохимической лаборатории до тех пор, пока весь газ не будет выведен наружу системой вентиляции.

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом при определенных пропорциях. Запрещается использовать открытый огонь!

Перед началом работы проверьте вентиляцию.

После завершения производительного цикла закройте главный клапан подачи (газа ионизатора) H_2.

В случае непредвиденного падения давления в емкости H_2 необходимо найти причину утечки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 ХИМИЯ И КОМПОНЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

5-1 Общие сведения

В настоящей главе описаны химические принципы и компоненты технологического процесса, о которых необходимо знать оператору при работе на установке PETtrace 800. Это компоненты расположены на панели мишени, в отсеке для обработки и в горячей камере.

Ваш экземпляр системы PETtrace 800 может включать полный или частичный перечень описанных компонентов. Это зависит от того, какие опции были установлены. Необязательные компоненты и подсистемы в данном описании обозначены так: «(дополнительная опция)».

Газы и жидкости, используемые в работе системы PETtrace 800, приобретаются заказчиком самостоятельно. В конце настоящей имеется перечень необходимых расходных материалов.

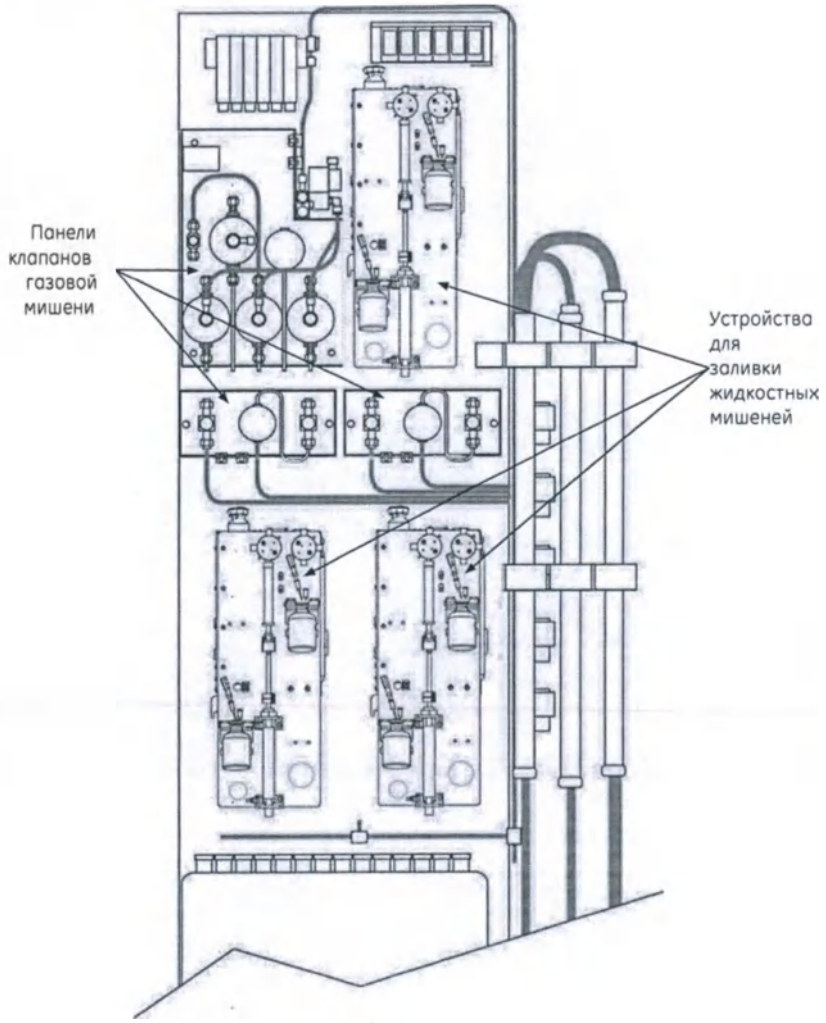
5-2 Панель мишени

5-2-1 Компоненты панели мишеней

Панель мишени содержит все необходимые клапаны и трубы для контроля потока газа и жидкости на мишени и от них. В зависимости от установленных опций, она может иметь панели клапанов для мишеней $^{11}CO_2$, ^{15}O, $^{18}F_2$-протон и $^{18}F_2$-дейтрон, а также устройства для заливки жидкостных мишеней (LTF) ^{13}N, $^{13}NH_3$, ^{68}Ga и $^{18}F^-$.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-1: Компоновка панели мишеней



ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газы и жидкости

При работе с мишенями в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. При работе с мишенями ни в коем случае не прикасайтесь к глазам и ко рту.

Всегда контролируйте уровень радиации. В случае возникновения утечки оставайтесь за пределами помещения циклотрона, пока уровень радиации не снизится в результате радиоактивного распада.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

5-2-2 Устройства для заливки жидкостных мишеней (дополнительная опция)

Устройства для заливки жидкостных мишеней представляют собой устройства на основе поршневых насосов, которые подают среду к мишеням ^{13}N, $^{13}NH_3$, ^{68}Ga и $^{18}F^-$. Емкости для хранения среды мишеней прикреплены к каждому LTF.

Устройство для заливки мишени пок. II включает в себя пневматический шприц, а также детали, крайне стойкие к радиации. При необходимости детали можно быстро заменить. Чтобы сократить уровень облучения персонала до минимума, вся конструкция устройства для заливки жидкостной мишени была разработана таким образом, чтобы ее можно было достаточно просто снять со стойки с мишенями на случай, если требуется продолжительная работа.

Устройство заполнения жидкостных мишеней поколения II может использоваться для производства $^{18}F^-$, а также $^{13}NH_3$ и ^{13}N. Если оно используется для ^{13}N, измерение высокого давления не подключается к разъему высокого давления, вместо этого разъем высокого давления на устройстве заливки жидкостной мишени изолируется с помощью заглушки.

Устройство LTF ^{68}Ga является схожим по концепции с LTF поколения II, но обладает иной настройкой клапанов и включает в себя материалы, специально отобранные для кислотоустойчивости. Чтобы минимизировать риск разбрызгивания или утечки кислоты, устройство LTF ^{68}Ga оснащено сливным лотком.

ОСТОРОЖНО! Жидкость в сливном лотке

При обычных условиях жидкости в сливном лотке быть не должно. Если обнаружена жидкость, обращайтесь с ней как с кислотой. Удалите жидкость с помощью соответствующего абсорбента. Проверьте систему на наличие утечки. Используйте соответствующие средства индивидуальной защиты (СИЗ) – перчатки, подходящие для работы с кислотой, очки и т. п.

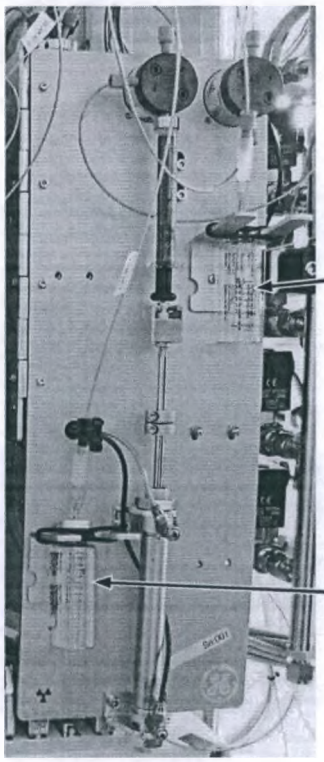
Характеристики жидкостей см. в Таблица B-2.

Указания относительно замены сосудов для воды даны в Раздел 17-8 Замена емкостей и трубок LTF на странице 228.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-2: Устройства для заливки жидкостных мишеней

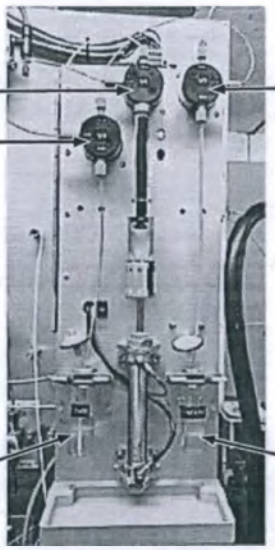
LTF поколения II (^{13}N, $^{13}NH_3$ и $^{18}F^-$)



^{13}N: деионизированная вода
^{18}F: ^{18}O-вода
$^{13}NH_3$: ^{16}O-вода с добавлением этанола

^{13}N: не используется
^{18}F: деионизированная вода
$^{13}NH_3$: не используется

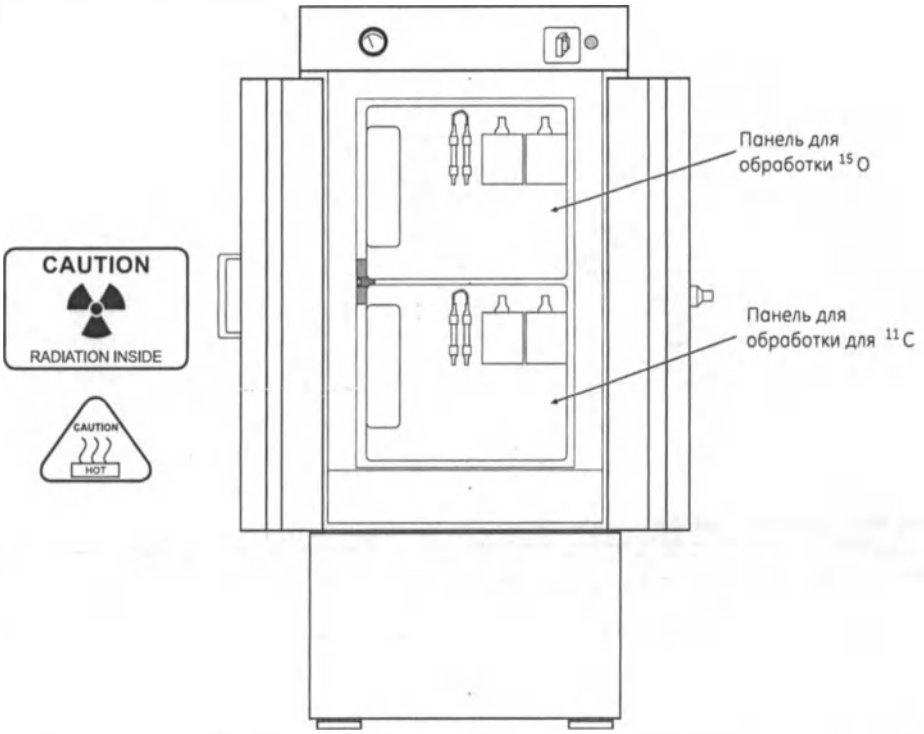
LTF ^{68}Ga



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-3 Отсек для обработки (доп. опция)

Рис. 5-3: Расположение панелей для обработки



ОСТОРОЖНО! Опасные напряжения

Внутри технологического отсека имеются смертельно опасные напряжения 600 В постоянного тока (счётчик Гейгера-Мюллера) и 250 В переменного тока.

Не открывайте крышки на тыльной стороне технологических панелей.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый газ NH_3 (аммиак)

Аммиак (NH_3) вреден для легких.

При возникновении утечки не входите в помещение радиохимической лаборатории до тех пор, пока весь газ не будет выведен наружу системой вентиляции.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом при определенных пропорциях. Запрещается использовать открытый огонь!

Перед началом работы проверьте вентиляцию.

После завершения производительного цикла закройте главный клапан подачи (газа ионизатора) H_2.

В случае непредвиденного падения давления в емкости H_2 необходимо найти причину утечки.

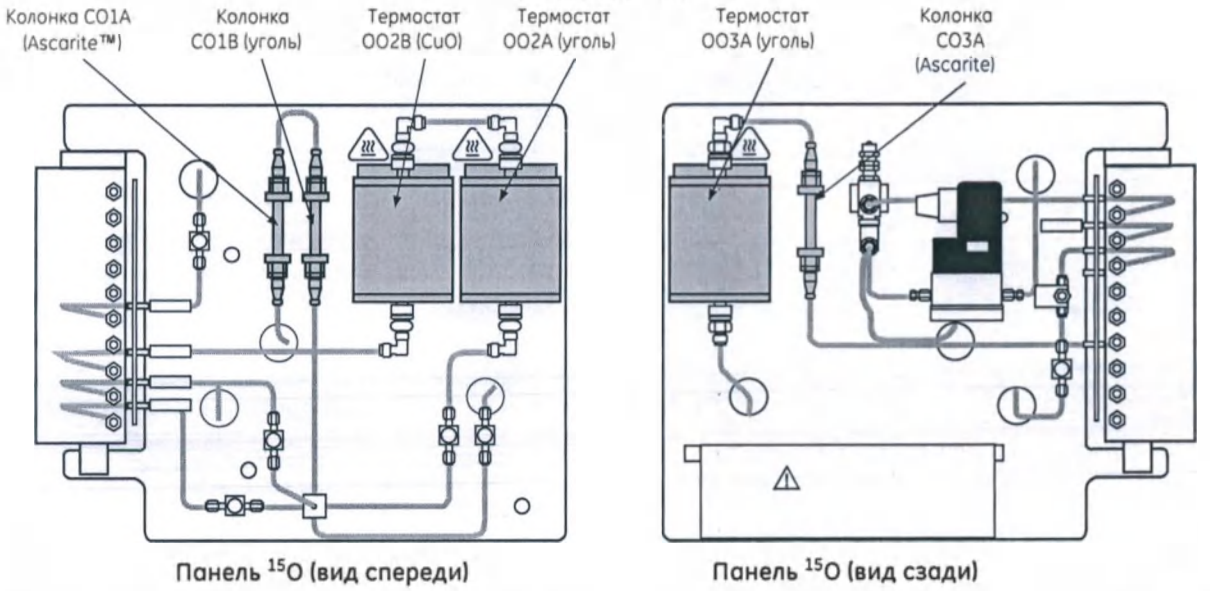
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-3-1 Панели для обработки (дополнительная опция)

На панелях для обработки расположен ряд колонок и термостатов, с различными абсорберами и катализаторами, как показзано на Рис. 5-4.

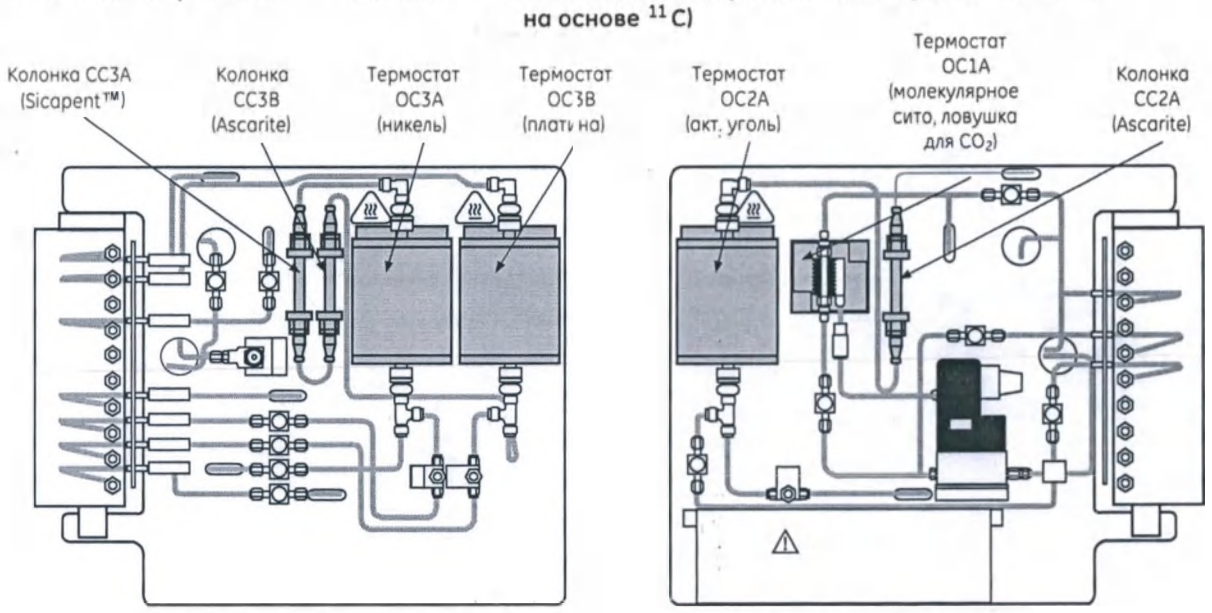
Рис. 5-4: Компоненты на панелях для обработки

Панель для обработки ^{15}O (дополнительная опция для обработки газообразных веществ на основе ^{15}O)



Панель ^{15}O (вид спереди) Панель ^{15}O (вид сзади)

Панель для обработки ^{11}C (дополнительная опция для обработки газообразных веществ на основе ^{11}C)



Панель ^{11}C (вид спереди) Панель ^{11}C (вид сзади)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4 Компоненты, расположенные в горячей камере

5-4-1 Панели для продукции (дополнительная опция)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газы

В случае утечки закройте горячую камеру и оставайтесь за пределами радиохимической лаборатории, пока газ не будет удален через вентиляционную систему.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

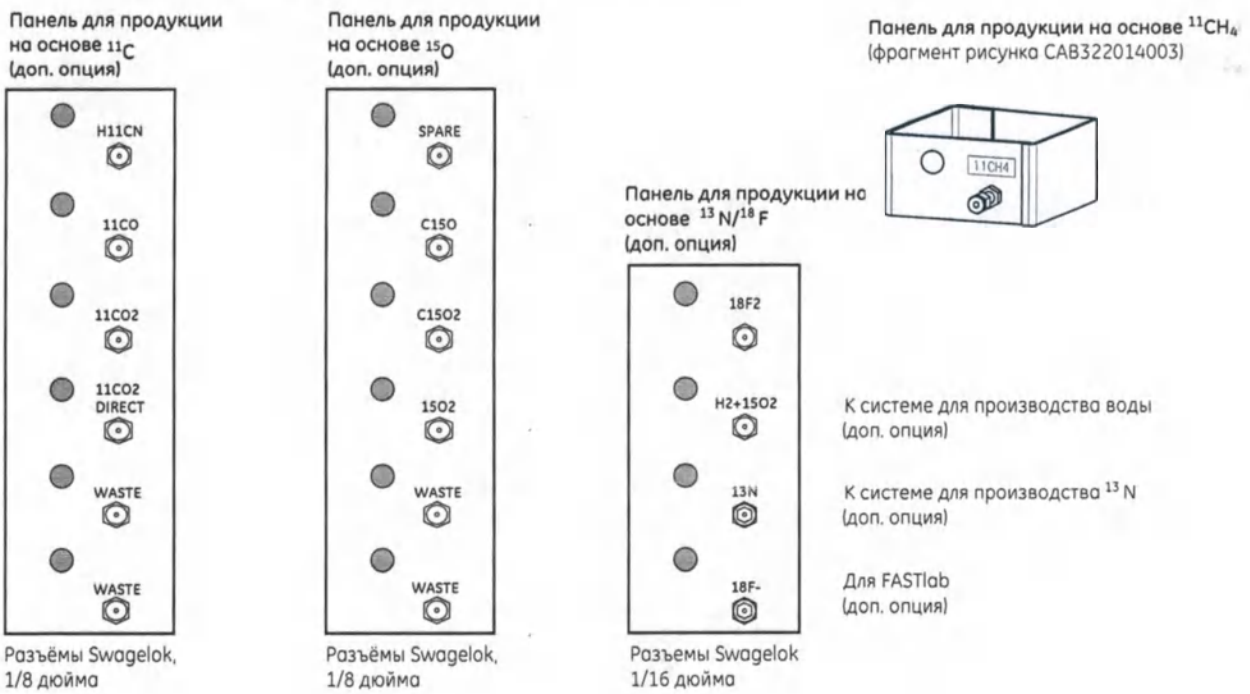
Пользуйтесь защитными очками и перчатками!

Не касайтесь глаз или рта!

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

Рис. 5-5: Панели для продукции



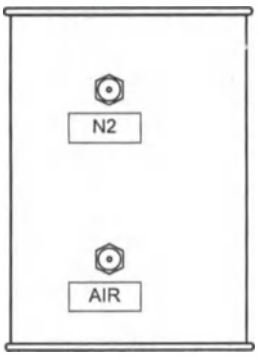
Обратите внимание!
Расположение выходов на панелях может быть иным.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4-2 Панель подачи газов для производства FDG (дополнительная опция)

Для работы с установкой PETtrace 800 FASTlab или аналогичной устанавливается отдельная панель подачи газов для производства ФДГ. Она обеспечивает систему производства ФДГ сжатым воздухом и азотом. Вода для мишени $^{18}F^-$ поступает от разъёма на панели для продукции $^{13}N/^{18}F$.

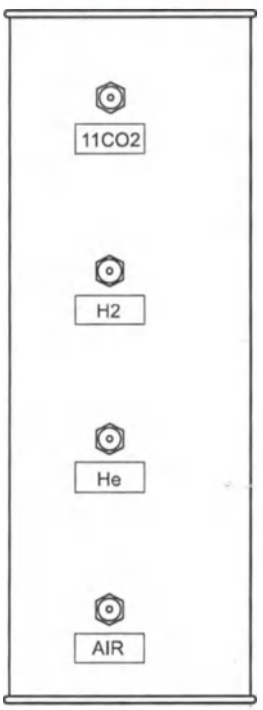
Рис. 5-6: Панель подачи газов для производства ФДГ



5-4-3 Панель подачи газов для производства MeI (дополнительная опция)

Для работы с установкой PETtrace 800 TRACERlab FX MeI или аналогичной, не входящей в обязательную комплектацию, в системе устанавливается отдельная панель подачи газов для производства MeI. На ней расположены четыре разъема без запорных клапанов. Система для производства MeI снабжается сжатым воздухом, газом ^{11}C-CO_2, газом H_2 и He от панели подачи газов для производства MeI.

Рис. 5-7: Панель подачи газов для производства MeI

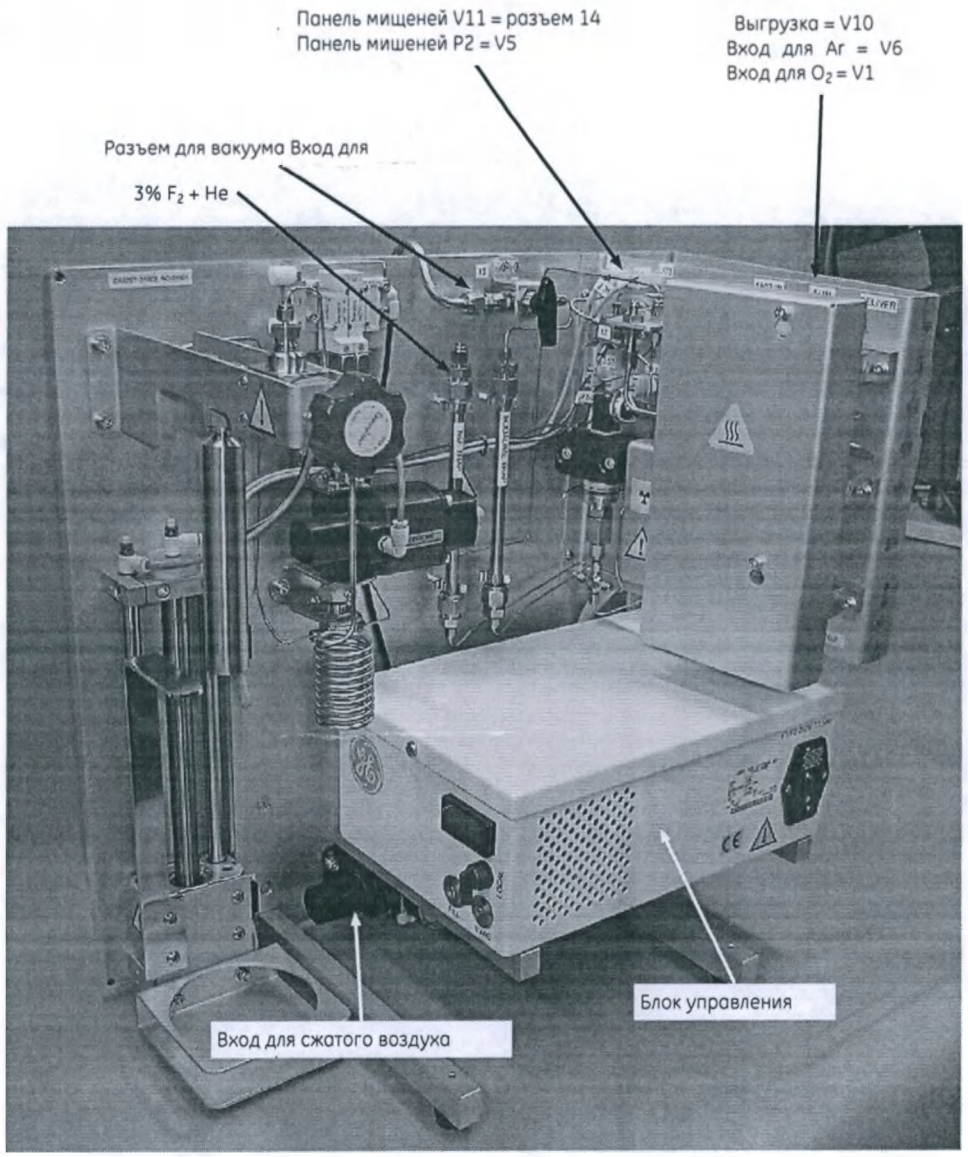


ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4-4 Панель для $^{18}F_2$-протон (дополнительная опция)

Панель для $^{18}F_2$-протон устанавливается с протонной системой мишеней $^{18}F_2$-протон (см. Рис. 5-8). Она содержит ряд клапанов, ловушек и блок управления. Блок управления обеспечивает дополнительный способ управления производством $^{18}F_2$-протон, наряду с Централизованной системой управления (см. Раздел 5-4-4-1 Обзор блока управления на странице 71).

Рис. 5-8: Панель для $^{18}F_2$-протон с разъемами для газов и материалов)



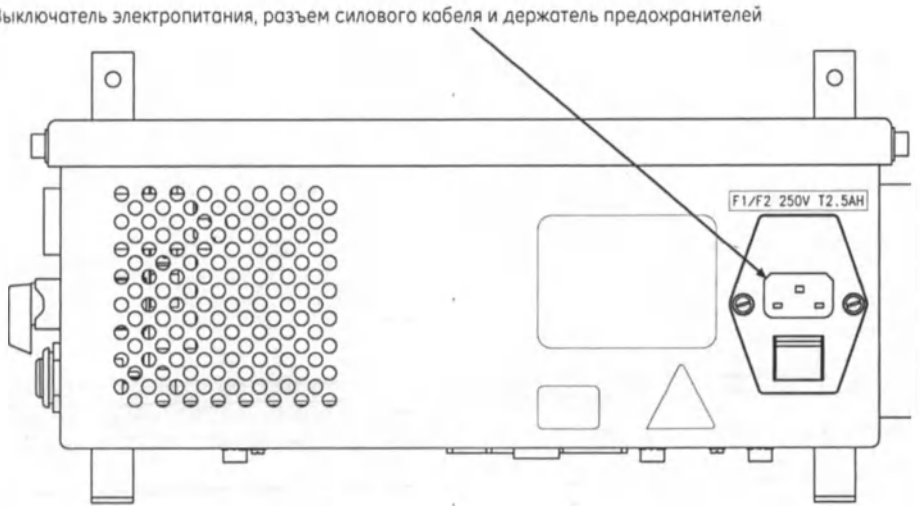
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4-4-1 Обзор блока управления

Блок управления – вид спереди

На передней стенке блока управления размещено гнездо кабеля электропитания в комбинации с держателем предохранителя и выключателем питания.

Рис. 5-9: Передняя часть блока управления



Блок управления – левая сторона

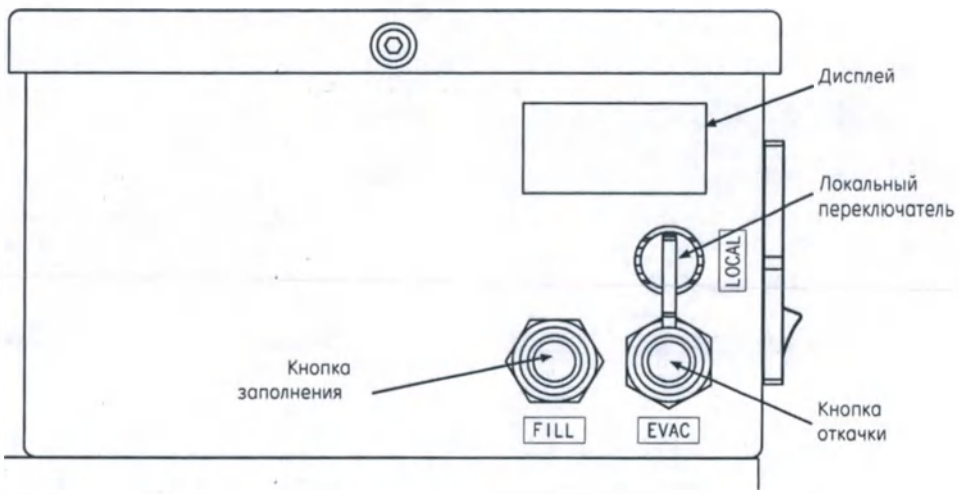
Левая панель блока управления оснащена некоторыми органами управления и индикатором. Назначение описано ниже. См. также Рис. 14-1.

Дисплей	Показывает давление в позиции P1 (в барах).
Переключатель **LOCAL** (Локально)	Вращающийся переключатель позволяет выполнять локальное управление при помощи кнопок **FILL** (Заполнение) и **EVAC** (Откачка).
Кнопка **EVAC** (Откачка)	Откачка системы. Нажмите, когда зелёный светодиод в кнопке светится непрерывно. Последовательность: 1 Все клапаны закрыты. 2 Открываются клапаны 1, 3, 4 и 9. 3 Производится откачка в течение 8 минут. 4 Клапаны 1, 3, 4 и 9 закрываются. ***Обратите внимание!*** *Сосуд с $^{18}O_2$ должен быть закрыт.*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Кнопка **FILL** (Откачка)	Заполнение резервуара кислородом. Нажмите, когда зелёный светодиод в кнопке светится непрерывно. Последовательность: 1 Клапаны 1 и 2 открываются. 2 Система ожидает, пока давление P1 не достигнет 1 бара (время ожидания не более 10 минут; если за это время не будет достигнуто давление 1 бар, операция прерывается). 3 Клапаны 1 и 2 закрываются.

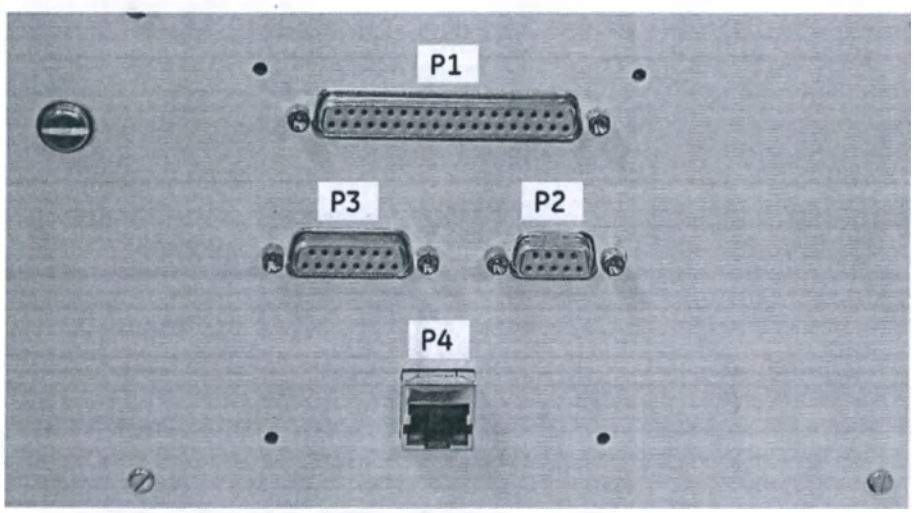
Рис. 5-10: Блок управления – вид слева



Блок управления – вид снизу

Снизу блока управления расположены четыре разъема. См. Рис. 5-11.

Рис. 5-11: Блок управления – вид снизу



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

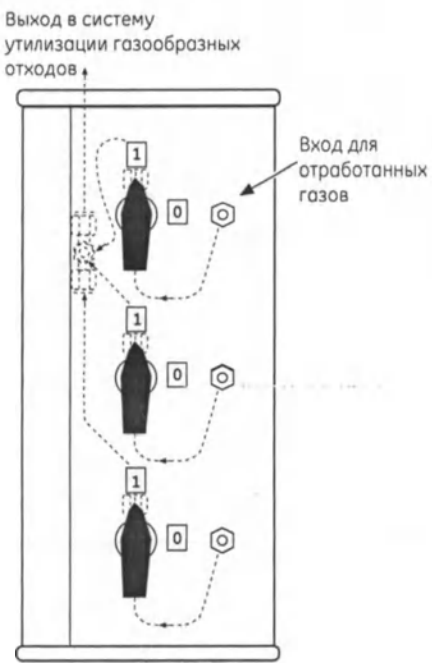
Таблица 5-1: Разъемы блока управления

Разъем	Подключение
P1	37-контактный разъём D-Sub – к разъёму P10 на протонной панели $^{18}F_2$
P2	9-контактный разъём D-Sub – к панели мишеней
P3	15-контактный разъём D-Sub для защитной блокировки
P4	Разъем RJ45 для сети Ethernet

5-4-5 Панель для отходов (дополнительная опция)

Панель для отходов служит для передачи отработанных газов из систем производства, находящихся в горячей камере, в систему сбора газообразных отходов (дополнительная опция). На панели имеется три входа для отработанных газов. Управление потоком отработанных газов осуществляется с помощью ручек клапанов. Чтобы открыть прохождение отработанного газа, поверните ручку клапана в положение **1**. Чтобы перекрыть прохождение отработанного газа, поверните ручку клапана в положение **0**.

Рис. 5-12: Панель для отходов



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4-6 Ловушка с натронной известью для F_2 (дополнительная опция)

Ловушка с натронной известью для F_2, расположенная в горячей камере, предназначена для улавливания фтора, содержащегося в отработанных газах, идущих от мишени $^{18}F_2$-дейтрон. Газ Ne/F_2 пропускают через ловушку, заполненную натронной известью. Газ F_2 улавливается, тогда как Ne проходит насквозь.

Инструкции относительно перезарядки см. в Раздел 17-9 Замена ловушки с натронной известью на странице 240.

Рис. 5-13: Ловушка с натронной известью для F_2

ОСТОРОЖНО! Едкое вещество – натронная известь

Обязательно надевайте защитные очки и перчатки.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-4-7 Процессы производства воды, меченой ^{15}O (дополнительная опция)

5-4-7-1 Система для производства воды

Система для производства воды входит в состав дополнительной опции для производства газообразного вещества ^{15}O. Это самодостаточная система, которая использует очищенный ^{15}O-O_2, поступающий из отсека для обработки, для производства воды, меченой ^{15}O. **INLET** (ВХОД) системы производства воды подключен к выходу для **H2+15O** на панели для продукции H_2O, ^{13}N и ^{18}F. Продукт собирают в отдельный сосуд, который подксоединён к выходу **OUTLET** (ВЫХОД) системы производства воды.

Термостат содержит платиновый катализатор. При пропускании смеси газов H_2+^{15}O через нагреваемый термостат образуется водяной пар.

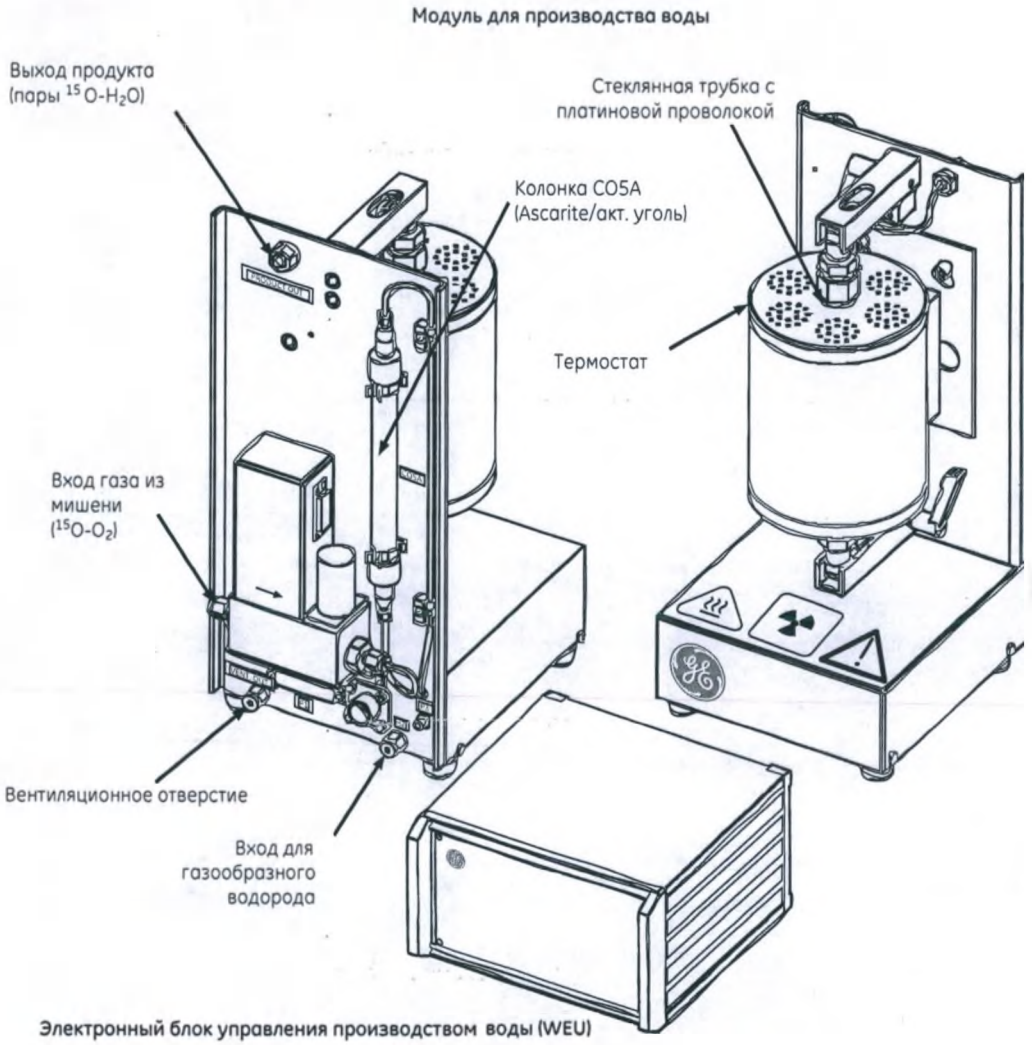
Рис. 5-14: Система для производства воды, меченой ^{15}O

5-4-7-2 Установка для производства воды (дополнительная опция)

Установка для производства воды позволяет получать воду, меченую ^{15}O, при отсутствии отсека для обработки. Установка для производства воды состоит из модуля для производства воды и электронного блока обработки воды. Модуль для обработки воды аналогичен системе для производства воды, но имеет несколько дополнительных компонентов. Для производства воды непосредственно из продуктов мишени ^{15}O-O_2 он имеет ряд клапанов, регулятор расхода и очистная колонку. Химический процесс в термостате, а также выход те же, что и в системе для производства водыа воды.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-15: Установка для производства воды, меченой ^{15}O



5-4-8 Установка для производства аммиака (дополнительная опция)

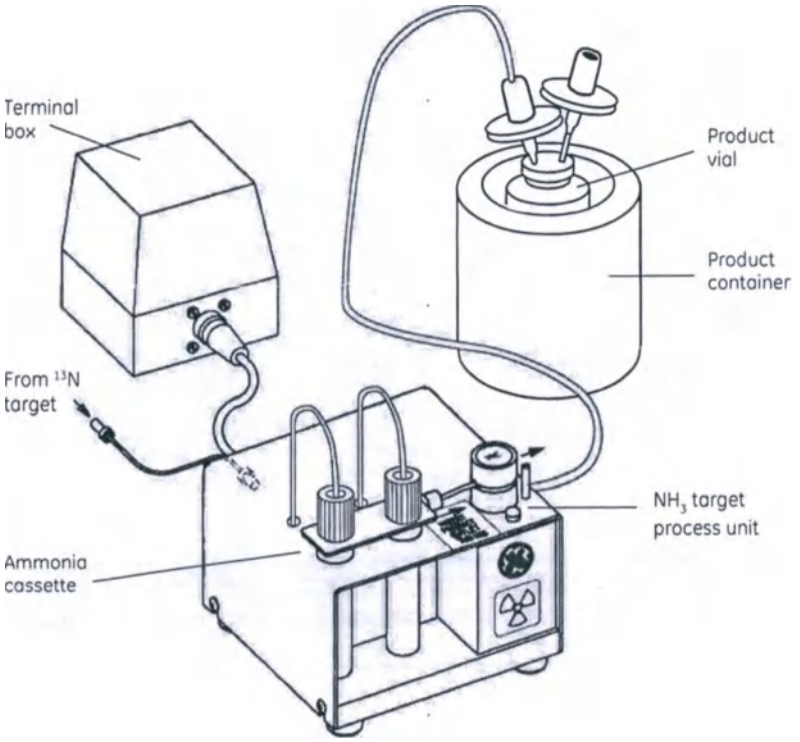
Обратите внимание!
Установка для производства аммиака не требуется, если аммиак производится из системы мишеней для $^{13}NH_3$.

Установка для производства аммиака включает в себя систему для производства аммиака, клеммную коробку и емкость для продукта.

Система для производства аммиака использует ^{13}N-NO_x из мишени ^{13}N для производства аммиака ^{13}N. Конечный продукт собирают в сосуд для продукта, помещенный в экранированную ёмкость для продукта. В клеммной коробке находятся электрические разъемы для автоматического управления тремя клапанами системы для производства аммиака.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-16: Установка для производства аммиака



5-4-8-1 Одноразовые расходные компоненты

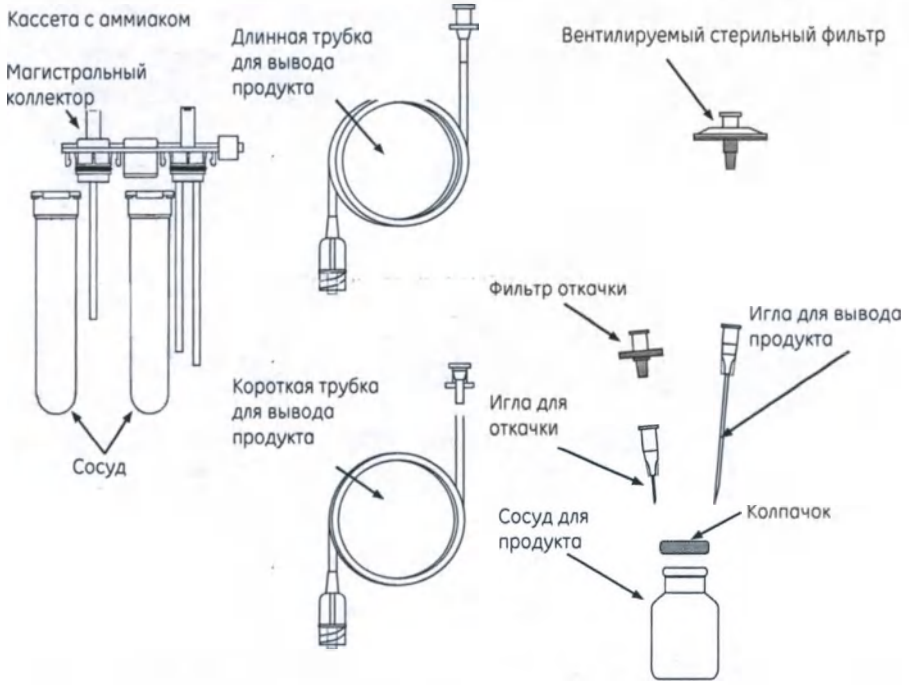
Для каждого цикла производства аммиака необходим ряд расходных материалов:

- Кассета с аммиаком
- Длинная трубка для выхода продукта
- Вентилируемый стерильный фильтр
- Короткая трубка для выхода продукта
- Игла для выхода продукта (длинная)
- Игла для откачки (короткая)
- Фильтр для откачки
- Сосуд для продукта

Сведения о порядке оформления заказа см. в Приложение E Порядок оформления заказа.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-17: Расходные материалы



5-4-8-2 Контейнер для продукта

Ёмкость для продукта обеспечивает защиту от радиации, создаваемой продуктом в сосуде. По окончании производственного цикла ёмкость для продукта можно передать в другое место для целей контроля качества.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Помните, что при высоком уровне радиоактивности емкость для продукта может не обеспечивать достаточную защиту. При транспортировке используйте дополнительную защиту, чтобы понизить радиацию до уровней, допускаемых федеральными, региональными и/или местными правовыми нормами.

Контейнер для продукта состоит из контейнера и крышки. Крышка фиксируется к контейнеру с помощью стопорного кольца.

ОСТОРОЖНО!

Контейнер для продукта весит 17 кг и при падении может нанести травму.

Прежде чем перемещать контейнер для продукта, убедитесь, что крышка полностью зафиксирована.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-18: Контейнер для продукта с флаконом

5-4-9 Панель клапанов переключения мишеней (дополнительная опция)

3-клапанная панель входит в систему переключения мишеней, см. Раздел 5-5 Система переключения мишеней (дополнительная опция) на странице 79.

5-5 Система переключения мишеней (дополнительная опция)

Система предназначена для использования вместе с циклотроном PETtrace 800. Основная функция системы – с помощью блока управления выбирать маршрут распределения выхода от двух мишеней ^{18}F к трем блокам газа для производства (ФДГ) в горячей камере.

Поблизости от циклотрона располагается 2-клапанная панель. С помощью блока управления клапанами можно выбрать необходимый клапан для мишени 1 или 2.

Поблизости от горячей камеры располагается 3-клапанная панель. С помощью блока управления можно выбрать необходимый блок газа для производства (ФДГ). Можно также выбрать выход для отходов.

Блок управления клапанами устанавливается рядом с рабочей станцией оператора.

У блока управления клапанами есть сигнальные соединения с двумя клапанными панелями, блоком интерфейса заказчика и системой защиты заказчика. У обеих клапанных панелей есть подключения сжатого воздуха, которые предназначены для управления клапанами.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Если система переключения мишеней не используется в соответствии с инструкциями, существует опасность утечки радиоактивной жидкости в горячей камере.

Если подача из мишени и связанных трубок по какой-либо причине прекратилась, трубки по-прежнему находятся под давлением и содержат радиоактивную жидкость. Подождите не менее 24 часов перед открытием системы. Перед началом работы с системой необходимо провести дозиметрический контроль.

Всегда надевайте защитную одежду, перчатки и защитные очки.

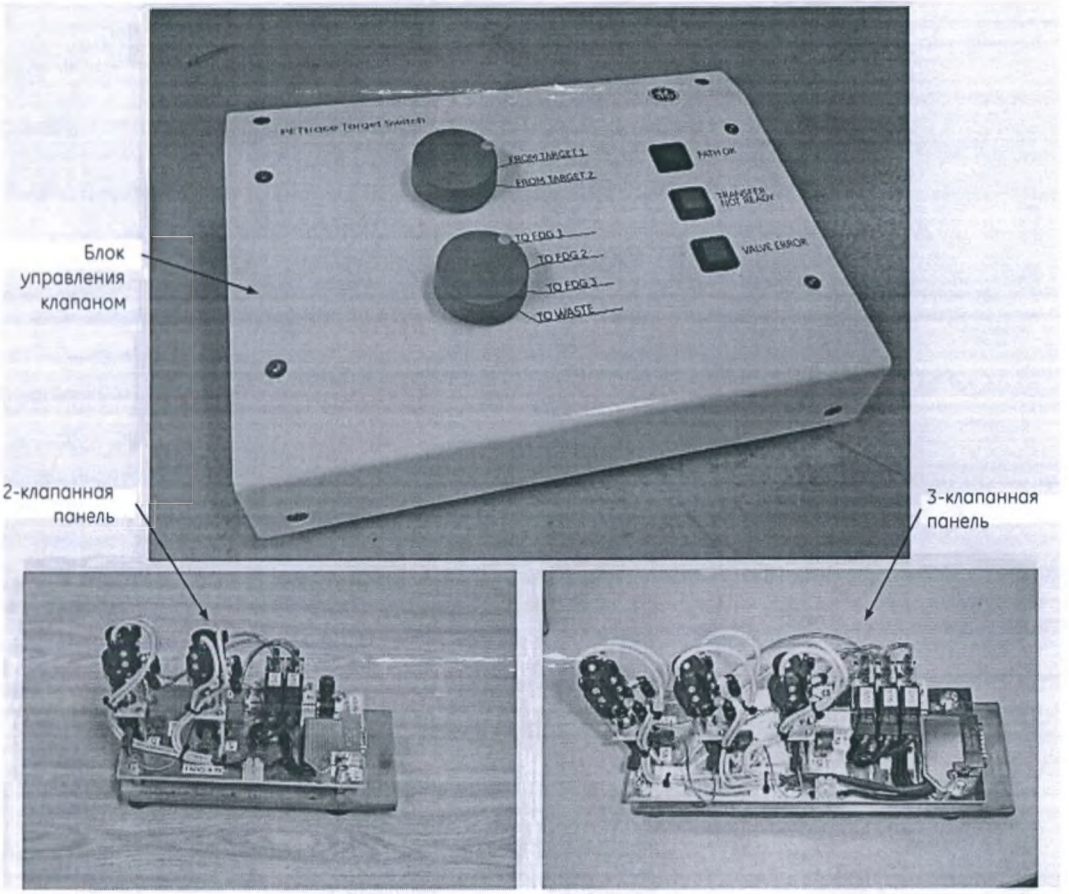
5-5-1 Элементы системы переключения мишеней

Система включает в себя следующие элементы:

- Одна 2-клапанная панель
- Одна 3-клапанная панель
- Один блок управления клапанами
- Воздушные трубки и соединения
- Силовой шнур 230 В перем. тока
- Четыре кабеля:
  - блок управления – 2-клапанная панель;
  - блок управления – 3-клапанная панель;
  - блок управления – система защиты;
  - блок управления – блок интерфейса заказчика.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-19: Блок управления и клапанные панели

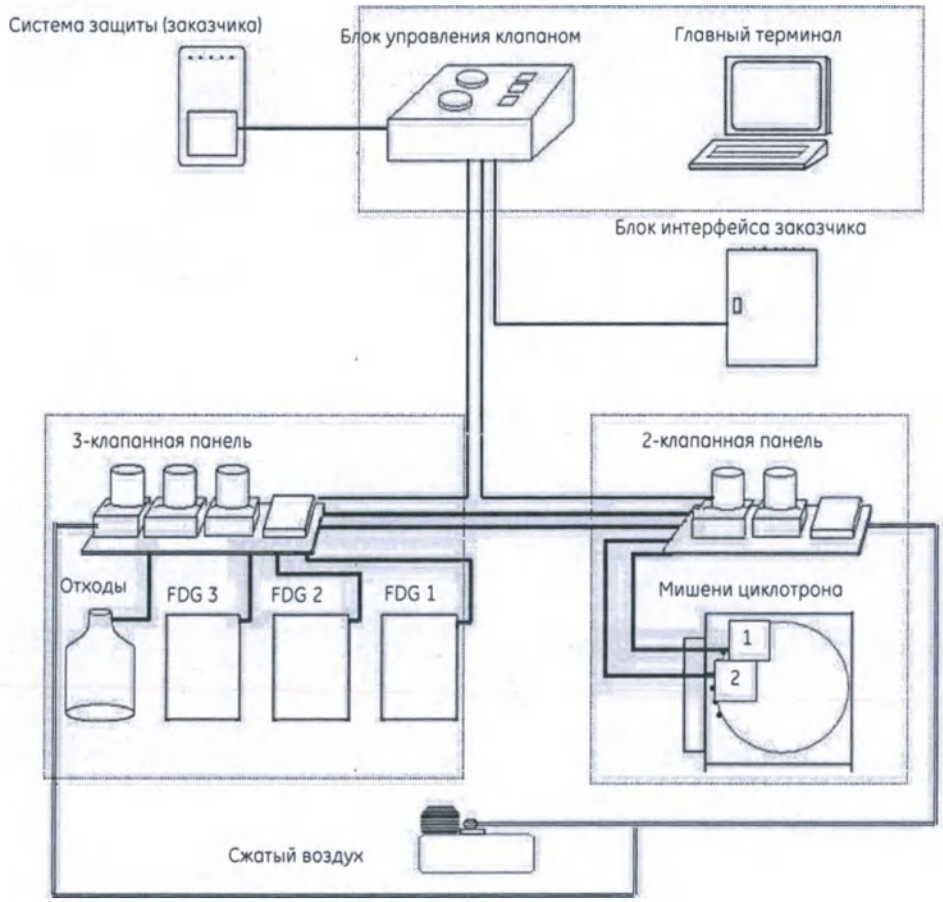


ОСТОРОЖНО! Опасные напряжения

Для снижения риска поражения электрическим током не снимайте крышки. Обращайтесь за обслуживанием к квалифицированному персоналу.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 5-20: Обзор системы переключения мишеней



5-5-2 Инструкции по эксплуатации

Работа с блоком управления.

- Выбрать основную точку выхода (**FROM TARGET 1** или **FROM TARGET 2**) с помощью верхней ручки управления на блоке управления.
- Выбрать вторую точку выхода (**TO FDG 1**, **TO FDG 2**, **TO FDG 3** или **TO WASTE**) с помощью нижней ручки на блоке управления.
- Пункт отходы используется при промывке системы или при испытании.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-5-2-1 Индикаторы на блоке управления

PATH OK	Зеленый индикатор горит в случае отсутствия нарушений для поступления из выбранной мишени в выбранную точку выхода ФДГ.
TRANSFER NOT READY	Красный индикатор горит в случае отсутствия сигнала блокировки. (Зеленый индикатор отсутствия нарушений **PATH OK** отключается.)
VALVE ERROR	Красный индикатор горит в случае неисправности того или иного клапана. Рекомендуем обратиться к представителю сервисной службы GE.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 ОБЗОР ИНСТРУКЦИЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

6-1 Введение

В данной главе приводятся указания по использованию Централизованной системы управления при эксплуатации системы PETtrace 800. Предполагается прочтение Глава 2 Основные компоненты и маркировка оборудования – Глава 5 Химия и компоненты технологического процесса данного руководства оператора. Особенно важно иметь представление обо всех факторах риска и правилах техники безопасности, описанных в Глава 3 Охрана труда и техника безопасности.

Кроме того, предполагается, что система установлена правильно и введена в эксплуатацию уполномоченным персоналом.

Описание меню и функций Централизованной системы управления см. в *PETtrace 800 series Master System – PC Lynx – Software Manual (дир. 5324837-100).*

Перед пуском убедитесь, что в вашем распоряжении имеются все необходимые химикаты и принадлежности. Сведения о порядке оформления заказа см. в Приложение E Порядок оформления заказа.

Обратите внимание!
Показанные на рисунках значения, могут отличаться от типичных.

6-2 Ежедневный технический осмотр

В настоящем разделе описаны процедуры, которые необходимо выполнять ежедневно перед запуском системы циклотрона.

Предполагается, что техническое обслуживание системы осуществляется в соответствии с инструкциями, представленными в настоящем руководстве и в руководствах по обслуживанию.

ОСТОРОЖНО! Факторы риска

Обязательны ежедневные техосмотры, позволяющие обнаруживать любые факторы риска для персонала и проблемы с обеспечением безопасности системы.

6-2-1 Ускоритель

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от циклотрона уровни радиации могут быть высокими.

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ). Постоянно следите за уровнем радиации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Выполните проверку в следующем порядке:

1 Не должно быть **никаких следов протечек воды** в помещении аппаратной или в помещении циклотрона.

2 В помещениях аппаратной и циклотрона должна работать **вентиляция**.

Относительная влажность: 30–60%. Температура: комнатная (18–25°C).

3 К отсекам 1-3, а также к блоку вторичного охлаждения, установленному в помещении аппаратной, должно подаваться **электропитание**. Убедитесь, что блок управления ускорителем (ACU) запущен и работает.

4 **Уровень вакуума** по индикатору блока управления вакуумом должен составлять около $1x10^{-6}$ мбар ($1x10^{-4}$ Па) или менее.

5 **Газовые клапаны** в магистралях подачи гелия и газов к мишеням должны быть открыты.

Характерные значения давления см. в Глава 5 Химия и компоненты технологического процесса.

6 **Система защиты от радиации** (дополнительная опция) должна быть закрыта.

7 В помещении циклотрона не должно быть **никого из персонала**.

8 **Дверь** в помещение циклотрона должна быть **закрыта**.

9 **Система безопасности отделения** разрешает включение пучка.

6-2-2 Радиохимическая система (дополнительная опция)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от отсека для обработки и горячей камеры может присутствовать высокий уровень ионизирующего излучения. Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Выполните проверку в следующем порядке:

1 **Источники питания** должны быть включены (должны светиться индикаторы на блоке управления химическими процессами (CCU), электронном блоке химической обработки (CEU) и электронном блоке управления производством воды (WEU) при его наличии.

2 **Вентиляция** должна быть включена.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Визуальные индикаторы на панелях для обработки должны иметь **соответствующие цвета**:

a Свежий абсорбер Sicapent в колонках CC3B и CO3A должен быть белым. Окрашивание абсорбера Sicapent указывает на то, что он уже был в употреблении.

b Свежий абсорбер Ascarite в колонках CC2A, CC3A и CO5A должен быть серым. Белый цвет абсорбера Ascarite указывает на то, что он уже был в употреблении.

4 **Газы для производства:**

a Проверьте настройки регуляторов давления. Типичные значения давления см. в Глава 5 Химия и компоненты технологического процесса.

b Откройте клапаны подачи газа.

5 **Трубки отведения отходов** от панелей для обработки должны быть подключены к системе сбора отходов радиоактивных газов.

6 Дверь **отсека для обработки** или **горячей камеры** должна быть закрыта.

6-3 Запуск системы

6-3-1 Запустите и войдите в централизованную систему управления

См. также *PETtrace 800 series Master System – PC Lynx – Software Manual (дир. 5324837-100).*

1 *Только для модели Dell Optiplex XE3:*

Убедитесь, что внешний привод подключен, и что вставлен DVD-диск Master PC Platform Installation 2.0.

Обратите внимание!
Внешний привод всегда должен быть подключен и DVD-диск вставлен во время запуска или загрузки компьютера.

2 Включите компьютер.

3 В ответ на пришлашение **login:** (имя пользователя) введите **PETtrace**.

4 В ответ на приглашение **password:** (ввести пароль) введите пароль (длиной не менее шести символов).

Если вы не знаете пароля, обратитесь к ответственному инженеру.

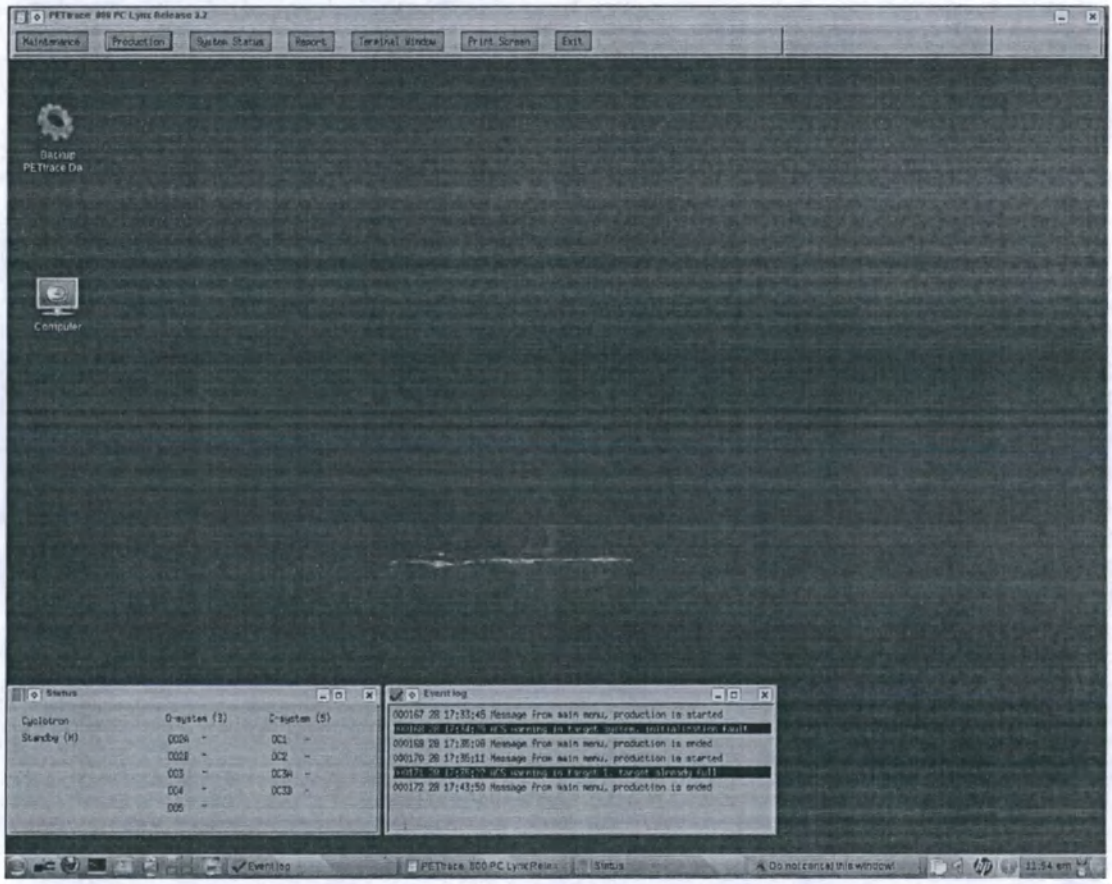
5 Приложение Централизованной системы управления запускается в окне командной строки, отображаемом в виде значка.

Обратите внимание!
Ни при каких обстоятельствах не следует закрывать это окно. Если закрыть окно, работа приложения Master System (Централизованная система управления) будет прервана.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

В верхней части экрана появляется главное меню системы **PETtrace**. Кроме того, появляются также окна **Event log** (Журнал событий) и **Status** (Состояние) (Рис. 6-1). В окне **Status** (Состояние) отображается текущее состояние циклотрона и установленных систем химической обработки. В окне **Event log** (Журнал событий) отображаются события с отметкой времени и (по возможности) объяснение причин возникающих ошибок.

Рис. 6-1: Окно Централизованной системы управления



Когда блок управления ускорителем (ACS) и блок управления химическими процессами (CCU) включены и работают, меню **PETtrace** активно.

6-3-1-1 Выход из централизованной системы управления

Чтобы выйти из Централизованной системы управления, щелкните кнопку **Exit** (Выход) в меню **PETtrace**. Прежде чем выйти из Централизованной системы управления, необходимо дать подтверждение.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-3-2 Запуск циклотрона

1 Выберите пункт **Maintenance** (Техобслуживание).

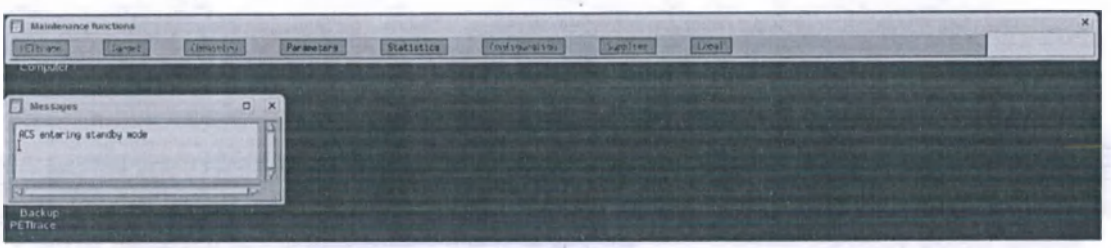
2 Щелкните кнопку **PETtrace**.

3 Выберите один из вариантов запуска **Start Up H** (Запуск H) или **Start Up D** (Запуск D).

Произойдет запуск и начнется самотестирование циклотрона и его подсистем.

Во время самотестирования в окне **Messages** (Сообщения) выводится информация о состоянии системы управления ускорителем. Окно будет автоматически закрыто, когда поступит сообщение о завершении самотестирования.

Рис. 6-2: Вид экрана при запуске



Обратите внимание!
Нет необходимости запускать циклотрон перед выбором производственного процесса. После выбора производственного процесса циклотрон запускается автоматически. См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

6-4 Производство

В настоящем разделе излагается стандартная процедура производства радиофармпрепарата с использованием Централизованной системы управления PETtrace 800.

Сведения о подготовительных операциях, которые необходимо выполнить до начала производства, и подробную информацию, относящуюся к различным мишеням, см. также в главах, посвященных этим мишеням:

- Глава 7 Производство фторида $^{18}F^-$ (дополнительная опция)
- Глава 8 Производство ^{13}N-аммиака (дополнительная опция)
- Глава 9 Производство в мишени $^{13}NH_3$ (дополнительно)
- Глава 10 Производство газообразных радиофармпрепаратов на основе ^{11}C (дополнительная опция)
- Глава 11 Производство радиофармпрепаратов на основе ^{15}O (дополнительная опция)
- Глава 12 Производство метана $^{11}CH_4$ (дополнительная опция)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- Глава 13 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов (дополнительная опция)
- Глава 14 Производство $^{18}F_2$ из протонов (дополнительная опция)
- Глава 15 Производство ^{68}Ga (дополнительная опция)

Приложение A Система Beam Line (дополнительная опция) содержит описание системы Beam Line.

Стандартный цикл производства состоит из перечисленных ниже этапов, которые подробно описаны в следующих разделах:

1 Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94

2 Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97

3 Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99

4 *Как дополнительный вариант:* Раздел 6-4-7 Химическая обработка (дополнительная опция) на странице 100

5 Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101

Обратите внимание на следующее:

- В обычном режиме производства используется файл параметров, который используется для определения значений по умолчанию в окне **Operator signature** (Ключ оператора) – эти параметры определяют для каждого имеющегося радиофармпрепарата силу тока и время облучения, а также заряд или радиоактивность. При наличии нескольких файлов параметров перед началом производства можно выбрать нужный файл. Подробности см. в Раздел 6-4-1 Выбор и редактирование файлов параметров на странице 91.
- Информацию о производственном процессе с двойным пучком см. в Раздел 6-4-2 Работа с двойным пучком и протонами/дейтронами на странице 91.
- При работе с газовой мишенью рекомендуется перед началом производства проверить мишень на утечку, см. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

Обратите внимание!
Сведения о способах калибровки радиоактивности и расчета выхода насыщения имеются в руководстве PETtrace 800 series Master System – PC Lynx – Software Manual (дир. 5324837-100).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-4-1 Выбор и редактирование файлов параметров

Подробную информацию о выборе и редактировании файлов параметров см. в *PETtrace 800 series Master System – PC Lynx – Software Manual (дир. 5324837-100).*

Для выбора файла параметров:

1 В меню **PETtrace** щелкните кнопку **Maintenance** (Техобслуживание), чтобы вызвать на экран меню **Maintenance** (Техобслуживание).

2 Щелкните кнопку **Parameters** (Параметры).

Откроется окно **Select parameter file** (Выбор файла параметров).

3 Выберите соответствующий файл параметров, после чего нажмите **Select** (Выбрать).

4 Для выхода из данного меню щелкните кнопку **Cancel** (Отмена).

Для редактирования файла параметров:

1 В окне **Select parameter file** (Выбор файла параметров) щелкните нужный файл параметров.

2 Щелкните кнопку **Edit** (Правка). Откроется окно **Edit parameter** (Редактирование параметров).

Обратите внимание!
Файл GEMS содержит заводские значения параметров. Этот файл доступен только для чтения. Однако имеется возможность скопировать файл GEMS и затем отредактировать копию.

3 Щелкайте кнопки **Стрелка влево** (предыдущий) или **Стрелка вправо** (следующий), пока не появится название нужного процесса.

4 Отредактируйте параметры и щелкните кнопку **Save** (Сохранить).

5 Чтобы закрыть данное окно, щелкните кнопку **Cancel** (Отмена).

6-4-2 Работа с двойным пучком и протонами/дейтронами

ВНИМАНИЕ!

Запрещается запускать мишень $^{11}CO_2$ HP в режиме двойного пучка с другой мишенью. Мощности гелиевого охлаждения может быть недостаточно при разделении ее на две мишени. Это может привести к разрыву фольги.

Обратите внимание!
При производстве с использованием двойного пучка в обоих производственных процессах должна использоваться одна и та же частица (протон или дейтрон).

Обратите внимание!
При работе с двойным пучком невозможно осуществлять непрерывное производство.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Необходимые условия для производства с помощью двойного пучка:

1 Первая мишень находится в положении 1–3.

2 Вторая мишень должна находиться в положении 4–6.

3 Между первой и второй мишенями должно быть как минимум два порта мишеней.

4 Если кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для одного производственного цикла нажать одновременно с кнопкой **OK** в окне входа в систему для другого производственного цикла, на экране может появиться сообщение об ошибке *ACS beam off in mode changer, bad state* (Пучок ACS отключен при смене режимов, недопустимое состояние), и запускаемый производственный цикл будет завершен.

5 Подготовка двух препаратов ведется параллельно, и один из них может быть готов раньше другого. Если кнопку **Start irradiation** (Запуск облучения) нажать сразу же после его включения, может возникнуть ситуация, аналогичная описанной выше. Это, как правило, происходит, когда для подготовки требуется смена частиц. Рекомендуется дождаться, когда оба препарата будут готовы к облучению.

6 Если кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) в окне одного производственного цикла нажать одновременно с кнопкой **Start irradiation** (Запуск облучения) в окне другого производственного цикла, может начаться отсчет времени облучения до включения пучка.

ВНИМАНИЕ!

Длительные периоды непрерывного производства (более трех часов) могут серьезно повредить циклотрон в связи с неправильной компенсацией увеличения температуры магнита.

Для правильной компенсации убедитесь, что система переходит в режим ожидания (выключение пучка) на несколько минут не менее одного раза каждые три часа.

Во время производства ток магнита регулируется для компенсации увеличения температуры магнита. Для правильной компенсации заданное значение тока магнита должно регулярно сбрасываться. Это происходит каждый раз, когда система переходит в режим ожидания, например, между двумя периодами производства (без облучения пучком).

Во время длительных периодов производства, например, при перекрытии производства ^{18}F в режиме двойного пучка, когда последовательно запускается новое производство на одной мишени, в то время как продолжается производство на другой, система никогда не переходит в режим ожидания. В таком случае заданное значение магнита не будет сброшено, что может привести к неправильной компенсации температуры в связи с плохой калибровкой. Это может привести к повышению температуры, плохому качеству пучка и, в конечном итоге, серьезному повреждению оборудования.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-4-3 Проверка мишени на утечку

Проверка мишени на утечку выполняется автоматически для жидких мишеней, но не для газообразных мишеней. Рекомендуется выполнять проверку на утечку для газообразных мишеней перед началом работы.

Для проверки мишени на утечку выполните следующие действия:

1 Выберите пункт **Maintenance** (Техобслуживание).

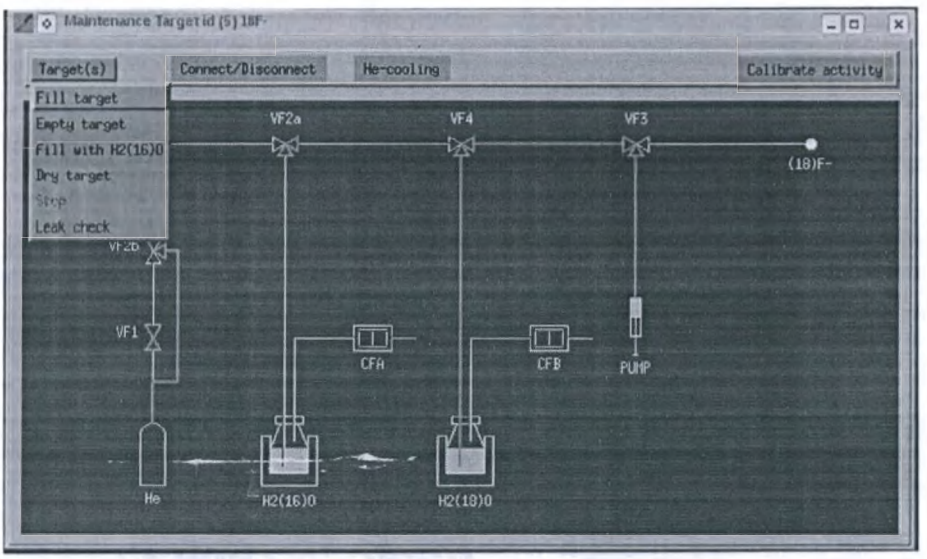
2 В меню **Target** (Мишень) выберите ту мишень, которую следует проверить на утечку.

Рис. 6-3: Выбор мишени

3 Откроется окно техобслуживания мишени с графическим представлением выбранной мишени вместе с соответствующими трубками и клапанами (см. Рис. 6-4).

4 Выберите пункт **Leak check** (Проверка на утечку) в меню **Target(s)** (Мишень(и)) и дождитесь появления сообщения о результатах.

Рис. 6-4: Окно техобслуживания мишени



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

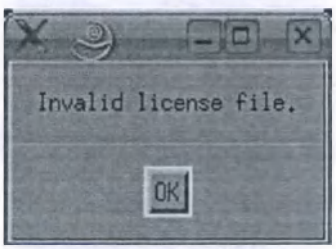
6-4-4 Выбор производственного процесса

1 В меню **PETtrace** нажмите кнопку **Production** (Производство) и выберите нужный радиофармпрепарат.

Если циклотрон к этому времени еще не находится в дежурном режиме, запускается соответствующая последовательность, и циклотрон переводится в дежурный режим.

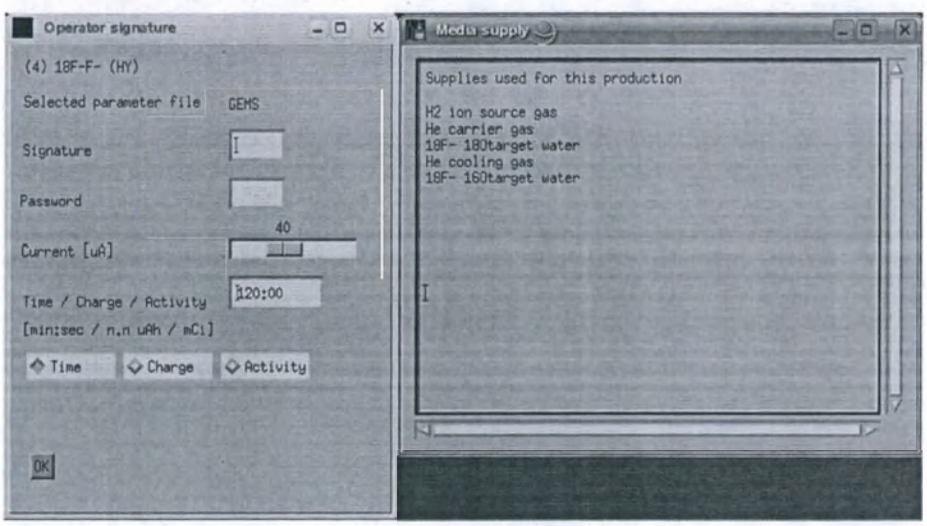
Рис. 6-5: Выбор производственного процесса

Обратите внимание!
Если по той или иной причине файл лицензии поврежден или недостоверен (синтаксическая ошибка, неверный ключ, отсутствие файла), на экране появится сообщение об ошибке. Однако по-прежнему производственный процесс может выполняться с максимальным током 60 мкА.



2 Отобразятся окно **Operator signature** (Ключ оператора) и окно **Media supply** (Подача реагентов).

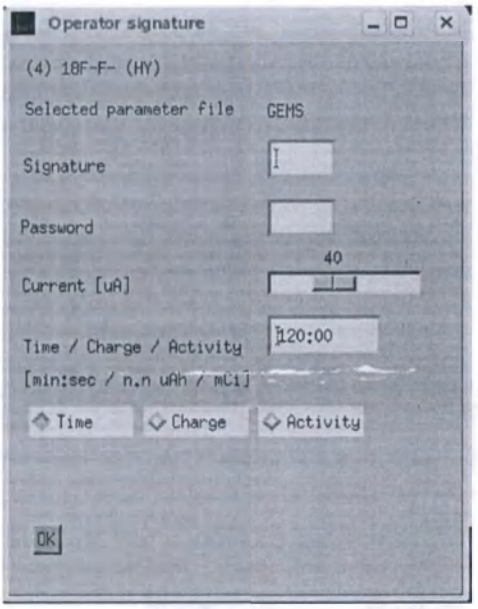
Рис. 6-6: Окна ключа оператора и подачи реагентов



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Убедитесь, что подключены все источники, перечисленные в окне **Media supply** (Подача реагентов). См. Приложение B Подача материалов, где приводятся спецификации давления газов и жидкостей.

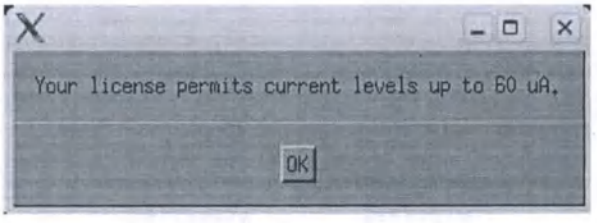
4 В окне **Operator signature** (Ключ оператора) отображаются текущие параметры облучения для выбранного процесса. При необходимости эти параметры можно изменить.



Обратите внимание!
Когда в программном приложении активирована функция авторегулировки условий, а вакуума для надежного производства по какой-либо причине становится недостаточно, ток пучка будет автоматически снижен, и создаваемая интенсивность будет меньше ожидаемой. Для получения дополнительных сведений см. Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

5 Введите свой ключ и пароль, затем щелкните кнопку **OK**. Длина ключа и пароля не более 5 символов.

Обратите внимание!
Максимальная общая сила тока мишени для любой комбинации мишеней определяется с помощью ключа установленного программного обеспечения. Если вводимое значение тока больше предусмотренного, на экране появится соответствующее сообщение. Для тока устанавливается максимальное значение в соответствии с полученной лицензией.



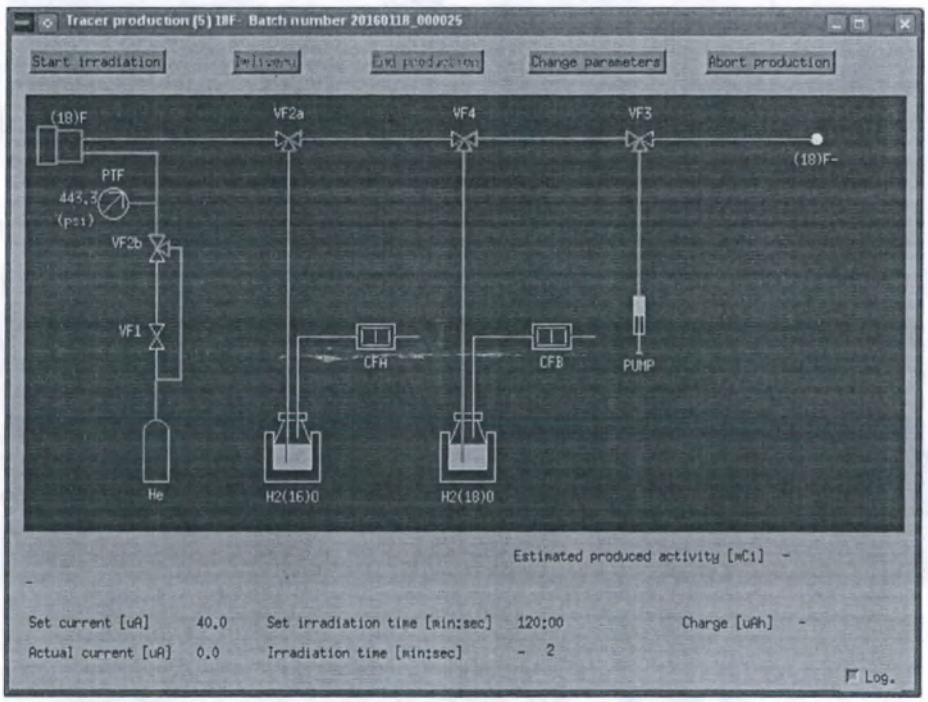
Откроется окно **Tracer production** (Производство препарата) для выбранного процесса.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Это окно даёт графическое представление выбранной мишени и системы химической обработки. С этого момента идет автоматическая подготовка ускорителя и радиохимической системы к процессу производства.

Когда система ускорителя будет готова, оператора известит повторяющийся звуковой сигнал, при этом станет доступной кнопка **Start Irradiation** (Запуск облучения).

Рис. 6-7: Окно производства препарата



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-4-5 Запуск облучения

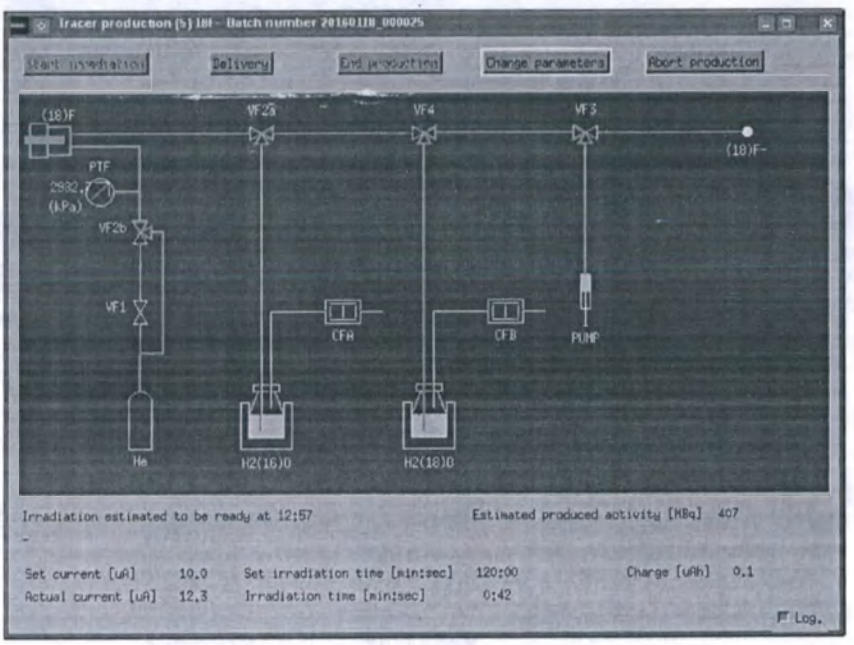
Если требуется файл журнала, поставьте флажок напротив пункта **Log** (Журнал) в окне **Tracer production** (Производство препарата) – файлы журнала находятся в каталоге /export/home/PETtrace/logfiles.

- Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения).

  В время облучения толстая линия в мишени указывает то, пучок включён.

  Параметры производства отображаются в нижней части окна **Tracer production** (Производство препарата).

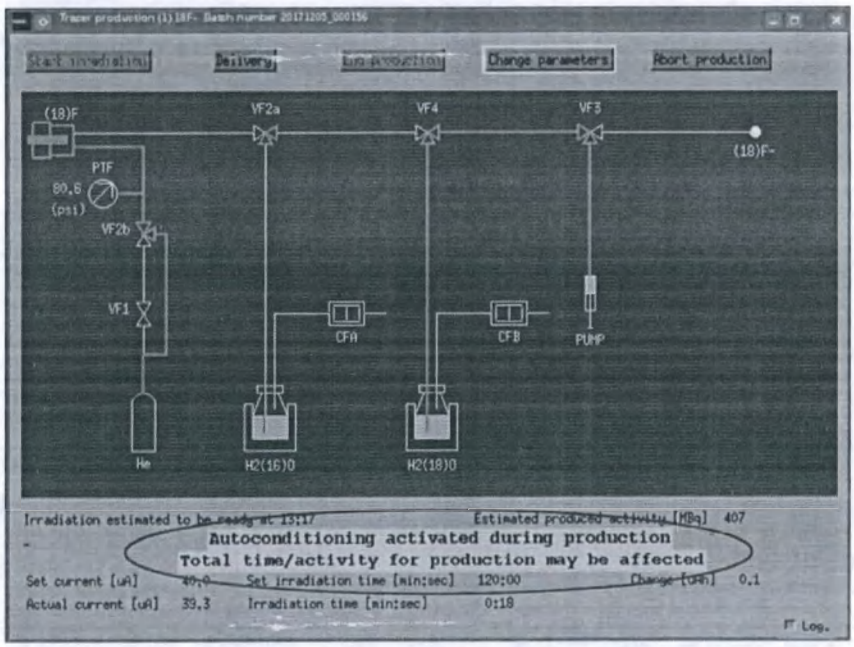
Рис. 6-8: Вид окна производства препарата во время облучения



Когда в программном приложении активирована функция авторегулировки условий, а вакуума для надежного производства по какой-либо причине становится недостаточно (например, вакуумная камера недавно была открыта или в вакуумной камере возник серьезный сбой), ток пучка будет автоматически снижен для обеспечения надежных условий.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

В окне **Tracer production** (Производство препарата) отобразится выделенное цветом сообщение:



Обратите внимание!
Снижение тока пучка может повлиять на создаваемую интенсивность. При необходимости это можно откорректировать путем удлинения времени производства или путем повышения тока пучка, если только уже не установлен максимальный ток пучка.

Во время облучения в окне **Tracer production** (Производство препарата) можно выполнять следующие действия:

- **Изменение параметров**
  Есть возможность с помощью опции **Change parameters** (Изменить параметры) во время облучения вводить новые параметры облучения. Заданные параметры будут использоваться с момента нажатия кнопки **OK**; введенные значения времени/заряда добавляются к отображаемому в данный момент времени/ накопленному заряду.

- **Начало производства с помощью двойного пучка**
  Имеется возможность начать второй производственный цикл, повторив инструкции из следующих разделов: Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94 и Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97. См. также Раздел 6-4-2 Работа с двойным пучком и протонами/дейтронами на странице 91.

- **Прерывание производства**
  При необходимости производство можно остановить до начала химической обработки, щелкнув кнопку **Abort production** (Прервать производство).

- **Остановка облучения** с помощью кнопок **Delivery** (Выгрузка продукта) или **End production** (Завершить производство).

  См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство)

В зависимости от выбранного типа производственного процесса (периодический или непрерывный), облучение мишени можно прекратить, щёлкнув кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) (для производства партии) или **End production** (Завершить производство) – для непрерывного производства, только ^{15}O.

A. Остановка облучения до истечения времени облучения

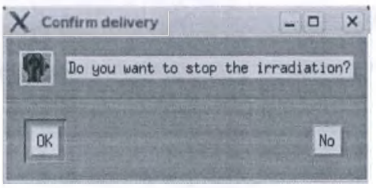
1 Если достаточная активность была получена до истечения расчетного времени облучения **И** система химической обработки/приемный блок подготовлены:

Щелкните кнопку **Delivery/End production** (Выгрузка продукта/Завершить производство).

2 Для производства партии:

На экране появится всплывающее окно **Confirm delivery** (Подтверждение выгрузки), с помощью которого можно подтвердить свой выбор, нажав **OK**.

Рис. 6-9: Подтверждение выгрузки продукта



B. Остановка облучения по истечении времени облучения

По истечении времени облучения подаются звуковые сигналы. Облучение продолжается еще 60 секунд, чтобы поддержать постоянный уровень радиоактивности.

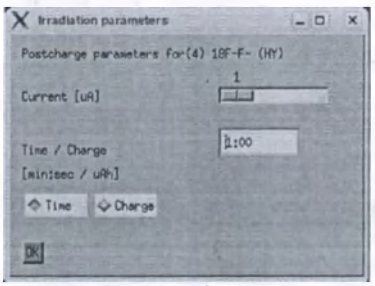
На экране появится окно **Irradiation parameters** (Параметры облучения), что даст возможность продлить облучение (режим дополнительной экспозиции). Выполните одно из следующих действий:

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Сразу же нажмите **Delivery/End production** (Выгрузка продукта/Завершить производство).

2 Продлите время облучения. После истечения времени дополнительной экспозиции пучок отключается, и активной будет только кнопка **Delivery/End production** (Выгрузка продукта/Завершение производства).

Рис. 6-10: Параметры дополнительной экспозиции



Увеличить или уменьшить силу тока можно с помощью ползункового регулятора.
Щелкните кнопку **Time** (Время) или **Charge** (Заряд), чтобы выбрать второй параметр, затем введите новое значение времени или заряда.
Щелкните **OK**.

ОСТОРОЖНО! Сбои в системе

Если при выгрузке продукта произойдет сбой, не входите в помещение циклотрона.

Вызовите ответственного инженера.

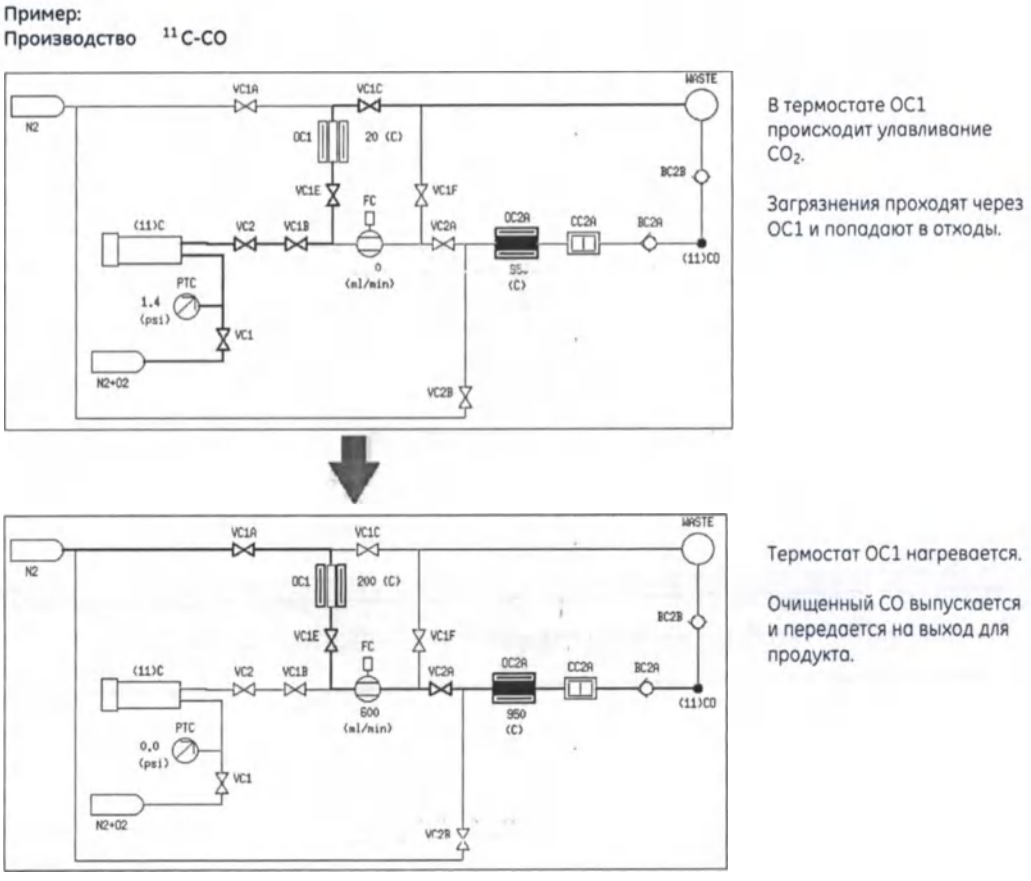
6-4-7 Химическая обработка (дополнительная опция)

Если в системе установлены дополнительные опции для выполнения химической обработки, Централизованная система управления будет отображать операции, связанные с обработкой.

Прервать выполняемый химический процесс невозможно.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 6-11: Вид окна во время химической обработки

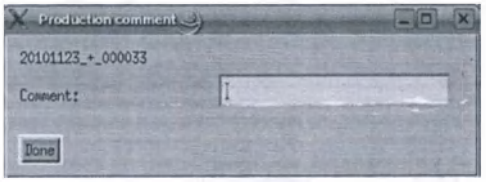


6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции

По завершении процесса сохраняется и распечатывается отчет о производстве. Перед сохранением отчета о произведенной продукции оператору следует ввести комментарий к произведённой продукции.

Отчет о производстве также доступен в виде файла PDF в папке /home/PETtrace/production_reports, если включена функция автоматической печати. *(Доступно в PETtrace 800 PC Lynx выпуска 3.5.)*

Рис. 6-12: Окно Комментарий к произведённой продукции



Обратите внимание!
Всегда щелкайте кнопку ***Done*** *(Готово) в окне* ***Production comment*** *(Комментарий к произведённой продукции).*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 6-14 дает представление о том, как выглядит распечатанный отчет. Чтобы вывести отчет на экран, выполните следующее.

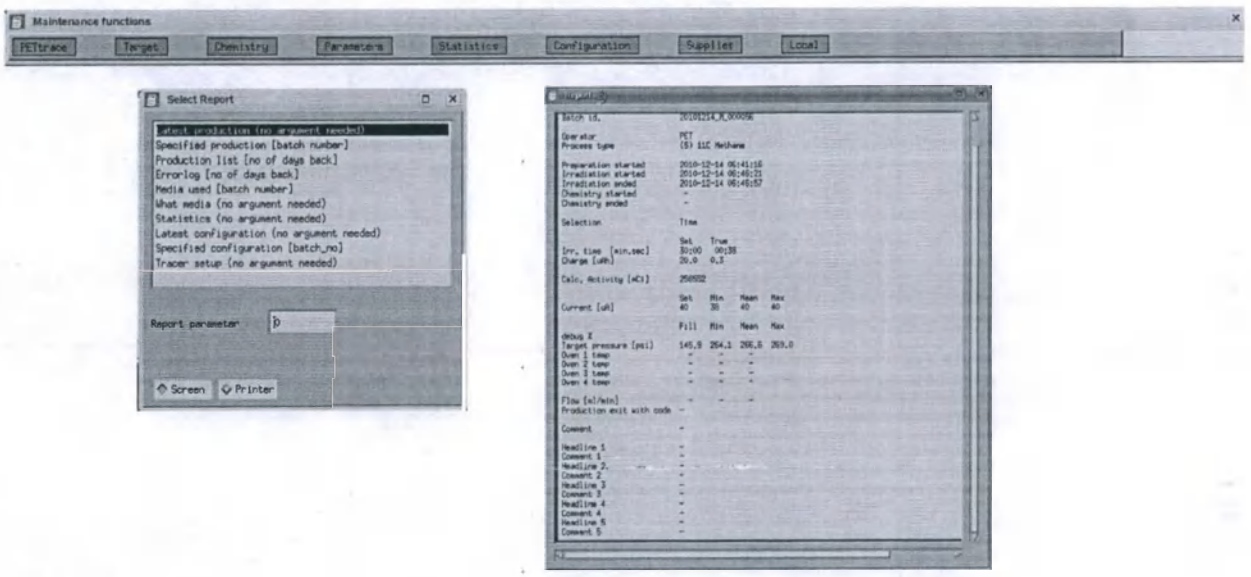
1 Нажмите **Report** (Отчет) в меню **PETtrace**.

2 При необходимости введите параметр отчета.

3 Убедитесь в том, что выбран пункт **Screen** (Экран), и дважды щелкните тип отчета.

4 Для просмотра всего отчета воспользуйтесь полосой прокрутки.

Рис. 6-13: Экранная версия отчета о произведенной продукции



Latest production (Последний препарат) Последний препарат.

Specified production (Заданный препарат) Продукция, указанная в поле параметров отчета (номер партии, четыре последних цифры идентификатора партии).

Production list (Список препаратов) Продукция, указанная в поле параметров отчета (количество дней).

Errorlog (Журнал ошибок) Количество сообщений об ошибках и событиях, хранящихся в базе данных, указанной в поле параметра отчета (количество дней).

Media used (Использованные реагенты) Информация об использовании реагентов для продукции, указанной в поле параметров отчета (номер партии, четыре последних цифры идентификатора партии).

What media (Типы материалов) Список типов материалов, используемых для каждого из поддерживаемых типов радиофармпрепаратов.

Statistics (Статистика) Статистическая информация.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Latest configuration (Последняя конфигурация)	Последняя конфигурация.
Specified configuration (Заданная конфигурация)	конфигурация, указанная в поле параметров отчета (номер партии, четыре последних цифры идентификатора партии).
Tracer setup (Настройка радиофармпрепаратов)	Информация обо всех поддерживаемых типах радиофармпрепаратов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 6-14: Распечатка отчета о произведенной продукции

03/29/11 report.txt 1

```
--------------------------------
Batch id.                   20110329_+_000021

Operator                    PET
Process type                (1) 18F-F- (HY)

Preparation started         2011-03-29 10:29:39
Irradiation started         2011-03-29 10:32:58
Irradiation ended           2011-03-29 10:58:09
Chemistry started            -
Chemistry ended              -

Selection                   Time

                            Set    True
Irr. time  [min.sec]        120:00   25:10
Charge [uAh]                80.0   16.7

Calc. Activity [MBq]        48026

                            Set    Min    Mean   Max
Current [uA]                40     32     40     45

                            Fill   Min    Mean   Max
Target pressure [kPa]       2807.5 2904.8 2924.8 3056.4
Oven 1 temp                   -      -      -
Oven 2 temp                   -      -      -
Oven 3 temp                   -      -      -
Oven 4 temp                   -      -      -

Flow [ml/min]                 -      -      -
Production exit with code   -

Comment                     -


Headline 1                  -
Comment 1                   -
Headline 2                  -
Comment 2                   -
Headline 3                  -
Comment 3                   -
Headline 4                  -
Comment 4                   -
Headline 5                  -
Comment 5                   -
```


ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-5 *Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла*

6-5-1 Завершение работы системы

Чтобы завершить работу системы, выполните следующее:

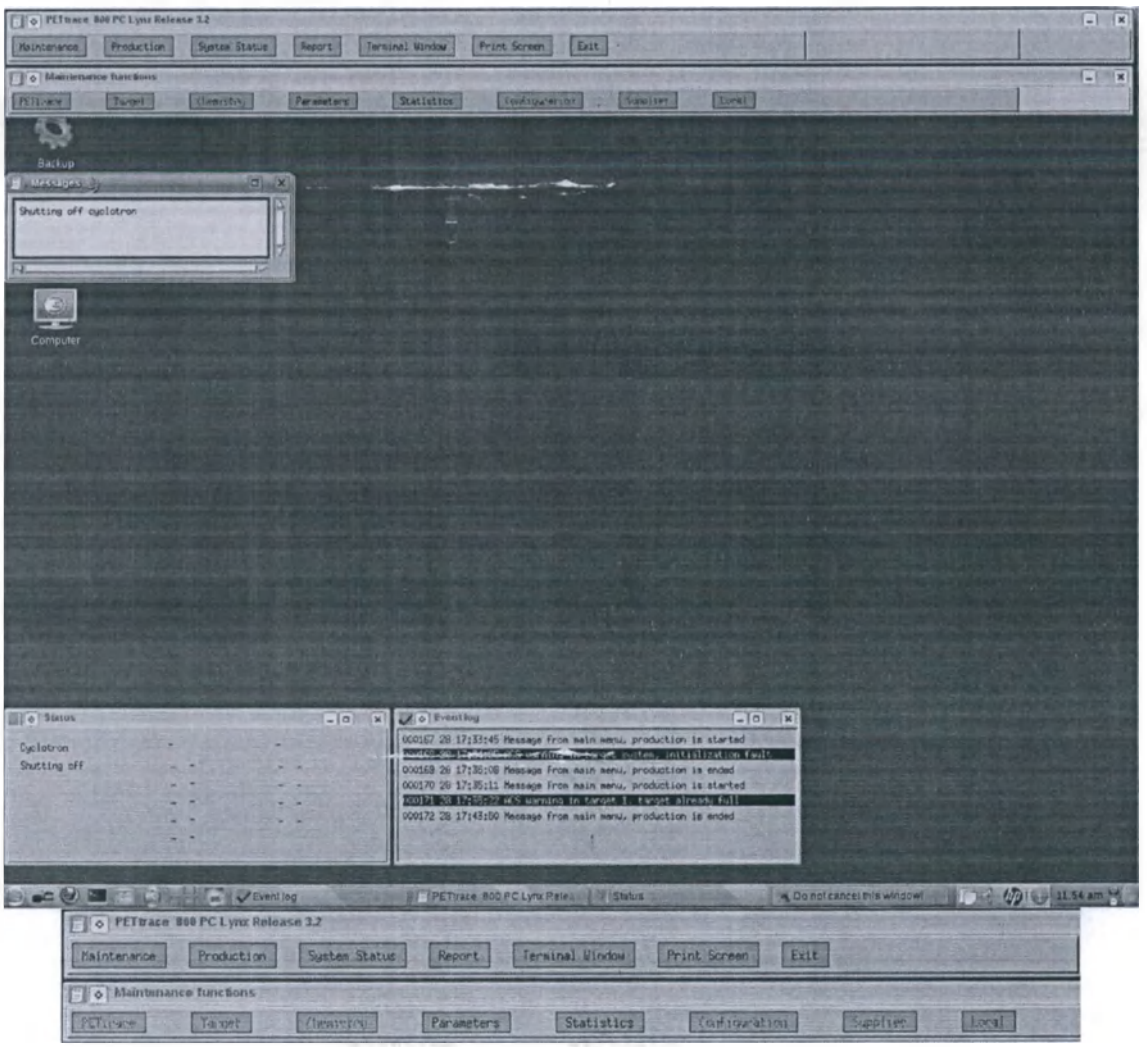
1 Выберите пункт **Maintenance** (Техобслуживание).

2 Щелкните кнопку **PETtrace**.

3 Выберите пункт **Shut Down** (Завершение работы).

Во время завершения работы системы в окне **Messages** (Сообщения) выводится информация о состоянии различных подсистем. Окно будет автоматически закрыто, когда поступит сообщение об окончании процедур завершения работы.

Рис. 6-15: Вид экрана во время завершения работы

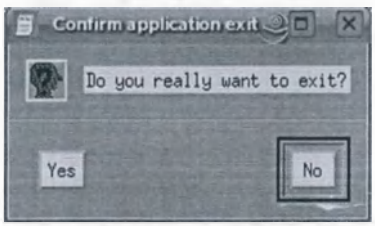


ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Для выхода из Централизованной системы управления щелкните кнопку **Exit** (Выход).

Перед закрытием окна **Error** (Ошибка) и выходом из системы оператору будет предложено подтвердить, что он просмотрел сообщения об ошибках. После этого экран компьютера очистится, и на нем появится приглашение войти в систему **login** (входа в систему).

Рис. 6-16: Подтверждение выхода из приложения



ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от циклотрона уровни радиации могут быть высокими.

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ). Постоянно следите за уровнем радиации.

Для полного отключения системы см. Приложение D Включение/выключение системы.

6-5-2 Подача реагентов

Завершая производство в конце рабочего дня, закройте все клапаны подачи газов в ионные источники, системы обработки и мишени. В частности, проследите за тем, чтобы были закрыты основные клапаны подачи водорода, дейтерия и фтора.

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразные водород (H_2) и дейтерий (D_2) взрывоопасны в смеси с воздухом при определенных пропорциях.

Перед началом производства обеспечьте достаточную вентиляцию. Избегайте открытого огня в помещении циклотрона.

После завершения производственного цикла закройте главные клапаны подачи H_2 и D_2.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газовая смесь водород/азот (H_2/N_2) (для опции метана $^{11}CH_4$) взрывоопасна в смеси с воздухом в определённых пропорциях.

Перед началом производства обеспечьте достаточную вентиляцию. Избегайте открытого огня в помещении циклотрона.

В нерабочее время источник H_2/N_2 рекомендуется держать закрытым. В случае неожиданного падения давления в баллоне H_2/N_2 обязательно найдите причину утечки.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

Обратите внимание!
Утечки в газовых системах могут повлиять на рабочие характеристики. Утечка в газовой системе источника ионов может сократить срок службы этого источника.

6-5-2-1 Замена расходных материалов

Использование газов, жидкостей и других расходных материалов регистрируется в базе данных системы. При каждой замене источника газа, жидкости или другого расходного материала необходимо обновить базу данных (см. Раздел 17-14 Обновление базы данных системы (при замене расходных материалов) на странице 326).

6-6 Контроль качества

Обратите внимание!
Компания GE не несет ответственности за преобразование полученного радиоактивного вещества в радиофармпрепарат. Ответственность за данный этап работы лежит исключительно на заказчике.

Качество произведенных радиофармпрепаратов должно отвечать требованиям государственных, региональных или местных нормативных документов к производству радиофармпрепаратов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 ПРОИЗВОДСТВО ФТОРИДА $^{18}F^-$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе приводятся инструкции по производству фторида $^{18}F^-$. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (доп. 2169049-100).*

7-1 Введение

Циклотрон PETtrace 800 вырабатывает фторид с изотопом $^{18}F^-$, который можно использовать для синтеза [^{18}F]-ФДГ или других нуклеофильных радиофармпрепаратов на основе $^{18}F^-$ фторида.

Таблица 2-1 содержит информацию о различных доступных системах мишеней $^{18}F^-$.

7-1-1 Величины давления гелия

Мишень $^{18}F^-$ Nb 25 работает с высоким давлением, которое подается при включении пучка, а меньшая величина давления используется при заполнении, опорожнении и бездействии мишени.

Технические характеристики см. в Таблица B-1.

Давление в мишени должно повыситься примерно на 20–25 фунтов/кв. дюйм выше **нижнего уровня заданного давления** по мере заполнения мишени $^{18}F^-$ Nb 25. Это происходит из-за того, что мишенная вода поступает в мишень, увеличивая давление при закрытом клапане V1 на устройстве заливки жидкой мишени (LTF).

Если система сочтет повышение давления недостаточным, будет выдано сообщения об ошибке. Вероятно, причина этого в том, что одна (или две) емкости для воды в устройстве LTF пусты или почти пусты.

Когда мишень *заполнена*, она постоянно находится под высоким давлением.

Линия гелия **высокого давления** подключается к устройству для заливки жидкостной мишени через дроссель, чтобы предотвратить слишком резкое воздействие высокого давления на мишень.

7-1-2 Сила тока пучка

Подтвержденный уровень силы тока пучка составляет 65 мкА для мишени $^{18}F^-$ Nb 25 и 80 мкА для самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27, что обеспечивает высокий уровень выходной мощности и качество/надежность создаваемой интенсивности действия. Максимальная общая сила тока мишени для любой комбинации мишеней определяется с помощью ключа установленного программного обеспечения. См. Раздел 2-1-2 Дополнительные опции на странице 21 для получения дополнительных сведений.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Производительность системы мишеней $^{18}F^-$ Nb 27 (самоэкранирующей) или $^{18}F^-$ Nb 25 равна выходу насыщения от 200 до 210 мКи/мкА при максимальной силе тока пучка. Следует отметить, что для получения указанного выхода насыщения требуется не менее чем 98%-ное содержание $H_2{}^{18}O$ в материале мишени.

Сила используемого **тока мишени** также оказывает влияние на срок службы мишени. Поэтому не следует подавать на мишень ток большей силы, чем требуется для получения нужной активности. Как правило, не следует компенсировать отрицательную тенденцию в заданных выходных параметрах увеличением тока пучка.

О периодичности техобслуживания мишеней см. Таблица 17-1. Процедуры техобслуживания мишени описаны в Раздел 17-12 Техобслуживание мишени на странице 243.

7-1-3 Внутри мишени

Важно, чтобы мишень была заполнена нужным количеством воды. Для проверки этого см. Раздел 17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней на странице 323. Убедитесь, что получен указанный объём.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Если во время облучения мишени в ней содержится слишком малое количество воды, пучок будет проходить выше уровня воды и повредит ниобиевый корпус.

7-1-4 Качество воды

Продолжительность срока службы мишени сильно зависит от **качества обогащенной воды**, $[^{18}O]H_2O$. Всегда используйте свежую воду от квалифицированного поставщика с хорошими рекомендациями. Также нормальная вода (^{16}O), используемая для полоскания, должна быть хорошего качества.

Обратите внимание!
Не следует использовать бидистиллят или уже бывшую в употреблении воду после синтеза ФДГ.

Характеристики жидкостей мишеней см. в Таблица B-2.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-2 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

К числу операций, которые следует выполнить перед началом производства $^{18}F^-$ фторида, относятся следующие:

1 *Проверка подключения к системам вывода газообразных и жидких отходов.*

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 *Подготовка FASTlab/TRACERlab/приемного блока.*

Подготовьте FASTlab/TRACERlab в соответствии с указаниями, приведенными в документации FASTlab/TRACERlab. При наличии еще одного приемного блока см. указания по подготовке в документации к такому блоку.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

При работе с системой мишеней в обязательном порядке надевайте защитные перчатки и очки.

3 *Проверка уровня мишенной воды в емкостях для хранения воды.*

Перед началом производственного цикла следует убедиться, что в емкостях для хранения воды в устройстве заливки жидкой мишени (LTF) достаточно воды для производства.

Для получения указаний по замене емкостей для харения воды, см. Раздел 17-8 Замена емкостей и трубок LTF на странице 228.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-3 Производство

7-3-1 Стандартизованная технология для производства $^{18}F^-$ изотопов

Таблица 7-1: СРП для производства изотопа $^{18}F^-$

Этап	Действие	Реагент мишени	Типичное время (мин)	Максимальная сила тока пучка (мкА) на мишень	Обратите внимание
1	Производство основного изотопа	$H_2{}^{18}O$	60–120	65	Мишень $^{18}F^-$ Nb 25
				80	Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27
2	Выгрузка продукта ($^{18}F^-$)	$H_2{}^{18}O$	3	-	1
3	Промывка мишени	$H_2{}^{16}O$	3	-	2
4	Просушивание мишени	He	15	-	3

1 Контролируйте время транспортировки и содержание изотопа (в единицах мКи).

2 В процессе этой операции с мишени, фильтра мишени, клапанов и транспортировочного трубопровода смывается остаточная активность и другие вещества, ухудшающие свойства материалов.

Обратите внимание!
Эту операцию следует выполнять как можно скорее после выгрузки продукта.

Промывка позволяет продлить срок службы мишени и трубопровода.

Уровень остаточной радиоактивности в промывной воде дает важную информацию о состоянии мишени.

3 Операция просушивания удаляет капли воды и остатки других веществ с мишени, мишенного фильтра, клапанов и трубопровода.

7-3-2 Производство $^{18}F^-$ фторида

Подробные сведения о главных этапах см. в Раздел 6-4 Производство на странице 89.

Обратите внимание!
Убедитесь, что переключающие клапаны находятся в правильном положении, чтобы направить выход продукции в TRACERlab/приемный блок.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

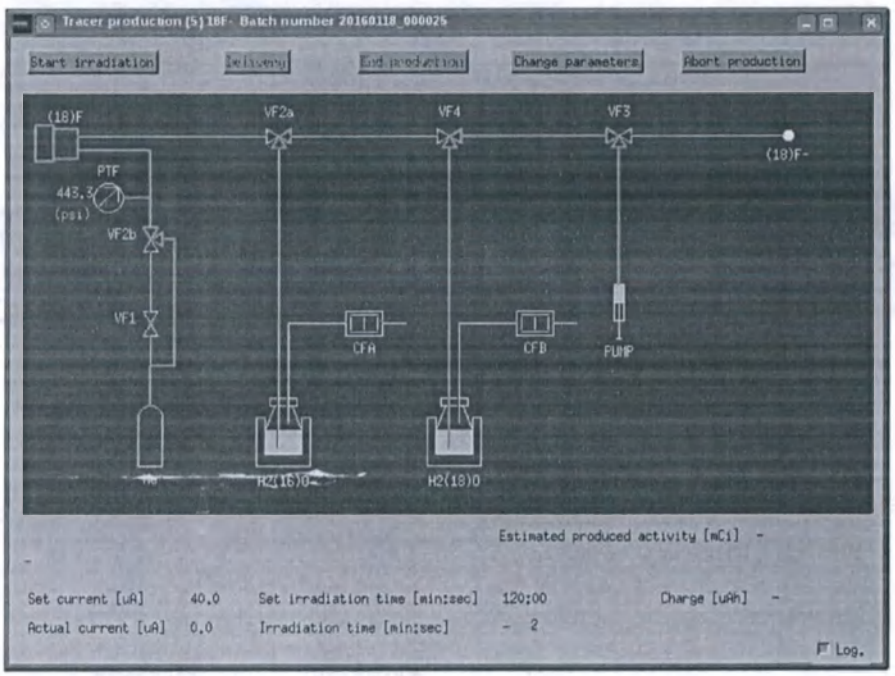
1 **Выбор производственного процесса**

a Выберите соответствующую мишень $^{18}F^-$ в меню **Production** (Производство), после чего введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

b На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для $^{18}F^-$.

Обратите внимание!
Во время заливки мишени перед подачей высокого давления давление мишени должно увеличиться на чуть более чем 1 бар (см. индикатор PTF). Увеличение давления свидетельствует о том, что мишень заполнена водой.

Рис. 7-1: Окно производства препарата для мишеней $^{18}F^-$ Nb 25



2 **Запуск облучения**

Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок. Более подробные сведения см. в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

3 **Выгрузка продукта ($^{18}F^-$)**

См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

4 **Завершение процесса**

См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-4 Операции, выполняемые после производственного цикла

7-4-1 Промывка мишени

Промывку мишеней необходимо производить сразу же после выгрузки или хотя бы по окончании дневного производства. Промывка позволяет сократить износ трубок и клапанов, а также предотвратить наличие остаточной радиоактивности в системе.

Процесс включает в себя два этапа: заполнение и опорожнение мишени.

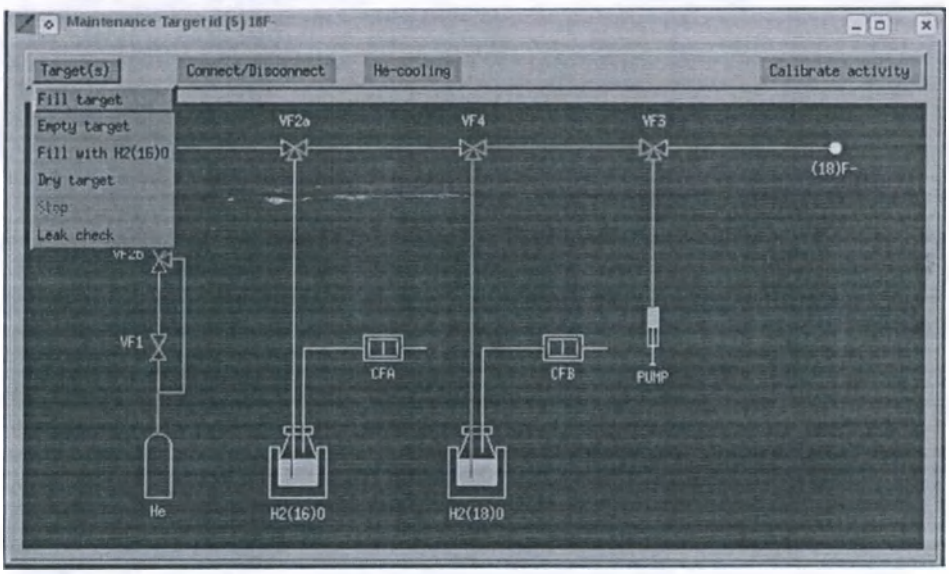
7-4-1-1 Заполнение мишени

1 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните кнопку **Target** (Мишень) и выберите нужное положение мишени.

На экране появится окно **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени).

2 Щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Fill with H216O** (Заполнить мишень H216O).

Рис. 7-2: Окно техобслуживания мишени для $^{18}F^-$ Nb 25



7-4-1-2 Опорожнение мишени

1 Убедитесь, что переключающие клапаны находятся в правильном положении, соответствующем выводу содержимого мишени в отходы.

2 В окне **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) нажмите **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите **Empty Target** (Опорожнить мишень).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-4-2 Просушивание мишени

Сушка производится немедленно после выгрузки или хотя бы по окончании дневного производства. Сушка представляет собой процедуру общего технического обслуживания, которая позволяет увеличить срок службы и снизить уровень развития бактерий в трубках и клапанах.

- В окне **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени) щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Dry target** (Просушить мишень).

7-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8 ПРОИЗВОДСТВО ^{13}N-АММИАКА (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе приводятся инструкции по производству ^{13}N-аммиака. Предполагается, что оператор уже прочел Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

Для получения информации о производстве $^{13}NH_3$ см. Глава 9 Производство в мишени $^{13}NH_3$ (дополнительно).

8-1 Подготовка

Ниже перечислены некоторые процедуры, которые необходимо выполнить перед началом производства ^{13}N-аммиака (подробные инструкции см. в указанных ссылках):

1 Раздел 8-1-1 Подключение воды для мишени на странице 117

2 Раздел 8-1-2 Проверка емкости для отходов и отвода отработанных газов на странице 118

Убедитесь, что отработанные газы подключены к системе для радиоактивного газа.

3 Раздел 8-1-3 Распаковка одноразовых расходных компонентов на странице 119

4 Раздел 8-1-4 Подготовка кассеты на странице 119

5 Раздел 8-1-5 Загрузка кассеты на странице 122

6 Раздел 8-1-6 Сборка одноразовых расходных компонентов на странице 123

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Всегда надевайте защитные очки и перчатки при работе с установкой для производства аммиака.

8-1-1 Подключение воды для мишени

Вода для азотной мишени ^{13}N подается в систему производства аммиака из трубки, которая идет от панели для продукции ^{13}N/^{18}F.

1 Убедитесь, что трубка для подачи воды подключена к разъему **13N** на панели для продукции ^{13}N/^{18}F.

2 Убедитесь, что трубка для подачи воды подключена к люэровскому разъему **FROM TARGET** (С МИШЕНИ) на задней панели системы для производства аммиака.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-2 Проверка емкости для отходов и отвода отработанных газов

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

Газообразный гелий, используемый для нагнетания мишенной воды в систему для производства аммиака, откачивается через емкость для отходов, находящуюся внутри системы. В ёмкостьдля отходов попадают все капли улавливающего раствора, которые могут последовать за потоком гелия.

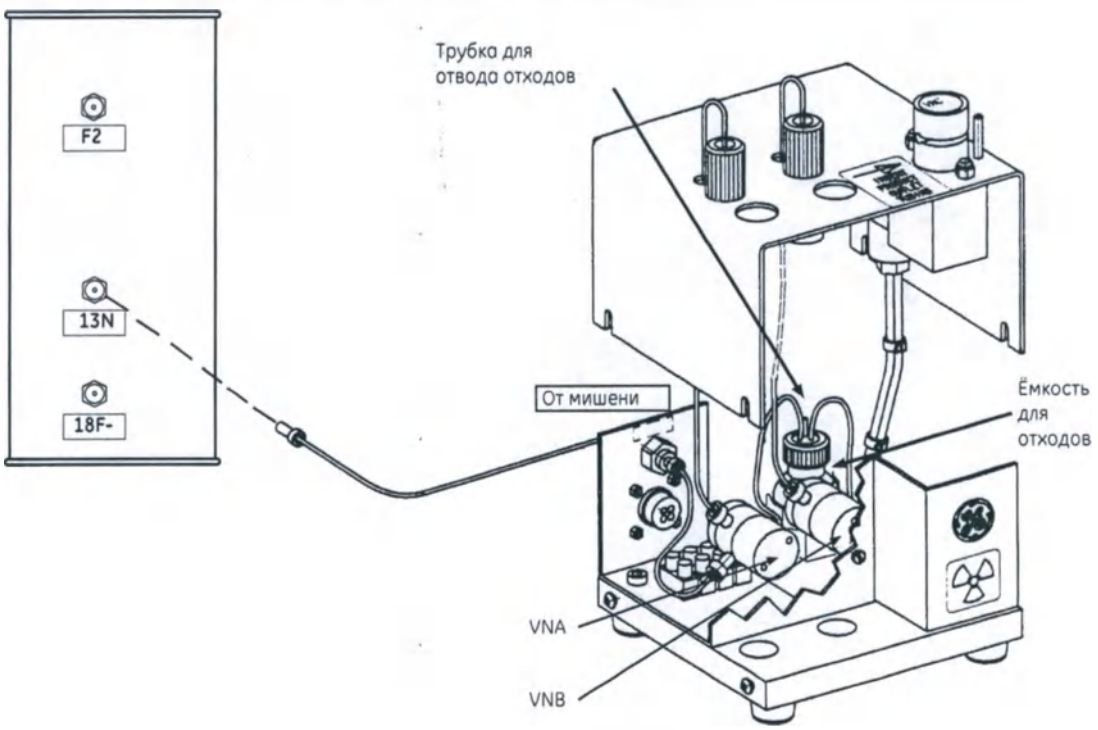
1 Проверьте ёмкости для отходов, см. Рис. 8-1. При необходимости слейте воду. Доступ к емкости для отходов можно получить с задней стороны системы для производства аммиака.

2 Убедитесь, что к емкости для отходов подключены трубки трубки, идущие от клапанов VNA и VNB.

3 Убедитесь, что трубка для отходов подключена к системе сбора отработанных газов.

4 Убедитесь, что трубка для отвода отходов не перегнута и не закупорена.

Рис. 8-1: Система для производства аммиака (в разобранном виде)



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-3 Распаковка одноразовых расходных компонентов

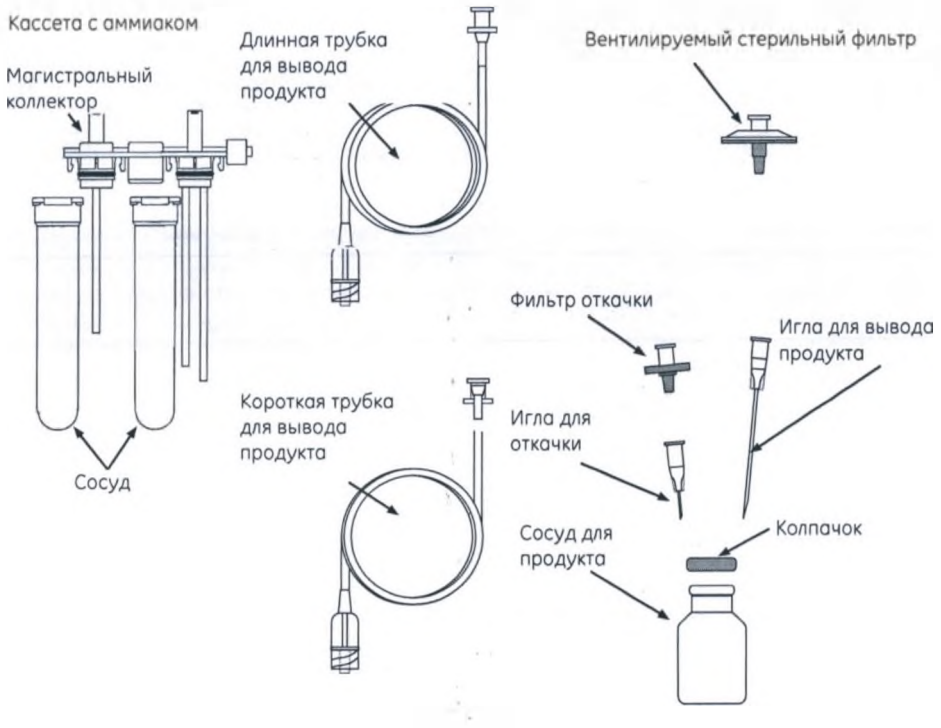
Распакуйте одноразовые расходные компоненты и убедитесь в наличии всех позиций, показанных на Рис. 8-2.

Обратите внимание!
1. На данном этапе не распаковывайте предметы в стерильной упаковке.

2. Используйте стерильные сосуды для продукта со стерильными крышками.

Сведения о порядке оформления заказа см. в Приложение E Порядок оформления заказа.

Рис. 8-2: Расходные материалы



8-1-4 Подготовка кассеты

ОСТОРОЖНО! Едкие вещества

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ), в том числе защитные очки и перчатки.

8-1-4-1 Распаковка

Распакуйте магистральный коллектор и две трубки (сосуды).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-4-2 Заполнение сосудов

Сосуды следует заполнить необходимыми реактивами, поставка которых обеспечивается заказчиком. Эти сосуды одинаковы, но после заполнения они определяются, как указано в Таблица 8-1.

Таблица 8-1: Таблица Реактивы для производства аммиака

Сосуд	Реактив	Количество
Реакция	Сплав Деварда	100 ± 15 мг
	Гидроксид натрия гранулированный ***Обратите внимание!*** *Чтобы реакция шла эффективнее, измельчите гранулы (например, в ступке).*	250 мг (одна гранула)
Улавливание	Стерильный физиологический раствор для инъекций, например, 0,9–1,2%	3–5 мл

Сведения о порядке оформления заказа см. в Приложение E Порядок оформления заказа.

Обратите внимание!
Компания GE не несет ответственности за преобразование полученного радиоактивного изотопа в радиофармпрепарат. Ответственность за данный этап работы лежит исключительно на заказчике. См. Раздел 6-6 Контроль качества на странице 107.

ВНИМАНИЕ! Не перепутайте сосуды

Если сосуды перепутать, трубки подачи улавливающего сосуда будут загрязнены алюминием. В этом случае магистральный коллектор потребуется заменить на новый.

ОСТОРОЖНО! Едкое вещество – гидроксид натрия (pH 14)

ОСТОРОЖНО! Интенсивный нагрев

Во время процесса или при попадании воды в реакционный сосуд начинается бурная химическая реакция, при которой будет выделяться тепло, вызывающее нагрев примерно до 100°C.

Заполняйте реакционный сосуд в сухой зоне.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-4-3 Установка сосудов

Прежде чем вставлять кассету в систему для производства аммиака, необходимо установить заполненные сосуды в магистральный коллектор кассеты. В кассете имеются трубки подачи и зажимы, удерживающие сосуды на месте.

Сосуды необходимо установить в правильное положение на магистральном коллекторе, см. Рис. 8-3. Обратите внимание на то, что улавливающий сосуд необходимо установить первым, чтобы избежать загрязнения сплавом Деварда.

1 Возьмите магистральный коллектор таким образом, чтобы выход для продукта оказался справа. Убедитесь в правильной установке уплотнительных колец.

2 Вставьте концы правой сдвоенной трубки подачи в улавливающий сосуд. Сдвиньте улавливающий сосуд вверх таким образом, чтобы он зафиксировался в зажимах на магистральном коллекторе.

3 Вставьте конец левой одиночной трубки подачи в реакционный сосуд. Сдвиньте реакционный сосуд вверх таким образом, чтобы он зафиксировался в зажимах на магистральном коллекторе.

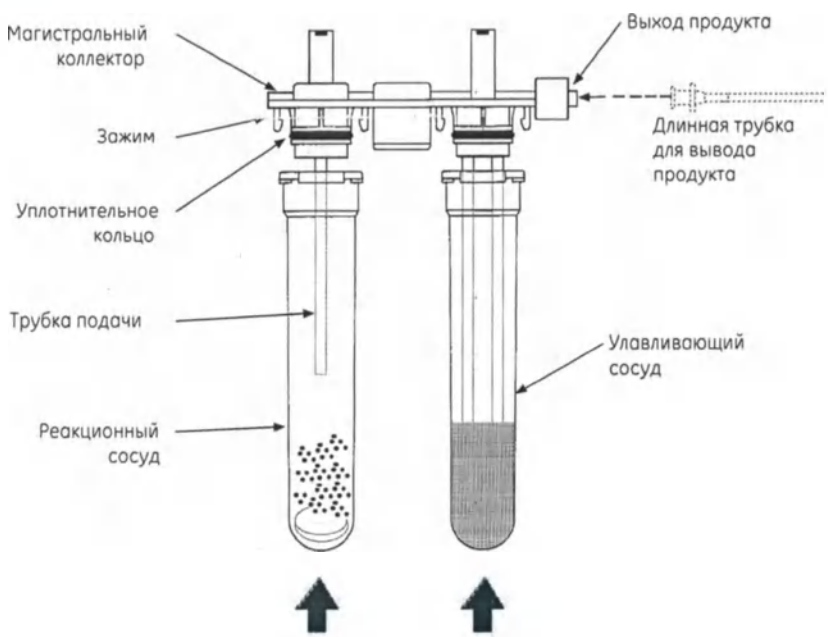
4 Проверьте надежность фиксации сосудов. На кассету может воздействовать давление до 0,5 МПа (72 фунта/кв. дюйм).

5 Подключите длинную трубку для выхода продукта:

   a Выньте длинную трубку для выхода продукта из упаковки и снимите заглушку с люэровского разъема-гнезда.

   b Прикрепите люэровский разъём к выходу продукта на кассете.

Рис. 8-3: Установка сосудов



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-5 Загрузка кассеты

1 Убедившись, что выход для продукта находится справа, вставьте сосуды, установленные в кассету, в отверстия на системе для производства аммиака.

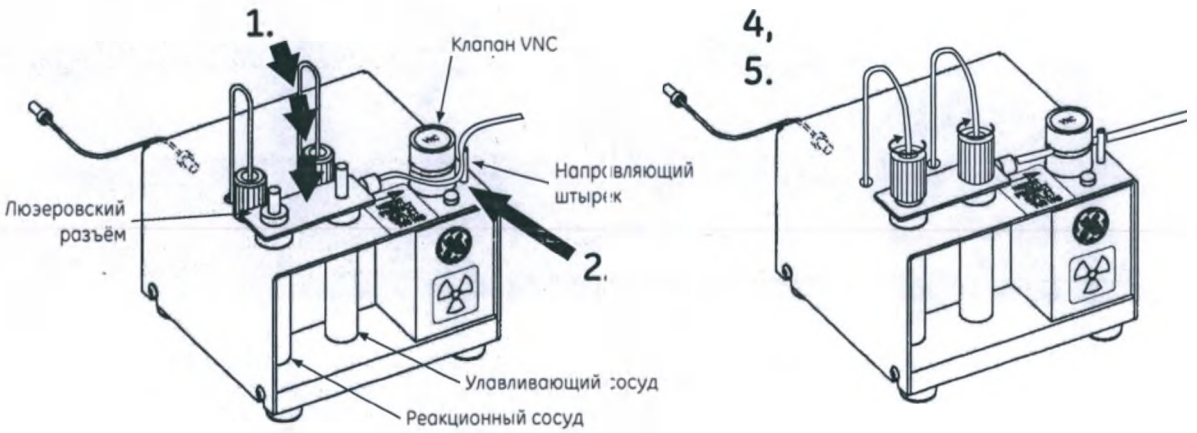
2 Пропустите длинную трубку для выхода продукта через клапан **VNC** позади направляющего штырька.

3 Убедитесь, что трубка не пережата и не перегнута.

4 Подключите два люэровских штекера на системе для производства аммиака к гнездам на кассете.

5 Зафиксируйте люэровские разъемы, повернув их примерно на 1/2 оборота.

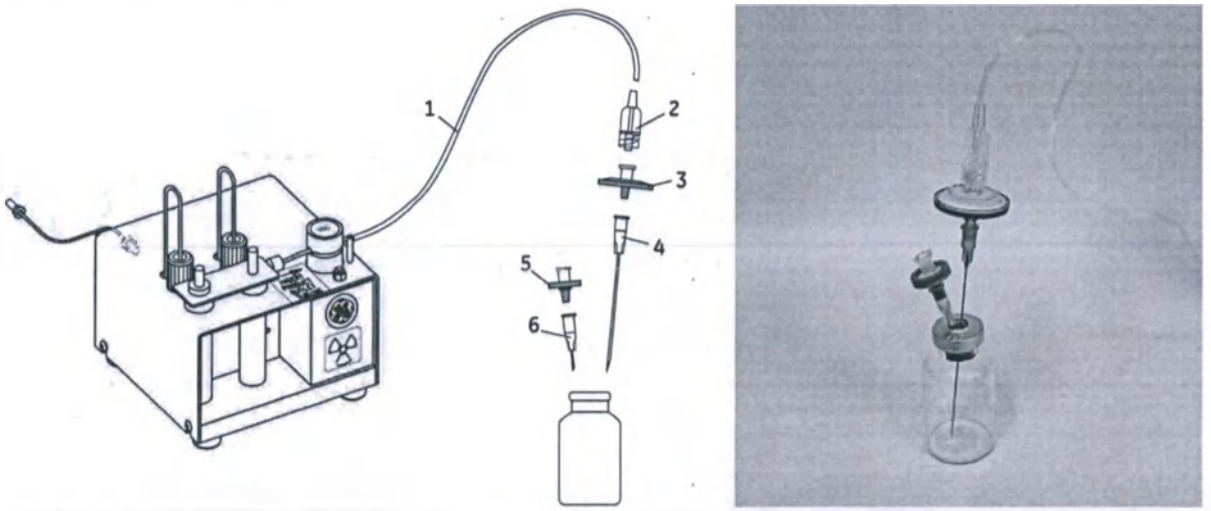
Рис. 8-4: Загрузка кассеты



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-1-6 Сборка одноразовых расходных компонентов

8-1-6-1 Подключение трубок



1 **Игла для выхода продукта и вентилируемый стерильный фильтр**

a Снимите заглушку с люэровского штекера (**2**) на длинной трубке для выхода продукта (**1** на рисунке выше).

b Присоедините люэровский штекер (**2**) к вентилируемому стерильному фильтру со стороны, окрашенной в белый цвет (**3**).

c Присоедините иглу для выхода продукта (длинная игла; **4**) к вентилируемому стерильному фильтру со стороны, окрашенной в синий цвет (**3**).

d Проткните пробку флакона. Игла должна пройти до дна флакона.

2 **Игла и фильтр для откачки**

a Присоедините синий конец фильтра для откачки (**5**) к игле для откачки (короткая игла; **6**).

b Введите иглу для откачки в *центр* пробки сосуда для продукта таким образом, чтобы игла полностью прошла сквозь пробку.

ВНИМАНИЕ! Используйте воздушную иглу

Обязательно используйте воздушную иглу, чтобы избежать повышения давления в сосуде для продукта.

Если воздушную иглу не вставить, во время производства давление в сосуде будет увеличиваться. При этом бракованный сосуд может лопнуть.

3 **Маркировка сосуда для продукта**

Надпишите сосуд с продуктом – например, укажите номер партии и тип продукта.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 **Поместите в контейнер для продукта**
Вставьте флакон для продукта в контейнер для продукта (см. Раздел 5-4-8-2 Контейнер для продукта на странице 78).

ОСТОРОЖНО!

Контейнер для продукта весит 17 кг и при падении может нанести травму.

Прежде чем перемещать контейнер для продукта, убедитесь, что крышка полностью зафиксирована.

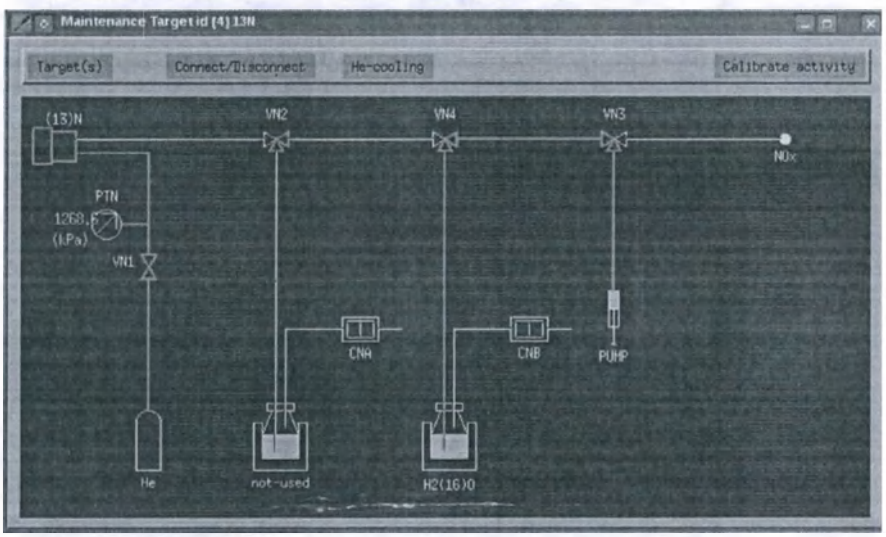
8-2 Производство аммиака

Управление производством аммиака осуществляется из Централизованной системой управления таким же образом, как описано в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако см. Раздел 8-2-1 Выбор производственного процесса на странице 125 – Раздел 8-2-5 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 127 для ознакомления с подробностями, характерными для производства аммиака.

Перед тем как запускать производство аммиака, необходимо убедиться в том, что в емкости для хранения воды устройства заливки жидкой мишени для ^{13}N находится достаточное для производства количество воды.

Для замены емкости для воды, см. указания в Раздел 17-8 Замена емкостей и трубок LTF на странице 228.

Рис. 8-5: Окно техобслуживания мишени для ^{13}N



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

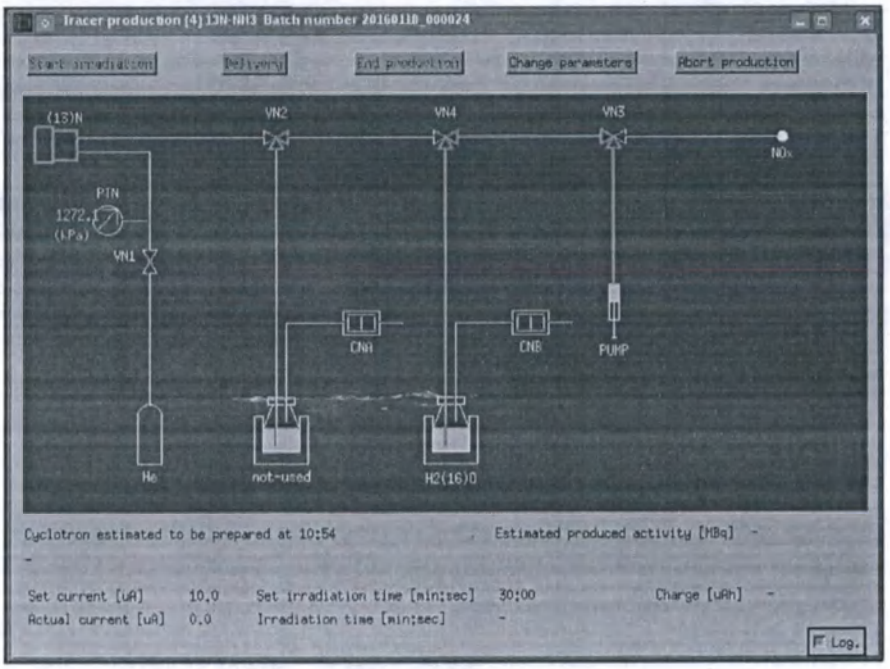
8-2-1 Выбор производственного процесса

1 Выберите пункт **13N-NH3** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для $^{13}N\text{-}NH_3$.

Обратите внимание!
В процессе заполнения мишени давление в ней должно увеличиться примерно на 1 бар (см. показания индикатора PTN). Повышение давления указывает на то, что мишень заполнена водой.

Рис. 8-6: Окно производства препарата на основе $^{13}N\text{-}NH_3$



8-2-2 Запуск облучения

Нажмите **Start Irradiation** (Запуск облучения) для включения пучка.

См. Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

8-2-3 Выгрузка аммиака

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

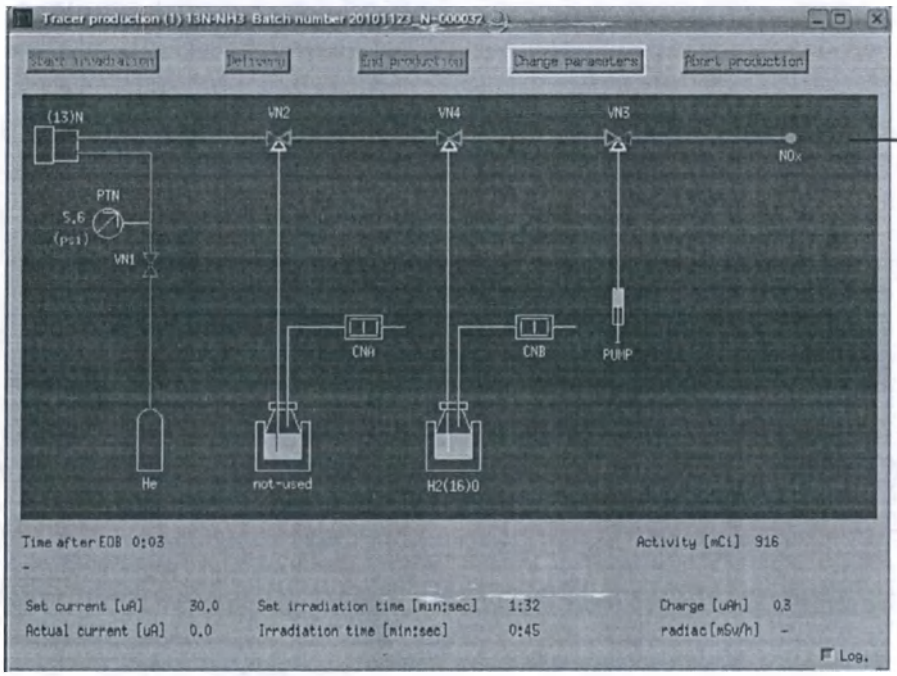
Система обработки аммиака должна быть подключена и подготовлена в соответствии с инструкциями в Раздел 8-1 Подготовка на странице 117. В противном случае радиоактивная вода попадет в горячую камеру при нажатии **Delivery** (Выгрузка продукта).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Когда период облучения закончится или система произведет достаточное количество активного вещества, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта).

См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

Рис. 8-7: Вид экрана во время выгрузки продукта



8-2-4 Производство ^{13}N-аммиака

При выборе пункта **Delivery** (Выгрузка продукта) происходит следующее:

1 Вода из мишени под давлением гелия нагнетается в систему производства аммиака.

Клапан выхода продукта (VNC) закрыт.

2 Когда вода попадает в реакционный сосуд, начинается реакция.

3 Образовавшийся аммиак с потоком гелия поступает в улавливающий сосуд, где он улавливается.

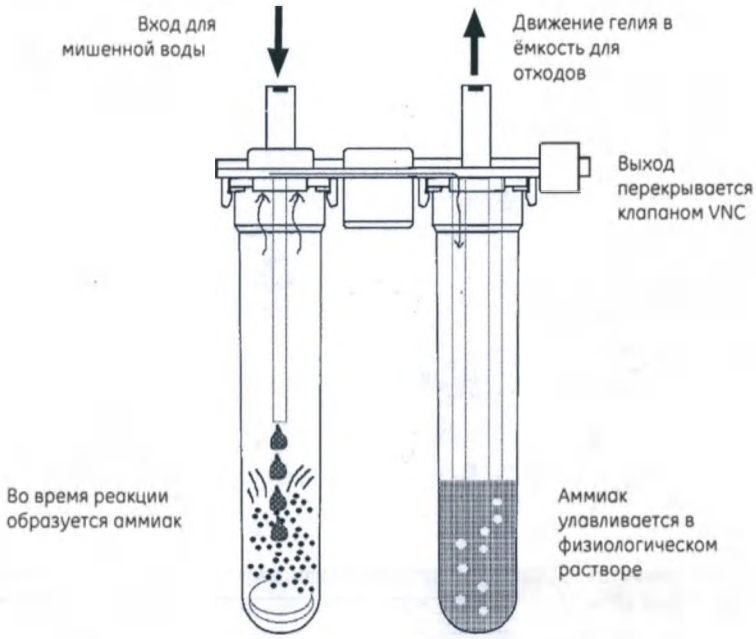
4 Газообразный гелий отводится в емкость для отходов.

5 Примерно через 4 минуты открывается клапан для выхода продукта, и продукт перетекает в емкость контейнера для продукта.

6 Процесс завершается примерно через 2 минуты после открытия клапана для выхода продукта.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 8-8: Производство аммиака



8-2-5 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции

За информацией обращайтесь к Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

8-3 Процедуры, выполняемые после производства аммиака

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Перед выемкой продукта и кассеты и при чистке системы обязательно следите за уровнем излучения.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-3-1 Выемка продукта

Для выемки продукта после синтеза выполните следующие действия:

1 Отключите длинную трубку для выхода продукта от стерильного фильтра на контейнере для продукта (см. Раздел 8-1-6 Сборка одноразовых расходных компонентов на странице 123). Используйте инструмент, чтобы избежать лишнего радиационного облучения пальцев.

ОСТОРОЖНО!

Контейнер для продукта весит 17 кг и при падении может нанести травму.

Прежде чем перемещать контейнер для продукта, убедитесь, что крышка полностью зафиксирована.

2 Перенесите ёмкость с продуктом в другое место для выполнения контроля качества (см. Раздел 6-6 Контроль качества на странице 107) и получения окончательной фармацевтической подготовки.

8-3-2 Выемка кассеты

Кассету рекомендуется вынимать лишь после того, как пройдет 10 периодов полураспада (100 минут).

Для выемки кассеты и демонтажа других одноразовых компонентов после синтеза выполните следующие действия:

1 Извлеките кассету из из системы производства аммиака при помощи инструмента, чтобы минимизировать воздействие радиации.

2 Поместите кассету и трубки за защитный экран или оставьте в горячей камере как минимум на 3 часа.

3 По поводу обращения с одноразовыми расходными изделиями обратитесь к Раздел 3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации на странице 48.

8-3-3 Очистка

Систему для производства аммиака и клеммную коробку следует сразу же протереть, удалив с них брызги химических веществ, если они не радиоактивны.

Компоненты с радиоактивными брызгами следует держать в горячей камере до тех пор, пока уровень радиации не уменьшится в результате распада. **Перед выполнением очистки обязательно проверяйте уровень радиации!**

8-3-4 Общие процедуры, выполняемые после производства

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 ПРОИЗВОДСТВО В МИШЕНИ $^{13}NH_3$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНО)

В данной главе представлена информация по выполнению производства $^{13}NH_3$ в мишени. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (dup. 2169049-100).*

Инструкции по производству аммиака ^{13}N в стандартной мишени ^{13}N и установке для производства аммиака ^{13}N см. в Глава 8 Производство ^{13}N-аммиака (дополнительная опция).

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

Мишень $^{13}NH_3$ содержит радиоактивный аммиак после цикла производства. Период полураспада изотопа $^{13}NH_3$ составляет 10 минут, в течение которых сохраняется высокая опасность в случае попадания внутрь организма или на кожу.

Обязательно надевайте защитные очки и перчатки. Никогда не касайтесь глаз или рта во время работы.

При попадании на кожу радиоактивной жидкости немедленно промойте пораженный участок с мылом под проточной водой.

Наблюдайте за показаниями радиации до тех пор, пока не будет достигнут безопасный уровень.

9-1 Введение

$^{13}NH_3$ производится непосредственно в мишени процессом бомбардировки ^{16}O-воды с добавлением этанола.

9-1-1 Величины давления гелия

Мишень $^{13}NH_3$ работает с высоким давлением, которое подается при включении пучка, а меньшая величина давления используется при заполнении, опорожнении и бездействии мишени.

Технические характеристики см. в Таблица B-1.

Давление в мишени должно повыситься примерно на 45–55 фунтов/кв. дюйм относительно **нижнего уровня заданного давления** по мере заполнения мишени $^{13}NH_3$. Это происходит из-за того, что мишенная среда поступает в мишень, увеличивая давление при закрытом клапане V1 на устройстве заливки жидкой мишени (LTF).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Когда мишень *заполнена*, она постоянно находится под высоким давлением.

Линия гелия **высокого давления** подключается к устройству для заливки жидкостной мишени через дроссель, чтобы предотвратить слишком резкое воздействие высокого давления на мишень.

9-1-2 Сила тока пучка

Выверенное значение силы тока пучка составляет 40 мкА для мишени $^{13}NH_3$, при этом обеспечивается высокая производительность и качество/надежность операции.

Производительность системы мишеней $^{13}NH_3$ равна выходу насыщения около 22 мКи/мкА при максимальной силе тока пучка.

Сила используемого **тока мишени** также оказывает влияние на срок службы мишени. Поэтому не следует подавать на мишень ток большей силы, чем требуется для получения нужной активности. Как правило, не следует компенсировать отрицательную тенденцию в заданных выходных параметрах увеличением тока пучка.

О периодичности техобслуживания мишеней см. Таблица 17-1. Процедуры техобслуживания мишени описаны в Раздел 17-12 Техобслуживание мишени на странице 243.

9-1-3 Внутри мишени

Важно, чтобы мишень была заполнена нужным количеством воды. Для проверки этого см. Раздел 17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней на странице 323. Убедитесь, что получен указанный объём.

ВНИМАНИЕ!

Если во время облучения мишени в ней содержится слишком малое количество воды, пучок будет проходить выше уровня воды и повредит ниобиевый корпус.

9-1-4 Качество среды мишени

Всегда используйте свежую воду от квалифицированного поставщика с хорошими рекомендациями. Вода хорошего качества должна обладать низкой электропроводностью, желательно намного ниже 5 мкСм/см.

Следите за тем, чтобы вода всегда была чистой и хранилась в закрытых сосудах при низкой температуре.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рекомендуется выбирать качество «чистый для анализа» применительно к нормальной воде и этанолу. Примеры мишенной среды, которая соответствует требуемым техническим условиям.

- **Вода**
  - Merck 1,16754 (p.a.)
  - Fluka 95305 (p.a.)
- **Этанол**
  - Honeywell 02860 (p. a.)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9-2 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

К числу операций, которые следует выполнить перед началом производства $^{13}NH_3$ в мишени, относятся следующие.

1 *Проверка подключения к системам вывода газообразных и жидких отходов.*

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2 *Подготовьте приемную емкость.*

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

При работе с системой мишеней в обязательном порядке надевайте защитные перчатки и очки.

Обратите внимание!
При подготовке емкости работайте в ламинарном потоке для обеспечения стерильности.

a Подключите вентиляционный фильтр к вентиляционной игле.

b Введите вентиляционную иглу через перегородку в емкость с продуктом.

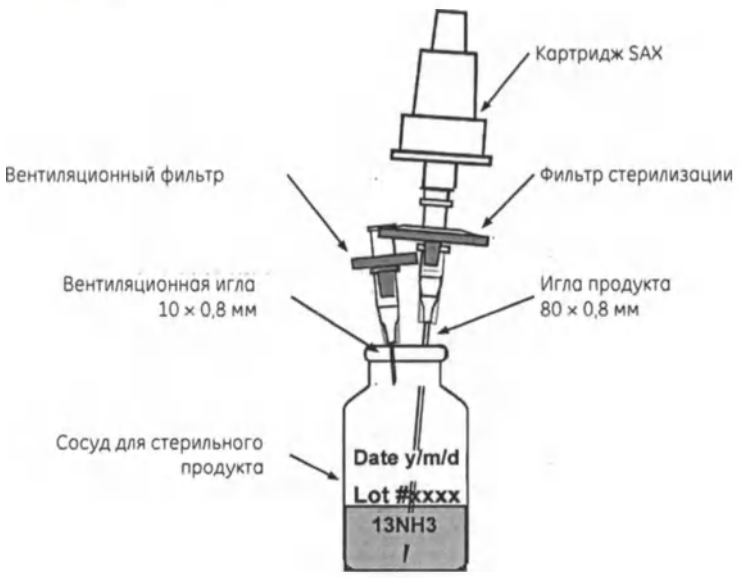
c Подготовьте картридж SAX с 5 мл 18 МОм воды и продуйте воздухом, используя шприц.

d Подсоедините картридж SAX к стерилизационному фильтру и затем к игле для продукта.

e Введите иглу для продукта через перегородку в емкость с продуктом.

f В горячей камере подключите выходную трубу мишени $^{13}NH_3$ напрямую к картриджу SAX.

Рис. 9-1: Резервуар для готового продукта в сборе



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 *Проверьте уровень мишенной среды в емкостях.*

Перед началом производственного цикла следует убедиться, что в емкостях для хранения мишенной среды в устройстве заливки жидкой мишени (LTF) достаточно воды для производства.

- Правила подготовки мишенной среды представлены в Раздел 9-2-1 Подготовка мишенной среды на странице 134.
- Для получения указаний по замене емкостей для харения воды, см. Раздел 17-8 Замена емкостей и трубок LTF на странице 228.

9-2-1 Подготовка мишенной среды

Обратите внимание!
Рекомендуется готовить смесь в мерной колбе объемом 1 л.

Смешайте 0,3 мл (0,24 г) > 99,5-процентного этанола с 1 л ^{16}O-воды (Раздел 9-1-4 Качество среды мишени на странице 130).

9-3 Производство

9-3-1 СРП для производства изотопа $^{13}NH_3$

Таблица 9-1: СРП для производства изотопа $^{13}NH_3$

Этап	Действие	Реагент мишени	Типичное время (мин)	Максимальная сила тока пучка (мкА) на мишень	Обратите внимание
1	Производство основного изотопа	5 мМ EtOH в $H_2{}^{16}O$	30	40	
2	Выгрузка $^{13}NH_3$	5 мМ EtOH в $H_2{}^{16}O$	3	-	1
3	Промывка мишени	5 мМ EtOH в $H_2{}^{16}O$	3	-	2
4	Просушивание мишени	Не	15	-	3

1 Контролируйте время транспортировки и содержание изотопа (в единицах мКи).

2 В процессе этой операции с мишени, клапанов и транспортировочного трубопровода смывается остаточная активность и другие вещества, ухудшающие свойства материалов.

Обратите внимание!
Эту операцию следует выполнять как можно скорее после выгрузки продукта.

Промывка позволяет продлить срок службы мишени и трубопровода.

Уровень остаточной радиоактивности в промывной воде дает важную информацию о состоянии мишени.

3 Операция просушивания удаляет капли воды и остатки других веществ с мишени, клапанов и трубопровода.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9-3-2 Производство в мишени $^{13}NH_3$

$^{13}NH_3$ производится непосредственно в мишени посредством бомбардировки ^{16}O-воды с добавлением этанола. Затем продукт очищается с помощью сильноосновного анионита (картридж SAX) для удаления анионных примесей ([^{18}F]фторид < 0,1%, [^{13}N]нитрат/нитрит < 5%), что приводит к радиохимической чистоте [^{13}N]аммиака > 98%.

Подробные сведения о главных этапах см. в Раздел 6-4 Производство на странице 89.

Обратите внимание!
Убедитесь, что переключающие клапаны находятся в правильном положении, чтобы направить выход продукции в приемную емкость.

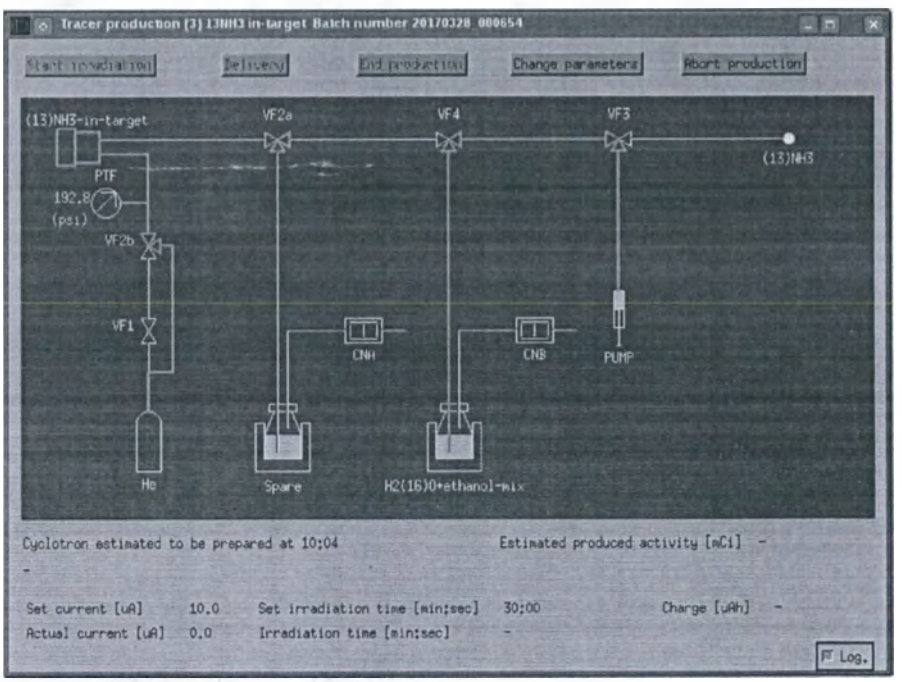
1 Произведите все необходимые приготовления, см. Раздел 9-2 Подготовка на странице 132.

2 **Выбор производственного процесса**
   a Выберите мишень $^{13}NH_3$ в меню **Production** (Производство), после чего введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

   b На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для $^{13}NH_3$.

   Обратите внимание!
   Во время заливки мишени перед подачей высокого давления давление мишени должно увеличиться на чуть более чем 1 бар (см. индикатор PTF). Увеличение давления свидетельствует о том, что мишень заполнена водой.

Рис. 9-2: Окно производства препарата для мишеней $^{13}NH_3$



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 **Запуск облучения**
Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок. Более подробные сведения см. в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

4 **Выгрузка $^{13}NH_3$**
См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

5 **Завершение процесса**
См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

9-4 Операции, выполняемые после производственного цикла

9-4-1 Промывка мишени

Промывку мишеней необходимо производить сразу же после выгрузки или хотя бы по окончании дневного производства. Промывка позволяет сократить износ трубок и клапанов, а также предотвратить наличие остаточной радиоактивности в системе.

Процесс включает в себя два этапа: заполнение и опорожнение мишени.

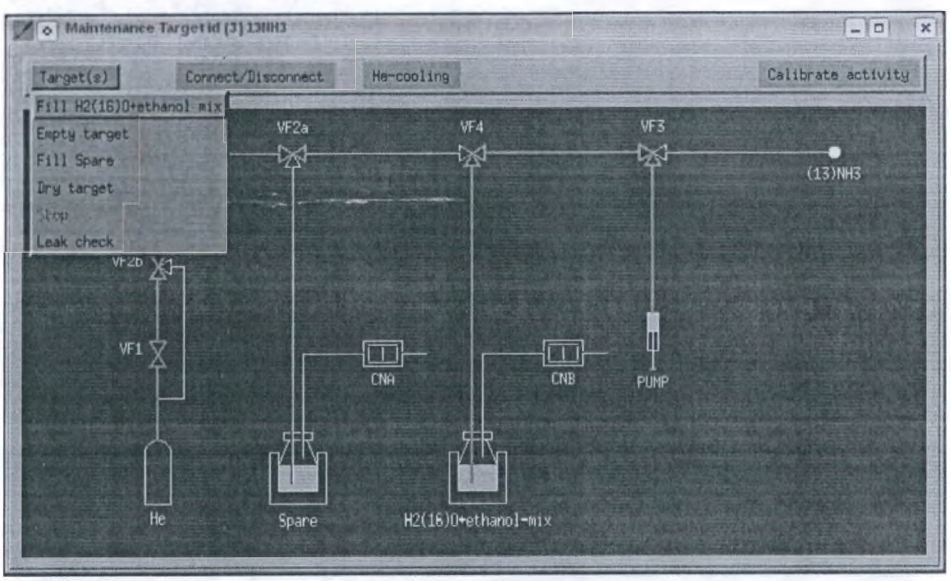
9-4-1-1 Заполнение мишени

1 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните кнопку **Target** (Мишень) и выберите нужное положение мишени.

На экране появится окно **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени).

2 Нажмите кнопку **Target(s)** (Мишень [-и]) и выберите пункт **Fill with H2(16)O+ethanol mix** (Заполнить смесью H2(16)O + этанол).

Рис. 9-3: Окно техобслуживания мишени для $^{13}NH_3$



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9-4-1-2 Опорожнение мишени

1 Убедитесь, что переключающие клапаны находятся в правильном положении, соответствующем выводу содержимого мишени в отходы.

2 В окне **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) нажмите **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите **Empty Target** (Опорожнить мишень).

9-4-2 Просушивание мишени

Сушка производится немедленно после выгрузки или хотя бы по окончании дневного производства. Сушка представляет собой процедуру общего технического обслуживания, которая позволяет увеличить срок службы и снизить уровень развития бактерий в трубках и клапанах.

- В окне **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени) щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Dry target** (Просушить мишень).

9-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10 ПРОИЗВОДСТВО ГАЗООБРАЗНЫХ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ^{11}C (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе приводятся инструкции по производству газообразных препаратов на основе ^{11}C. Предполагается, что оператор уже прочел Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Для получения информации о производстве газообразных радиофармпрепаратов на основе $^{11}CH_4$ см. Глава 12 Производство метана $^{11}CH_4$ (дополнительная опция).

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

10-1 Подготовка

Циклотрон PETtrace 800 обеспечивает производство газа $^{11}CO_2$, который можно использовать для получения $^{11}CO_2$, ^{11}CO или $H^{11}CN$. В приведенных ниже описаниях предполагается, что в распоряжении оператора есть установка GE TRACERlab FX C Pro или TRACERlab FX MeI. Если к панели для продукции подключен другой приемный блок, подробные инструкции см. в документации для этого приемного блока.

10-1-1 Основная подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

В числе процедур, которые необходимо выполнить перед началом производства ^{11}C, можно упомянуть следующие:

1 Подготовка подключения к системе сбора отработанных газов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 Подготовка системы FASTlab/TRACERlab FX MeI согласно инструкциям, приведенным в соответствующей документации FASTlab/TRACERlab FX MeI.

Если к панели для продукции подключен другой приемный блок, подробные инструкции см. в документации для этого приемного блока.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-2 Производство

Управление производством газообразными радиофармпрепаратами на основе ^{11}C осуществляется из Централизованной системы управления аналогично процедуре, описанной в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако для производства существует несколько вариантов в зависимости от типа производимого препарата. См. Раздел 10-2-2 Производство ^{11}C-CO_2 для дальнейшей обработки на странице 142 - Раздел 10-2-6 Производство ^{11}C-HCN на странице 148, в которых представлена подробная информация о производстве различных газообразных радиофармпрепаратов на основе ^{11}C.

- Раздел 10-2-2 Производство ^{11}C-CO_2 для дальнейшей обработки на странице 142
- Раздел 10-2-3 Производство ^{11}C-CO_2 для прямого использования на странице 143
- Раздел 10-2-4 Производство ^{11}C-CO_2 на странице 144
- Раздел 10-2-5 Производство ^{11}C-CO на странице 145
- Раздел 10-2-6 Производство ^{11}C-HCN на странице 148

ОСТОРОЖНО! Излучение ^{14}O

^{14}O производится в виде побочного продукта облучения мишеней [^{11}C]CO_2. ^{14}O обладает более высокой энергией и способностью проникать в свинец, чем ^{11}C. Накопленная индивидуальная доза на поверхности свинцового отсека, в котором расположена ловушка (ProCab/горячая камера) может составлять до 4 мкЗв для производства [^{11}C]CO_2, независимо от времени облучения.

Поскольку излучение ^{14}O быстро уменьшается (период полураспада составляет 70 с), воздействие можно минимизировать путем ожидания нескольких минут перед доставкой продукта в ProCab/горячую камеру, или перед приближением к ProCab/горячей камере после доставки.

Всегда применяйте принцип ALARA.

ВНИМАНИЕ!

Запрещается запускать мишень $^{11}CO_2$ HP в режиме двойного пучка с другой мишенью. Мощности гелиевого охлаждения может быть недостаточно при разделении ее на две мишени. Это может привести к разрыву фольги.

10-2-1 Проверка мишени на утечку и цикл опорожнение/заполнение мишени

Рекомендуется проверять мишень на утечку один раз перед началом производства, если предстоящее производство газообразного радиофармпрепарата на основе ^{11}C является первым производством ^{11}C в этот день. Затем один раз опорожните и заполните мишень с тем, чтобы промыть ее для удаления всех загрязнений.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

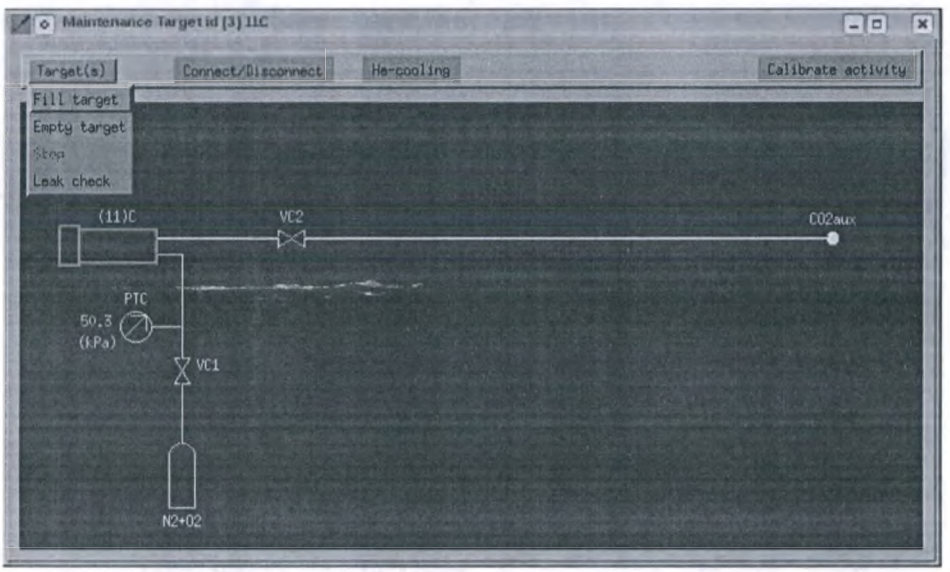
1 **Проверка мишени на утечку**
В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните кнопку **Target** (Мишень) и выберите пункт **11C**. См. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93 для получения подробных инструкций.

2 **Опорожнение и заполнение мишени**
a Проверьте подключение выходов для продукта и отходов.

b В окне **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Empty** (Опорожнить).

c Когда мишень будет опорожнена, щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Fill target** (Заполнить мишень).

Рис. 10-1: Окно техобслуживания мишени для $^{11}CO_2$



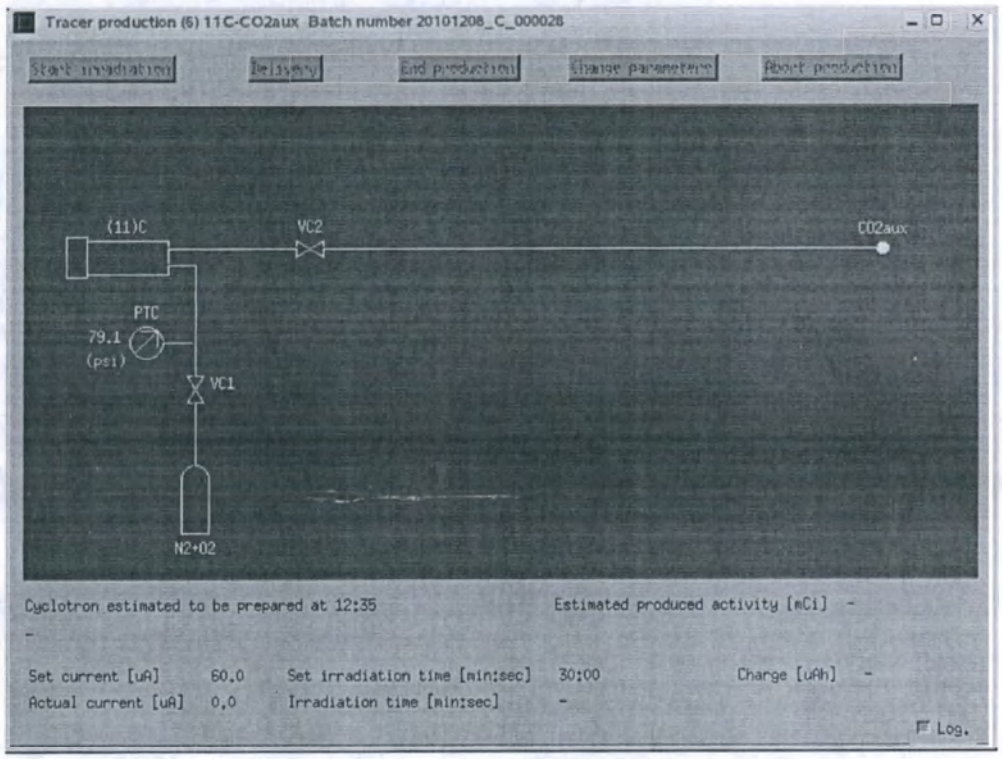
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-2-2 Производство ^{11}C-CO_2 для дальнейшей обработки

10-2-2-1 Обзор

Этот производственный процесс выбирается для производства неочищенного ^{11}C-CO_2 (обычно используется в газофазных процессах) с передачей непосредственно в систему химической обработки, например, TRACERlab FX MeI (см. Рис. 10-2). В этом производственном процессе панель для обработки ^{11}C не используется.

Рис. 10-2: Окно производства препарата ^{11}C-CO_2 для дальнейшей переработки



10-2-2-2 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выберите пункт **11C-CO2 aux** (11C-CO2 для дальнейшей обработки) в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 Появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{11}C-CO_2 для дальнейшей обработки.

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

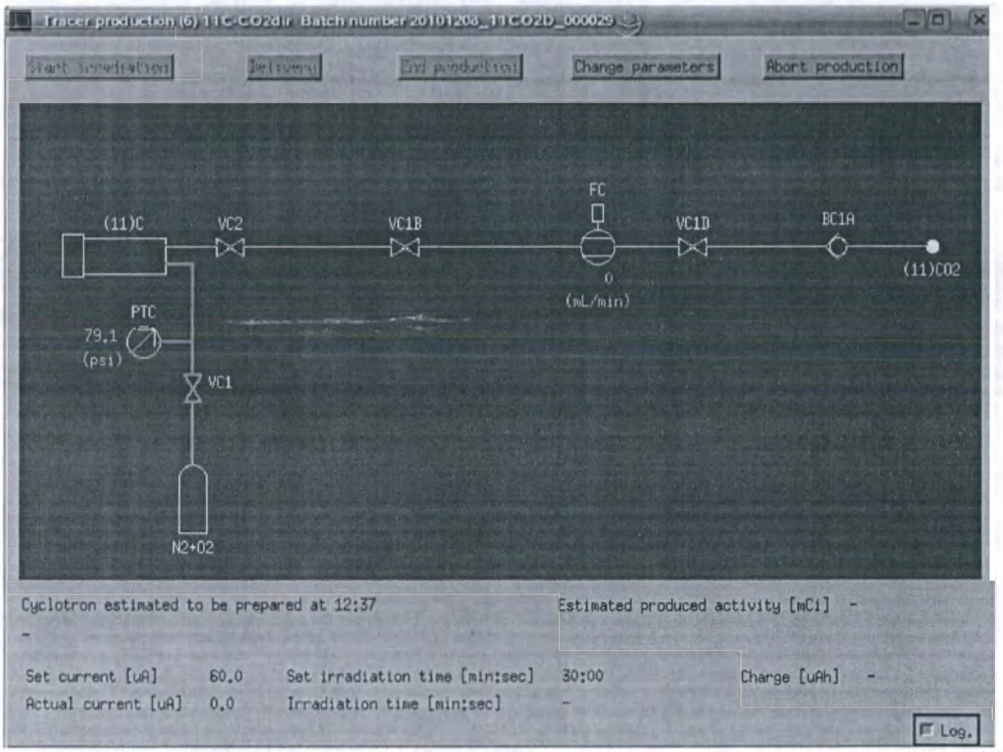
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-2-3 Производство ^{11}C-CO_2 для прямого использования

10-2-3-1 Обзор

Выберите этот производственный процесс для производства ^{11}C-CO_2. Газ CO_2, выходящий из мишени, проходит через панель для обработки ^{11}C на выход продукта для (^{11}C-CO_2) без дополнительной очистки (см. Рис. 10-3). Скорость потока контролируют при помощи расходомера. Как правило, данный вариант производства используют в процессах с жидкой фазой, в которых важна скорость потока.

Рис. 10-3: Окно производства препарата ^{11}C-CO_2 для прямого использования



10-2-3-2 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выберите пункт **11C-CO2 dir** (11C-CO2 для прямого использования) в меню **Production** (Производство) и введите ключи пароль, обратитесь к Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 Откроется окно **Tracer production** (Производство препарата) для препарата ^{11}C-CO_2 для прямого использования.

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-2-4 Производство ^{11}C-CO_2

10-2-4-1 Обзор

Выберите этот производственный процесс для получения очищенного ^{11}C-CO_2. Газ ^{11}C-CO_2, выходящий из мишени, передаётся через панель для обработки ^{11}C, где он улавливается в термостате OC1 (который содержит ловушку для CO2, заполненную молекулярным ситом), тогда как загрязнения проходят насквозь и поступают на выход для отходов. При нагреве термостата OC1 выделяется обогащенный и очищенный CO_2, который направляется на выход продукта ^{11}C-CO_2 с помощью контролируемого потока азота (см. Рис. 10-5). CO_2, очищенный таким образом, используется при при производстве ^{11}C-CO и ^{11}C-HCN.

10-2-4-2 Подготовка

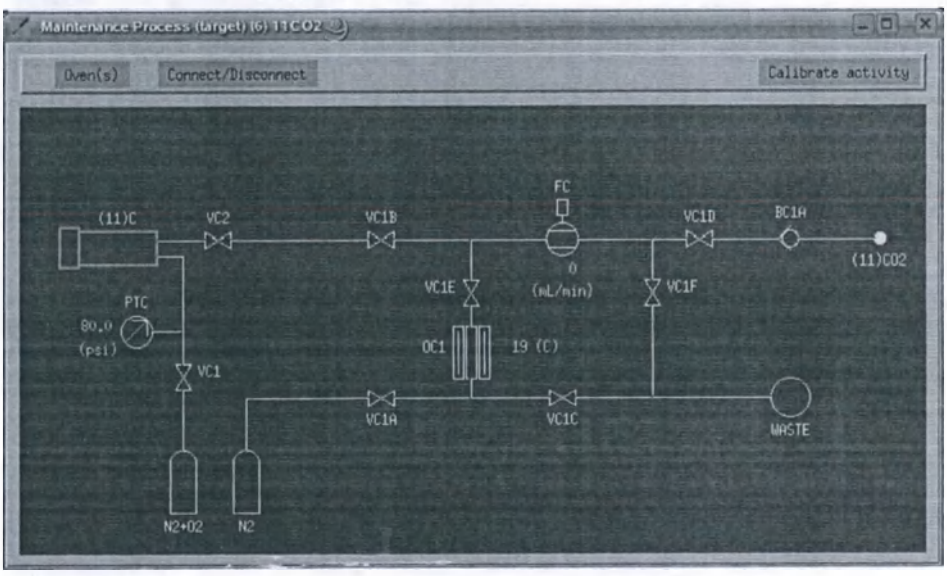
Перед первым производственным циклом (например, если система не использовалась ночью) активируйте ловушку (при помощи Централизованной системы управления). Эта процедура будет кондийционировать термостат OC1, удаляя немеченый CO_2 и тем самым минимизируя количество немеченого CO_2.

Для активации ловушки:

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

2 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните кнопку **Chemistry** (Химическая обработка) и выберите пункт **11C-CO2**. Откроется окно **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для производства ^{11}C-CO_2.

Рис. 10-4: Окно процесса обслуживания для $^{11}CO_2$



3 Щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт меню **Activate trap** (Активировать ловушку), чтобы начать активацию ловушки. Эта процедура занимает около 10 минут.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

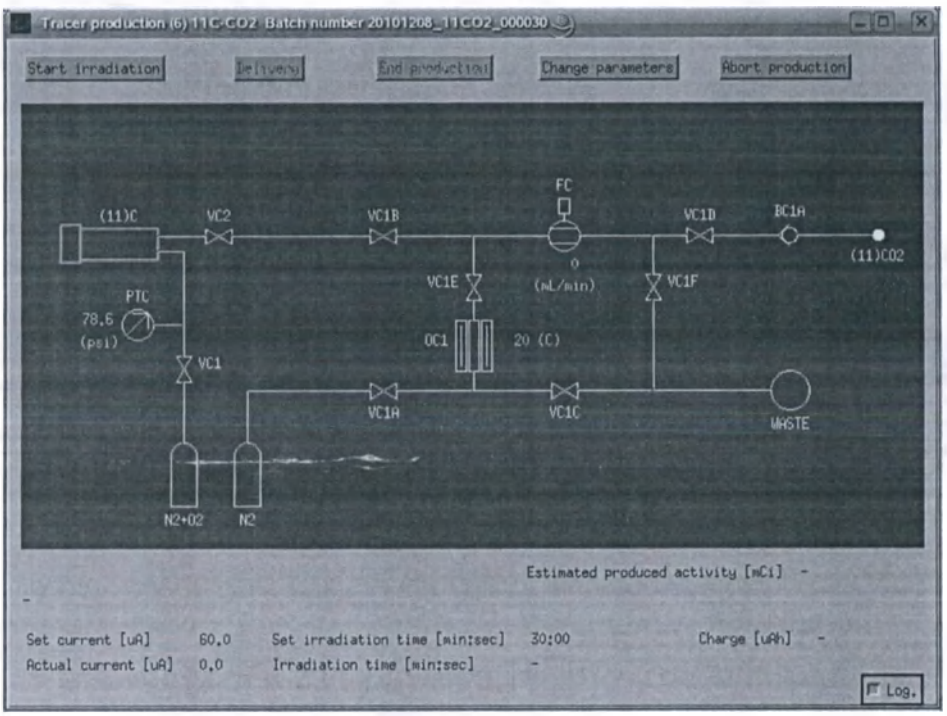
10-2-4-3 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выберите пункт **11C-CO2** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, обратитесь к Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для $^{11}C\text{-}CO_2$.

Рис. 10-5: Окно производства препарата $^{11}C\text{-}CO_2$



3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

10-2-5 Производство $^{11}C\text{-}CO$

ОСТОРОЖНО! Ядовитые газы

Оксид углерода (CO) оказывает отравляющее воздействие при вдыхании. Газ не имеет запаха и цвета, потому признаки присутствия газа в помещении нельзя обнаружить.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-2-5-1 Обзор

выберите этот произвожственный процесс для получения очищенного ^{11}C-CO. Сначала производят газ ^{11}C-CO_2, как описано в Раздел 10-2-4 Производство ^{11}C-CO_2 на странице 144. После этого газ ^{11}C-CO_2 направляется в термостат OC2A, в котором содержится активированный уголь. Термостат нагревают приблизительно до 950°C, при этом образуется ^{11}C-CO. непреобразованный CO_2 удаляется с помощью ловушки для CO_2, заполненной препаратом Ascarite, после чего полученный газ подается на выход для продукта для^{11}C-CO с помощью управляемого потока азлта (см. Рис. 10-7).

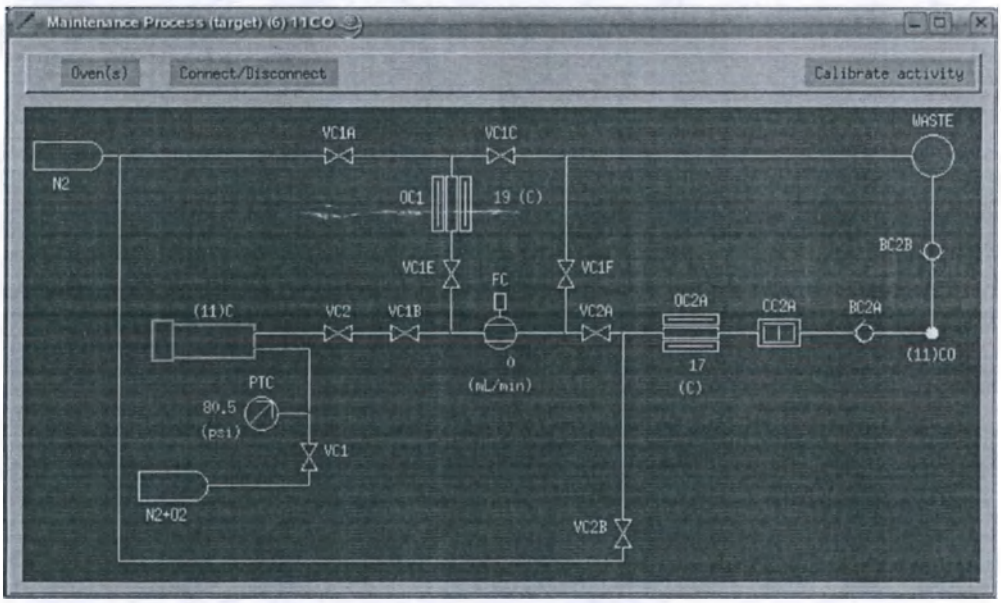
10-2-5-2 Подготовка

Активация ловушки

Для первого производственного цикла (например, в начале рабочего дня) активируйте ловушку (выполняется из Централизованной системы управления). Данная процедура кондиционирует термостат OC1, удаляя немеченый CO_2 и тем самым минимизируя количество немеченого CO_2 (используемого для производства ^{11}C-CO).

Указания относительно того, как активировать ловушку, см. в Раздел 10-2-4-2 Подготовка на странице 144, но вместо п. **11C-CO2** в меню **Chemistry** (Химические процессы) следует выбрать пункт **11C-CO**.

Рис. 10-6: Окно процесса обслуживания для ^{11}CO



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Предварительный нагрев термостата OC2A (рекомендуется)

ОСТОРОЖНО!

Давление в термостате при нагревании возрастает.

Убедитесь, что рукоятки быстрой фиксации надежно закреплены.

Убедитесь, что система подачи азота в порядке.

Перед первым производственным циклом (например, в начале рабочего дня) рекомендуется выполнить нагрев термостата OC2A. Это даст гарантию, что во время первого производственного цикла термостат OC2A будет находиться в нужном состоянии и будет нагрет до требуемой температуры.

Щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт меню **Preheat** (Предварительный нагрев), чтобы начать грев термостата. Эта процедура занимает около 10 минут.

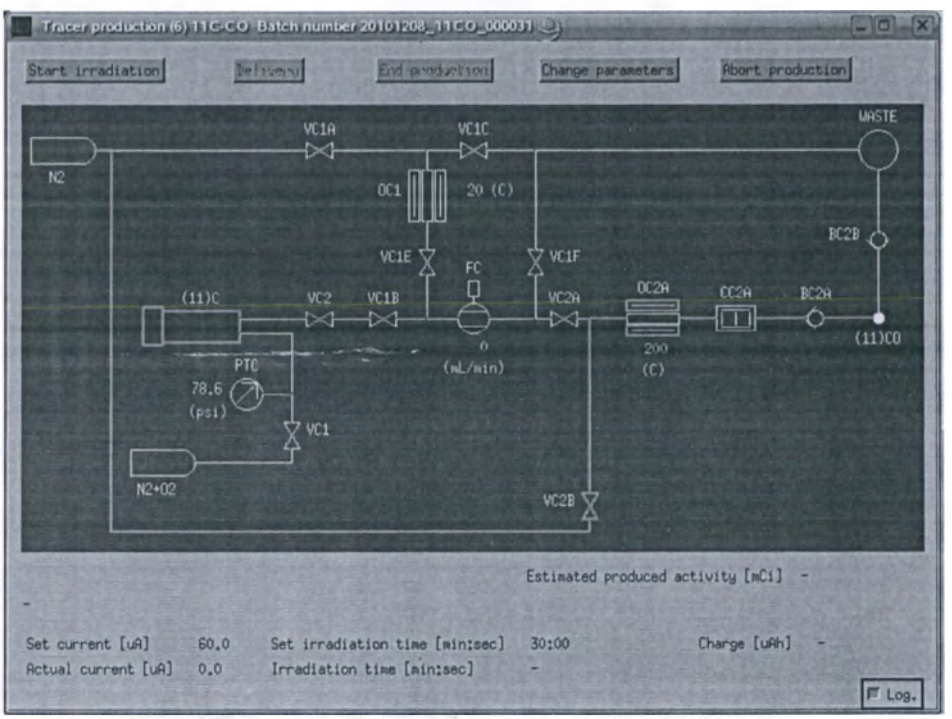
10-2-5-3 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выберите пункт **11C-CO** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{11}C-CO.

Рис. 10-7: Окно производства препарата на основе ^{11}C-CO



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

10-2-5-4 Охлаждение (необязательное действие)

Когда производство ^{11}C-CO прерывается (например, после последнего производственного цикла в конце рабочего дня), процедура охлаждения поддерживает прохождение азота через остывающие термостаты. Прохождение азота препятствует всасыванию воздуха в термостат во время остывания.

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для **11CO** щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

10-2-6 Производство ^{11}C-HCN

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом при определенных пропорциях. Запрещается использовать открытый огонь!

Перед началом работы проверьте вентиляцию.

После завершения производительного цикла закройте главный клапан подачи (газа ионизатора) H_2.

В случае непредвиденного падения давления в емкости H_2 необходимо найти причину утечки.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый газ NH_3 (аммиак)

Аммиак (NH_3) вреден для легких.

При возникновении утечки не входите в помещение радиохимической лаборатории до тех пор, пока весь газ не будет выведен наружу системой вентиляции.

10-2-6-1 Обзор

выберите этот производственный процесс для получения очищенного ^{11}C-HCN. Процесс начинается с производства газа ^{11}C-CO_2, как описано в Раздел 10-2-4 Производство ^{11}C-CO_2 на странице 144. Затем газ ^{11}C-CO_2 смешивают с контролируемым потоком водорода. Смесь газов нагревают приблизительно до 400°C в термостате OC3A, который содержит никелевый катализатор. При этом образуются метан и вода. Воду удаляют при помощи абсорбера Sicapent™, а непреобразованный CO_2 удаляется с помощью ловушки, заполненной абсорбером Ascarite™. Осушенный метан далее смешивают с сухим аммиаком (NH_3) и подают в термосат OC3B, который содержит платиновый катализатор. Когда печь нагревается примерно до 1000°C, метан превращается в синильную кислоту (HCN). HCN подаётся на выход для продукта для ^{11}C-HCN (см. Рис. 10-9).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

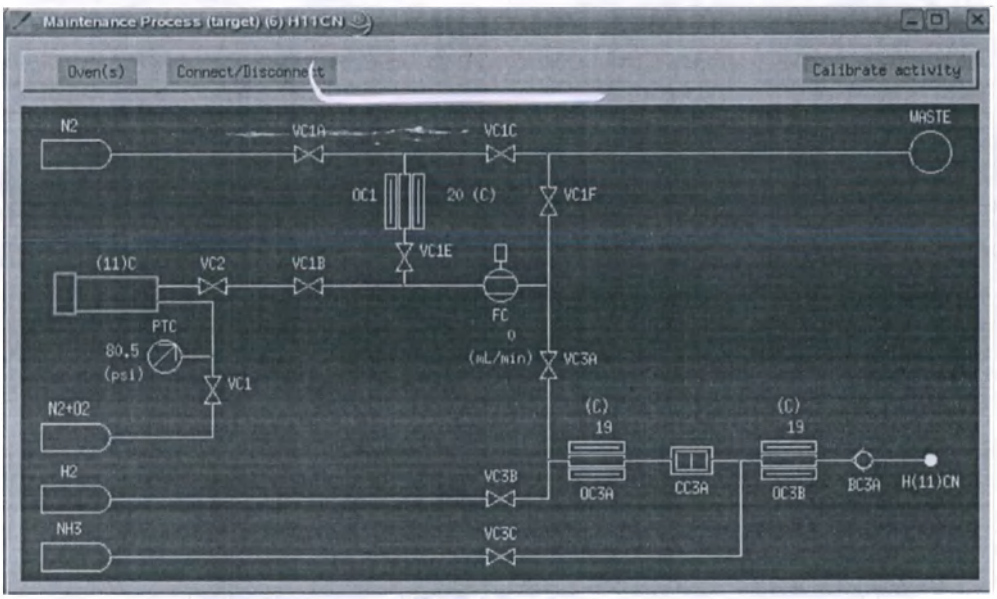
10-2-6-2 Подготовка

Активация ловушки

Перед первым производственным циклом (например, в начале рабочего дня) следует активировать ловушку (с помощью Централизованной системы управления). При этом происходит кондиционирование термостата OC1 с удалением немеченого CO_2, тчто сводит к минимуму количество немеченого CO_2 (на основе которого производится ^{11}C-HCN).

За инструкциями по тому, как активизировать ловушку, обратитесь к Раздел 10-2-4-2 Подготовка на странице 144, но выберите **11C-HCN** вместо **11C-CO2** в меню **Chemistry** (Химическая обработка).

Рис. 10-8: Окно процесса обслуживания для $H^{11}CN$



Предварительный нагрев термостатов OC3A и OC3B (необязательный)

Перед первым производственным циклом (например, в начале рабочего дня) рекомендуется предварительно нагреть термостаты OC3A и OC3B.

Поскольку нагрев платиного термостата до нужной температуры занимает около 20 минут, процедуру предварительного нагрева обычно выполняют перед началом фактического производства. Термостаты OC3A и OC3B при прохождении через них потока водорода.

Для предварительного нагрева термостатов:

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для **H11CN**, щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Preheat** (Предварительный нагрев).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

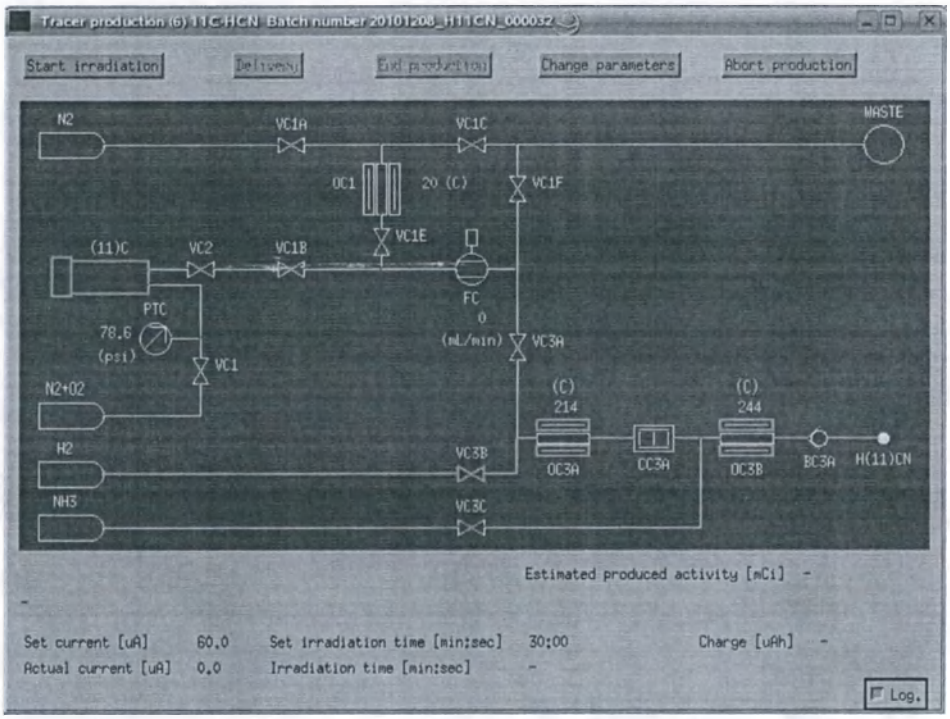
10-2-6-3 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выберите пункт **11C-HCN** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

2 на экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{11}C-HCN.

Рис. 10-9: Окно производства препарата ^{11}C-HCN



3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

10-2-6-4 Охлаждение (необязательное действие)

Когда производство ^{11}C-HCN прерывается (например, после последнего производственного цикла за данный рабочий день), процедура охлаждения сможет поддержать движение потока водорода через остывающие термостаты.

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для **H11CN**, щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

10-3 Операции, выполняемые после производственного цикла

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10-4 Условия эксплуатации и особенности работы с $^{11}CO_2$ HP

10-4-1 Условия эксплуатации

10-4-1-1 Давление смеси N_2+O_2

Давление заполнения для мишеней $^{11}CO_2$ HP выше, чем для стандартных мишеней $^{11}CO_2$, что обеспечивает больший объем газа в камере мишени. Максимальное давление для мишени $^{11}CO_2$ HP также выше, чем для стандартной мишени.

10-4-1-2 Сила тока пучка

Максимально допустимая сила тока пучка для мишени $^{11}CO_2$ HP значительно выше, чем для стандартной мишени $^{11}CO_2$, при сохранении высокого выхода и качества/надёжности получаемой радиоактивности.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Мишень $^{11}CO_2$ HP становится более радиоактивной, чем стандартная мишень $^{11}CO_2$, поскольку используемый ток пучка имеет большую силу. Радиоактивность прямо пропорциональна силе тока пучка.

ВНИМАНИЕ!

Запрещается запускать мишень $^{11}CO_2$ HP в режиме двойного пучка с другой мишенью. Мощности гелиевого охлаждения может быть недостаточно при разделении ее на две мишени. Это может привести к разрыву фольги.

10-4-2 Особенности работы с мишенями

Используемая **сила тока пучка** оказывает влияние на срок службы мишени. Поэтому не следует подавать на мишень ток большей силы, чем это необходимо для получения нужного уровня радиоактивности.

Процедуры техобслуживания мишени описаны в Раздел 17-12 Техобслуживание мишени на странице 243.

По поводу периодичности техобслуживания мишени обратитесь к Таблица 17-1.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11 ПРОИЗВОДСТВО РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ^{15}O (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе приводятся инструкции по производству радиофармпрепаратов на основе ^{15}O. Предполагается, что оператор уже прочел Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

11-1 Введение

Циклотрон PETtrace 800 производит газообразный ^{15}O, который можно использовать для производства газов $^{15}O_2$, $C^{15}O$ или $C^{15}O_2$, а также воды, меченой ^{15}O.

- Производство газообразного ^{15}O описано в Раздел 11-3 Производство газообразного ^{15}O на странице 156.
- Производство воды, меченой ^{15}O, описано в Раздел 11-4 Производство воды, меченой ^{15}O на странице 163.

11-2 Подготовка

11-2-1 Основная подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

Прежде чем приступать к производству, необходимо выполнить следующие общие процедуры:

1 Подготовка подключения к системе сбора отработанных газов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 *При производстве газообразного ^{15}O:*

Подготовьте приемный блок согласно инструкциям из его документации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 *При производстве воды, меченой ^{15}O:*

Подготовьте систему или установку для производства воды, как описано в Раздел 11-4-1 Производство воды, меченной ^{15}O, с помощью системы для производства воды на странице 164 и Раздел 11-4-2 Производство воды, меченой ^{15}O, с помощью дополнительной установки для производства воды (автономное производство воды, меченой ^{15}O) на странице 168. При работе с другим приемным блоком подготовьте приемный блок согласно инструкциям из его документации.

11-2-2 Предварительный нагрев термостатов

Обратите внимание!
Данный этап не относится к производству газообразного $^{15}O_2$.

Предварительный нагрев термостатов рекомендуется проводить перед первым производственным циклом за рабочий день (например, в начале рабочего дня, если система не использовалась ночью). Это даст гарантию, что во время первого производственного цикла термостат будет находиться в нужном состоянии и будет нагрет до требуемой температуры.

ОСТОРОЖНО!

Давление в термостате при нагревании возрастает.

Убедитесь, что рукоятки быстрой фиксации надежно закреплены.

Убедитесь, что система подачи азота в порядке.

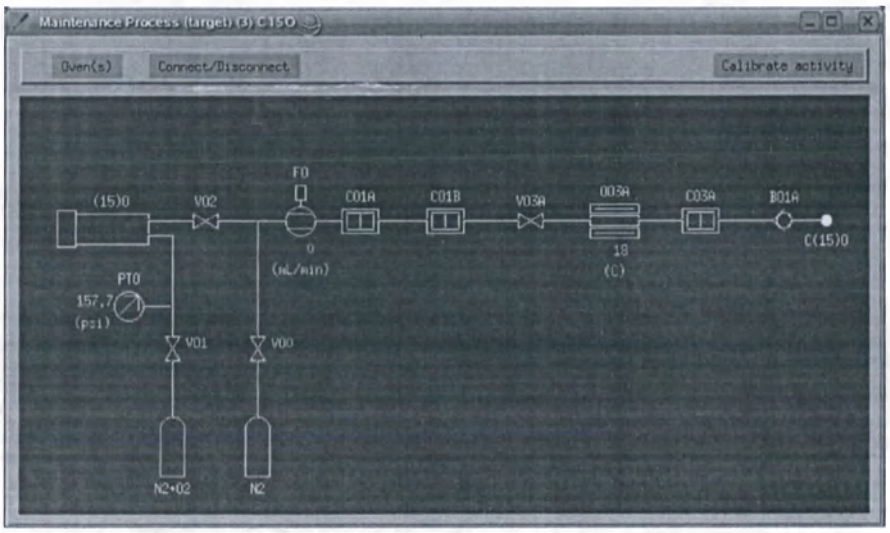
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Для предварительного нагрева термостата:

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

2 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните кнопку **Chemistry** (Химическая обработка) и выберите соответствующий процесс. На экране появится окно **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для выбранного процесса.

Рис. 11-1: Окно процедуры обслуживания (например, для $C^{15}O$)



3 Щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт меню **Preheat** (Предварительный нагрев), чтобы начать нагрев термостата.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-3 Производство газообразного ^{15}O

Система PETtrace 800 предоставляет несколько способов производства газообразного ^{15}O с помощью панели ждя обработки для ^{15}O.

Производством газообразного ^{15}O управляют с помощью Централизованной системы управления таким же образом, как и производством, описанным в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако имеется несколько дополнительных опций производства, в зависимости от того, какой из радиофармпрепаратов необходимо произвести. Подробности, характерные для разных процессов производства ^{15}O см. в Раздел 11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2 на странице 157 – Раздел 11-3-4 Производство газообразного ^{15}O-CO_2 на странице 161.

- Раздел 11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2 на странице 157
- Раздел 11-3-3 Производство газообразного ^{15}O-CO на странице 159
- Раздел 11-3-4 Производство газообразного ^{15}O-CO_2 на странице 161

Для каждого производственного процесса можно выбрать режим: производство партий или непрерывное производство. При производстве партий мишень сначала облучают, а затем выполняют опорожнение мишени. При непрерывном производстве выгрузку продукта производят одновременно с облучением мишени.

11-3-1 Проверка мишени на утечку и цикл опорожнение/заполнение мишени

Рекомендуется проверять мишень на утечку один раз перед началом производства, если предстоящее производство ^{15}O является первым производством ^{15}O в этот день. Затем 1–3 раза опорожните и заполните мишень с тем, чтобы промыть ее от возможных загрязнений.

1 **Проверка мишени на утечку**
В меню **Maintenance** (Техобслуживание) нажмите кнопку **Target** (Мишень) и выберите пункт **15O**. См. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93 для получения подробных инструкций.

2 **Опорожнение и заполнение мишени**
a Проверьте подключение выходов для продукта и отходов.

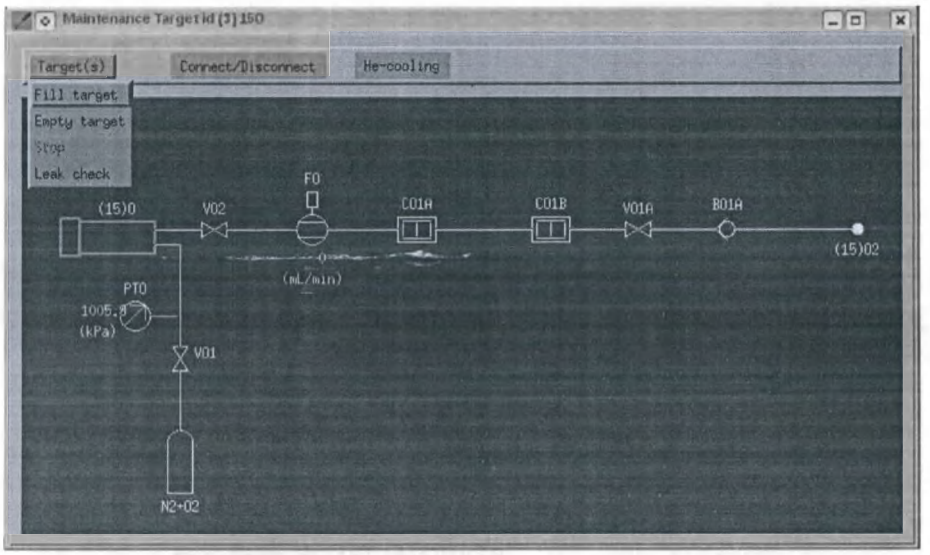
b В окне **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Empty target** (Опорожнить мишень).

c Когда опорожнение мишени бкдет закончено, щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Fill target** (Заполнить мишень).

d Повторите этапы 2b и 2c 1–3 раза.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 11-2: Окно техобслуживания мишени для ^{15}O



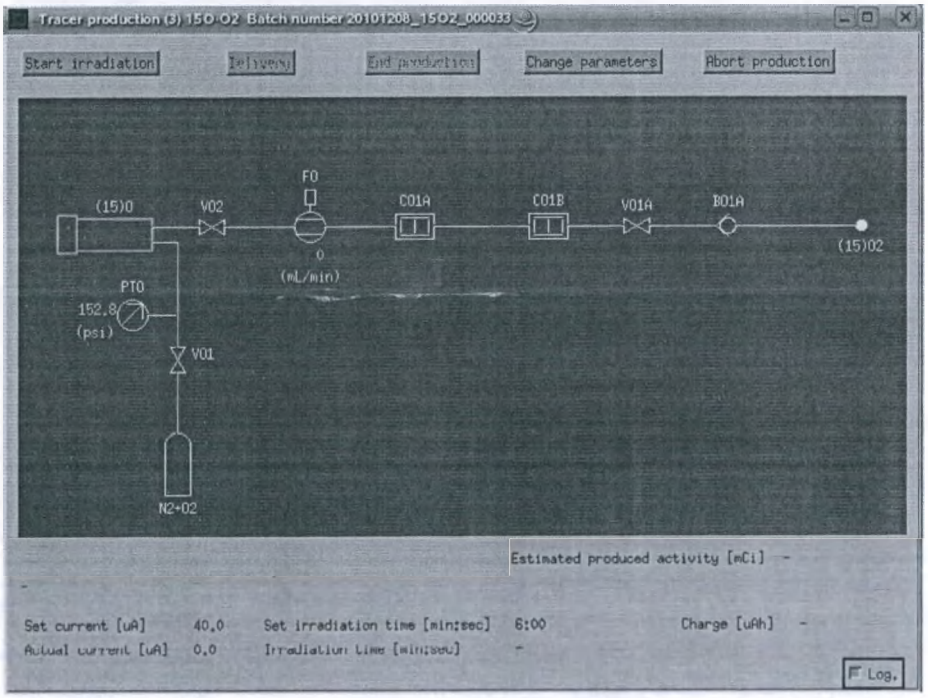
11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2

11-3-2-1 Обзор

Выберите этот производственный процесс для получения очищенного газообразного ^{15}O-O_2. Газообразный ^{15}O-O_2, выходящий из мишени ^{15}O, проходит через две колонки, заполненные соответственно препаратом Ascarite и активированным углем, после чего направляется на выход продукта ^{15}O-O_2 (см. Рис. 11-3). Для получения контролируемого потока используется регулятор массового расхода.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 11-3: Окно производства препарата ^{15}O-O_2



11-3-2-2 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выбор производственного процесса

- Для запуска производства партии:

  Выберите пункт **15O-O2** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

- Для запуска непрерывного производства:

  Выберите пункт **15O-O2 Cont.** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

  Обратите внимание!
  Прежде чем начинать производство, проверьте, подготовлен ли приемный блок.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{15}O-O_2/^{15}O-O_2 Cont.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

- Если выполняется производство партии, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для прекращения облучения.
- Если выполняется непрерывное производство щелкните кнопку **End production** (Завершить производство) для прекращения облучения.

11-3-3 Производство газообразного ^{15}O-CO

ОСТОРОЖНО! Ядовитые газы

Оксид углерода (CO) оказывает отравляющее воздействие при вдыхании. Газ не имеет запаха и цвета, потому признаки присутствия газа в помещении нельзя обнаружить.

11-3-3-1 Обзор

Выберите этот производственный процесс для получения очищенного газообразного ^{15}O-CO. ^{15}O-O_2, выходящий из мишени ^{15}O, очищается так, как описано в Раздел 11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2 на странице 157. Затем его преобразуют в CO в термостате OO3A, который содержит уголь. Если после обработки присутствует CO_2, его удаляют в колонке CO3A, заполненной препаратом Ascarite. В завершение, газ направляют на выход продукта ^{15}O-CO, см. Рис. 11-3).

11-3-3-2 Предварительный нагрев термостатов (необязательное действие)

Поскольку нагрев термостата с углем до нужной температуры занимает более 10 минут, термостат обычно нагревают перед началом фактического производства. При нагреве термостата через него пропускают поток азота. Подробные иснтрукции см. в Раздел 11-2-2 Предварительный нагрев термостатов на странице 154.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-3-3-3 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выбор производственного процесса

- Для запуска производства партии:

  Выберите пункт **15O-CO** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

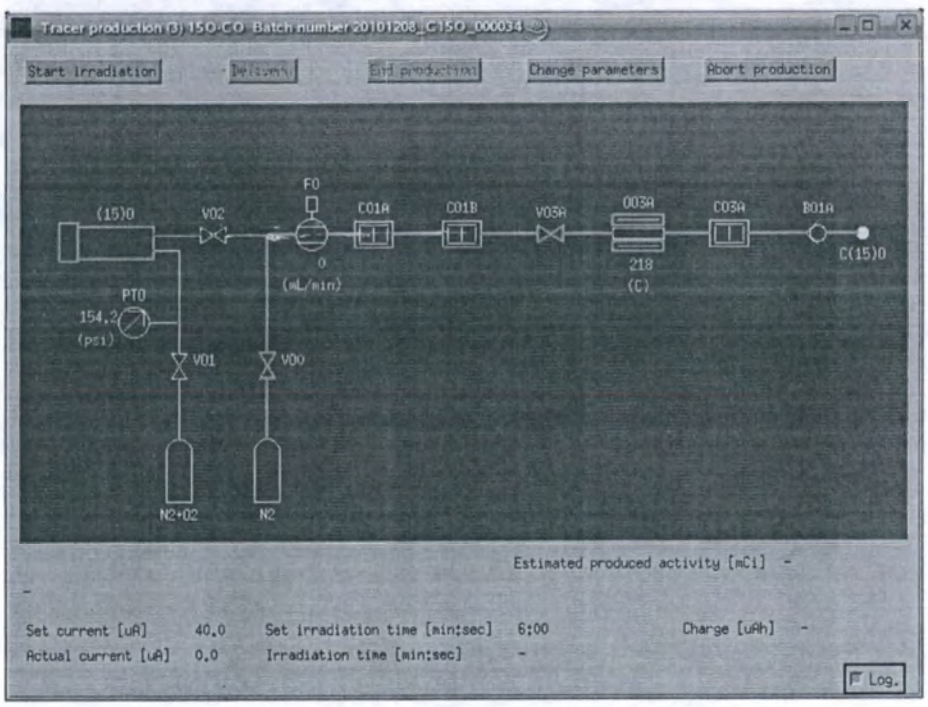
- Для запуска непрерывного производства:

  Выберите пункт **15O-CO Cont.** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

  Обратите внимание!
  Прежде чем начинать производство, проверьте, подготовлен ли приемный блок.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{15}O-CO/^{15}O-CO Cont.

Рис. 11-4: Окно производства препарата на основе ^{15}O-CO



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

- Если выполняется производство партии, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для прекращения облучения.
- Если выполняется непрерывное производство щелкните кнопку **End production** (Завершить производство) для прекращения облучения.

11-3-3-4 Охлаждение (необязательное действие)

Когда производство ^{15}O-CO прерывается (например, в конце рабочего дня), процедура охлаждения термостата поддерживает прохождение азота через остывающий термостат.

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для **C15O** щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

11-3-4 Производство газообразного ^{15}O-CO_2

11-3-4-1 Обзор

Выберите этот производственный процесс для получения очищенного газообразного ^{15}O-CO_2. ^{15}O-O_2, выходящий из мишени ^{15}O, очищается так, как описано в Раздел 11-3-2 Производство газообразного ^{15}O-O_2 на странице 157. Затем его преобразуют в CO и CO_2 в термостате OO3A, который содержит уголь. CO, образовавшийся в термостате OO2A, преобразуется в CO_2 в термостате OO2B, заполненном CuO, и подаётся на выход для продукта для ^{15}O-CO_2 (см. Рис. 11-5).

11-3-4-2 Предварительный нагрев термостатов (необязательное действие)

Поскольку нагрев термостата с CuO занимает более 10 минут, процедура предварительного нагрева обычно выполняется перед фактическим производством. Нагрев обоих термостатов происходит при сохранении потока азота. Указания см. Раздел 11-2-2 Предварительный нагрев термостатов на странице 154.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-3-4-3 Производство

В Централизованной системе управления:

1 Выбор производственного процесса

- Для запуска производства партии:

  Выберите пункт **15O-CO2** в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

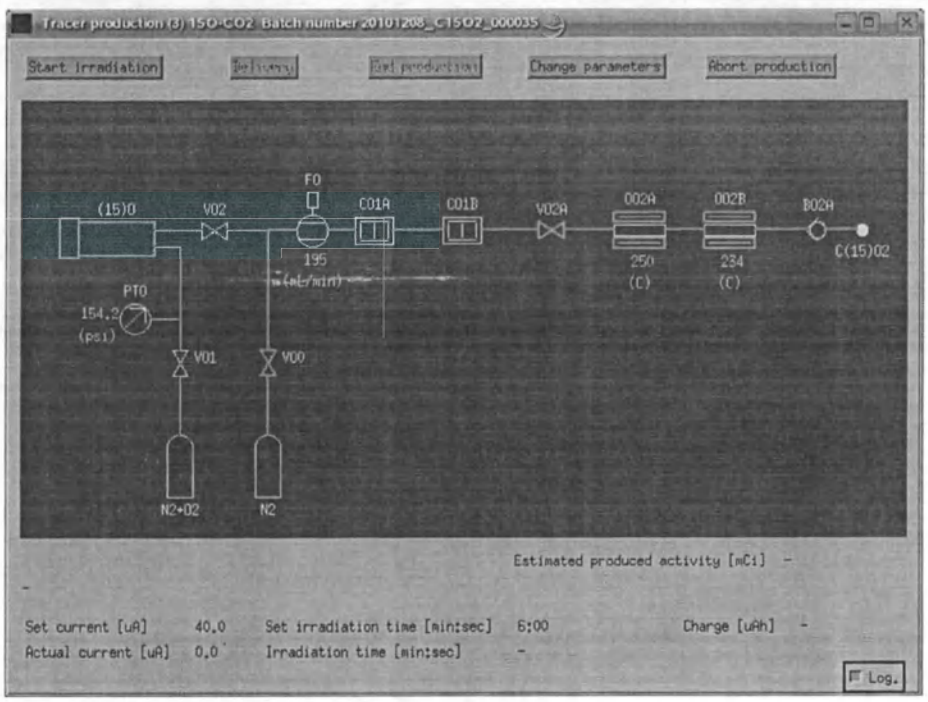
- Для запуска непрерывного производства:

  Выберите пункт **15O-CO2** Cont. в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

  Обратите внимание!
  Прежде чем начинать производство, проверьте, подготовлен ли приемный блок.

2 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для ^{15}O-CO_2/^{15}O-CO_2 Cont.

Рис. 11-5: Окно производства препарата на основе ^{15}O-CO_2



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

- Если выполняется производство партии, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для прекращения облучения.
- Если выполняется непрерывное производство щелкните кнопку **End production** (Завершить производство) для прекращения облучения.

11-3-4-4 Охлаждение (необязательное действие)

Когда производство ^{15}O-CO прерывается (например, в конце рабочего дня), процедура охлаждения сможет поддержать прохождение азота через остывающие термостаты.

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для **C15O2** щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

11-4 Производство воды, меченой ^{15}O

Система PETtrace 800 предоставляет два способа производства воды, меченой ^{15}O:

- С помощью системы для производства воды (входит в состав дополнительной опции для производства газообразного ^{15}O).

  См. Раздел 11-4-1 Производство воды, меченной ^{15}O, с помощью системы для производства воды на странице 164.

- С помощью установки для производства воды (отдельная опция, также называемая автономной установкой для производства воды, меченой ^{15}O).

  См. Раздел 11-4-2 Производство воды, меченой ^{15}O, с помощью дополнительной установки для производства воды (автономное производство воды, меченой ^{15}O) на странице 168.

Для каждого производства можно выбрать серийное производство или непрерывное производство. При серийном производстве мишень сначала облучается, а затем выполняется опорожнение мишени. При непрерывном производстве облучение мишени выполняется одновременно с доставкой.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-4-1 Производство воды, меченной ^{15}O, с помощью системы для производства воды

Рис. 11-6: Система для производства воды, меченой ^{15}O

11-4-1-1 Подготовка

К числу процедур, которые необходимо выполнить перед началом производства воды, меченой ^{15}O, относятся следующие:

1 Проверка подачи газа H_2 и подключение подачи газов H_2+$^{15}O_2$.

2 Подключение выходных трубок.

3 Подключение ловушки с веществом Sicapent, или же водяной ловушки и ловушки с веществом Sicapent.

4 Проверка подключения выхода сосуда для продукта к системе сбора отходов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Всегда надевайте защитные очки и перчатки при работе с установкой или системой для производства воды.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Проверка подачи газа H_2

Убедитесь, что трубка подачи газа H_2 подключена к панели для обработки для ^{15}O.

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом при определенных пропорциях. Запрещается использовать открытый огонь!

Перед началом работы проверьте вентиляцию.

После завершения производительного цикла закройте главный клапан подачи (газа ионизатора) H_2.

В случае непредвиденного падения давления в емкости H_2 необходимо найти причину утечки.

Подключение трубки для подачи газов H_2+^{15}O-O_2

Газы H_2+$^{15}O_2$ подаются в систему для производства воды по трубке идущей от панели для продукции H_2O/^{13}N/^{18}F.

1 На панели для продукции H_2O/^{13}N/^{18}F проверьте, что трубка для газов H_2+$^{15}O_2$ подключена к разъёму H_2+$^{15}O_2$.

2 На передней панели системы для производства воды подключите трубку для газов H_2+$^{15}O_2$ к разъему INLET.

Выходные трубки

Присоедините трубку для вывода продукта к разъему OUTPUT (ВЫХОД ПРОДУКТА) на передней панели системы для производства воды.

Сосуд для продукта

1 Используйте стерильный сосуд для продукта с крышкой.

2 *При использовании водяной ловушки:* Наполните водой сосуд для продукта.

3 Убедитесь, что вся H_2O в трубке для вывода продукта будет улавливаться в сосуде для продукта.

4 Нанесите маркировку на сосуд для продукта.

Газообразные отходы и ловушка с веществом Sicapent

Газообразные отходы из сосуда для продукта перед поступлением в систему сбора отходов должны проходить через ловушку с веществом Sicapent, удаляющую радиоактивный водяной пар.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-4-1-2 Производство воды

Управление производством воды осуществляется с помощью Централизованной системы управления таким же образом, как и производство газа, описанное в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако ниже рассматриваются подробности, характерные для производства воды, меченой ^{15}O, с помощью системы для производства воды.

1 **Проверка мишени на утечки**
Выберите мишень O. См. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

2 **Предварительный нагрев термостата OO4A (необязательное действие)**
Указания см. в Раздел 11-2-2 Предварительный нагрев термостатов на странице 154.

3 **Выбор производственного процесса**
- Для запуска производства партии:

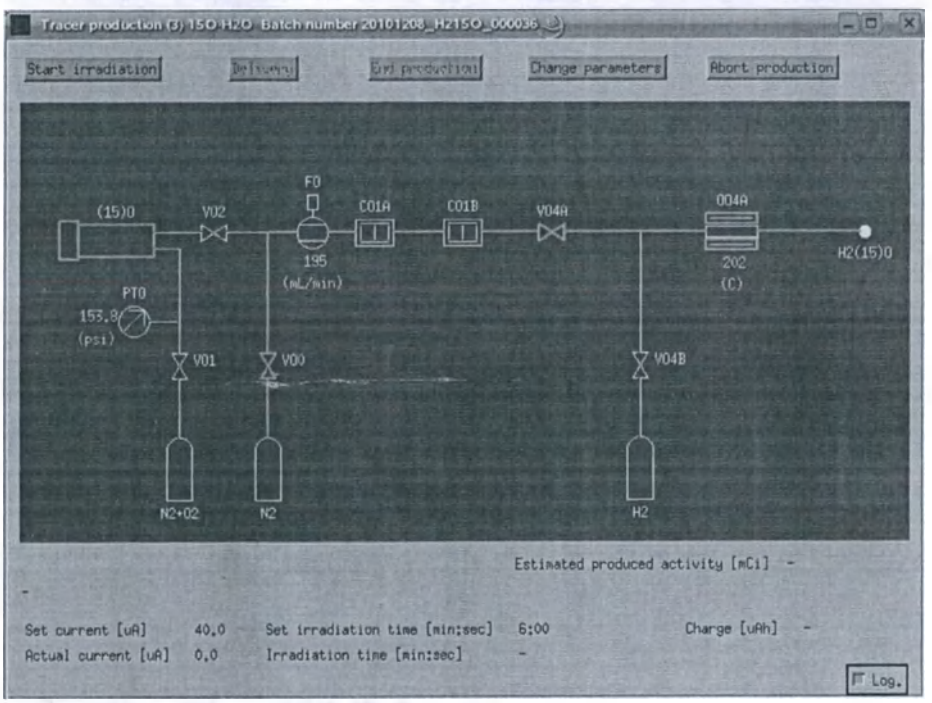
  В меню **Production** (Производство) выберите препарат **15O-H2O** . См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

- Для запуска непрерывного производства:

  В меню **Production** (Производство) выберите препарат **15O-H2O Cont**. См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

4 На экране появится окно производства для ^{15}O-H_2O/^{15}O-H_2O Cont.

Рис. 11-7: Окно производства препарата ^{15}O-H_2O



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

- Если выполняется производство партии, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для прекращения облучения.
- Если выполняется непрерывное производство щелкните кнопку **End production** (Завершить производство) для прекращения облучения.

6 **Охлаждение (необязательное действие)**
Когда производство ^{15}O-H_2O прерывается (например, в конце рабочего дня), процедура охлаждения сможет поддержать движение азота через остывающие термостаты.

В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания) для $H_2{}^{15}O$, щелкните кнопку **Oven(s)** (Термостат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

11-4-1-3 Процедуры, выполняемые после производства воды

ОСТОРОЖНО! Радиация

При работе в потенциально радиоактивной области:

- Всегда носите с собой личный дозиметр с функцией акустического сигнала тревоги при превышении дозы, чтобы обеспечить работу в безопасных условиях с приемлемым радиационным фоном.
- Надевайте перчатки, очки и лабораторный халат. Если в помещении может находиться открытый радиоактивный источник, используйте детектор бета-частиц и проводите регулярные проверки на наличие загрязнений. В случае загрязнения снимите загрязненный халат и перчатки и проверьте кожу на предмет загрязнения. Придерживайтесь местным процедурам и немедленно обратитесь к местному специалисту по вопросам радиационной безопасности и в компанию GE Healthcare в течение 24 часов.

Для выемки продукта после синтеза выполните следующие действия:

1 Отключите трубку для выхода продукта от флакона для продукта/стерильного фильтра (см. Рис. 11-6 с расположением выхода для продукта в системе для производства воды).

2 Перенесите продукт в другое место для выполнения контроля качества (см. Раздел 6-6 Контроль качества на странице 107) и получения окончательной фармацевтической подготовки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

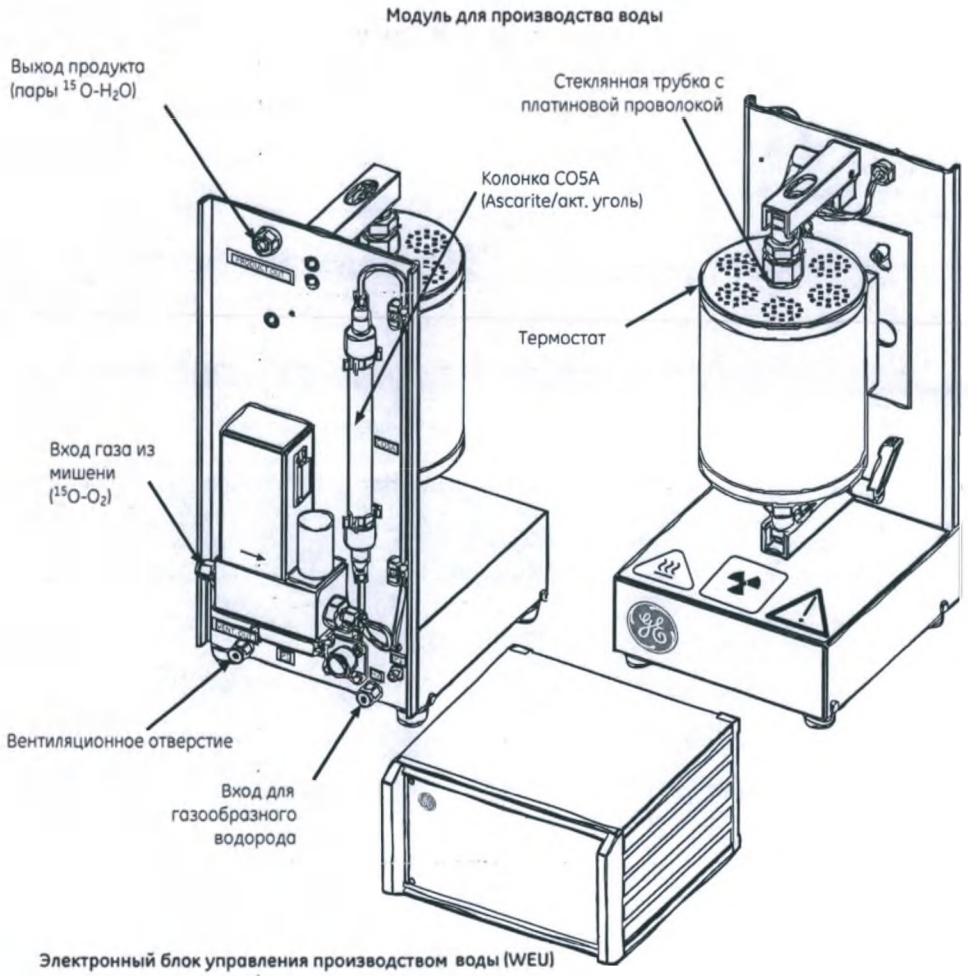
Очистка

Брызги химических веществ необходимо стирать с системы для производства воды сразу же, если только они не радиоактивные.

Компоненты с радиоактивными брызгами следует держать в горячей камере до тех пор, пока уровень радиации не уменьшится в результате распада. **Перед выполнением очистки обязательно проверяйте уровень радиации!**

11-4-2 Производство воды, меченой ^{15}O, с помощью дополнительной установки для производства воды (автономное производство воды, меченой ^{15}O)

Рис. 11-8: Установка для производства воды, меченой ^{15}O



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-4-2-1 Подготовка

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Всегда надевайте защитные очки и перчатки при работе с установкой или системой для производства воды.

В число процедур, которые необходимо выполнить перед началом автономного производства воды, меченой ^{15}O, входят следующие:

1 Подключение трубок для подачи газов H_2 и $^{15}O_2$.

2 Подключение выходных трубок.

3 Подключение ловушки с веществом Sicapent, или же водяной ловушки и ловушки с веществом Sicapent.

4 Проверка подключения выхода сосуда для продукта к системе сбора отходов.

Подключение трубки для подачи газа H_2

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразный водород (H_2) взрывоопасен в смеси с воздухом при определенных пропорциях. Запрещается использовать открытый огонь!

Перед началом работы проверьте вентиляцию.

После завершения производительного цикла закройте главный клапан подачи (газа ионизатора) H_2.

В случае непредвиденного падения давления в емкости H_2 необходимо найти причину утечки.

Газ H_2 подаётся в установку для производства воды через трубку от панели для продукции $^{15}O_2/H_2$.

1 Подключите трубку для подачи H_2 к разъему H_2 на панели для продукции H_2.

2 Подключите трубку для подачи H_2 к разъему H_2 на **задней** части установки для производства воды.

Подключение трубки для подачи газа O_2

Газ $^{15}O_2$ поступает в установку для производства воды через трубку от панели для продукции $^{15}O_2/H_2$.

1 Подключите трубку для подачи газа $^{15}O_2$ к разъему $^{15}O_2$ на панели для продукции $^{15}O_2$.

2 На **задней** части установки для производства воды подключите трубку подачи газа $^{15}O_2$ к разъёму ^{15}O.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Выходные трубки

Подключите трубку для выхода продукта к разъему PRODUCT OUT в **задней** части установки для производства воды.

Сосуд для продукта

1 Используйте стерильный сосуд для продукта с крышкой.

2 *При использовании водяной ловушки:* Наполните водой сосуд для продукта.

3 Убедитесь, что вода ^{15}O-H_2O в трубке для выхода продукта будет улавливаться в сосуде для продукта.

4 Нанесите маркировку на сосуд для продукта.

Газообразные отходы и ловушка с веществом Sicapent

Газообразные отходы из сосуда для продукта перед поступлением в систему сбора отходов должны проходить через ловушку с веществом Sicapent, удаляющую радиоактивный водяной пар.

11-4-2-2 Производство воды

Производством воды управляют с помощью Централизованной системы управления так же, как и производством газов, описанным в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако ниже приведены особенности, характерные для производства воды, меченой ^{15}O, с помощью установки для производства воды.

1 **Проверка мишени на утечки**
Выберите мишень O. См. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

2 **Предварительный нагрев термостата OO5A (необязательное действие)**
Указания см. в Раздел 11-2-2 Предварительный нагрев термостатов на странице 154.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 **Выбор производственного процесса**

- Для запуска производства партии:

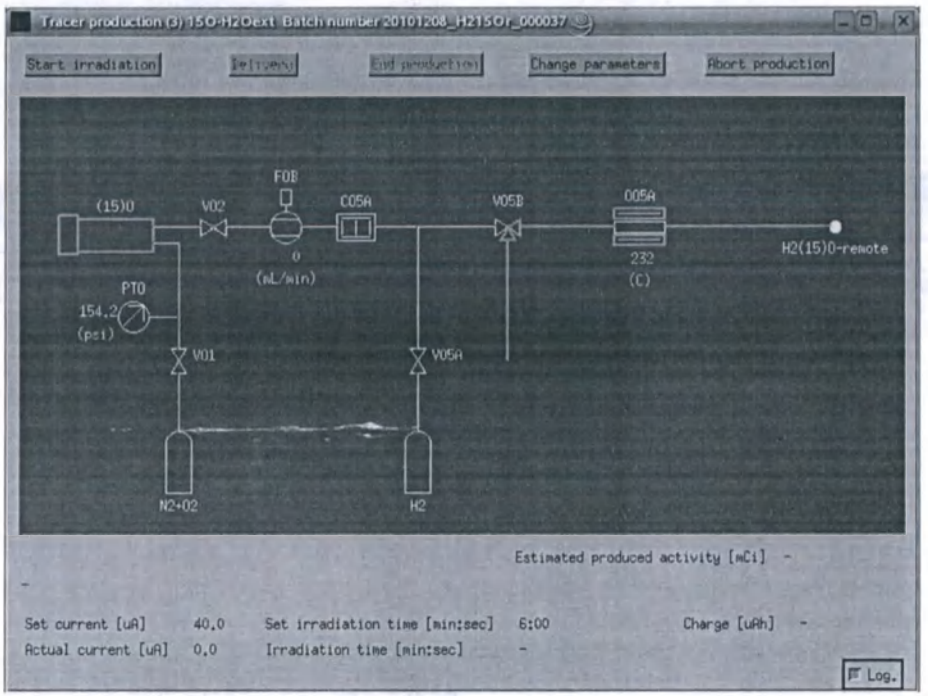
  Выберите препарат **15O-H2Oext** в меню **Production** (Производство). См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

- Для запуска непрерывного производства:

  Выберите препарат **15O-H2Oext Cont.** в меню **Production** (Производство). См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

На экране появится окно для ^{15}O-H_2Oext/ ^{15}O-H_2Oext Cont.

Рис. 11-9: Окно производства препарата ^{15}O-H_2Oext



4 Дальнейшие действия описаны в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97 – Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

- Если выполняется производство партии, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) для прекращения облучения.

- Если выполняется непрерывное производство щелкните кнопку **End production** (Завершить производство) для прекращения облучения.

5 **Охлаждение (необязательное действие)**
Когда производство ^{15}O-H_2Oext прерывается (например, в конце рабочего дня), процедура охлаждения сможет поддержать прохождение азота через остывающие термостаты.

- В окне **Maintenance Process** (Процесс обслуживания), для $H_2{}^{15}O$ext, щелкните кнопку **Oven(s)** (Теромстат(ы)) и выберите пункт **Cooldown** (Охлаждение).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-4-2-3 Процедуры, выполняемые после производства воды

ОСТОРОЖНО! Радиация

При работе в потенциально радиоактивной области:

- Всегда носите с собой личный дозиметр с функцией акустического сигнала тревоги при превышении дозы, чтобы обеспечить работу в безопасных условиях с приемлемым радиационным фоном.
- Надевайте перчатки, очки и лабораторный халат. Если в помещении может находиться открытый радиоактивный источник, используйте детектор бета-частиц и проводите регулярные проверки на наличие загрязнений. В случае загрязнения снимите загрязненный халат и перчатки и проверьте кожу на предмет загрязнения. Придерживайтесь местным процедурам и немедленно обратитесь к местному специалисту по вопросам радиационной безопасности и в компанию GE Healthcare в течение 24 часов.

Для выемки продукта после синтеза выполните следующие действия:

1 Отключите трубку для выхода продукта от флакона для продукта/стерильного фильтра (см. Рис. 11-8 с расположением выхода для продукта в системе для производства воды).

2 Перенесите продукт в другое место для выполнения контроля качества (см. Раздел 6-6 Контроль качества на странице 107) и получения окончательной фармацевтической подготовки.

Очистка

Брызги химических веществ необходимо стирать с установки для производства воды сразу же, если только эти брызги нерадиоактивны.

Компоненты с радиоактивными брызгами следует держать в горячей камере до тех пор, пока уровень радиации не уменьшится в результате распада. **Перед выполнением очистки обязательно проверяйте уровень радиации!**

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 ПРОИЗВОДСТВО МЕТАНА $^{11}CH_4$ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе описывается стандартная процедура производства газа $^{11}CH_4$ (метан). Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

ОСТОРОЖНО! Взрывоопасный газ

Газообразная смесь водорода/азота (H_2/N_2) взрывоопасна в смеси с воздухом в определенных пропорциях.

12-1 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

В число процедур, которые следует выполнить перед началом производства $^{11}CH_4$, входят следующие:

1 Подготовка подключения к системе сбора отработанных газов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 Подготовка системы TRACERlab FX C Pro/TRACERlab FX MeI согласно инструкциям, приведенным в руководстве TRACERlab FX C Pro/TRACERlab FX MeI.

Если к панели для продукта подключен другой приемный блок, подробные инструкции по подготовке см. в документации для этого приемного блока.

12-2 Производство

Стандартная процедура (СРП) для производства $^{11}CH_4$ описана в Таблица 12-1.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 12-1: СРП для производства изотопа $^{11}CH_4$

Шаг	Действие	Типичное время (мин)	Типичная сила тока пучка (мкА)	См.
Перед первым производственным циклом (например, в начале рабочего дня):				
1	Проверка мишени на утечки	< 1	-	Раздел 12-2-1 Проверка мишени на утечки на странице 175
2	Опорожнение мишени в отходы	2	-	Раздел 12-2-2 Опорожнение мишени в отходы на странице 175
3	Заполнение мишени	< 1	-	Раздел 12-2-3 Заполнение мишени на странице 175
4	Предварительное облучение[1]	5	20	Раздел 12-2-4 Предварительное облучение на странице 176
Производство $^{11}CH_4$				
5	Производство основного изотопа	30	25	Раздел 12-2-5 Производство на странице 177
6	Выгрузка $^{11}CH_4$	2	-	Раздел 12-2-5 Производство на странице 177
Процедуры после производства[2]				
7	Опорожнение мишени в отходы	2	-	Раздел 12-3-1 Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени свежим газом на странице 178
8	Заполнение мишени	< 1	-	Раздел 12-3-1 Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени свежим газом на странице 178

1 Предварительное облучение позволяет очистить систему от загрязнения немеченым углеродом, подготовив ее к производству активного вещества с высокой специфичностью. Указанные выше параметры излучения показали хорошие результаты по очистке мишени. Впрочем, оператор может использовать и другие параметры по своему усмотрению.

2 Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени должны осуществляться между производственными циклами, а также после последнего производственного цикла.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12-2-1 Проверка мишени на утечки

Рекомендуется проверять мишень на утечку один раз перед началом работы.

В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните пункт **Target** (Мишень) и выберите пункт **11C Methane** (Метан 11C) для открытия окна **Maintenance** (Техобслуживание) для метановой мишени.

Дальнейшие указания см. в Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

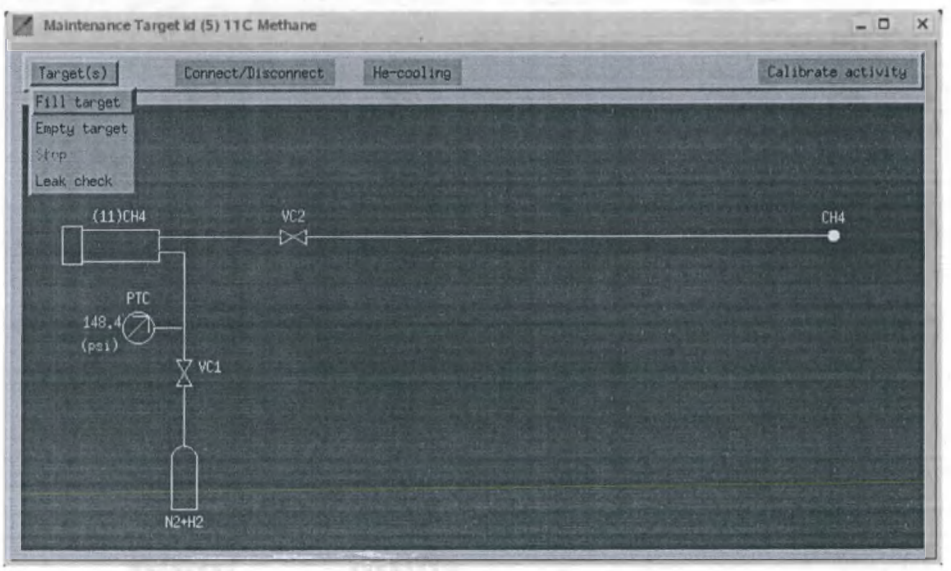
12-2-2 Опорожнение мишени в отходы

1 Убедитесь, что выход мишени направлен в систему сбора отходов (например, через приемный блок).

2 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) щелкните пункт **Target** (Мишень) и выберите пункт **11C Methane** (Метан 11C) для открытия окна **Maintenance** (Техобслуживание) для метановой мишени.

3 Щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Empty target** (Опорожнить мишень).

Рис. 12-1: Окно техобслуживания мишени для $^{11}CH_4$



12-2-3 Заполнение мишени

В окне **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) для $^{11}CH_4$ щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Fill Target** (Заполнить мишень).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12-2-4 Предварительное облучение

1 В меню **PETtrace** щелкните кнопку **Production** (Производство) и выберите пункт **11C Methane** (11C-метан).

На экране появятся окна **Operator signature** (Ключ оператора) и **Media supply** (Подача реагентов).

2 В окне **Operator signature** (Ключ оператора) задайте ток 20 мкА, время 5 минут и введите ключ и пароль. Появится окно **Tracer production** (Производство препарата).

3 Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), когда она станет доступна.

4 Убедитесь, что выход мишени направлен в систему сбора отходов (например, через приемный блок или через установленные переключающие клапаны).

5 Щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта) – обычно это делается через 5 минут).

После этого система будет готова к производству основного изотопа.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12-2-5 Производство

1 **Выбор производственного процесса**

a Выберите пункт **11C Methane** (11C-метан) в меню **Production** (Производство) и введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

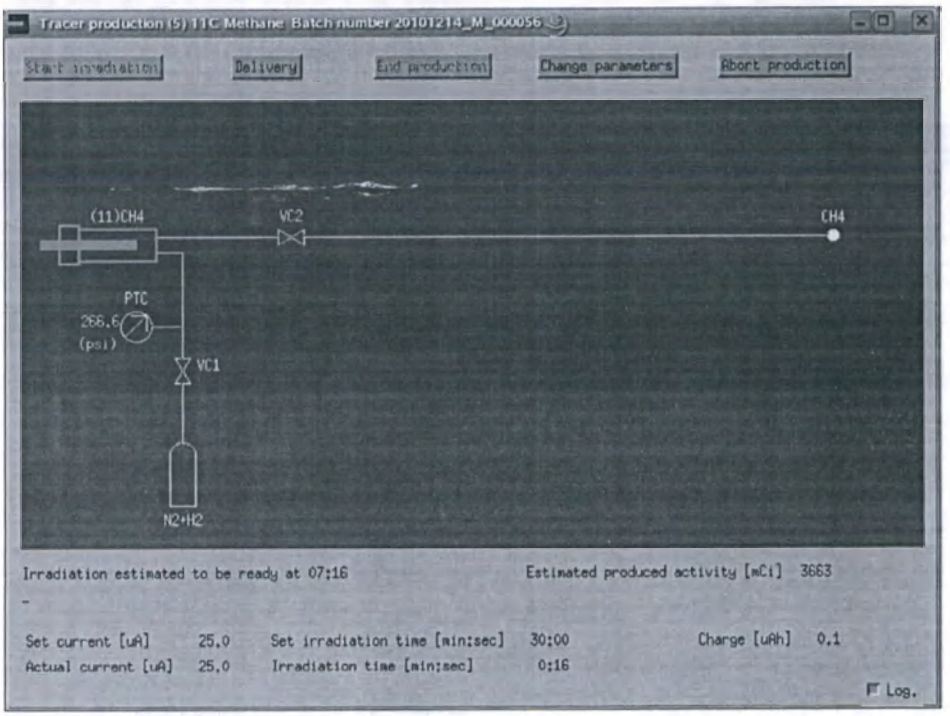
b На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для $^{11}CH_4$-метана.

2 **Запуск облучения**

Щёлкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок.

См. Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

Рис. 12-2: Вид окна производства препарата во время облучения



3 **Выгрузка продукта**

a Убедитесь, что система TRACERlab FX C Pro/TRACERlab FX MeI или аналогичный приёмный блок готовы к работе. По поводу приёмного блока обратитесь к документации TRACERlab FX C Pro/TRACERlab FX MeI.

b По истечении времени облучения или по достижении достаточного уровня радиоактивности $^{11}CH_4$ щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта).

См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

4 **Завершение процесса и отчет о произведенной продукции**

См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12-3 Операции, выполняемые после производственного цикла

12-3-1 Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени свежим газом

Опорожнение содержимого мишени в отходы и заполнение мишени должны осуществляться между производственными циклами, а также после последнего производственного цикла.

Дальнейшие указания см. в Раздел 12-2-2 Опорожнение мишени в отходы на странице 175 и Раздел 12-2-3 Заполнение мишени на странице 175.

12-3-2 Общие процедуры, выполняемые после производства

ВНИМАНИЕ!

В промежутках между производственными циклами и по окончании последнего производственного цикла мишень должна находиться под давлением. В противном случае в мишень попадет воздух, что ухудшит ее работу.

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. также в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

13 ПРОИЗВОДСТВО $^{18}F_2$ ИЗ ДЕЙТРОНОВ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе приводятся инструкции по производству фтора $^{18}F_2$ из дейтронов. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (доп. 2169049-100).*

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При вдыхании газообразный фтор способен вызывать тяжелые поражения легких и слизистых оболочек.

Газообразный фтор способен вызывать ожоги кожи и поражения глаз.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При работе с мишенью $^{18}F_2$ или вентиляционным отверстием для F_2 в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. Убедитесь, что система вентиляции функционирует.

13-1 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

К числу операций, которые следует выполнить перед началом производства фтора $^{18}F_2$, относятся следующие:

1 Подготовка подключения к системе сбора отработанных газов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 Проверка трубок в горячей камере (трубки F_2 на панели для продукции, трубки ловушки для F_2).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Подготовка к работе системы TRACERlab согласно инструкциям из соответствующей документации TRACERlab.

Если к панели для продукции подключен другой приемный блок, подробные инструкции см. в документации для этого приемного блока.

4 Произвести предварительную подготовку системы (2–3 раза). См. Раздел 13-1-3 Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон (2–3 раза) на странице 180.

13-1-1 Трубки панели для продукции в горячей камере

Подключите трубку газа для мишени к разъему F_2.

13-1-2 Трубки для отходов в горячей камере

Убедитесь, что вентиляционная трубка для F_2 подключена к ловушке для F_2(натронная известь).

13-1-3 Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон (2–3 раза)

Эту процедуру необходимо выполнить 2–3 раза перед началом производства, чтобы удалить воздух из системы (наличие воздуха вызывает нежелательные химические реакции). Кроме того, эта процедура позволяет пассивировать никелевые (Ni) поверхности труб, обеспечивая тем самым повторяемость выхода. Выполнение процедуры занимает приблизительно пять минут.

Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон.

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

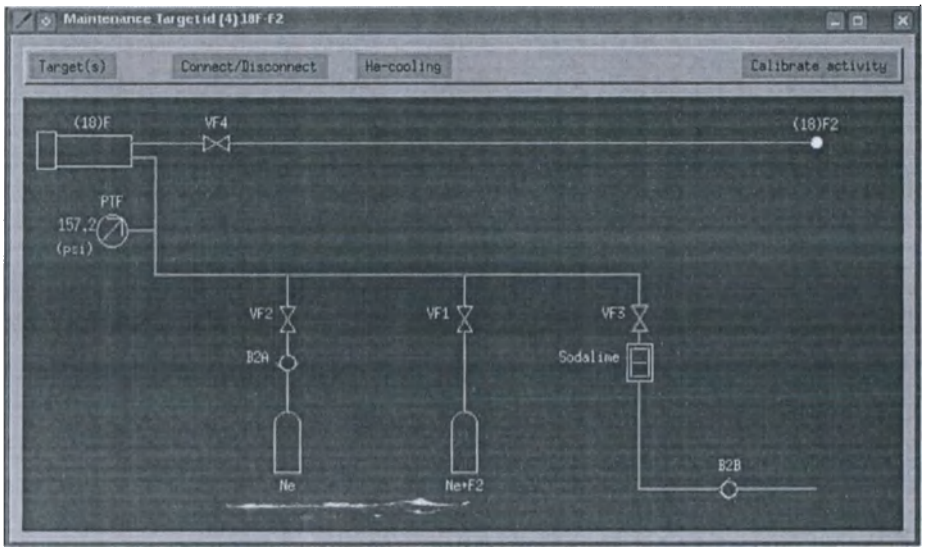
2 Выберите мишень $^{18}F_2$-дейтрон. Она обычно установлена в положение 3.

3 На экране появится окно **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) $^{18}F_2$-дейтрон.

4 Щелкните **Target(s)** (Мишень(и)), а затем **Condition system** (Кондиционирование системы).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 13-1: Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

13-2 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов

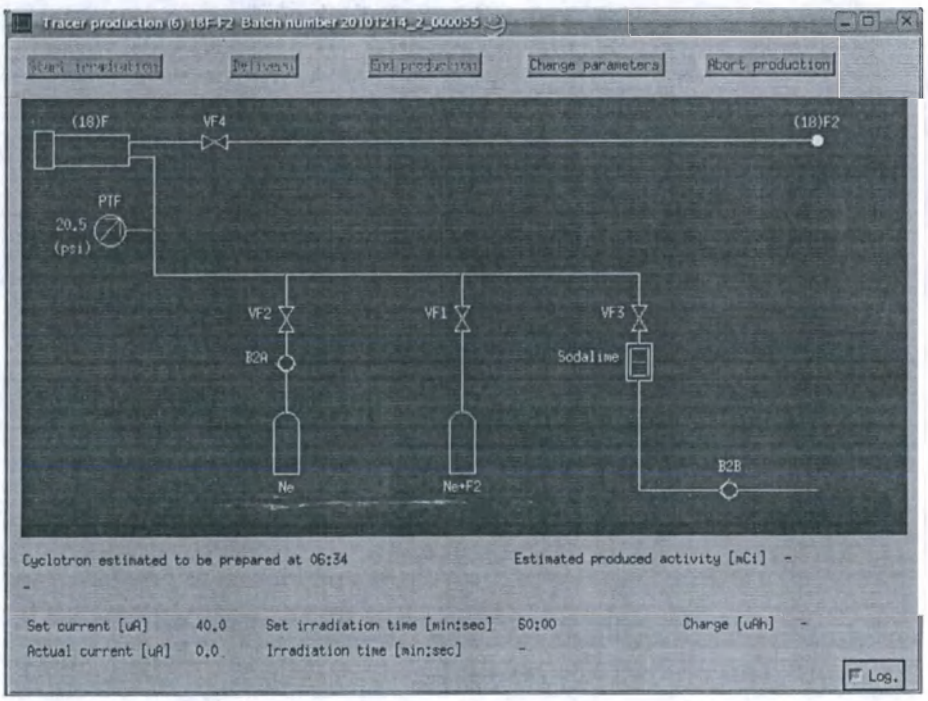
Управление производством фтора $^{18}F_2$ выполняется из Централизованной системой управления таким же образом, как описано в Раздел 6-4 Производство на странице 89. Однако см. ниже подробности, характерные для производства фтора $^{18}F_2$.

1 **Проверка мишени на утечки**
Выберите мишень $^{18}F_2$-дейтрон. См. Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

2 **Выбор производственного процесса**
Выберите препарат **18F-F2** из меню **Production** (Производство). См. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

На экране появится окно производства для дейтрона $^{18}F_2$.

Рис. 13-2: Окно производства препарата на основе $^{18}F_2$-дейтрон



3 **Запуск облучения**
См. Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

4 **Выгрузка продукта**
См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

5 **Завершение процесса и отчет о произведенной продукции**
См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

13-3 Процедуры, выполняемые после производства фтора $^{18}F_2$

После окончания синтеза в производственном модуле перед выемкой из него сосуда с препаратом необходимо всегда продувать трубки газообразным неоном.

13-3-1 Общие процедуры, выполняемые после производства

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При вдыхании газообразный фтор способен вызывать тяжелые поражения легких и слизистых оболочек.

Газообразный фтор способен вызывать ожоги кожи и поражения глаз.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При работе с мишенью $^{18}F_2$ или вентиляционным отверстием для F_2 в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. Убедитесь, что система вентиляции функционирует.

Для продувки системы F_2:

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

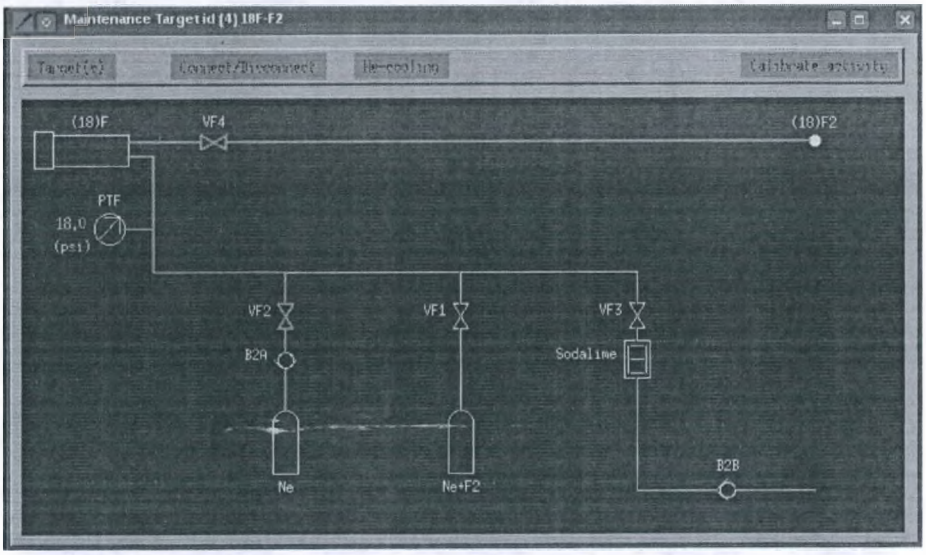
2 Выберите мишень $^{18}F_2$-дейтрон. Она обычно установлена в положение 3.

3 На экране появится окно **Maintenance Target** (Техобслуживание мишени) $^{18}F_2$-дейтрон.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)), а затем выберите **Flush target** (Продувка мишени), чтобы начать продувку.

Рис. 13-3: Продувка мишени $^{18}F_2$-дейтрон



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14 ПРОИЗВОДСТВО $^{18}F_2$ ИЗ ПРОТОНОВ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе представлены инструкции по производству фтора $^{18}F_2$ из протонов. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации. Подробную информацию см. также в Раздел 5-4-4 Панель для $^{18}F_2$-протон (дополнительная опция) на странице 70.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При вдыхании газообразный фтор способен вызывать тяжелые поражения легких и слизистых оболочек.

Газообразный фтор способен вызывать ожоги кожи и поражения глаз.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Газообразный F_2 ядовитый и едкий. Прежде чем открывать разъёмы, обязательно продуйте трубки газообразным аргоном или откачивайте содержимое системы до тех пор, пока давление на манометре P2 не опустится ниже 0,3 бар.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При работе с мишенью $^{18}F_2$ или вентиляционным отверстием для F_2 в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. Убедитесь, что система вентиляции функционирует.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-1 Обзор

Производство $^{18}F_2$ из протонов включает в себя два вида облучения.

1 **Первое облучение:**

Обратите внимание!
Перед началом производства необходимо полностью откачать мишень.

a Мишень заполняют газом ^{18}O до получения давления 10 бар. Газ хранится в системе регенерации кислорода, а затем мишень облучают в течение выбранного времени пучком с выбранной силой тока (обычно 60 мин, 40 мкА).

b В процессе облучения образуется $^{18}F^-$ согласно ядерной реакции $^{18}O(p,n)^{18}F$. После этого $^{18}F^-$ прилипает к стенке мишени, что позволяет регенерировать газ ^{18}O без выноса радиоактивности из мишени.

c За 15 минут до окончания первого облучения система напоминает оператору о необходимости залить жидкий N_2 (LN_2) в панель продукции $^{18}F_2$-протона. Если нажать **OK** в окне с напоминанием, это приведет к включению подъемника LN_2, который перемещается вверх для охлаждения резервуара регенерации кислорода.

d Когда первое облучение завершается (выбором пункта **End production** (Завершить производство)), мишенный клапан открывается и кислород под действие охлаждения перекачивается в резервуар для его регенерации.

2 **Второе облучение:**

a Чтобы убрать радиоактивность из мишени, требуется второе облучение.

b Вначале мишень заполняют определенным количеством «холодного» (нерадиоактивного) F_2, обычно в количестве 0,1–2%. Чем холоднее F_2, тем выше выход продукта, но ниже его удельная радиоактивность, и наоборот.

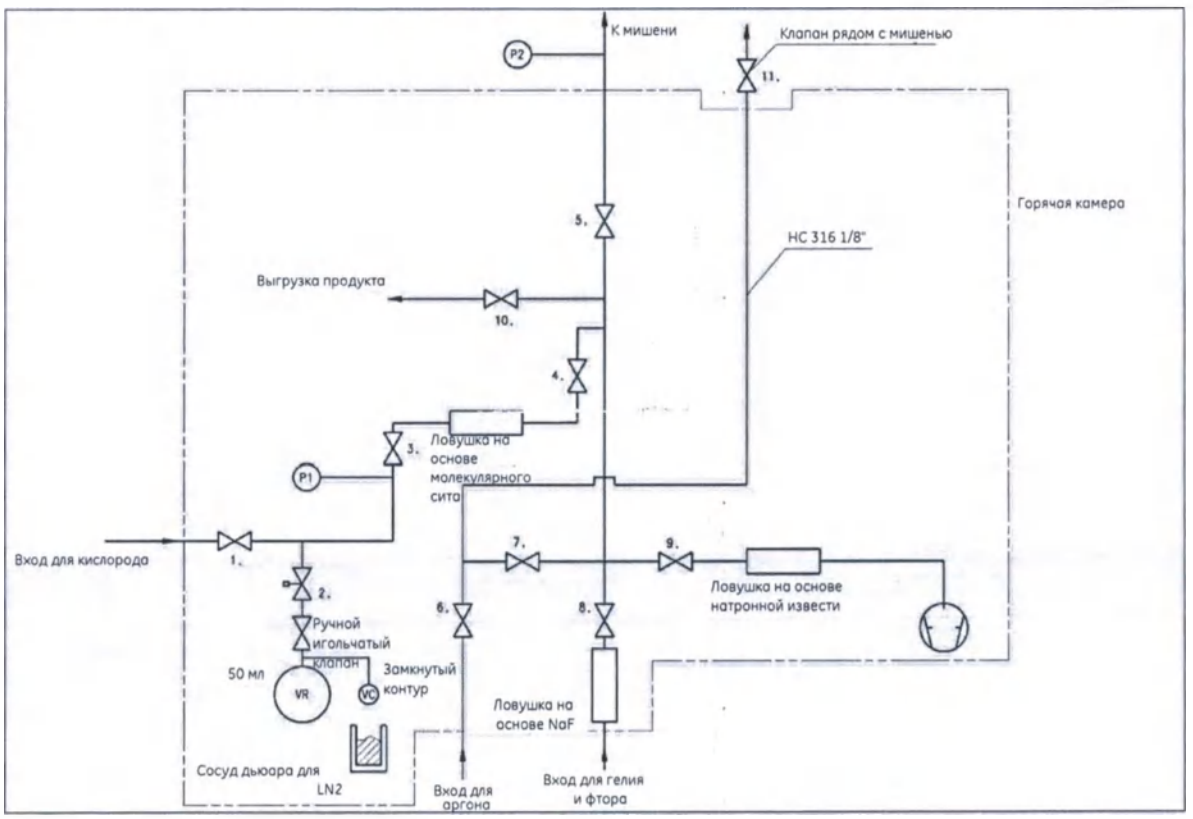
c Второе облучение обычно проводят в течение 20 минут при силе тока 35 мкА. Во время этого облучения холодный F_2 воссоединяется с $^{18}F^-$, прилипшими к стенкам мишени, и радтоактивность уходит со стенок мишени.

d По окончании второго облучения, выберите пункт **Delivery** (Выгрузка продукта). Мишенный клапан открывается и продукт поступает на выход для продукта.

e первая последовательность опорожнения происходит до тех пор, пока давление в мишени не снизится до 1 бара. Мишень продувают аргоном (Ar) (10 бар) в течение 1 минуты (при открытых клапанах 6, 5, 11 и 10), и затем опорожняют до остаточного давления 0,3 бар.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 14-1: Схема системы мишени $^{18}F_2$-протон



14-2 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

14-2-1 Порядок проверки перед производством

Общие процедуры, которые выполняются ежедневно до запуска системы циклотрона, см. в Раздел 6-2 Ежедневный технический осмотр на странице 85.

В дополнение к процедурам, описанным в Раздел 6-2 Ежедневный технический осмотр на странице 85, также проверьте следующее:

- Электропитание на панели $^{18}F_2$-протон в горячей камере.
- Горячая камера закрыта и вентиляция включена.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ВНИМАНИЕ!

Закрывайте газовый баллон с $^{18}O_2$ для уменьшения потерь газа.

(При заполнении системы из баллона количества обычно хватает более чем на 10 циклов производства).

Для заполнения системы см. Раздел 14-2-3 Заполнение резервуара для $^{18}O_2$ на странице 189.

14-2-1-1 Рабочие испытания датчика давления (каждые 2 месяца)

Рабочие испытания датчика давления P1 (на панели $^{18}F_2$-протон), а также P2 можно выполнить следующим образом:

1 Включите вакуумный насос.

2 Из системы управления откройте меню **Maintenance** (Техобслуживание) мишени $^{18}F_2$-протон.

См. Раздел 14-5 Техобслуживание, выполняемое с помощью централизованной системы управления на странице 198.

3 Щелкните **Target(s)** (Мишень(и)), а затем выберите **Evacuate system** (Откачка системы).

4 Подождите 10 минут, затем проверьте показания датчиков давления P1 и P2:

- P1 = от -18,5 до -11,5 фунов/кв.дюйм (от -1,3 до -0,8 бар)
- P2 = от -18,5 до -11,5 фунов/кв.дюйм (от -1,3 до -0,8 бар)

Если показания датчика давления выходят за указанные пределы, отрегулируйте его. Обратитесь к *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*

14-2-2 Основная подготовка

1 Подготовка подключения к системе сбора отработанных газов.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX MeI и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

2 Подготовка к работе системы TRACERlab согласно инструкциям из соответствующей документации TRACERlab.

Если к панели для продукции подключен другой приемный блок, подробные инструкции см. в документации для этого приемного блока.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-2-3 Заполнение резервуара для $^{18}O_2$

Резервуар для $^{18}O_2$ заполняется из сосуда с $^{18}O_2$; одной заправки хватает более чем на 10 циклов производства.

В обычных условиях сосуд с $^{18}O_2$ должен быть закрыт, во избежание утечки дорогостоящего газа $^{18}O_2$.

ВНИМАНИЕ!

Запрещается помещать сосуд дьюара с жидким N_2 в подъемное устройство во время заполнения системы.

1 Для заполнения резервуара $^{18}O_2$ необходимо перевести поворотный переключатель на блоке управления в положение **LOCAL** (см. Раздел 5-4-4-1 Обзор блока управления на странице 71 для ознакомления с описанием блока управления).

2 Если систему впервые заполняют $^{18}O_2$, ИЛИ если трубки, ведущие к сосуду с газом, загрязнены чем-либо, кроме $^{18}O_2$, необходимо откачать трубки, нажав на кнопку **EVAC** (Откачка).

ВНИМАНИЕ!

Во время откачки баллон с $^{18}O_2$ должен быть закрыт, иначе баллон также будет опорожнен.

3 Откройте регулятор на сосуде с $^{18}O_2$.

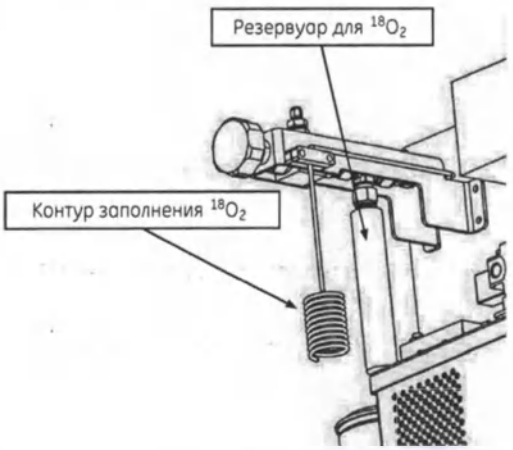
Обратите внимание!
Регулятор всегда должен быть установлен на максимум, равный 2 барам. Если задать более высокое значение, процедура заполнения не начнётся.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Залейте в сосуд дьюара жидкий N_2 (LN_2) и охладите контур пополнения кислородом.

ОСТОРОЖНО!

Не охлаждайте резервуар!



5 Нажмите выключатель **FILL** (Заполнение) на блоке управления (описание блока управления см. в Раздел 5-4-4-1 Обзор блока управления на странице 71).

Обратите внимание!
*Если первоначально манометр находился под разрежением, то, возможно, понадобится дважды нажать на кнопку **FILL** (Заполнение).*

6 По мере заполнения системы давление падает на пару минут. Когда контур заполнится, давление поднимется, чтобы сравняться с давлением в сосуде, и последовательность будет завершена.

7 Закройте регулятор на сосуде с $^{18}O_2$.

8 Установите поворотный переключатель на блоке управления в положение **REMOTE** (Дистанционно)

При необходимости можно следить за расширением O_2 с портативного пульта (ППСУ, PSS). Повышение давления отображается индикатором P1.

14-3 Производство $^{18}F_2$ из протонов

Обратите внимание!
Подождите не менее 30 минут, при нахождении мишени в режиме откачки, прежде чем начинать первый производственный цикл, а также между циклами, чтобы гарантировать, что в камере мишени достигнуто стабильное разрежение. См. Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

14-3-1 Запуск системы

За информацией обратитесь к Раздел 6-3 Запуск системы на странице 87. При запуске циклотрона выберите вариант **Start Up H**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-3-2 Проверка на утечку мишени и панели для $^{18}F_2$-протонов

Рекомендуется выполнять проверку на утечку мишени и панели $^{18}F_2$-протонов после техобслуживания и перед началом производства.

Дальнейшую информацию см. в Раздел 14-5 Техобслуживание, выполняемое с помощью централизованной системы управления на странице 198.

14-3-3 Выбор производственного процесса

Общие сведения см. в Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

Обратите внимание!
Сосуд с газом $^{18}O_2$ должен быть закрыт.

1 В меню **PETtrace** нажмите кнопку **Production** (Производство) и выберите пункт **18F2 proton-1** (18F2-протон-1).

Обратите внимание!
При запуске первого производственного цикла файл 18F2 proton-2 (18F2-протон, 2-й сеанс облучения) не работает.

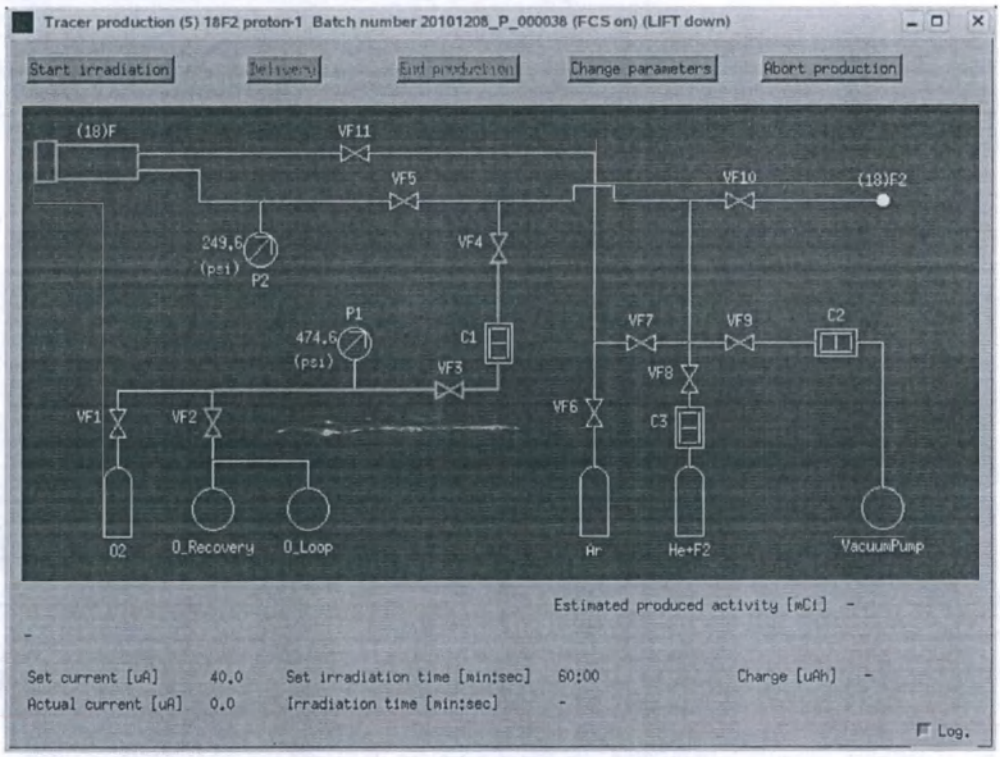
2 На экране появятся окна **Operator signature** (Ключ оператора) и **Media supply** (Подача реагентов).

3 Убедитесь, что все источники, перечисленные в окне **Media supply** (Подача реагентов), подключены и введите ключ и пароль. На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для **18F2 proton-1** (18F2-протон-1) (см. Рис. 14-2).

Обратите внимание!
Программа автоматически проверяет, что давление $^{18}O_2$ в резервуаре выше 27 бар. Если давление оказывается ниже 27 бар, следует дозаправить систему. См. Раздел 14-2-3 Заполнение резервуара для $^{18}O_2$ на странице 189.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 14-2: Окно производства препарата, заполнение мишени (кадр 1)



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

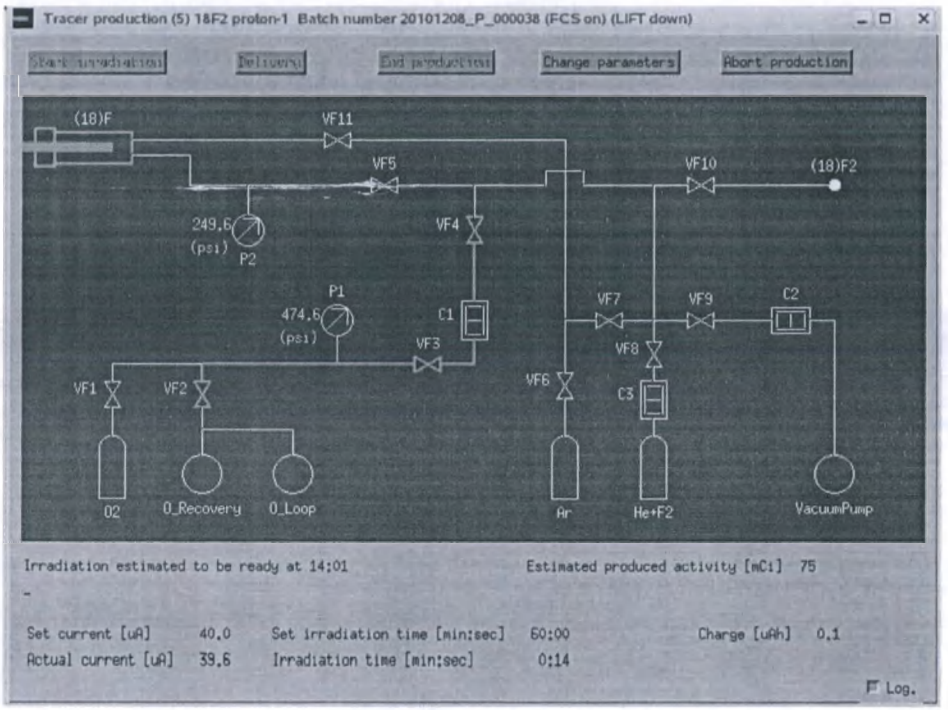
14-3-4 Запуск первого облучения (кадр 1)

Общие сведения см. в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

1 **Проверьте, чтобы мишень была изъята из предыдущего производства. Целевое давление P2 должно быть < -0,5 бар.**

2 Щёлкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок.

Рис. 14-3: Вид окна во время облучения (кадр 1)



14-3-5 Заполнение жидким N_2

За 15 минут до расчетного времени окончания сеанса облучения ЦСУ выводит на экран сообщение о необходимости заполнения LN2. См. Рис. 14-4.

Обратите внимание!
Не заливайте жидкий N_2 до появленяи на экране этого окна, поскольку уровень жидкого азота влияет на восстановление.

После этого подготовьте к работе систему восстановления на панели $^{18}F_2$-протон в горячей камере.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Если менее, чем за 24 Часа до открывания горячей камеры проводился второй производственный цикл, в ловушке с молекулярным ситом и в резервуаре для кислорода может оставаться активное вещество. Прежде чем входить в это помещение, обязательно измерьте уровень радиации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО!

Жидкий N_2 может вызывать обморожение. Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ).

1 Осторожно залейте в сосуд дьюара жидкий азот N_2 (LN2) из сосуда с LN_2 (ответственность заказчиков) до метки. Операцию производите вне горячей камеры.

2 Откройте горячую камеру и осторожно поместите сосуд дьюара в подъемник на панели $^{18}F_2$-протон.

3 Закройте горячую камеру. Система восстановления готова к работе.

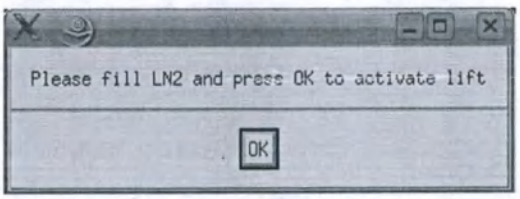
4 Нажмите **OK**.

Обратите внимание!
*Если нажать **OK** при отсутствии жидкого N_2 в сосуде а, производственный цикл может быть прерван, а $^{18}O_2$ восстановлен из меню **Maintenance** (Техобслуживание). См. Раздел 14-5-4 Восстановление кислорода на странице 200.*

ОСТОРОЖНО! Опасность защемления

После нажатия кнопки **OK** подъёмник начинает двигаться вверх. Риск защемления.

Рис. 14-4: Сообщение о заполнении LN_2



5 Включается кнопка **End production** (Завершить производство).

14-3-6 Остановка первого облучения

1 Для прекращения первого облучения нажмите кнопку **End production** (Завершить производство); производственный цикл можно завершить до истечения времени.

2 При нажатии кнопки **End production** (Завершить производство) открывается клапан V5 (клапаны V2, V3 и V4 уже открыты), и газ $^{18}O_2$ под действием охлаждения возвращается обратно в резервуар.

14-3-7 Завершение первого цикла производства и отчет о произведенной продукции

См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-3-8 Запуск второго облучения (кадр 2)

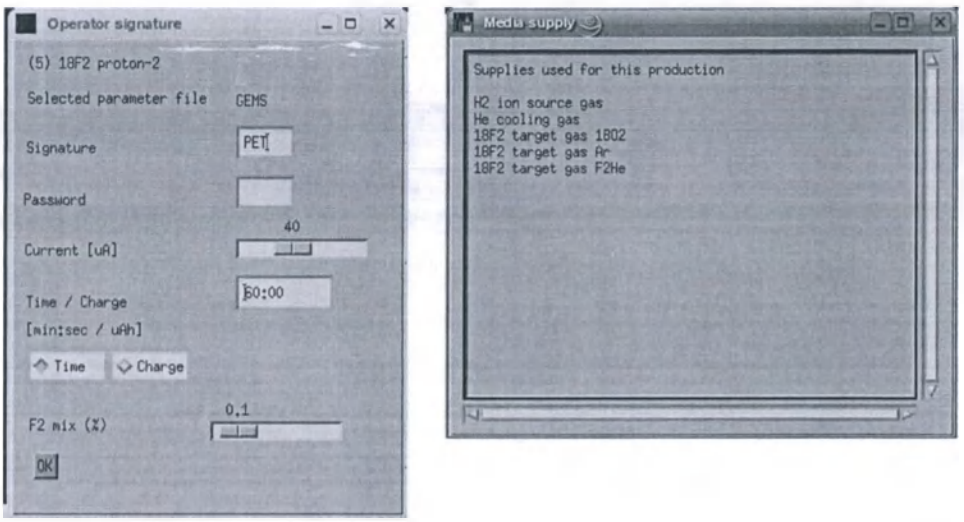
Обратите внимание!
Для получения общих сведений о том, как выбрать производственный процесс и начать облучение, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94 и Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

Запуск второго облучения (2-й кадр) должен выполняться при следующих условиях:

1 В меню **PETtrace** нажмите кнопку **Production** (Производство) и выберите **18F2 proton-2** (18F2-протон-2).

2 На экране появятся окна **Operator signature** (Ключ оператора) и **Media supply** (Подача реагентов). См. Рис. 14-5.

Рис. 14-5: Окна ключа оператора и источников реагентов (кадр 2)



Теперь имеется возможность изменить пропорции смеси газов F_2. Оператор имеет возможность выбрать количество холодного F_2, используемого во втором кадре для вымывания радиоактивного фтора. Для получения высоких значений удельной радиоактивности следует использовать малое количество F_2 (порядка 0,1%). Для получения оптимального выхода используют более высокий уровень F_2 (обычно 1,5%). Соотношение между выходом и удельной радиоактивностью схематически показано на Рис. 14-6. Если газовая смесь F_2 должна быть 0%, на экран будет выведено сообщение. См. Рис. 14-7.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 14-6: Типичный вариант расхождения между выходом и специфической активностью в зависимости от % F_2 в мишени

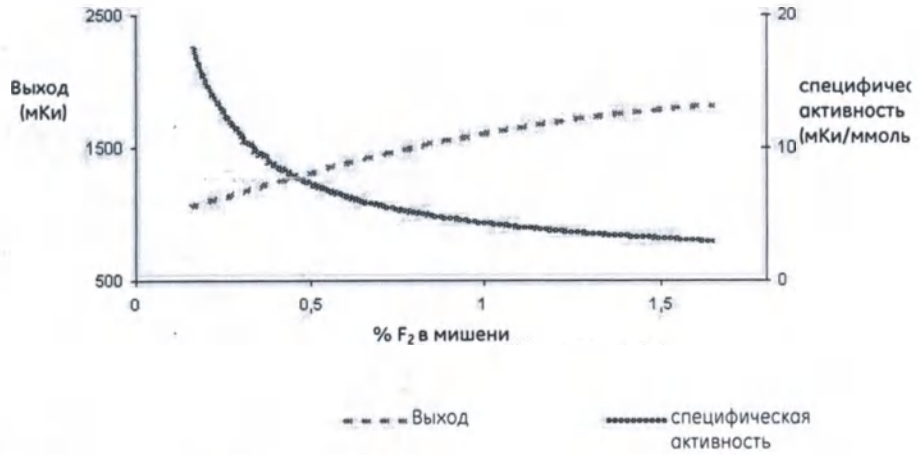
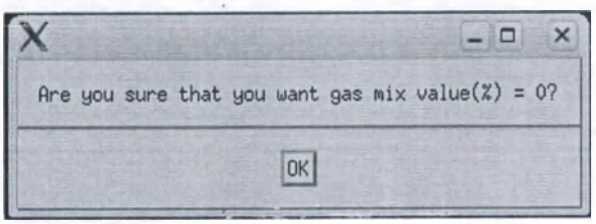


Рис. 14-7: Запрос на подтверждение содержания F_2 в газовой смеси



Время, необходимое для заполнения мишени смесью F_2, и точность достижения заданного значения коррелируются с давлением регулятора F_2. Чем выше давление регулятора, тем быстрее выполняется последовательность заполнения, а чем ниже давление регулятора, тем ниже граница погрешности.

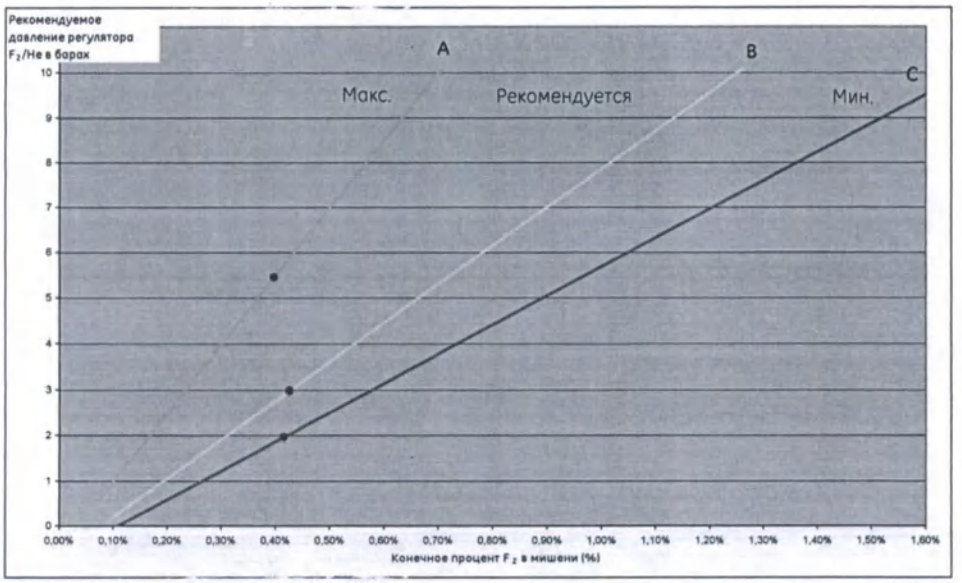
Баланс между точностью и временем заполнения показан на Рис. 14-8. Прямая В соответствует рекомендуемому давлению газа.

Данный график соответствует 3% смеси F_2/He, однако его легко пересчитать для любой смеси F_2/He. Новое процентное содержание получается, если разделить используемую газовую смесь на 3% и умножить на значение по оси x.

$$\% = \frac{6\%}{3\%} \times X$$

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 14-8: Корреляция между временем заполнения, точностью и давлением регулятора (рассчитано для 3% смеси F_2/He)



Пример (сосуд с 3% F_2/He)

0,4% F_2 газовая смесь в мишени при:

- рекомендованном давлении регулятора: 40 фунт/кв. дюйм

  требует примерно 6 минут и обеспечивает точность 95% (см. линию B на Рис. 14-8)

- рекомендованном мин. давлении регулятора: 23 фунт/кв. дюйм

  требует примерно 10 минут и обеспечивает точность 98% (см. линию C на Рис. 14-8)

- рекомендованном макс. давлении регулятора: 60 фунт/кв. дюйм

  требует примерно 3 минуты и обеспечивает точность 90% (см. линию A на Рис. 14-8)

3 Убедитесь, что подключены все источники, перечисленные в окне **Media supply** (Подача реагентов). См. Приложение B Подача материалов, где приводятся спецификации давления газов и жидкостей.

4 На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для **18F2 proton-2** (18F2-протон-2).

5 Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок. Более подробные сведения см. в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

6 В время облучения толстая линия внутри мишени указывает, что пучок включён. В нижней части окна **Tracer production** (Производство препарата) выводится предполагаемое время остановки облучения.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-3-9 Остановка облучения

1 Убедитесь, что приемный блок готов к работе.

2 Когда период облучения закончится или система произведет достаточное количество активного вещества, щелкните кнопку **Delivery** (Выгрузка продукта).

См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

3 При нажатии **Delivery** (Выгрузка продукта) происходит следующее.

- Клапаны V5 и V10 открываются для выгрузки продукта на выход. Если давление на манометре P2 не упадет ниже 1 бара в течение 15 минут, процесс выгрузки продукта будет прерван.
- Клапаны V6 и V11 открываются, что позволяет продуть мишень аргоном (Ar) в течение 60 секунд.
- Клапаны V6 и V11 закрыты. Из мишени откачивается Ar. Если давление на манометре P2 не упадет ниже 0,3 бар в течение 15 минут, процесс выгрузки продукта будет прерван.
- Клапаны V5 и V10 закрыты.

14-3-10 Завершение второго цикла производства и отчет о произведенной продукции

См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

14-4 Процедуры, выполняемые после производства фтора $^{18}F_2$

14-4-1 Откачка мишени системой (из окна Maintenance (Техобслуживание))

Выполните откачку мишени в течение 30 минут или более, прежде чем начинать следующий производственный цикл. Указания см. в Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

14-4-2 Общие процедуры, выполняемые после производства

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

14-5 Техобслуживание, выполняемое с помощью централизованной системы управления

Чтобы перейти в меню **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени), необходимо выполнить следующее.

1 Выберите пункт **Maintenance** (Техобслуживание).

2 Щелкните кнопку **Target** (Мишень) и выберите мишень.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Появится окно техобслуживания с графическим представлением выбранной мишени и соответствующих трубок и клапанов. См. Рис. 14-9.

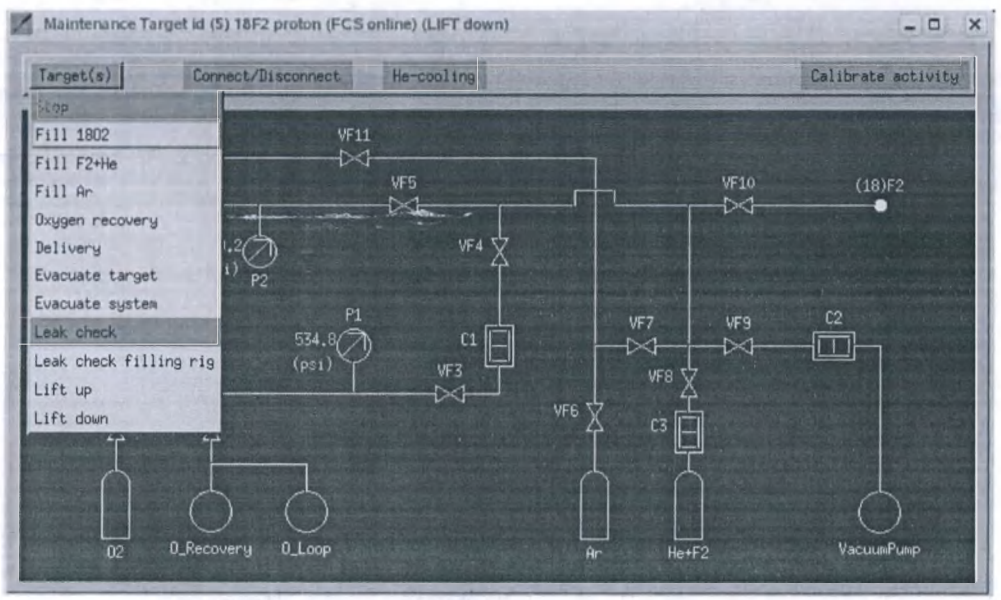
ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Газообразный F_2 ядовитый и едкий. Прежде чем открывать разъёмы, обязательно продуйте трубки газообразным аргоном или откачивайте содержимое системы до тех пор, пока давление на манометре P2 не опустится ниже 0,3 бар.

ВНИМАНИЕ!

Газ $^{18}O_2$ весьма недешев. Не оставляйте баллон открытым.

Рис. 14-9: Окно техобслуживания мишени для $^{18}F_2$-протон



14-5-1 Заполнение 18O2

Этот процесс обеспечивает заполнение мишени газом $^{18}O_2$ до достижения заданного давления заполнения. Прежде всего, P1 должно достигнуть 27 бар в течение 60 секунд, после чего P2 должно достигнуть 10 бар в течение 10-20 секунд. Если хотя бы одно из этих условий не выполнено, процесс будет прерван.

Обратите внимание!
Перед тем, как заполнять мишень газом $^{18}O_2$, убедитесь, что мишень или трубки мишени не содержат никакого загрязняющего газа. См. Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-5-2 Заполнение F2+He

Этот процесс обеспечивает заполнение мишени газовой смесью F_2 до достижения фиксированного давления заполнения P2. Фиксированное давление заполнения составляет 0,5 бар, что соответствует 0,15% F_2 при использовании смеси 3% F_2/He, и возрастает до 10 бар при использовании Ar.

Заполнение мишени производится методом последовательных приближений, что может занять несколько минут. Если в течение примерно 12 минут не удалось достичь расчетного давления, процесс будет прерван.

14-5-3 Заполнение аргоном (Ar)

Этот процесс обеспечивает заполнение мишени газообразным аргоном (Ar) до достижения заданного давления заполнения P2. Давление P2 должно повыситься до 10 бар в течение 180 секунд, в противном случае процесс будет прерван.

Обратите внимание!
Давление заполняющего Ar должно несколько превышать 10 бар.

14-5-4 Восстановление кислорода

Этот процесс позволяет опорожнить мишень в систему восстановления кислорода. Система должна быть заполнена жидким N_2 и подъемник должен быть в верхнем положении. Процесс автоматически останавливается по истечении заданного времени опорожнения при условии, что давлениеснизилось до заданной величины. На это требуется примерно 6 минут. Если не выполнены условия по давлению, сосуд с жидким N_2 пуст или подъемник опущен, процесс будет прерван.

14-5-5 Выгрузка продукта

Этот процесс позволяет опорожнить мишень в выход для продукта согласно приведённой ниже процедуре:

- Клапаны V5 и V10 открываются для выгрузки продукта на выход. Если давление на манометре P2 не упадет ниже 1 бара в течение 15 минут, процесс выгрузки продукта будет прерван.
- Клапаны V6 и V11 открываются, что позволяет продуть мишень аргоном (Ar) в течение 60 секунд.
- Клапаны V6 и V11 закрыты. Из мишени откачивается Ar. Если давление на манометре P2 не упадет ниже 0,3 бар в течение 15 минут, процесс выгрузки продукта будет прерван.
- Клапаны V5 и V10 закрыты.

14-5-6 Откачка мишени

Этот процесс позволяет выполнить откачку системы в мишень, что необходимо выполнять не менее чем за 30 минут до начала первого цикла производства. Для остановки процесса откачки выберите пункт меню **Stop** (Остановить).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

14-5-7 Откачка системы

Выполните, если в P1 присутствует загрязняющий газ. Происходит откачка системы в направлении мишени и клапана V2.

14-5-8 Проверка на утечку

Этот процесс позволяет проверить мишень на утечку при помощи нагнетания давления. Во время проверки на утечку (обычно в течение 15 секунд) давление в P2 не должно опускаться ниже заданной величины.

Дальнейшие указания см. в Раздел 6-4-3 Проверка мишени на утечку на странице 93.

14-5-9 Проверка контура заполнения на утечку

Этот процесс позволяет проверить контур заполнения на утечку нагнетанием давления. Во время проверки на утечку (обычно в течение 15 секунд) давление в P1 не должно опускаться ниже заданной величины.

14-5-10 Проверка движения подъемника вверх и вниз

Выполняется перемещение подъемника вверх и вниз.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

15 ПРОИЗВОДСТВО ^{68}GA (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В данной главе приводятся инструкции по выполнению производства на жидкостной мишени ^{68}Ga. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

15-1 Введение

^{68}Ga производится непосредственно на мишени путем бомбардировки [^{68}Zn] цинка нитрата в разведенной азотной кислоте. Требуется дальнейшая химическая обработка облученной среды.

15-2 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

Процедуры, которые выполняются перед запуском производства ^{68}Ga, включают приготовление среды мишеней, обогащенного изотопами раствора [^{68}Zn] цинка нитрата и раствора для промывки мишеней (разведенная азотная кислота).

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газообразные отходы

Системы вывода газообразных отходов и все емкости для отходов приемного блока (FASTlab, TRACERlab FX C Pro, TRACERlab FX Mel и т. п.) должны обязательно находиться в хорошо вентилируемом пространстве, например в горячей камере.

ОСТОРОЖНО! Долгоживущие побочные продукты

Долгоживущие побочные продукты, такие как ^{66}Ga ($t_{1/2}$ = 9,5 ч) и ^{67}Ga ($t_{1/2}$ = 3,3 дня), могут присутствовать в линиях, мишени или внутри бака циклотрона после разрыва фольги. Во избежание загрязнения у сотрудников требуется дополнительная обработка либо соблюдение мер предосторожности по оценке загрязнения.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

ОСТОРОЖНО! Адекватная вентиляция для радиоактивного газа

Убедитесь в том, что рабочее пространство хорошо вентилируется. Поскольку ^{13}N вырабатывается как в жидком, так и в газообразном состоянии во время стандартного производства ^{68}Ga, то существует значительный риск высвобождения газа ^{13}N в горячей камере.

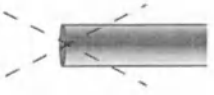
Обратите внимание!
При подготовке емкостей следует работать в хорошо вентилируемом помещении (с вытяжным шкафом или трубкой). Кроме того, поскольку следы металлов вступают в конкуренцию с галлием, критически важно работать в чистой среде.

1 Приготовление раствора среды мишеней см. Раздел 15-2-1 Приготовление раствора [^{68}Zn] цинка нитрата на странице 205.

2 Приготовление раствора для очистки мишеней см. Раздел 15-2-2 Приготовление раствора азотной кислоты на странице 208.

3 Для каждой из емкостей LTF соедините вентиляционный фильтр с вентиляционной иглой и вставьте иглу через перегородку в емкость.

Обратите внимание!
Чтобы сократить контакт между раствором кислоты и нержавеющей сталью, можно вставить линии ПЭЭК прямо в емкости. С помощью иглы калибра 14 проткните отверстие в перегородке, а затем просто протолкните линию ПЭЭК сквозь отверстие. Во избежание приклеивания ко дну емкости рекомендуется сделать два диагональных надреза на линии ПЭЭК.



4 В условиях горячей камеры подключите линию выгрузки жидкостной мишени ^{68}Ga к линии выгрузки мишени FASTlab.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Перед началом производственного цикла следует убедиться, что в емкостях для хранения среды мишеней устройства LTF достаточно жидкости для производства.

15-2-1 Приготовление раствора [^{68}Zn] цинка нитрата

В следующих разделах описан метод приготовления 1 М раствора [^{68}Zn] цинка нитрата в 0,2 М азотной кислоты (HNO_3) из обогащенного [^{68}Zn] цинка оксида.

15-2-1-1 Обязательные условия

Помимо стандартного лабораторного оборудования (например, шпатели, пипетки и СИЗ), требуются следующие химические вещества:

- Вода высокоочищенная или аналогичная (например, Sigma 1012620500).
- Азотная кислота (70%), > 99,999% на основе следов металлов, или ее аналогичная (например, Sigma 225711 – 475 мл).
- [^{68}Zn] цинка оксид (например, > 98% ^{68}Zn; < 0,5% ^{66}Zn; < 5 миллионных долей Fe, Isoflex).

15-2-1-2 Процедура

ВНИМАНИЕ! Тщательно следуйте этапам приготовления

Порядок добавления химических веществ важен не только для безопасности, но также для гарантии точности концентрации реагентов, таким образом снижается риск преципитации Zn.

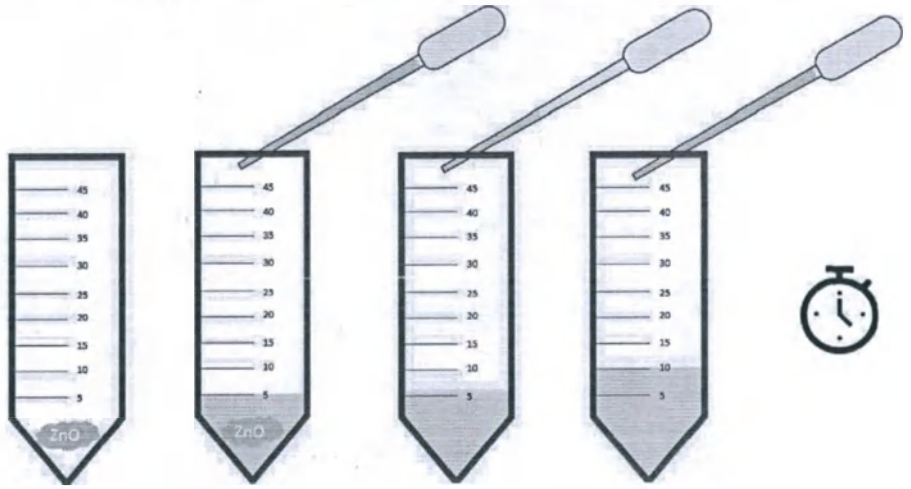
ВНИМАНИЕ!

См. протоколы по безопасности при работе с азотной кислотой и оксидом цинка, уделяя особое внимание требованиям к СИЗ. Также обратите внимание на требования к дополнительной вентиляции (например, вытяжной шкаф, трубка и т. п.) при обращении с концентрированной азотной кислотой.

Рис. 15-1 представляет собой схематический обзор процедуры приготовления 1,0 М раствора [^{68}Zn] цинка нитрата в 0,2 М азотной кислоты (HNO_3). Ниже эти этапы описаны подробнее.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

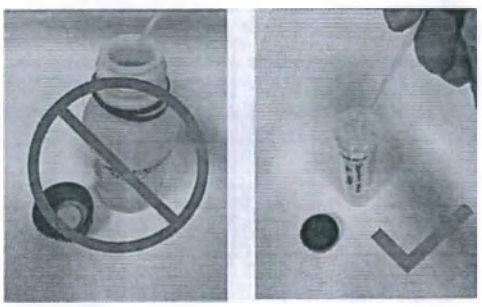
Рис. 15-1: Приготовление 1,0 М раствора [^{68}Zn] цинка нитрата в 0,2 М азотной кислоты (HNO_3)



Добавьте 820–830 мг [^{68}Zn]ZnO.	Добавьте примерно 5 мл H_2O.	Добавьте 2 × 0,5 мл и 1 × 0,4 мл 70-процентной HNO_3. Взбейте/перемешайте после каждого добавления.	Долейте в раствор воды до уровня 10 мл. Перемешайте.	Подождите 4 часа до начала использования.

Обратите внимание!
В процессе приготовления не набирайте пипеткой непосредственно из флаконов для хранения, поскольку присутствует риск загрязнения металлами. Вместо этого приготовьте один флакон объемом 50 мл, содержащий приблизительно 15 мл высокоочищенной воды, а также другой флакон объемом 50 мл, содержащий приблизительно 3 мл > 99,999% (на основе следов металлов) 70-процентной азотной кислоты.

На протяжении процедуры используйте одноразовые флаконы, шпатели и пипетки. После использования утилизируйте материалы согласно местным нормативам.



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Взвесьте 820–830 мг химической массы (т. е. 660–670 мг элементарной массы ^{68}Zn) обогащенного [^{68}Zn] цинка оксида (ZnO) во флаконе объемом 50 мл. В наборе для проверки соответствия имеется флакон с предварительно взвешенным ^{68}Zn в этом диапазоне.

2 Добавьте приблизительно 5 мл приготовленной воды во флакон с ZnO.

3 Медленно добавьте 0,50 ± 0,05 мл приготовленной 70-процентной азотной кислоты во флакон с ZnO и водой. Перемешайте раствор (по возможности круговыми движениями).

4 Медленно добавьте еще 0,50 ± 0,05 мл 70-процентной азотной кислоты (т. е. общее количество добавленной 70-процентной азотной кислоты = 1,0 мл). Перемешайте раствор (по возможности круговыми движениями).

5 Медленно добавьте еще 0,40 ± 0,05 мл 70-процентной азотной кислоты (т. е. общее количество добавленной 70-процентной азотной кислоты = 1,4 мл). Перемешайте раствор (по возможности круговыми движениями).

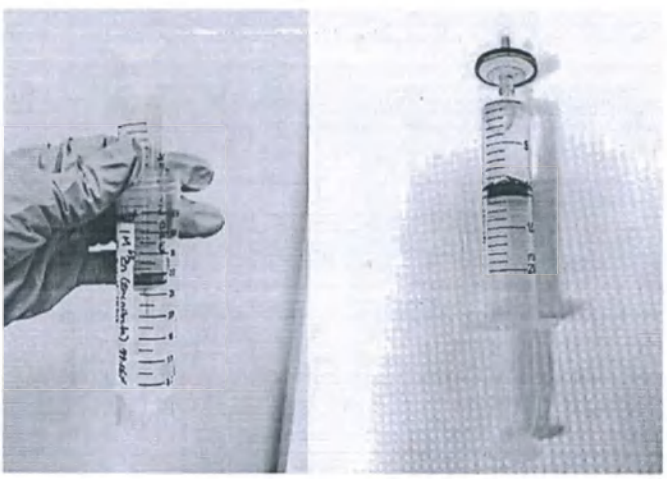
6 Добавьте воды (из приготовленного флакона) до уровня 10 мл. Аккуратно вращайте флакон. Перемешайте раствор (по возможности круговыми движениями).

7 Маркируйте раствор как 1 М раствор [^{68}Zn] цинка нитрата в 0,2 М HNO_3 и оставьте его как минимум на 4 часа перед использованием.

Обратите внимание!
Материал мишени должен быть приготовлен как минимум за 4 часа перед использованием.

8 Вставьте вентиляционную иглу с фильтром (0,8 мм × 10 мм) во флакон объемом 20 мл. Убедитесь в том, что игла проткнула перегородку.

9 Наберите раствор цинка в шприц объемом 20 мл, и добавьте его содержимое во флакон объемом 20 мл с помощью вентилируемого фильтра с отверстиями диаметром 0,22 мкм и иглы из нержавеющей стали размерами 0,8 мм × 25 мм. Продуйте фильтр воздухом, чтобы гарантировать максимальный перенос раствора.



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10 Промаркируйте флакон объемом 20 мл с указанием содержимого и даты и поместите его в левый держатель флаконов на устройстве LTF.

Описанную выше процедуру можно масштабировать и на большие объемы. Тем не менее не рекомендуется приготовление более 30 мл раствора [^{68}Zn] цинка нитрата за один раз.

Во избежание испарения жидкости приготовленные растворы не следует оставлять в вентилируемых флаконах на длительный период времени.

15-2-2 Приготовление раствора азотной кислоты

В отличие от большинства остальных мишеней, использующих воду для регулировки условий и промывки мишеней, жидкостная мишень ^{68}Ga использует чистящий раствор приблизительно 0,2 М азотной кислоты. В следующих разделах описан метод приготовления 0,2 М азотной кислоты (HNO_3) из 70-процентной азотной кислоты.

ВНИМАНИЕ!

Запрещается использовать азотную кислоту концентрацией выше 0,5 М на устройстве LTF ^{68}Ga.

15-2-2-1 Обязательные условия

Помимо стандартного лабораторного оборудования (например, шпатели, пипетки и СИЗ), требуются следующие химические вещества:

- Вода высокоочищенная или аналогичная (например, Sigma 1012620500).
- Азотная кислота (70%), > 99,999% на основе следов металлов, или ее аналогичная (например, Sigma 225711 – 475 мл).

15-2-2-2 Процедура

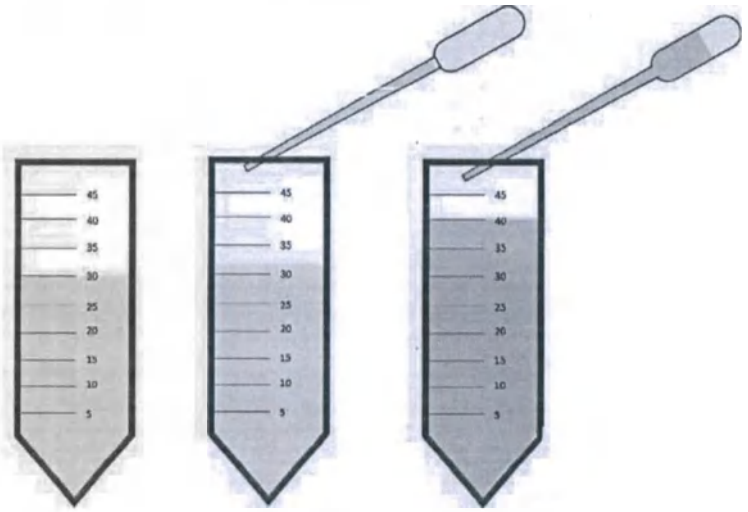
ВНИМАНИЕ!

См. протоколы по безопасности при работе с азотной кислотой и оксидом цинка, уделяя особое внимание требованиям к СИЗ. Также обратите внимание на требования к дополнительной вентиляции (например, вытяжной шкаф, трубка и т. п.) при обращении с концентрированной азотной кислотой.

Рис. 15-2 представляет собой схематический обзор процедуры приготовления 0,2 М азотной кислоты (HNO_3). Ниже эти этапы описаны подробнее.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 15-2: Приготовление 0,2 М азотной кислоты (HNO_3)



Налейте примерно 30 мл H_2O.

Добавьте 0,5 мл 70-процентной HNO_3. Перемешайте.

Добавьте воды до уровня 40 мл. Перемешайте.

1 Налейте приблизительно 30 мл высокоочищенной воды во флакон объемом 50 мл. Необходимо абсолютно точно отмерить объем.

2 С помощью одноразовой пипетки добавьте к воде 0,5 мл 70-процентной HNO_3.

3 Добавьте высокоочищенной воды до уровня 40 мл.

4 Маркируйте описанный выше раствор как 0,2 М HNO_3, в том числе указав дату и добавив соответствующие ярлыки о рисках и безопасности.

5 Поместите флакон в правый держатель флаконов на устройстве LTF.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

15-3 Производство

15-3-1 СТП изотопа ^{68}Ga

Таблица 15-1: СТП изотопа ^{68}Ga

Этап	Действие	Реагент мишени	Типичное время (мин)	Максимальная сила тока пучка (мкА) на мишень
1	Производство основного изотопа	1 М раствор [^{68}Zn] цинка нитрата в разведенной азотной кислоте	60	40
2	Выгрузка ^{68}Ga	1 М раствор [^{68}Zn] цинка нитрата в разведенной азотной кислоте	3–5	-
3	Промывка мишени	Разведенная азотная кислота	3	-
4	Просушивание мишени	Не	15	-

15-3-2 Производство в мишени ^{68}Ga

^{68}Ga производится непосредственно на мишени путем бомбардировки [^{68}Zn] цинка нитрата в разведенной азотной кислоте. Затем продукт очищается путем химической сепарации с помощью подходящей химической системы, например платформы FASTlab Developer.

Подробные сведения о главных этапах см. в Раздел 6-4 Производство на странице 89.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Произведите все необходимые приготовления, см. Раздел 15-2 Подготовка на странице 203.

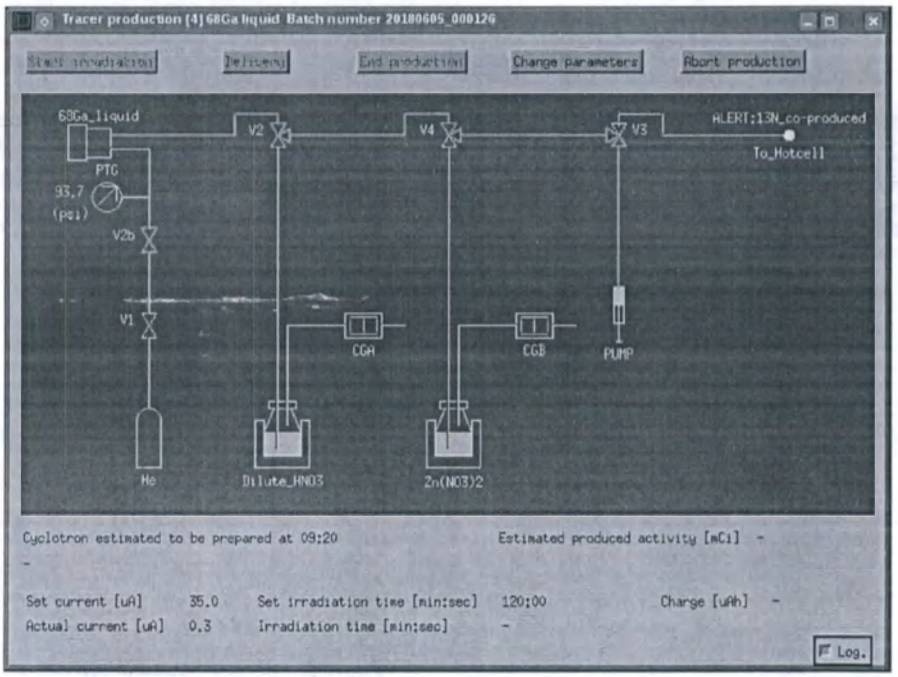
2 **Выбор производственного процесса**

a Выберите жидкостную мишень ^{68}Ga в меню **Production** (Производство), после чего введите ключ и пароль, см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

b На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для **68Ga**.

Обратите внимание!
Во время заливки мишени целевое давление должно слегка превышать 95 фунт/кв. дюйм. Увеличение давления свидетельствует о том, что мишень залита.

Рис. 15-3: Окно производства препарата для жидкостных мишеней ^{68}Ga



3 **Запуск облучения**

Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения), чтобы включить пучок. Более подробные сведения см. в Раздел 6-4-5 Запуск облучения на странице 97.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 **Выгрузка ^{68}Ga**
См. Раздел 6-4-6 Останов облучения с помощью кнопок Delivery (Выгрузка продукта) или End production (Завершить производство) на странице 99.

ОСТОРОЖНО! Дверца горячей камеры

Убедитесь в том, что во время выгрузки дверца горячей камеры закрыта должным образом. По умолчанию дверца горячей камеры не имеет механизма блокировки, который бы автоматически контролировал ее закрытие.

При наличии доступного соединения можно установить блокировку через клиентский интерфейсный блок (CIB). Для получения дополнительных сведений см. *PETtrace 800 series Site Planning Guide (доп. 2102960-100).*

5 **Завершение процесса**
См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

15-3-3 Неполная выгрузка или неполная активность

В случае возникновения проблем с опорожнением мишени, выявленных в связи с получением только частичной ожидаемой активности, рекомендовано или повторить этап Empty (Опорожнение), или выбрать Dry (Просушить) мишень, а затем – Stop Dry (Остановить просушивание), когда активность достигнет горячей камеры / FASTlab. Проблемы с опорожнением могут возникать, если концентрация азотной кислоты в растворе мишени недостаточно высокая, что, в свою очередь, может привести к незначительной преципитации цинка. Если такое происходит, то, как только мишень ^{68}Ga будет обработана, рекомендуется промыть мишень разведенной азотной кислотой, пока время загрузки не вернется к нормальным результатам согласно настройке для данного центра. Также оцените потенциальную причину снижения концентрации азотной кислоты относительно ожидаемого уровня. Возможные причины включают, в числе прочего:

- Емкость оставлена на устройстве LTF на продолжительный период времени (что приводит к незначительному испарению через вентиляционную иглу). (Более характерно для самоэкранирующих циклотронов.)
- Облучение ^{68}Zn свыше 90 минут (что приводит к потреблению азотной кислоты выше ожидаемого).
- Свежеприготовленный раствор мишени ^{68}Zn не был оставлен как минимум на 4 часа перед использованием.
- Раствор мишени ^{68}Zn не был отфильтрован перед тем, как его поместили в устройство LTF.
- Неправильный порядок добавления химических веществ при приготовлении раствора мишени ^{68}Zn.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

15-3-4 Разрыв фольги во время излучения

Если происходит разрыв комбинированной Havar-ниобиевой фольги во время излучения, то дизайн мишени предусматривает наличие буферного объема в сетке мишени, содержащего разведенную кислоту мишени. Этот буферный объем имеет намеренную связь с вакуумом. В результате самый ожидаемый режим неполадки в мишени можно подтвердить тем, что большое количество раствора мишени остается внутри нее, но при этом невозможно поддерживать адекватный вакуум в циклотроне с открытым клапаном для выхода пучка. Также может наблюдаться незначительное смещение силы тока (например, на 1–2 мкА) при отсутствии пучка. При таком сценарии рекомендуемые этапы включают следующее:

1 Загрузите раствор мишени в контейнер для отходов в условиях горячей камеры с должным экранированием и вентиляцией.

2 «Отключите» мишень в программном обеспечении.

3 Перед тем как войти в хранилище, выжидайте в течение достаточного периода времени для распада, а затем удалите мишень для технического обслуживания.

На сегодняшний день разрывов фольги биодеструктора ни разу не наблюдалось во время облучения. Однако, если есть подозрение, что это произошло, рекомендуется выполнить следующие шаги: загрузите весь оставшийся раствор мишени в емкость в условиях горячей камеры с должным экранированием и вентиляцией (отсутствие раствора подтвердит подозрение на разрыв фольги биодеструктора), «отключите» мишень в программном обеспечении и, наконец (перед тем как войти в хранилище, выжидайте в течение достаточного периода времени для распада), удалите мишень для технического обслуживания. Также рекомендовано откачать воздух из бака для восстановления вакуума. Можно возобновить использование и других мишеней (т. е. не Ga), но в течение недели, когда это является безопасным согласно принципу ALARA, рекомендуется открыть и осмотреть бак. Проведите осмотр на предмет любых признаков белого преципитата, особенно возле разъема для мишени. Смойте весь преципитат с помощью умеренно смоченной водой безворсовой салфетки, а затем протрите изопропиловым спиртом.

ОСТОРОЖНО! Долгоживущие побочные продукты

Долгоживущие побочные продукты, такие как ^{66}Ga ($t_{1/2}$ = 9,5 ч) и ^{67}Ga ($t_{1/2}$ = 3,3 дня), могут присутствовать в линиях, мишени или внутри бака циклотрона после разрыва фольги. Во избежание загрязнения у сотрудников требуется дополнительная обработка либо соблюдение мер предосторожности по оценке загрязнения.

15-4 Операции, выполняемые после производственного цикла

15-4-1 Чистка мишени

Для чистки мишени после производства ^{68}Ga выполните облучение разведенной азотной кислоты в течение как минимум 10 минут (см. Раздел 15-2-2 Приготовление раствора азотной кислоты на странице 208). Высушите мишень, если она не будет повторно использоваться в тот же день.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

15-4-2 Просушивание мишени

Высушивание производится немедленно после завершения цикла чистки или хотя бы по окончании дневного производства. Процедура высушивания выполняется для увеличения периода между сервисным обслуживанием.

- В окне **Maintenance Target** (Техбслуживание мишени) щелкните кнопку **Target(s)** (Мишень(и)) и выберите пункт **Dry target** (Просушить мишень).

15-4-3 Общие процедуры, выполняемые по окончании производственного процесса циклотрона

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

16 ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В ТВЕРДЫХ МИШЕНЯХ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

В этой главе описывается процедура производства металлических и галогенных радиоактивных изотопов в твердых мишенях.

Дополнительную информацию по обработке радиоактивных изотопов см. в документации оператора, которая предоставляется заводом-изготовителем системы обработки твердых мишеней.

16-1 Введение

Циклотрон PETtrace 800 можно использовать для производства металлических и галогенных радиоактивных изотопов в твердых мишенях. В данной инструкции содержится информация о том, как облучать мишень. Перед прочтением этой главы необходимо ознакомиться с Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

Параметры конфигурации см. в *PETtrace 800 series Service Manual – Maintenance (дир. 2169049-100).*

16-2 Подготовка

Предполагается, что система установлена правильно и запущена уполномоченным персоналом.

Убедитесь, что мишень подготовлена и загружена в соответствии с рабочими инструкциями для твердой мишени.

16-3 Производство

Подробные сведения о главных этапах см. в Раздел 6-4 Производство на странице 89.

1 В меню **PETtrace** нажмите кнопку **Production** (Производство) и выберите мишень **Solid** (Твердая), см. Раздел 6-4-4 Выбор производственного процесса на странице 94.

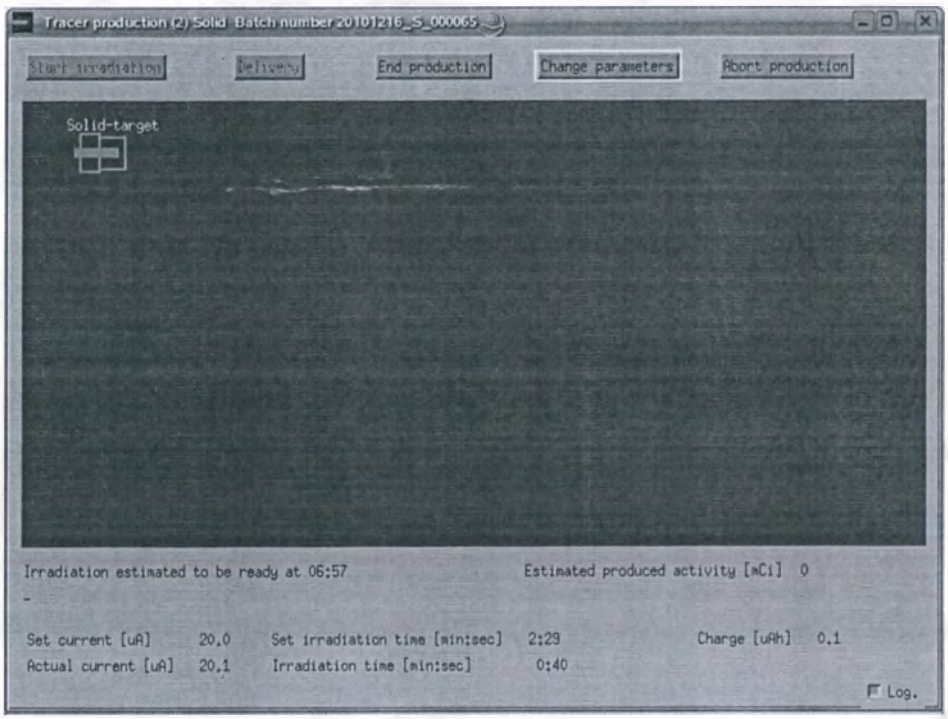
2 Введите значение силы тока пучка и время облучения в окне **Operator signature** (Ключ оператора).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Введите свой ключ и пароль и нажмите **OK**.

На экране появится окно **Tracer production** (Производство препарата) для твердой мишени.

Рис. 16-1: Окно производства препарата для твердой мишени



4 Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения).

5 Когда время облучения истечет, нажмите **End production** (Завершение производства).

Дальнейшая обработка нуклидов, созданных в мишени, должна выполняться в системе обработки твердых мишеней.

16-4 Операции, выполняемые после производственного цикла

Описание общих процедур, выполняемых после производства, см. в Раздел 6-5 Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла на странице 105.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17 ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

17-1 Введение

Для обеспечения безопасной и надежной работы циклотрона необходимо через определенные интервалы времени проводить его периодическое техобслуживание.

Периодическое техобслуживание системы PETtrace 800 состоит из следующих частей:

1 Выполняемое оператором техобслуживание

(от Раздел 17-4 График выполняемого оператором техобслуживания на странице 219 до Раздел 17-14 Обновление базы данных системы (при замене расходных материалов) на странице 326)

2 Плановое техническое обслуживание, выполняемое квалифицированными обслуживающим персоналом

(Раздел 17-15 График планового техобслуживания на странице 327)

В настоящей главе приводится график и инструкции по выполняемому оператором техобслуживанию. Кроме того, здесь представлен график планового техобслуживания, выполняемого квалифицированным обслуживающим персоналом.

ОСТОРОЖНО! Факторы риска

Изучите информацию по технике безопасности в Глава 3 Охрана труда и техника безопасности, прежде чем приступать к техобслуживанию системы циклотрона.

Обратите внимание!
Приобретенная вами система может содержать не все подсистемы, упомянутые в этой главе.

В редких случаях может потребоваться полное отключение системы, см. Приложение D Включение/выключение системы.

17-2 Информация по безопасности

- Данная система должна обслуживаться только опытным персоналом, прошедшим соответствующее обучение.

  Информация по доступному обучению GE Healthcare приводится на сайте www.tracercenteracademy.com.

- Не пытайтесь выполнять обслуживание системы не прочитав и не поняв все соответствующие руководства.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- Система должна обслуживаться в строгом соответствии с предосторожностями, предупреждениями и инструкциями, содержащимися в данном руководстве и в любой другой документации, относящейся к системе. В противном случае возможны травмы вследствие поражения электрическим током, механического воздействия или прочими опасностями.
- Не пытайтесь обслуживать систему не приняв требуемых мер безопасности (например, блокировка или предупреждающие таблички) по блокировке любых источников энергии, которые могут представлять возможный риск для безопасности
- Чтение только этого руководства не дает вам права на обслуживание системы.

17-2-1 Оценка риска (RA)

Прочтите все применимые оценки рисков, прежде чем начать любые мероприятия по обслуживанию системы. См. Приложение C Оценка риска (RA).

17-3 Запасные части и расходные материалы

За номерами запасных частей обращайтесь к запасным частям, перечисленным для каждой подсистемы в *PETtrace 800 series Spare Parts Catalog (дир. 2380002-100)*.

Чтобы получить список расходных материалов, обратитесь к местному представителю сервисной службы компании GE Healthcare, и см. DOC1731876 (внутренний документ компании GE).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-4 График выполняемого оператором техобслуживания

Операции техобслуживания, выполнение которые возлагается на пользователя, перечислены в Таблица 17-1. Ведите запись значений всех измеряемых параметров; это позволит выявить тенденции.

Таблица 17-1: Выполняемое оператором техобслуживание системы PETtrace 800 – ускоритель

Ускоритель	Рекомендуемый интервал	Процедура
Система источника ионов		
Давление газообразного водорода	1 неделя	Проверьте давление в газовом баллоне с водородом. Замените баллон, если давление опустится ниже 0,3 МПа (45 фунт/кв. дюйм), и обновите базу данных при помощи меню **Supplies** (Ресурсы).
Давление газообразного дейтерия	1 неделя	Проверьте давление в газовом баллоне с дейтерием. Замените баллон, если давление опустится ниже 0,3 МПа (45 фунт/кв. дюйм), и обновите базу данных при помощи меню **Supplies** (Ресурсы).
Срок эксплуатации катода H^-	1 месяц	Проверьте продолжительность эксплуатации в централизованной системе управления в окне **Maintenance – Statistics** (Техобслуживания – Статистика) (см. Раздел 17-15 График планового техобслуживания на странице 327).
Срок эксплуатации катода D^-	1 месяц	Проверьте продолжительность эксплуатации в централизованной системе управления в окне **Maintenance – Statistics** (Техобслуживания – Статистика) (см. Раздел 17-15 График планового техобслуживания на странице 327).
Система экстракции		
Извлекаемая фольга	1 неделя	Проверьте количество единиц использованной фольги в централизованной системе управления в окне **Maintenance – Statistics** (Техобслуживания – Статистика). Если текущее значение фольги составляет 5 или 6, или если необходимо заменить фольгу, позвоните в сервисную службу компании GE.
Вакуумная система		
Уровень вакуума	1 неделя	Проверьте уровень вакуума в вакуумной камере при помощи VCU (в отсутствие потока газа, служащего источником ионов). См. Глава 4 Средства управления и отображения информации. Если давление выходит за допустимые пределы, обращайтесь в сервисную службу компании GE.
Поддерживающее давление (в форвакуумной камере)	1 неделя	Снимите показания поддерживающего давления без потока газа, служащего источником ионов. Если давление выходит за допустимые пределы, обращайтесь в сервисную службу компании GE.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ускоритель	Рекомендуемый интервал	Процедура
Система мишеней		
Мишень $^{11}CO_2$	10 000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-7-1 Техобслуживание стандартной мишени для $^{11}CO_2$ и мишени для ^{15}O на странице 303.
Мишень $^{11}CO_2$ HP	5000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-7-2 Техобслуживание мишени для $^{11}CO_2$ HP (высокого давления) на странице 307.
Мишень $^{11}CH_4$	-	*Никакое техобслуживание не рекомендуется.* См. Раздел 17-12-7-3 Техобслуживание мишени для $^{11}CH_4$ на странице 310.
	20 000 мкАч	Замените устройство для очистки азота. *Как можно меньше подвергайте воздействию воздуха.* См. Раздел 17-12-7-3 Техобслуживание мишени для $^{11}CH_4$ на странице 310.
Мишень ^{15}O	10 000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-7-1 Техобслуживание стандартной мишени для $^{11}CO_2$ и мишени для ^{15}O на странице 303.
Мишень $^{18}F_2$-дейтрон	10 000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-7-1 Техобслуживание стандартной мишени для $^{11}CO_2$ и мишени для ^{15}O на странице 303.
	20 000 мкАч	Замените ловушку с натронной известью. См. Раздел 17-9 Замена ловушки с натронной известью на странице 240.
Мишень $^{18}F_2$-протон	20 000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-7-5 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-протон на странице 317.
	20 000 мкАч	Замените натронную известь и фильтр. Обратитесь к *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*
	Ежегодно или при необходимости	Очистите панель для $^{18}F_2$-протон. См. Раздел 17-10 Очистка протонной панели для $^{18}F_2$ на странице 241.
	По необходимости	Замените предохранитель в блоке управления. См. Раздел 17-11 Замена предохранителя в блоке управления протонной установкой $^{18}F_2$ на странице 242.
	2 месяца	Проверьте работу датчиков давления. См. Раздел 14-2-1-1 Рабочие испытания датчика давления (каждые 2 месяца) на странице 188.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ускоритель	Рекомендуемый интервал	Процедура
Мишень ^{13}N	5000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-6-1 Техобслуживание мишеней ^{13}N на странице 251.
	5000 мкАч	Произведите очистку мишени. См. Раздел 17-12-6-1 Техобслуживание мишеней ^{13}N на странице 251.
	5000 мкА/ч или при значительном продлении подачи воды для мишени	Замените фильтр мишени. См. Раздел 17-13 Замена фильтра мишени (только для жидкостных мишеней) на странице 325.
Мишень $^{13}NH_3$	5000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-6-2 Техобслуживание мишени $^{13}NH_3$ на странице 255.
	5000 мкАч	Произведите очистку мишени. См. Раздел 17-12-6-2 Техобслуживание мишени $^{13}NH_3$ на странице 255.
Мишень $^{18}F^-$ Nb 25	Мин. 10 000 мкА/ч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-6-3 Техобслуживание мишени $^{18}F^-$ Nb 25 на странице 265.
	Мин. 10 000 мкА/ч	Произведите очистку мишени. См. Раздел 17-12-6-3 Техобслуживание мишени $^{18}F^-$ Nb 25 на странице 265.
	Мин. 10 000 мкА/ч или при значительном продлении подачи воды для мишени	При необходимости замените фильтр мишени. См. Раздел 17-13 Замена фильтра мишени (только для жидкостных мишеней) на странице 325. ***Обратите внимание!*** *Для мишени $^{18}F^-$ Nb 25 замену фильтра можно не производить.*
Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27	15 000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-6-4 Техобслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 на странице 275 или Раздел 17-12-6-5 Техническое обслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 (без переднего фланца охлаждения) на странице 288.
	6 месяцев	Замена шланга рециркуляции воды. См. Раздел Замена шланга рециркуляции воды (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27) на странице 287.
Жидкостная мишень ^{68}Ga	5000 мкАч	Замените фольгу. См. Раздел 17-12-6-6 Техническое обслуживание жидкостной мишени ^{68}Ga на странице 298.
	5000 мкАч	Произведите очистку мишени. См. Раздел 17-12-6-6 Техническое обслуживание жидкостной мишени ^{68}Ga на странице 298.
Устройство для заливки жидкостных мишеней (LTF)		

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ускоритель	Рекомендуемый интервал	Процедура
Устройство для заливки жидкостных мишеней (LTF)	В зависимости от условий эксплуатации, размера баллона и количества производственных циклов	Проверьте уровень воды в баллонах. При необходимости замените баллоны. См. Раздел 17-8 Замена емкостей и трубок LTF на странице 228.
Гелиевая система охлаждения		
Продувка гелиевой системы охлаждения	1 неделя	**Рекомендация:** через централизованную систему управления (**Target – Maintenance**) (Мишень – Техобслуживание) выполните троекратную (для каждой мишени) продувку гелиевой системы охлаждения.
Система водяного охлаждения		
Сигнализация	1 неделя	Проверьте, нет ли сработавших сигналов тревоги на панели оператора у блока вторичного охлаждения. Если на экране присутствует сигнал тревоги **ALARM** (ТРЕВОГА), нажмите кнопку **ALARM** (ТРЕВОГА), чтобы просмотреть сработавшие сигналы. Обратитесь в сервисную службу GE или к другим уполномоченным сервисным специалистам. После устранения причины сигнала тревоги сигнализацию можно сбросить путем нажатия **RESET** (СБРОС). Список сигналов тревоги см. в *PETtrace 800 series Water Cooling System 9594 Installation & Maintenance Manual (дир. 5197670-100).*
Утечки	1 неделя	Убедитесь в отсутствии разлитой воды вблизи оборудования в помещении циклотрона и в аппаратной. Тщательно проверьте зону вокруг блока вторичного охлаждения на наличие утечек.
Шумы	1 месяц	Прислушайтесь, не раздаются ли необычные шумы во время работы вторичной системы охлаждения.

Таблица 17-2: Выполняемое оператором техобслуживание системы PETtrace 800 – Радиохимическая система

Радиохимическая система	Рекомендуемый интервал	Процедура
Расходные реагенты		
Начальное давление газа	1 неделя	Проверьте первоначальное давление во всех газовых баллонах. См. в Приложение B Подача материалов. Давление в баллоне должно превышать рабочее давление не менее чем на 0,2 МПа (29 фунт/кв. дюйм). Кроме того, согласуйте с поставщиком газа величину минимально допустимого давления. При необходимости замените баллоны и обновите базу данных при помощи меню **Supplies** (Ресурсы).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Радиохимическая система	Рекомендуемый интервал	Процедура
Вторичное давление газа	1 неделя	Проверьте и запишите вторичное давление во всех газовых баллонах. См. в Приложение B Подача материалов.
Замена расходных материалов	–	Проверьте, не требуется ли замена поставляемых расходных материалов. Использование газов, жидкостей и других расходных материалов регистрируется в базе данных системы. При любой замене источника газа, жидкости или другого расходного материала необходимо обновить базу данных. См. Раздел 17-14 Обновление базы данных системы (при замене расходных материалов) на странице 326.
Химико-технологический комплекс в стандартной комплектации		
Панель для обработки для ^{11}C		
Сорбент Ascarite	1 месяц / 50 циклов	Проверьте цвет колонок CC2A и CC3B. Если они полностью белые, замените абсорбер Ascarite. См. в Раздел 17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 227.
Молекулярное сито	300 циклов	Замените в термостате OC1A. См. Раздел 17-6 Замена молекулярного сита в термостате OC1A (установки для производства ^{11}C) на странице 226.
Сорбент Sicapent	1 месяц / 50 циклов	Проверьте цвет наполнителя в колонке CC3A. Если все красное, замените абсорбер Sicapent. См. Раздел 17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 227.
Платиновый катализатор	1 год	Замените в термостате OC3B. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Никелевый катализатор	6 месяцев	Замените катализатор в термостате OC3A. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Активированный уголь	20 циклов	Заменить в термостате OC2A. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Панель для обработки ^{15}O		
Сорбент Ascarite	1 месяц / 50 циклов	Проверьте цвет наполнителя в колонках CO1A, CO3A и CO5A. Если все белое, замените абсорбер Ascarite. См. Раздел 17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 227.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Радиохимическая система	Рекомендуемый интервал	Процедура
Активированный уголь	50 циклов	Замените в колонках CO1B и CO5A. См. Раздел 17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 227.
Уголь	50 циклов / 6 ч непрерывной работы	Замените в термостате OO2A. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Уголь	20 циклов / 2 ч непрерывной работы	Замените в термостате OO3A. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Оксид меди	50 циклов / 6 ч непрерывной работы	Замените в термостате OO2B. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.
Платиновый катализатор	1 год	Замените в термостатах OO4A и OO5A. См. Раздел 17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O) на странице 224.

17-5 Замена реагентов в термостатах со стеклянными трубками (установки для производства ^{11}C и ^{15}O)

При замене никеля, платины, угля и оксида меди следуйте этим инструкциям. Инструкции относятся к термостатам OC2A, OC3A, OC3B, OO2A, OO2B, OO3A, OO4A и OO5A.

ОСТОРОЖНО! Горячая поверхность

ОСТОРОЖНО! Радиация

При работе в потенциально радиоактивной области:

- Всегда носите с собой личный дозиметр с функцией акустического сигнала тревоги при превышении дозы, чтобы обеспечить работу в безопасных условиях с приемлемым радиационным фоном.
- Надевайте перчатки, очки и лабораторный халат. Если в помещении может находиться открытый радиоактивный источник, используйте детектор бета-частиц и проводите регулярные проверки на наличие загрязнений. В случае загрязнения снимите загрязненный халат и перчатки и проверьте кожу на предмет загрязнения. Придерживайтесь местным процедурам и немедленно обратитесь к местному специалисту по вопросам радиационной безопасности и в компанию GE Healthcare в течение 24 часов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-5-1 Выключение термостата

1 В ЦСУ проверьте в окне **Status** (Состояние), что термостат холодный *Cold* (Не разогрет).

2 Проверьте, что через термостат не проходит никакой газ (поток **FC** или **FO** = 0 мл/мин).

3 Дайте термостату остыть до комнатной температуры.

17-5-2 Заполнение стеклянной трубки

Обратите внимание!
Все реагенты, за исключением Pt, необходимо высушить в термостате, прежде чем помещать в стеклянную трубку.

1 Наполните новую стеклянную трубку с одного конца стекловатой (SiO_2) хотя бы на 1 см.

2 Заполнение реагентом:

a Ni, C и CuO:

Заполните стеклянную трубку 6–8 см реагента.

b Pt:

Скатайте шарик диаметром около 1 см из платиновой проволоки толщиной 0,127 мм.

Используйте 330 см для термостатов OO4A и OO5A и 670 см для термостата OC3B.

3 С другого конца стеклянной трубки поместите слой стекловаты толщиной не менее 1 см.

17-5-3 Замена стеклянной трубки

1 Откройте отсек для обработки и проверьте при помощи дозиметра, что радиоактивность отсутствует.

2 Ослабьте два быстроразъемных ручки на корпусе термостата и снимите скобы.

3 На верхнем соединении ослабьте гайку, расположенную ближе всего к термостату (вручную или при помощи двух гаечных ключей). Убедитесь, что нижнее соединение не поворачивается.

4 Осторожно снимите верхнее соединение со стеклянной трубки.

5 Ослабьте нижнее соединение.

6 Осторожно извлеките стеклянную трубку из термостата (должно ощущаться некоторое сопротивление).

7 Очень осторожно вставьте в термостат новую заполненную стеклянную трубку, опустив ее до фланца.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8 Установите вручную нижнее и верхнее соединения.

9 Установите скобы и затяните чёрные быстроразъемные ручки.

10 Проведите проверку на предмет утечки путем создания давления в системе с помощью измерителя потока в качестве индикатора утечки. При герметичности системы показания измерителя должны составить 0 мл/мин.

17-6 Замена молекулярного сита в термостате OC1A (установки для производства ^{11}C)

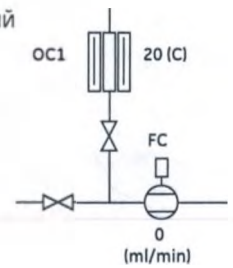
При заменемолекулярного сита в термостате OC1A (ловушке для CO_2) следуйте этим инструкциям.

17-6-1 Выключение термостата

1 В ЦСУ проверьте в окне **Status** (Состояние), что термостат холодный *Cold* (Не разогрет).

2 Проверьте, что термостат не проходит никакой газ (поток **FC** = 0 мл/мин).

3 Дайте термостату остыть до комнатной температуры.



17-6-2 Опорожнение термостата

1 Откройте отсек для обработки и проверьте при помощи дозиметра, что радиоактивность отсутствует.

2 Подкатите к отсеку для обработки тележку для инструментов и реагентов.

3 Ослабьте верхнее соединение на термостате вручную или при помощи двух гаечных ключей.

4 Ослабьте нижнее соединение.

5 Выньте из корпуса термостата нагревательные элементы и термопару.

6 Выгрузите содержимое термостата в подходящую емкость.

17-6-3 Заполнение молекулярным ситом

1 Засыпьте в термостат примерно 0,6 г молекулярного сита.

2 Вставьте на место нагревательные элементы.

3 Подсоедините нижнее и верхнее соединения и затяните их гаечным ключом.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-6-4 Активация ловушки

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

2 Щелкните кнопку **Chemistry** (Химическая обработка) и выберите **(5) 11C-CO2**.

3 В окне техобслуживания **11C-CO2** щелкните кнопку **Activate Trap** (Активировать ловушку).

4 Начнется нагрев термостата OC1A при поддержании потока азота.

5 Температура активации, время и расход будут такими, как это задано параметрам конфигурации установки для производства.

17-7 Замена абсорберов (установки для производства ^{11}C и ^{15}O)

При замене сорбентов Ascarite и Sicapent в колонках, расположенных на панелях для обработки, следуйте этим инструкциям. Инструкции относятся к колонкам CC2A, CC3A, CC3B, CO1A, CO1B, CO3A и CO5A.

Обратите внимание!
Все абсорберы должны быть сухими.

17-7-1 Выключение термостатов

1 В ЦСУ, проверьте в окне **Status** (Состояние), что термостаты холодные *Cold* (Не разогреты).

2 Проверьте, что через термостаты не проходит никакой газ (поток **FC** или **FO** = 0 мл/мин).

3 Дайте термостатам остыть до комнатной температуры.

17-7-2 Замена абсорбера

1 Откройте отсек для обработки и проверьте при помощи дозиметра, что радиоактивность отсутствует.

2 Вручную ослабьте верхнее и нижнее соединения на термостате.

3 Освободите колонку из зажима.

4 Ссыпьте содержимое колонки в подходящую емкость и очистите колонку.

5 Поместите в один конец колонки слой стекловаты (SiO_2) толщиной не менее 1 см.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 Заполните колонку новым абсорбером.

a Колонка CO5A:

Засыпьте в колонку последовательно слой абсорбера Ascarite (4 см), слой стекловаты (1 см) и, наконец, слой активированного угля (4 см).

b Другие колонки:

Засыпьте в колонку слой нужного абсорбера высотой 8 см.

7 С другого конца колонки поместите слой стекловаты толщиной не менее 1 см.

8 Снова закрепите колонку в зажиме.

9 Установите вручную нижнее и верхнее соединения.

10 Проведите проверку на предмет утечки путем создания давления в системе с помощью измерителя потока в качестве индикатора утечки. При герметичности системы показания измерителя должны составить 0 мл/мин.

17-8 Замена емкостей и трубок LTF

В данном разделе приводятся инструкции по замене емкостей в устройствах для заливки мишеней ^{13}N, $^{13}NH_3$, $^{18}F^-$ и ^{68}Ga (см. Рис. 5-2).

ВНИМАНИЕ!

Не забывайте всегда закрывать дверцу LTF должным образом после технического обслуживания. Это особенно важно для самоэкранирующих систем, где ограничено пространство между LTF и защитной дверцей.

17-8-1 Завершение работы циклотрона

ВНИМАНИЕ! Мощное магнитное поле!

Если в циклотроне имеется система радиационной защиты, необходимо остановить циклотрон и отключить магнитное поле, прежде открывать двери системы радиационной защиты.

Если магнитное поле включено, действуйте следующим образом:

1 В ЦСУ, выберите пункт **Maintenance** (Техобслуживание) в меню **PETtrace**.

2 Щелкните кнопку **PETtrace** и выберите пункт **Shutdown** (Завершение работы).

3 Дождитесь исчезновения окна **Messages** (Сообщения) и появления отметки о состоянии циклотрона *Off* (Выкл.) в окне **Status** (Состояние).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Перед входом в помещение циклотрона убедитесь в том, что уровень ионизирующих излучений не превышает уровень, установленный федеральными, региональными и местными нормативными документами.

17-8-2 Открывание дверей системы радиационной защиты

Данный раздел касается только самоэкранирующих циклотронов.

ОСТОРОЖНО! Опасность защемления

Не переступайте желто-черную границу на полу.

На подвесном пульте управления дверью:

1 Вставьте ключ в гнездо переключателя **LOCK/UNLOCK** (БЛОК./РАЗБЛОК.) и поверните ключ в положение *UNLOCK* (РАЗБЛОК.).

2 С помощью переключателя **RAD.SH.LEFT** (Левая дверь радиационной защиты) откройте левую дверь радиационной защиты.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-3 Операции с сосудами LTF и иглами

17-8-3-1 Новые сосуды

Новые сосуды должны быть чистыми; желательно ополоснуть их водой с сопротивлением 18 МОм. Используйте только бутылки предписанного размера для LTF.

ВНИМАНИЕ!

Не используйте негабаритные бутылки на LTF. Это особенно важно для самоэкранирующих систем, где в противном случае защитная дверца может раздавить бутылку.

Жидкость для мишени должна быть свободна от инородных частиц, а также органических и неорганических примесей. Она также должна быть деионизированной и обладать проводимостью менее 10 мкСм/см.

Подробные характеристики среды мишеней см. в предыдущих главах о конкретных мишенях.

ВНИМАНИЕ!

Во избежание загрязнения мишенной жидкости устанавливайте новые емкости в стерильных перчатках.

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

17-8-3-2 Использованные сосуды и иглы

Утилизацию отработавших сосудов и игл следует осуществлять согласно инструкциям по утилизации, приведенным в Раздел 3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации на странице 48.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

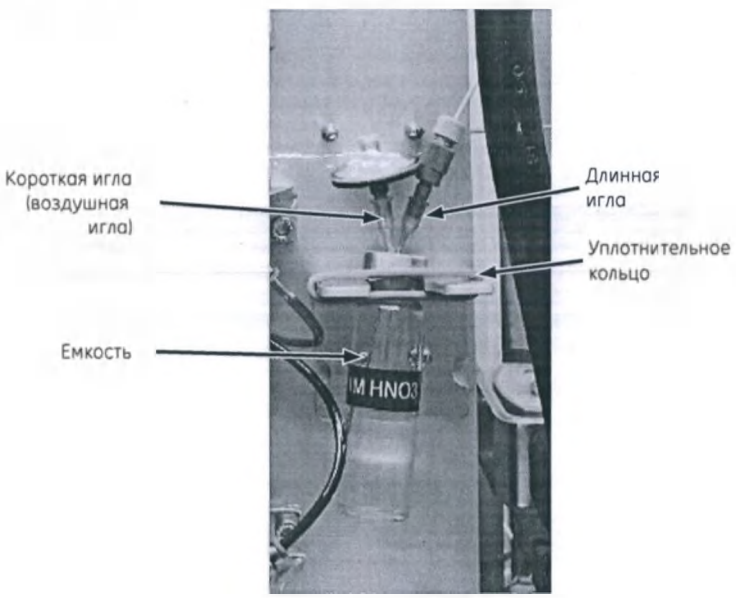
17-8-4 Замена сосудов

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные газы и жидкости

При работе с мишенями в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. При работе с мишенями ни в коем случае не прикасайтесь к глазам и ко рту.

Всегда контролируйте уровень радиации. В случае возникновения утечки оставайтесь за пределами помещения циклотрона, пока уровень радиации не снизится в результате радиоактивного распада.

Рис. 17-1: Сосуд устройства для заливки жидкостных мишеней



17-8-4-1 Снимите емкость со средой мишени

1 Удалите короткую иглу (вентиляционную иглу) из емкости.

2 Снять длинную иглу с сосуда, после чего отсоединить ее от трубки.

ВНИМАНИЕ!

Крепко удерживайте иглу. Из-за механического напряжения в трубке из ПЭЭК игла может деформироваться или выскочить. Соблюдайте осторожность, чтобы не пораниться иглой.

3 Утилизацию игл производить в соответствии с федеральными, региональными и/или другими местными нормативами.

4 Снять кольцевое уплотнение, которое удерживает баллон на месте.

5 Вынуть баллон из держателя.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-4-2 Установите новую емкость

1 Установить на место новый сосуд. Убедитесь, что сосуд вставлен до упора.

2 Установите обратно кольцевое уплотнение, которое удерживает сосуд на месте.

3 Установите новую длинную иглу в трубку из ПЭЭК.

4 Игла должна пройти через центр мембраны. Следите за тем, чтобы части мембраны не попали в сосуд.

5 Возьмите новую короткую иглу (воздушную) и проденьте ее через мембрану рядом с длинной иглой.

> Для вентиляции сосуда всегда используйте воздушную иглу.

Обратите внимание!
В случае если среда является кислой (например, LTF ^{68}Ga), предпочтительнее будет избегать металлических игл, а вместо этого непосредственно использовать трубки ПЭЭК. Подробнее см. в Раздел 15-2 Подготовка на странице 203.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-5 Замена трубок из ПЭЭК

ОСТОРОЖНО! Радиоактивный газ и жидкость

По окончании производственного цикла мишень и связанные с ней трубки содержат радиоактивный газ или жидкость.

Всегда измеряйте уровень радиации перед снятием деталей и трубок. Планируйте работу так, чтобы дозы облучения были минимальны.

Всегда надевайте защитную одежду, перчатки и защитные очки.

Имейте в виду, что, даже если мишень отключена от Master System (Централизованная система управления) или Service System (Система обслуживания), соответствующий фильтр мишени все еще может находиться под давлением.

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

Для замены трубки из ПЭЭК, соединяющей стандартное устройство LTF с жидкостной мишенью, следуйте приведенной ниже процедуре.

Во всех жидкостных системах мишеней трубка из ПЭЭК от соединения верхней части мишени/газа к датчику давления LTF имеет указанные размеры и длину. Длина может меняться в зависимости от системы мишени и от того, установлен ли конденсатоотводчик мишени. Излишние трубки наматываются рядом с LTF.

- Системы мишеней $^{18}F^-$ *с* конденсатоотводчиком: трубка из ПЭЭК 4 м (диаметр 0,5 мм, оранжевая полоса)
- Системы мишеней $^{18}F^-$ *без* конденсатоотводчика и системы мишеней ^{13}N и $^{13}NH_3$: трубка из ПЭЭК 5 м (диаметр 0,75 мм, зеленая полоса)
- Жидкостные системы мишеней ^{68}Ga: трубка состоит из двух связанных между собой трубок, трубки 2 м на стороне мишени, и трубки 6 м (диаметр 0,75 мм, зеленая полоса) на стороне LTF.

  Обычно в замене нуждается только трубка 2 м.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-5-1 LTF поколения II

Обратите внимание!
Датчик давления в системе может выглядеть по-разному, в зависимости от модели. Однако процедура замены трубок ПЭЭК во всех случаях похожа.

Снять старую трубку из ПЭЭК (LTF поколения II)

1 Ослабьте трубку из ПЭЭК в верхней части мишени.

2 *LTF поколения II без конденсатоотводчика:*

- Ослабьте трубку из ПЭЭК в Т-образном соединителе датчика давления.

LTF поколения II с конденсатоотводчиком:

- Ослабьте трубку из ПЭЭК в нижней части конденсатоотводчика.

3 Ослабьте соединение трубки из ПЭЭК в нижней части мишени.

4 *Системы с фильтром мишени:* отвинтить соединители трубки у фильтра. Сохраните корпус фильтра и крепления трубки, если требуется заменить только фильтрующий элемент.

5 Ослабьте другой конец трубки из ПЭЭК от разъема 4 на клапане V2 на LTF.

Сохраните трубки из ПЭЭК и используйте их в качестве ориентира по длине при обрезании новых трубок.

Установите новую трубку из ПЭЭК (LTF поколения II)

Обратите внимание!
Важно, чтобы трубка из ПЭЭК между мишенью и V2 на LTF была как можно короче. Чрезмерная длина трубки может препятствовать тому, чтобы правильный объем жидкости достиг мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 *Системы без фильтра мишени.*

a Отрежьте отмеренный кусок новой оранжевой трубки ПЭЭК диаметром 1/16 дюйма с внутренним диаметром 0,5 мм. Отрезок должен быть как можно короче.

b Один конец трубки присоедините к нижней части мишени с помощью концевого крепления конической формы. Затяните вручную.

Системы с фильтром мишени.

a Отрежьте два отмеренных куска новой оранжевой трубки ПЭЭК диаметром 1/16 дюйма с внутренним диаметром 0,5 мм. Соедините две части трубки и фильтр. При необходимости используйте новые крепежные элементы (ПЭЭК натурального цвета, конической формы, без металлического наконечника) для соединения трубок с фильтром.

b Один короткий конец собранной трубки присоедините к нижней части мишени с помощью серого концевого крепления конической формы. Затяните вручную.

Утилизацию старых трубок из ПЭЭК, фильтра или фильтрующих элементов производить в соответствии с федеральными, региональными и/или другими местными нормативами.

2 Присоедините другой конец трубки из ПЭЭК к разъему 4 на клапане V2 на LTF.

3 *LTF поколения II с конденсатоотводчиком:*

a Отрежьте два отмеренных куска новой оранжевой трубки ПЭЭК диаметром 1/16 дюйма с Трубка из ПЭЭК 0,5 мм.

b Присоедините короткую трубку из ПЭЭК между Т-образным соединителем датчика давления (используя гайку Swagelok 1/16 дюйма, передний и задний наконечник) и верхней частью конденсатоотводчика (с помощью концевого крепления конической формы).

c Присоедините длинную трубку из ПЭЭК к нижней части конденсатоотводчика и к верхней части мишени с помощью концевых креплений конической формы

LTF поколения II без конденсатоотводчика:

a Отрежьте отмеренный кусок новой зеленой трубки ПЭЭК диаметром 1/16 дюйма с Трубка из ПЭЭК 0,75 мм.

b Присоедините зеленую трубку ПЭЭК мишени к Т-образному соединителю датчика давления с помощью быстроразъемной гайки (Swagelok) диаметром 1/16 дюйма, переднего и заднего металлических наконечников.

c Другой конец трубки из ПЭЭК присоедините к верхней части мишени с помощью концевого крепления конической формы.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-5-2 LTF ^{68}Ga

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

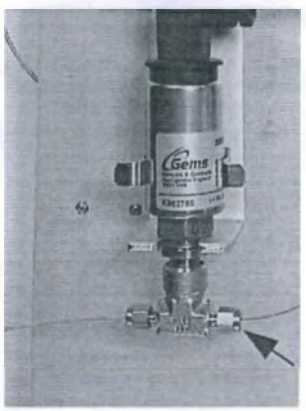
- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

Трубка состоит из двух связанных между собой трубок, трубки 2 м на стороне мишени, и трубки 6 м (диаметр 0,75 мм, зеленая полоса) на стороне LTF. Обычно в замене нуждается только трубка 2 м.

Снимите старую трубку из ПЭЭК (LTF ^{68}Ga)

1 Ослабьте трубку из ПЭЭК в устройстве LTF.

- При замене только 2-метровой трубки ПЭЭК ослабьте ее на соединении со спиралью 6-метровой трубки.
- При полной замене 2-метровой и 6-метровой трубок ослабьте зеленую трубку из ПЭЭК в Т-образном соединителе датчика давления (показано на рисунке стрелкой).



2 Ослабьте другой конец трубки из ПЭЭК в верхней части мишени.

3 Ослабьте соединение трубки из ПЭЭК в нижней части мишени.

4 Ослабьте другой конец трубки из ПЭЭК от верхнего разъема на клапане V2 на LTF.

5 Измерьте длину трубок ПЭЭК.

6 Утилизацию трубок из ПЭЭК, фильтра или фильтрующих элементов производить в соответствии с федеральными, региональными и/или другими местными нормативами.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Установите новую трубку из ПЭЭК (LTF ^{68}Ga)

Обратите внимание!
Важно, чтобы трубка из ПЭЭК между мишенью и V2 на LTF была как можно короче. Чрезмерная длина трубки может препятствовать тому, чтобы правильный объем жидкости достиг мишени.

1 Отрежьте отмеренный кусок новой оранжевой трубки ПЭЭК диаметром 1/16 дюйма с внутренним диаметром 0,5 мм. Отрезок должен быть как можно короче.

2 Один конец трубки присоедините к нижней части мишени с помощью концевого крепления конической формы. Затяните вручную.

3 Присоедините другой конец трубки из ПЭЭК к верхнему разъему на клапане V2 на LTF.

4 Присоедините зеленую трубку из ПЭЭК 1/16 дюймов с внутренним диаметром 0,75 мм.

- При замене только 2-метровой трубки ПЭЭК соедините 2-метровую зеленую трубку ПЭЭК со спиралью 6-метровой трубки в устройстве LTF ^{68}Ga.
- При полной замене 2-метровой и 6-метровой трубок соедините один конец (спиральной) 6-метровой трубки с правой стороной Т-образного соединителя датчика давления, а другую сторону – с 2-метровой трубкой.

Обратите внимание!
Соединитель 2-метровой и 6-метровой трубок представляет собой бесфланцевое крепление Super Flangeless.

Подробнее см. в разделе о соединениях трубок ПЭЭК в PETtrace 800 series Installation Manual (дир. 2131771-100).

5 Другой конец зеленой трубки ПЭЭК присоедините к верхней части мишени с помощью концевого крепления конической формы.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-8-6 Замена трубки из материала Tefzel, ведущей к горячей камере

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные жидкости

Пользуйтесь защитными очками и перчатками!

Не касайтесь глаз или рта!

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

ОСТОРОЖНО! Долгоживущие побочные продукты

Долгоживущие побочные продукты, такие как ^{66}Ga ($t_{1/2}$ = 9,5 ч) и ^{67}Ga ($t_{1/2}$ = 3,3 дня), могут присутствовать в линиях, мишени или внутри бака циклотрона после разрыва фольги. Во избежание загрязнения у сотрудников требуется дополнительная обработка либо соблюдение мер предосторожности по оценке загрязнения.

Трубку из материала Tefzel следует заменять регулярно, так как радтиоактивность постепенно её портит.

Перед запуском проверьте наличие запасных трубок из материала Tefzel (этилентетрафторэтилена). В комплектацию установки входит десять запасных трубок (внешний диаметр 1/16 дюйма). Если возникнет необходимость в установке новых запасных трубок, сообщите об этом сервисному персоналу компании GE при ближайшем плановом техническом обслуживании.

17-8-6-1 Отсоединение трубки из Tefzel

1 На устройстве для заливки жидкостных мишеней ослабьте верхний соединитель (нормально закрытый) у клапана 3 (см. Рис. 17-2).

2 В условиях горячей камеры ослабьте соединитель точки выгрузки.

3 Пометьте использованную трубку из Tefzel, чтобы не перепутать ее с новыми трубками.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

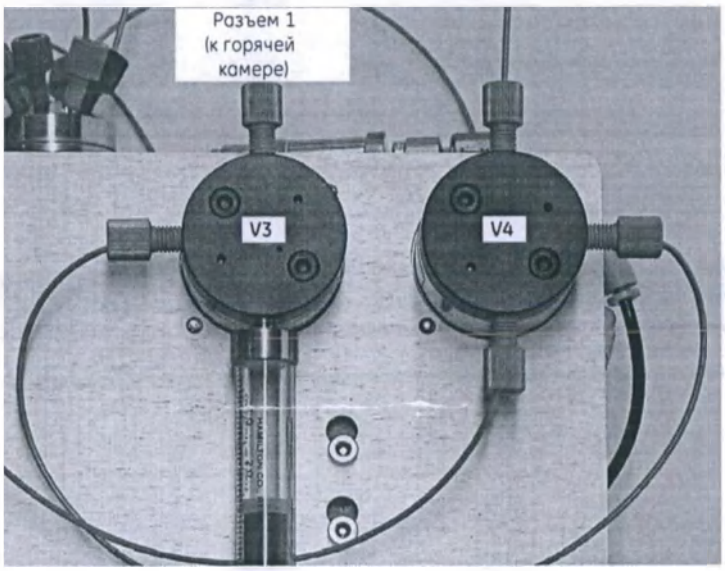
17-8-6-2 Подключение новой трубки из Tefzel

1 Установите на одной из запасных трубок концевые фитинги от компании Upchurch.

2 В условиях горячей камеры присоедините трубку к соединителю точки выгрузки (в случае мишени ^{68}Ga – к линии выгрузки мишени на FASTlab).

3 На устройстве LTF присоедините трубку к верхнему соединителю (разъем 1 – разъем напротив шприца) у клапана 3.

Рис. 17-2: Стандартные подключения трубок на устройстве для заполнения жидкостной мишени



17-8-7 Закрывание дверей системы радиационной защиты

Данный раздел касается только самоэкранирующих циклотронов.

ОСТОРОЖНО! Опасность защемления

1 С помощью переключателя **RAD.SH.LEFT** (Левая дверь радиационной защиты) закройте левую дверь радиационной защиты.

2 Поверните ключ в положение *LOCK* (БЛОК.) и выньте его из гнезда переключателя **LOCK/UNLOCK** (БЛОК./РАЗБЛОК.).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-9 Замена ловушки с натронной известью

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

При работе с мишенью $^{18}F_2$ или вентиляционным отверстием для F_2 в обязательном порядке надевайте защитные очки и перчатки. Убедитесь, что система вентиляции функционирует.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Всегда продувайте трубки газообразным неоном ($^{18}F_2$-дейтрон) перед разъединением любого трубчатого соединения. См. Глава 13 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов (дополнительная опция).

Прежде чем открывать разъёмы, обязательно продуйте трубки газообразным аргоном ($^{18}F_2$-протон), трижды заполнив и опорожнив мишень. См. Раздел 14-5-3 Заполнение аргоном (Ar) на странице 200 и Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

ОСТОРОЖНО! Едкое вещество – натронная известь

Обязательно надевайте защитные очки и перчатки.

17-9-1 $^{18}F_2$-протон

За инструкциями по замене ловушки с натронной известью обратитесь к подразделу *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (дир. 2410009-100).*

17-9-2 $^{18}F_2$-дейтрон

При замене содержимого ловушки для F_2 следуйте приведенным ниже инструкциям:

1 Снимите концевой фитинг трубки с входа (трубка из нержавеющей стали).

2 Снимите концевое фитинг трубки с выхода.

3 Свинтите колпачок с входного отверстия.

4 Снимите пластмассовый фиксатор.

5 Снимите стальную перегородку.

6 Выгрузите содержимое ловушки в подходящую емкость. Утилизацию содержимого производите в соответствии с рекомендуемой процедурой утилизации, см. Раздел 3-5-3 Рекомендуемая процедура утилизации на странице 48.

7 Заполните ловушку для F_2 стекловатой и натронной известью, как показано на Рис. 17-4.

8 Установите перегородку и фиксатор и установите колпачок.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 Установите на место ловушку для F_2. Для затяжки концевых фитингов трубок воспользуйтесь гаечным ключом.

Рис. 17-3: Вскрытие ловушки для F_2

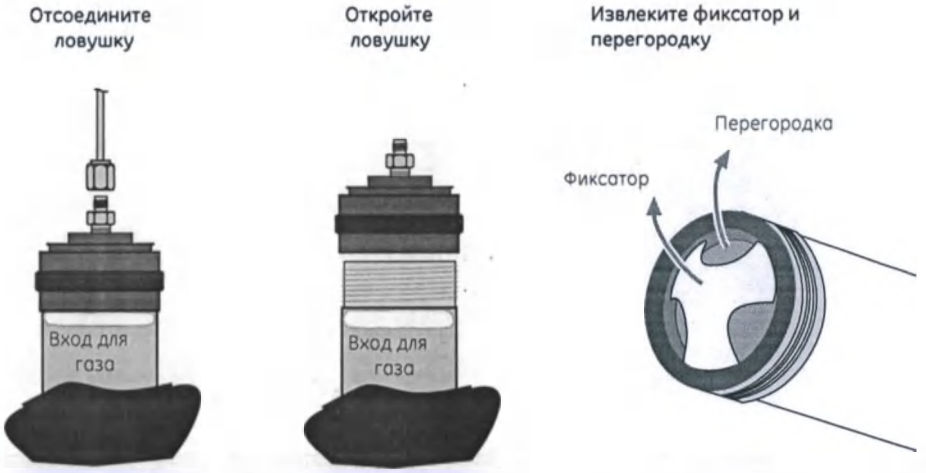


Рис. 17-4: Заполнение ловушки для F_2

17-10 Очистка протонной панели для $^{18}F_2$

Очистку оборудования следует производить раз в год или по необходимости.

Прежде чем выполнять очистку протонной панели для $^{18}F_2$, обязательно обесточьте ее и отсоедините кабель электропитания. Для очистки используйте мягкий мыльный раствор и тканевые салфетки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-11 Замена предохранителя в блоке управления протонной установкой $^{18}F_2$

На лицевой стороне блока управления имеется держатель предохранителя, расположенный рядом с гнездом электропитания. При необходимости замените предохранитель на новый с такими же характеристиками.

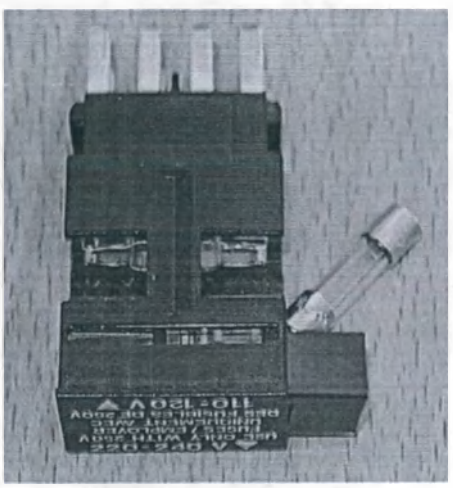
Предохранитель F1/F2 = 250 В, T2,5 Ач.

Обратите внимание!
Перед заменой предохранителя поверните выключатель электропитания в выключенное положение и отсоедините кабель питания.

Рис. 17-5: Держатель предохранителя

Снимите держатель предохранителя при помощи отвертки

Замените предохранителем на 250 В, T2.5 Ач



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12 Техобслуживание мишени

В настоящем разделе даны указания относительно порядка проведения техобслуживания газовых и жидкостных мишеней. Необходимо выполнить следующие шаги:

1 **Отключение мишени** (см. Раздел 17-12-4 Отключение мишени на странице 246)

Прежде чем пытаться снять мишень, необходимо отключить её от системы. Это делается из Централизованной системы управления.

2 **Снятие мишени** (см. Раздел 17-12-5 Снятие мишени на странице 247)

3 **Техобслуживание мишени**

- *Техобслуживание жидкостных мишеней* (см. Раздел 17-12-6 Техобслуживание жидкостных мишеней на странице 250)
  - Мишень ^{13}N (см.Раздел 17-12-6-1 Техобслуживание мишеней ^{13}N на странице 251)
  - Мишень $^{13}NH_3$ (см. Раздел 17-12-6-2 Техобслуживание мишени $^{13}NH_3$ на странице 255)
  - Мишень $^{18}F^-$ Nb 25 (см. Раздел 17-12-6-3 Техобслуживание мишени $^{18}F^-$ Nb 25 на странице 265)
  - Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 (см. Раздел 17-12-6-4 Техобслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 на странице 275)
  - Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения (см. Раздел 17 12-6-5 Техническое обслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 (без переднего фланца охлаждения) на странице 288)
  - Жидкостная мишень ^{68}Ga (см. Раздел 17-12-6-6 Техническое обслуживание жидкостной мишени ^{68}Ga на странице 298)
- *Техобслуживание газовых мишеней* (см. Раздел 17-12-7 Техобслуживание газовых мишеней на странице 303)
  - Мишени $^{11}CO_2$ и ^{15}O (см. Раздел 17-12-7-1 Техобслуживание стандартной мишени для $^{11}CO_2$ и мишени для ^{15}O на странице 303)
  - Мишень $^{11}CO_2$ HP (см. Раздел 17-12-7-2 Техобслуживание мишени для $^{11}CO_2$ HP (высокого давления) на странице 307)
  - Мишень $^{11}CH_4$ (см. Раздел 17-12-7-3 Техобслуживание мишени для $^{11}CH_4$ на странице 310)
  - Мишень $^{18}F_2$-дейтрон (см. Раздел 17-12-7-4 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-дейтрон на странице 314)
  - Мишень $^{18}F_2$-протон (см. Раздел 17-12-7-5 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-протон на странице 317)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 **Установка мишени на место** (см. Раздел 17-12-8 Установка мишени на место на странице 320)

5 **Подключение мишень** (см. Раздел 17-12-9 Подключение мишени на странице 322)

6 **Проверка мишени на утечку** (см. Раздел 17-12-10 Проверка мишени на утечку на странице 322)

7 **Кондиционирование мишени** (см. Раздел 17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней на странице 323 и Раздел 17-12-12 Процедура кондиционирования газовых мишеней на странице 324)

Требуемые инструменты для техобслуживания мишеней приведены в Раздел 17-12-2 Инструменты, необходимые для техобслуживания мишеней на странице 244.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Всегда надевайте защитную одежду, защиту для ног (обувь со стальным носком), перчатки и очки.

Всегда измеряйте уровни радиации перед началом работы с деталями.

Обращайтесь с использованными деталями в строгом соответствии с федеральными, региональными и местными нормативными документами.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Всех людей и все предметы на выходе из зоны размещения циклотрона необходимо проверять на наличие радиации при помощи дозиметра и детектора загрязнения поверхности.

Имейте в виду, что радиоактивность материала может быть обусловлена как бомбардировкой активными частицами, так и загрязнением (например, частицами фольги).

17-12-1 Особые меры предосторожности в случае разрыва мишенной фольги

Если в процессе производства произойдет разрыв фольги, частицы фольги могут распространиться по всей вакуумной камере. Прежде чем выполнять какие-либо работы по обслуживанию циклотрона, необходимо тщательно убрать все частицы фольги. Как можно скорее свяжитесь со службой технического сервиса компании GE. Это необходимо, чтобы принять решение о сроках выполнения дезактивации вакуумной камеры.

Дальнейшие указания см. в PETtrace 800 series Service Manual – Accelerator (доп. 2169047-100).

17-12-2 Инструменты, необходимые для техобслуживания мишеней

Для разборки мишеней необходимо подготовить чистую рабочую зону. Разборку и сборку мишени необходимо производить за настольной радиационной защитой.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 17-3: Инструменты и расходные материалы, необходимые для техобслуживания мишеней

Инструменты и расходные материалы	Спецификация
Инструментарий	
Стандартный набор инструментов для технического сервиса	
Монтажная плита для сборки мишеней	GEPS CAA208 31030
Пинцет	длинный
Небольшая зубная щетка	желательно круговая маятниковая с электрическая зубная щётка
Шприц, сверло или аналогичное приспособление (для прочистки отверстий)	
Ультразвуковая ванна с моющей жидкостью	Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100
Расходные материалы	
Дистиллированная или деионизированная вода	
Изопропиловый спирт для очистки	
Бикарбонат натрия (питьевая сода)	
Безворсовая ткань	
Безворсовые перчатки	пластиковые
Безворсовая бумага для застилания рабочей зоны	
Вакуумная смазка	APIEZON тип M

17-12-3 Запасные части

Для каждого типа мишени имеется комплект инструментов для техобслуживания как запасная часть. За номерами запасных частей обращайтесь к запасным частям, перечисленным для каждой подсистемы в *PETtrace 800 series Spare Parts Catalog (дир. 2380002-100)*.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Типичная комплект инструментов для техобслуживания следующие позиции:

1 Уплотнения Helicoflex™

2 Мишенные фольги

3 Уплотнительные кольца

4 Соединители (только для жидкостных мишеней)

Обратите внимание!
Для мишени $^{18}F_2$-дейтрон имеется также ремонтно-восстановительный комплект. См. Раздел 17-12-7-4 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-дейтрон на странице 314.

В качестве запасных частей можно заказать также корпуса мишеней. См. Таблица 2-1.

17-12-4 Отключение мишени

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Всегда продувайте трубки газообразным неоном ($^{18}F_2$-дейтрон) перед разъединением любого трубчатого соединения. См. Глава 13 Производство $^{18}F_2$ из дейтронов (дополнительная опция).

Прежде чем открывать разъёмы, обязательно продуйте трубки газообразным аргоном ($^{18}F_2$-протон), трижды заполнив и опорожнив мишень. См. Раздел 14-5-3 Заполнение аргоном (Ar) на странице 200 и Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

1 В ЦСУ выберите нужную мишень в меню **Maintenance** (Техобслуживание).

2 Опорожните мишень, чтобы сбросить в ней избыточное давление.

3 В окне **Target Maintenance** (Техобслуживание мишени) щелкните кнопку **Disconnect** (Отключить).

При этом будет перекрыта подача газа в мишень, а мишень будет удалена из производственного списка.

4 Закройте окно.

5 Щелкните кнопку **PETtrace** и выберите пункт **Shut Down** (Завершение работы).

6 В окне **Status** (Состояние) дождитесь, пока состояние ускорителя изменится на *Off* (Выкл.). Это может занять до 10 минут.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-5 Снятие мишени

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Всегда надевайте защитную одежду, защиту для ног (обувь со стальным носком), перчатки и очки.

Всегда измеряйте уровни радиации перед началом работы с деталями.

Обращайтесь с использованными деталями в строгом соответствии с федеральными, региональными и местными нормативными документами.

ВНИМАНИЕ! Утечка воды

При отключении водяного охлаждения от мишени будет вытекать вода. Всегда держите ветошь или какую-нибудь ткань под соединениями мишени для улавливания оставшейся внутри мишени воды.

ВНИМАНИЕ!

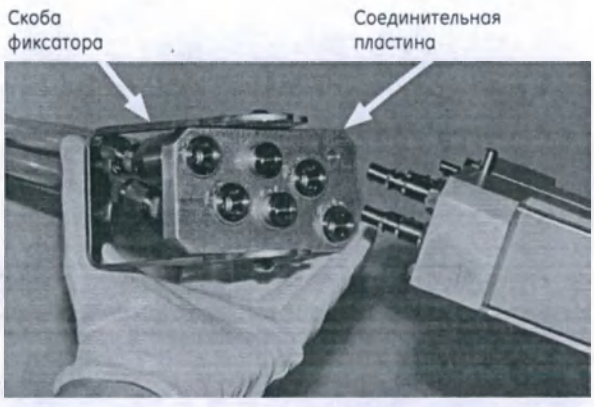
Медно-вольфрамовые элементы самоэкранирующих мишеней $^{18}F^-$ Nb 27 будут окисляться при контакте с водой Сразу же вытрите элементы насухо, если на них попала вода.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Отсоедините линии носителя, если они подключены непосредственно к корпусу мишени (а не к соединительной пластине сзади).

2 *Мишени с соединительной пластиной:*

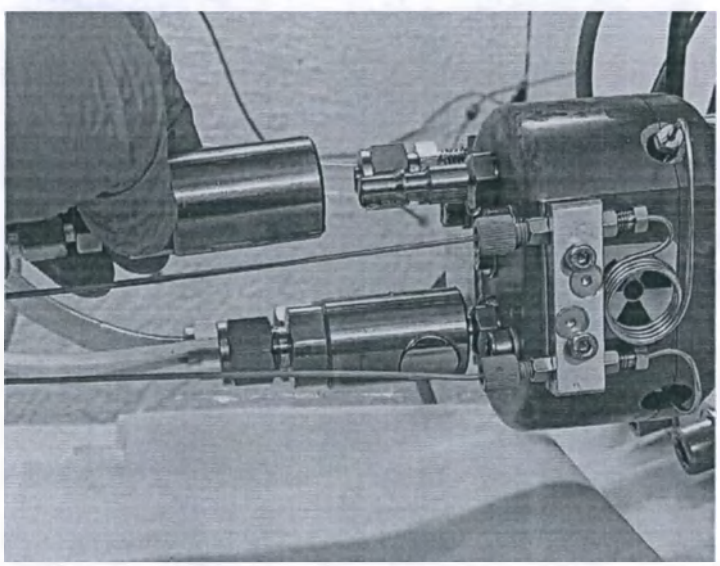
- Поместите ветошь под соединения мишени, сдвиньте скобу фиксатора на соединительной пластине влево, чтобы освободить ее, а затем отделите соединительную пластину от мишени.



Мишени с отдельными шлангами водяного охлаждения:

- Поместите ветошь под соединения мишени и отсоедините шланги водяного охлаждения.

Обратите внимание!
Сначала отсоединяется верхний шланг (возврата/выхода). Обратите внимание на маркировку шлангов водяного охлаждения или на пиктограмму на задней части самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27.



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Крепко возьмитесь за мишень и сдвиньте рукоятку зажима мишени вправо, чтобы освободить мишень от циклотрона.

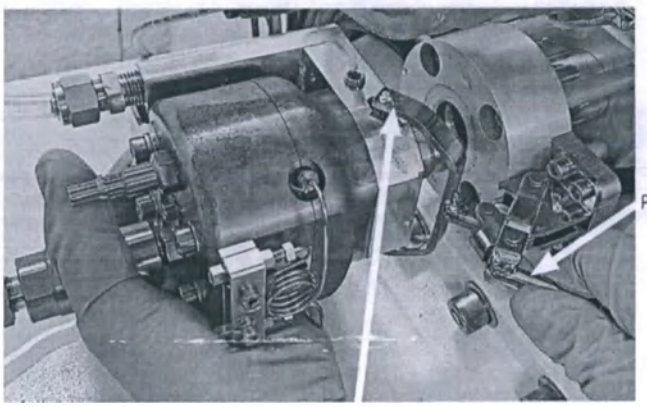
ОСТОРОЖНО! Тяжелый предмет

Надевайте защитную обувь.

Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 весит примерно 5,5 кг и при падении может нанести травму.

ОСТОРОЖНО! Опасность защемления

Убедитесь в надежном захвате самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 перед ее удалением из циклотрона.



Зажим мишени

4 Осторожно выньте мишень.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-6 Техобслуживание жидкостных мишеней

По поводу периодичности техобслуживания мишени обратитесь к Таблица 17-1.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Всегда надевайте защитную одежду, защиту для ног (обувь со стальным носком), перчатки и очки.

Всегда измеряйте уровни радиации перед началом работы с деталями.

Обращайтесь с использованными деталями в строгом соответствии с федеральными, региональными и местными нормативными документами.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга, используемая в качестве мишени, чрезвычайно радиоактивна. Обращайтесь с ней осторожно.

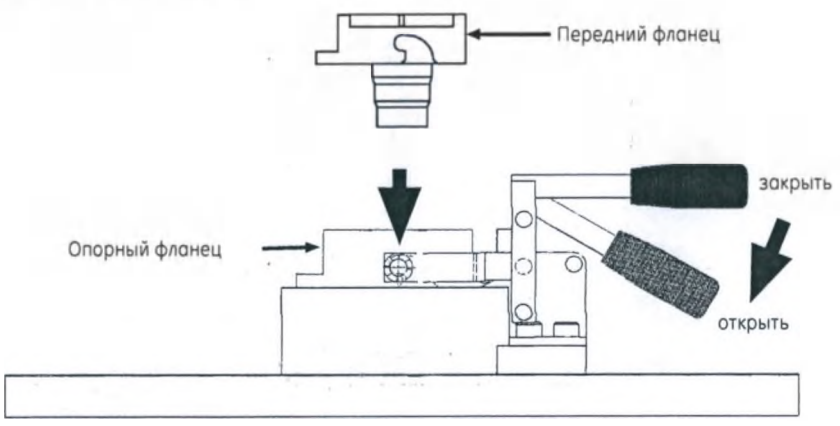
Никогда не прикасайтесь к фольге. Для увеличения расстояния от фольги используйте при работе с ней пинцет.

Если фольга порвана, ищите её фрагменты. Помните, что фрагменты также очень радиоактивны.

Чтобы свести к минимуму воздействие излучения, при первой же возможности уберите фольгу из рабочей области.

Такую же монтажную пластину можно использовать для всех мишеней. Однако жидкостная мишень ^{68}Ga требует наличия дополнительного адаптера (см. Раздел Разборка (жидкостная мишень ^{68}Ga) на странице 299).

Рис. 17-6: Монтажная плита для мишеней



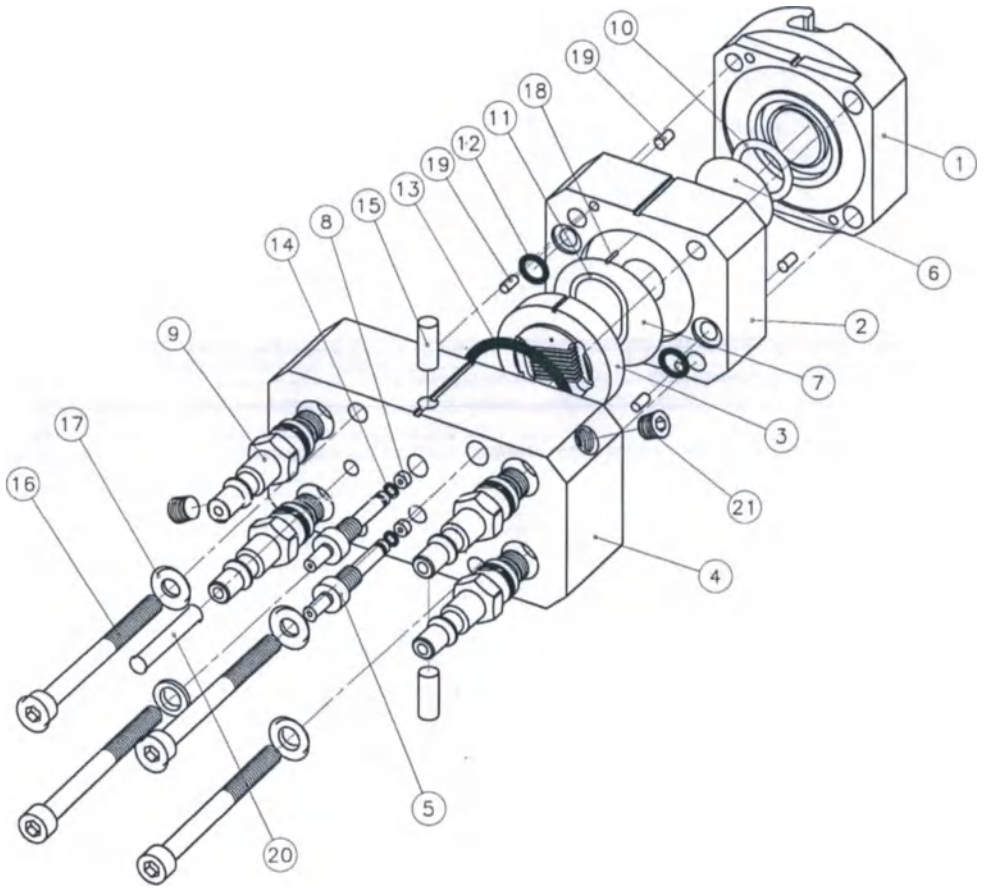
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-6-1 Техобслуживание мишеней ^{13}N

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-7.

Рис. 17-7: Мишень ^{13}N



Разборка (мишень ^{13}N)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Берегите от царапин поверхность серебряного корпуса или уплотнительные поверхности остальных деталей.

1 При помощи шестигранного ключа 5 мм отвинтите четыре винта **16**, скрепляющих части мишени.

2 Отделите задний фланец **4** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

3 Снимите серебряный корпус **3** и уплотнительное кольцо из витона (Viton™) **13**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Снимите фольгу Havar **7** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

5 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **2** от переднего фланца **1**.

6 Снимите фольгу Havar **6** и алюминиевое уплотнение Helicoflex **10**.

7 Снимите серебряное уплотнение Helicoflex **11** с серебряного корпуса **3**.

8 Снимите уплотнительные шайбы **8** и соединители с наружной резьбой **5** с заднего фланца **4**.

9 Снимите два уплотнительных кольца **12** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

Чистка (мишень ^{13}N)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Берегите от царапин поверхность серебряного корпуса или уплотнительные поверхности остальных деталей.

1 Очистите передний фланец **1**, фланец контура гелиевого охлаждения **2** и задний фланец **4**. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной в изопропаноле.

2 Протрите все уплотнительные поверхности, контактирующие с уплотнительными кольцами и прокладками из фольги. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 Тщательно сотрите все отложения из полости для воды в серебряном корпусе **3** безворсовой бумагой, смоченной в изопропиловом спирте. Повторите операцию дважды, меняя бумагу.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

4 Если серебряный корпус **3** сильно загрязнен, тщательно отполируйте полость для воды пастой из $NaHCO_3$ (бикарбоната натрия), смешанной с небольшим количеством изопропилового спирта, при помощи небольшой зубной щетки (желательно использовать круговую маятниковую щетку с электроприводом). Полируйте до полного удаления загрязнений. Обычно на это требуется более 10 минут.

5 При необходимости также очистите при помощи зубной щетки пластины радиатора с тыльной стороны серебряного корпуса.

6 Проверьте и очистите входное/выходное отверстие на серебряном корпусе. Воспользуйтесь иглой, небольшим сверлом или другим предметом подходящего диаметра, чтобы вычистить все возможные отложения.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 Промойте отверстия изопропиловым спиртом.

8 Промойте серебряный корпус дистиллированной или деионизированной водой.

9 Очистите серебряный корпус в ультразвуковой ванне следующим образом:

a Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100;

b Погрузите серебряный корпус в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c По возможности температура ванны должна быть +50°C;

d Время в ванне: 15 минут.

Обратите внимание!
Прежде чем выливать моющий раствор, проверьте его на радиоактивность.

10 Промойте серебряный корпус водой в ультразвуковой ванне следующим образом:

a Используйте дистиллированную или деионизированную воду.

b Погрузите серебряный корпус в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c Температура должна быть выше 20°C.

d Время в ванне: 5 минут.

11 Повторите шаг 10 дважды, меняя воду на свежую.

12 Подсушите безворсовой бумажной салфеткой и дайте просохнуть на воздухе в течение 5 минут.

13 Осмотрите серебряный корпус. Проверьте серебряный корпус на предмет царапин и загрязнений; также внимательно осмотрите входное и выходное отверстия. Осмотрите также уплотняемые поверхности на других частях мишени.

Сборка (мишень ^{13}N)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольги и соединительные элементы из комплекта для техобслуживания мишени.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить алюминиевое уплотнение Helicoflex **10** в паз на переднем фланце **1**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

2 Очень осторожно вложите новую фольгу Havar **6** в паз на переднем фланце **1**.

3 Нанесите тонкий слой вакуумной смазки на два небольших уплотнительных кольца **12**, после чего вложите кольца в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

4 Осторожно поместите фланец контура гелиевого охлаждения **2** на передний фланец **1**. Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **1** и на фланце контура гелиевого охлаждения **2** расположены на одной линии.

5 Поместите фольгу Havar **7** на фланец контура гелиевого охлаждения **2**.

6 С помощью пинцета осторожно уложите серебряное уплотнение Helicoflex **11** поверх фольги **7**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

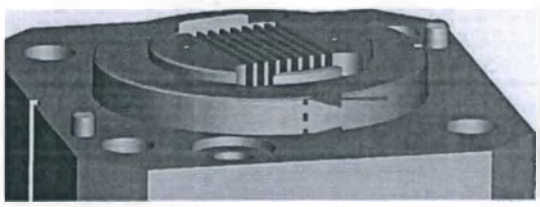
Обратите внимание!
*Поместите уплотнение Helicoflex **11** на фольгу **7**, уложив его в паз на серебряном корпусе **3**.*

7 Убедитесь, что уплотнительный паз на серебряном корпусе **3** чист и не содержит инородных частиц.

8 Очень осторожно поместите серебряный корпус **3** поверх фольги **7** и уплотнения Helicoflex **11**. Выровняйте его, используя направляющий штифт **18**.

9 Убедитесь, что уплотнение Helicoflex **11** установлено должным образом на серебряном корпусе **3**. Используйте штангенциркуль, чтобы измерить расстояние от поверхности переднего фланца до задней части серебряного корпуса **3**.

Расстояние должно составлять примерно **5,2 мм** со всех сторон.



Обратите внимание!
Если расстояние составляет около 5,8 мм, скорее всего уплотнение Helicoflex в серебряном корпусе установлено неправильно.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10 Нанесите тонкий слой вакуумной смазки на большое уплотнительное кольцо **13** и установите его с задней стороны серебряного корпуса **3**.

11 Нанесите тонкий слой вакуумной смазки на уплотнительные кольца **14** и затем наденьте их на соединители с наружной резьбой **5**.

12 Введите соединители с наружной резьбой **5** с уплотнительной шайбой **8** через задний фланец **4**.

13 Затяните соединители с наружной резьбой **5**, не более чем на 1–2 оборота. Вставьте уплотнительные шайбы **8** в задний фланец. Используйте небольшое количество смазки на внешней стороне шайб, чтобы удержать их на месте.

14 Осторожно установите задний фланец **4** поверх фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Убедитесь, что уплотнительные шайбы **8** остаются на своем месте, **и что направляющие канавки расположены на одной линии.**

15 Нанесите небольшое количество смазки на резьбу винтов **16** и вкрутите винты с шайбами **17** в собранную мишень. Затяните винты вручную. Убедитесь, что корпус мишени равномерно и единообразно затянут.

16 Для равномерной затяжки винтов **16** воспользуйтесь динамометрическим ключом с шестигранной насадкой 5 мм. Затяжку производите крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм. Убедитесь, что корпус мишени равномерно и единообразно затянут.

17 Затяните вручную соединители с наружной резьбой **5**.

18 Затяните соединители с наружной резьбой **5** еще на 1/2 оборота гаечным ключом.

17-12-6-2 Техобслуживание мишени $^{13}NH_3$

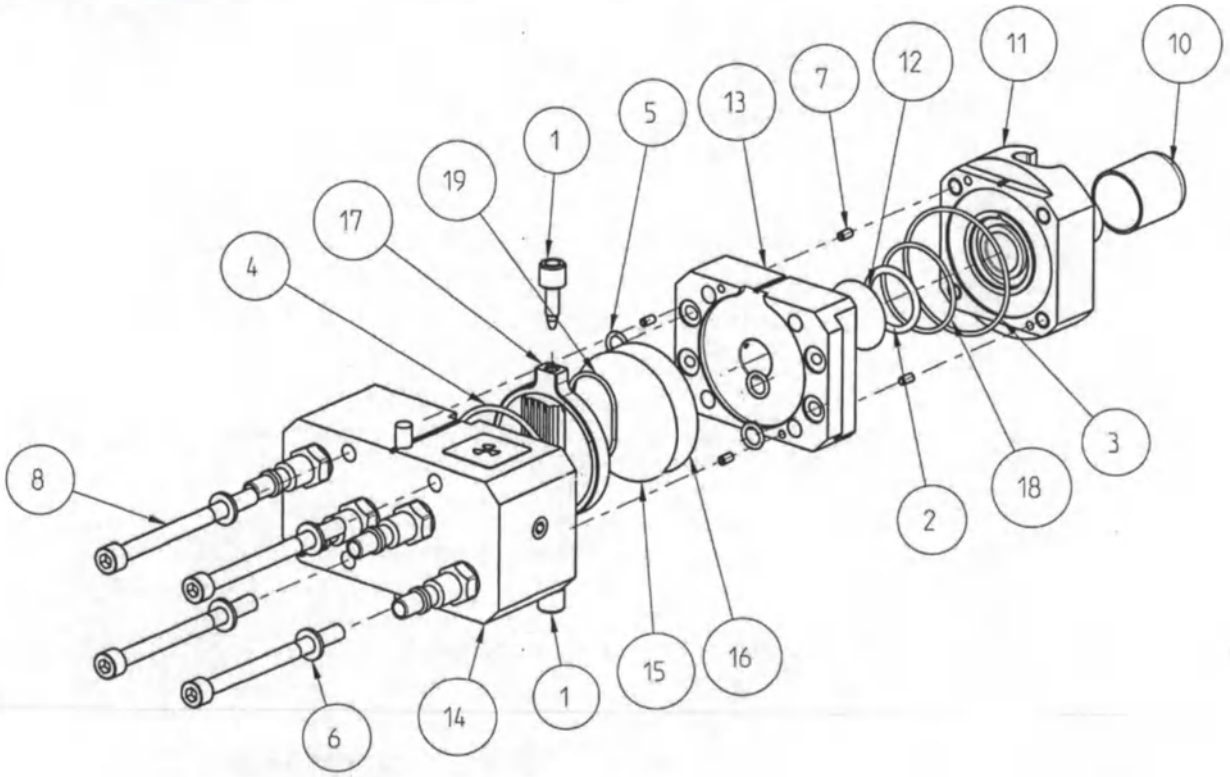
Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-8.

Обратите внимание!
При повторной сборке мишени $^{13}NH_3$ необходим набор толщиномеров. Также требуется инструмент для извлечения уплотнений и прокладок, входящий в комплектацию мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-8: Мишень $^{13}NH_3$



Разборка (мишень $^{13}NH_3$)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 Для вывинчивания четырех винтов **8** с шайбами **6**, скрепляющих части мишени, воспользуйтесь шестигранным ключом 5 мм и ослабляйте винты крест-накрест.

2 Отделите задний фланец **14** от фланца контура гелиевого охлаждения **13**.

3 Снимите ниобиевый корпус **17** и уплотнительное кольцо из витона (Viton™) **4**.

4 Снимите ниобиевую фольгу **15** и фольгу Havar **16** с фланца контура гелиевого охлаждения **13**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **13** от переднего фланца **11**.

6 Снимите фольгу Havar **12** и алюминиевое уплотнение Helicoflex **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

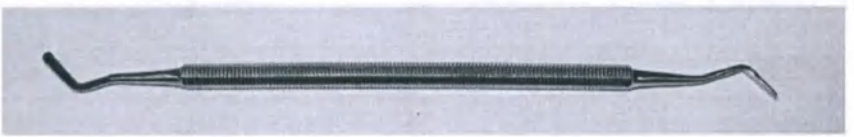
7 Снимите уплотнение Helicoflex **19** с ниобиевого корпуса **17**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Всегда с особой осторожностью снимайте уплотнение Helicoflex™. Очень важно не повредить герметичную поверхность.

Мелкие потертости и царапины на уплотняемой поверхности обычно не создают больших проблем, поскольку мягкая поверхность золотого уплотнения в большинстве случаев способна их компенсировать. **Тем не менее, следует соблюдать большую осторожность при извлечении уплотнения.**

Иногда уплотнение отделяется очень легко: либо легким постукиванием по ниобиевому корпусу напротив пластинки, либо осторожным поддеванием инструментом для извлечения уплотнений, входящим в комплект мишени (см. Рис. 17-9).

Рис. 17-9: Инструмент для снятия уплотнительных колец/уплотнений



Не следует пользоваться для этой цели отвертками и подобными заостренными предметами, поскольку они могут повредить уплотняемую поверхность.

Если прокладка с трудом выходит из паза, извлекайте ее инструментом постепенно. См. Рис. 17-10.

a Введите инструмент в паз, как показано на фото **A**. Инструмент должен плотно входить между уплотнением и внешним радиусом паза.

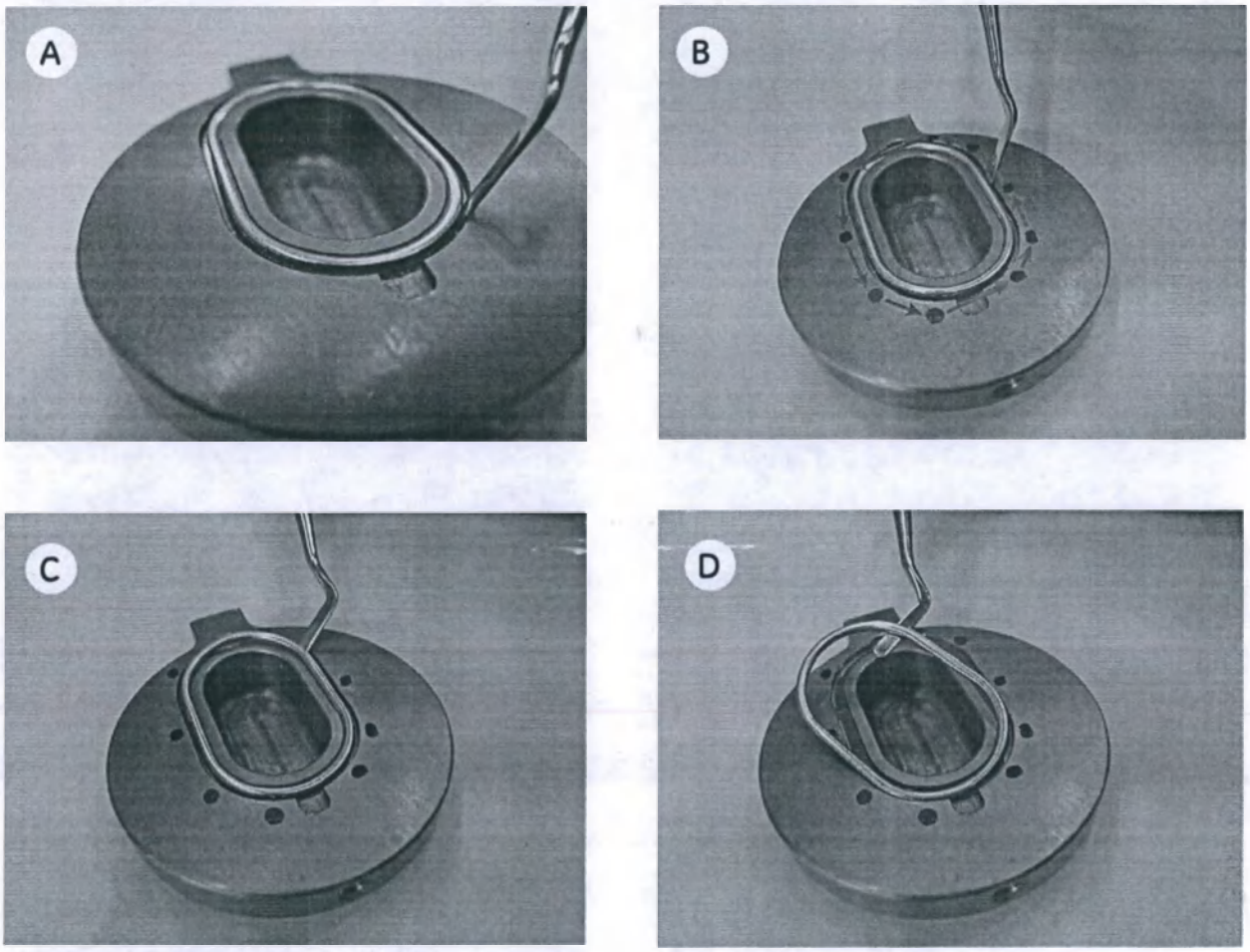
b Не проталкивая инструмент до дна паза, начинайте работать инструментом в направлении уплотнения, стараясь вынуть его из паза. Продвигайтесь по периметру паза небольшими шагами. См. фото **B**.

c Когда уплотнение будет освобождено по всему периметру, извлеките его из паза. См. фото **C** и **D**.

8 Снимите четыре уплотнительных кольца **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **13**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-10: Извлечение уплотнения Helicoflex при помощи инструмента для извлечения уплотнений



Очистка (мишень $^{13}NH_3$)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 Очистите передний фланец **11**, фланец контура гелиевого охлаждения **13** и задний фланец **14**. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной в изопропаноле.

2 Протрите все уплотнительные поверхности, контактирующие с уплотнительными кольцами и прокладками из фольги. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 При необходимости также очистите пластины радиатора с тыльной стороны ниобиевого корпуса.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Тщательно протрите ниобиевую полость мишени, пользуясь безворсовой бумагой, смоченной изопропиловым спиртом. Повторите операцию дважды, меняя бумагу.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

5 Осмотрите и при необходимости очистите входные отверстия для газа (верхнее) и для воды (нижнее) в ниобиевом корпусе. Для удаления отложений используйте иглу, сверло или другой предмет подходящего размера. Следите за тем, чтобы не повредить уплотняющие поверхности внутри соединительных патрубков под трубки из ПЭЭК.

6 Промойте отверстия изопропиловым спиртом.

7 Промойте ниобиевый корпус дистиллированной или деионизированной водой.

8 Очистите ниобиевый корпус в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100;

b Погрузите ниобиевый корпус в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c По возможности температура ванны должна быть +50°C;

d Время в ванне: 15 минут.

Обратите внимание!
Прежде чем выливать моющий раствор, проверьте его на радиоактивность.

9 Промойте ниобиевый корпус водой в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте дистиллированную или деионизированную воду.

b Погрузите ниобиевый корпус в воду. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c Температура должна быть выше 20°C.

d Время в ванне: 5 минут.

10 Повторите шаг 9 дважды, меняя воду на свежую.

11 Подсушите безворсовой бумажной салфеткой и дайте просохнуть на воздухе в течение 5 минут.

12 Проверьте ниобиевый корпус на предмет царапин и загрязнений; также внимательно осмотрите отверстия для газа и воды. Осмотрите также уплотняемые поверхности на остальных частях мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Тщательная очистка (мишень $^{13}NH_3$)

Если происходит снижение отдачи мишени и (или) эффективности химических процессов (обычно при > 50 000 мкА/ч, что соответствует > 10 интервалам технического обслуживания, а также зависит от уровня силы тока пучка), необходимо провести более тщательную чистку ниобиевого корпуса.

Следующую процедуру можно использовать для чистки и технического обслуживания ниобиевой вставки мишени с помощью средства Cif[2] Cream Lemon в целях удаления всех отложений с внутренней части ниобиевого корпуса.

Обратите внимание!
Используйте только средство Cif Cream Lemon. Марка Cif Cream Original содержит флуоресцирующее вещество, которые может быть фторидом кальция, который не входит в состав марки Cif Cream Lemon.

2 В разных странах средство Cif также продается под марками Jif, Vim, Viss и Handy Andy.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Нанесите небольшое количество средства Cif Cream Lemon либо на безворсовую ткань, либо непосредственно на камеру мишени.

2 Отполируйте внутреннюю поверхность мишени при помощи средства Cif и безворсовой ткани. Для очистки углов с помощью ткани можно использовать пару пластмассовых щипцов. Избегайте попадания средства Cif в заполненные/пустые отверстия мишени, а также в отверстия для замера давления.

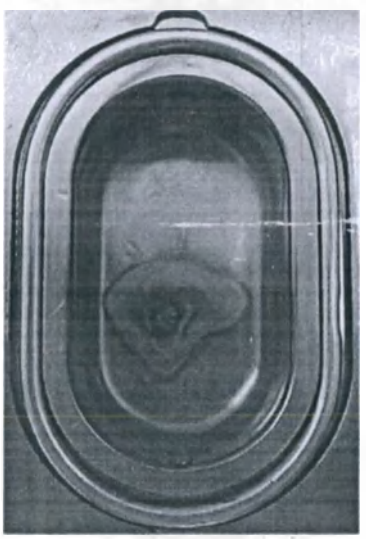
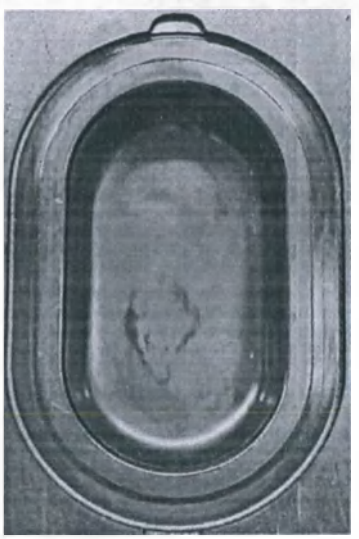
ВНИМАНИЕ!

Поскольку средство Cif содержит компоненты мягкого абразива, подобный вид чистки может стать причиной появления мелких потертостей на ниобиевом корпусе. Помните о том, что толщина задней стенки ниобиевого корпуса составляет всего около 0,5 мм.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

Задача состоит в том, чтобы удалить как можно больше следов пучка со дна вставки.

Перед чисткой (пример)	После чистки (пример)
	

3 Проведите очистку ниобиевого корпуса ультразвуковой очистительной машиной. См. Раздел Очистка (мишень $^{13}NH_3$) на странице 258 (шаг 8-9).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (мишень $^{13}NH_3$)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольги и соединительные элементы из комплекта для техобслуживания мишени.

> **ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов**
>
> Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Установите уплотнение Helicoflex **2** и фольгу **12**. При необходимости поправьте центровку фольги при помощи пинцета.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

2 Установите уплотнительное кольцо **3**.

Обратите внимание!
В комплекте имеются два уплотнительных кольца большего размера, диаметры которых почти одинаковы. Обратите внимание, что в данном случае из двух колец большого диаметра следует взять более тонкое кольцо (более толстое кольцо устанавливается на задний фланец).

Иногда уплотнительное кольцо требуется слегка растянуть, чтобы надежно уплотнить наружный край переднего фланца.

3 Установите уплотнительное кольцо **18**, натянув его вращательными движениями на внутренний край переднего фланца. Убедитесь, что оно встало на место.

4 Поместите фланец контура гелиевого охлаждения **13** поверх переднего фланца **11**. Убедитесь, что направляющие канавки на внешней стороне деталей расположены на одной линии.

5 Нанесите небольшое количество вакуумной смазки на четыре уплотнительных кольца **5** и установите их в охлаждающий фланец **13**.

6 Установите фольгу Havar **16** в охлаждающий фланец **13**.

Обратите внимание!
*Проверьте маркировку. Фольга Havar **16** имеет маркировку H.*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 Установите ниобиевую фольгу **15** сверху фольги Havar **16**.

Обратите внимание!
*Проверьте маркировку. Ниобиевая фольга **15** имеет маркировку N.*

8 С помощью пинцета осторожно уложите уплотнение Helicoflex **19** поверх фольги **15**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

Обратите внимание!
*Поместите уплотнение Helicoflex **19** на фольгу **15**, уложив его в паз на ниобиевом корпусе **17**.*

9 Убедитесь, что паз для установки уплотнения в ниобиевом корпусе **17** чист и не содержит посторонних частиц.

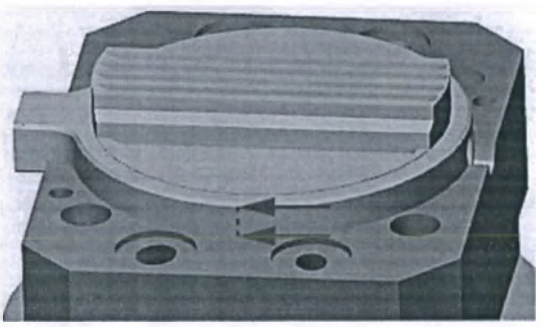
10 Очень осторожно поместите ниобиевый корпус **17** поверх фольги **15** и уплотнения Helicoflex **19**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

11 Убедитесь, что уплотнение Helicoflex **19** установлено должным образом на ниобиевом корпусе **17**. Используйте штангенциркуль, чтобы измерить расстояние от поверхности переднего фланца до задней части ниобиевого корпуса **17**.

Расстояние должно составлять примерно **4,8 мм** со всех сторон.



Обратите внимание!
Если расстояние составляет около 5,5 мм, скорее всего уплотнение Helicoflex в ниобиевом корпусе установлено неправильно.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 Нанесите небольшое количество вакуумной смазки на уплотнительное кольцо **4** и поместите его в соответствующий паз на заднем фланце **14**.

Обратите внимание!
В комплекте имеются два уплотнительных кольца большего размера, диаметры которых почти одинаковы. Обратите внимание, что в данном случае из двух колец большого диаметра следует взять более толстое кольцо (более тонкое кольцо устанавливается на передний фланец).

13 Поместите задний фланец **14** на верхней части ниобиевого корпуса **17** и охлаждающего фланца **13**.

ВНИМАНИЕ!

Возможен заметный зазор между задним фланцем (11) и охлаждающим фланцем (13) даже после окончательной затяжки, это считается нормальным. Это гарантирует плотное соединение ниобиевого вкладыша, его фольги (15, 16) и охлаждающего фланца (13).

Если после окончательной затяжки остается небольшой зазор, не пытайтесь затянуть четыре крепежных винта (8) до полного исчезновения зазора между задним фланцем (14) и охлаждающим фланцем (13). Это может необратимо повредить детали мишени.

14 Нанесите небольшое количество смазки на резьбовые поверхности винтов **8** и шайб **6**.

15 Наденьте шайбы **6** на винты **8** и вставьте винты **8** в задний фланец **14**. Затяните винты вручную **8** крест-накрест, пока задний фланец **14** не будет параллелен охлаждающему фланцу **13**.

16 Затяните четыре винта **8** динамометрическим гаечным ключом (крест-накрест) в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

Обратите внимание!
*Как говорилось ранее, после окончательной затяжки возможен заметный зазор между задним фланцем **14** и фланцем охлаждения **13**. Величина зазора может быть от 0 до 0,4 мм в зависимости от допусков используемых единиц оборудования. Между передним фланцем **11** и фланцем охлаждения **13** не должно быть значительного зазора после окончательной затяжки (с моментом 9 Нм).*

17 Чтобы подготовить мишень для пучка, выполните процедуру кондиционирования (см. Раздел 17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней на странице 323).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

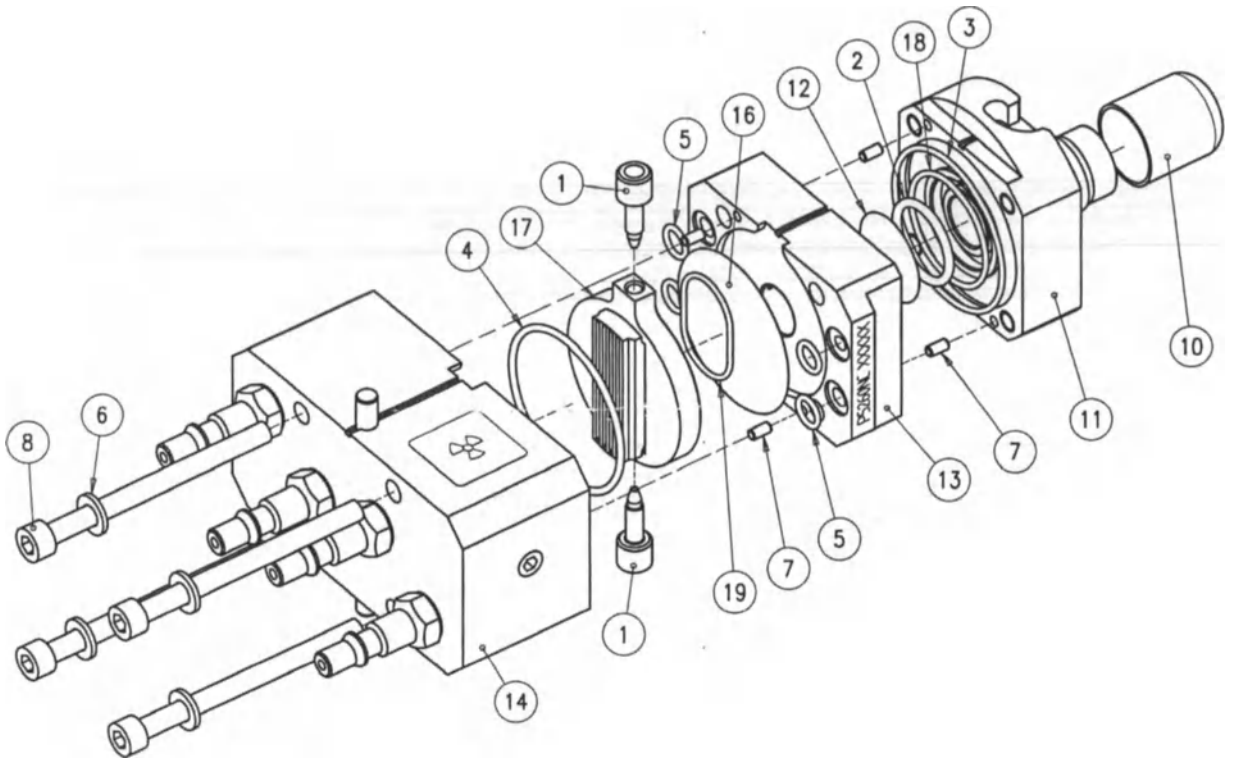
17-12-6-3 Техобслуживание мишени $^{18}F^-$ Nb 25

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-11.

Обратите внимание!
При сборке мишени $^{18}F^-$ Nb 25 понадобится набор пластинок для измерения зазоров. Также требуется инструмент для извлечения уплотнений и прокладок, входящий в комплектацию мишени.

Рис. 17-11: Мишень $^{18}F^-$ Nb 25



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Разборка (мишени $^{18}F^-$ Nb 25)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 Для вывинчивания четырех винтов **8** с шайбами **6**, скрепляющих части мишени, воспользуйтесь шестигранным ключом 5 мм и ослабляйте винты крест-накрест.

2 Отделите задний фланец **14** от фланца контура гелиевого охлаждения **13**.

3 Снимите ниобиевый корпус **17** и уплотнительное кольцо из витона (Viton™) **4**.

4 Снимите фольгу Havar **16** с фланца контура гелиевого охлаждения **13**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

5 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **13** от переднего фланца **11**.

6 Снимите фольгу Havar **12** и алюминиевое уплотнение Helicoflex **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 Снимите уплотнение Helicoflex **19** с ниобиевого корпуса **17**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Всегда с особой осторожностью снимайте уплотнение Helicoflex™. Очень важно не повредить герметичную поверхность.

Мелкие потертости и царапины на уплотняемой поверхности обычно не создают больших проблем, поскольку мягкая поверхность золотого уплотнения в большинстве случаев способна их компенсировать. **Тем не менее, следует соблюдать большую осторожность при извлечении уплотнения.**

Иногда уплотнение отделяется очень легко: либо легким постукиванием по ниобиевому корпусу напротив пластинки, либо осторожным поддеванием инструментом для извлечения уплотнений, входящим в комплект мишени (см. Рис. 17-12).

Рис. 17-12: Инструмент для снятия уплотнительных колец/уплотнений

Не следует пользоваться для этой цели отвертками и подобными заостренными предметами, поскольку они могут повредить уплотняемую поверхность.

Если прокладка с трудом выходит из паза, извлекайте ее инструментом постепенно. См. Рис. 17-13.

a Введите инструмент в паз, как показано на фото **A**. Инструмент должен плотно входить между уплотнением и внешним радиусом паза.

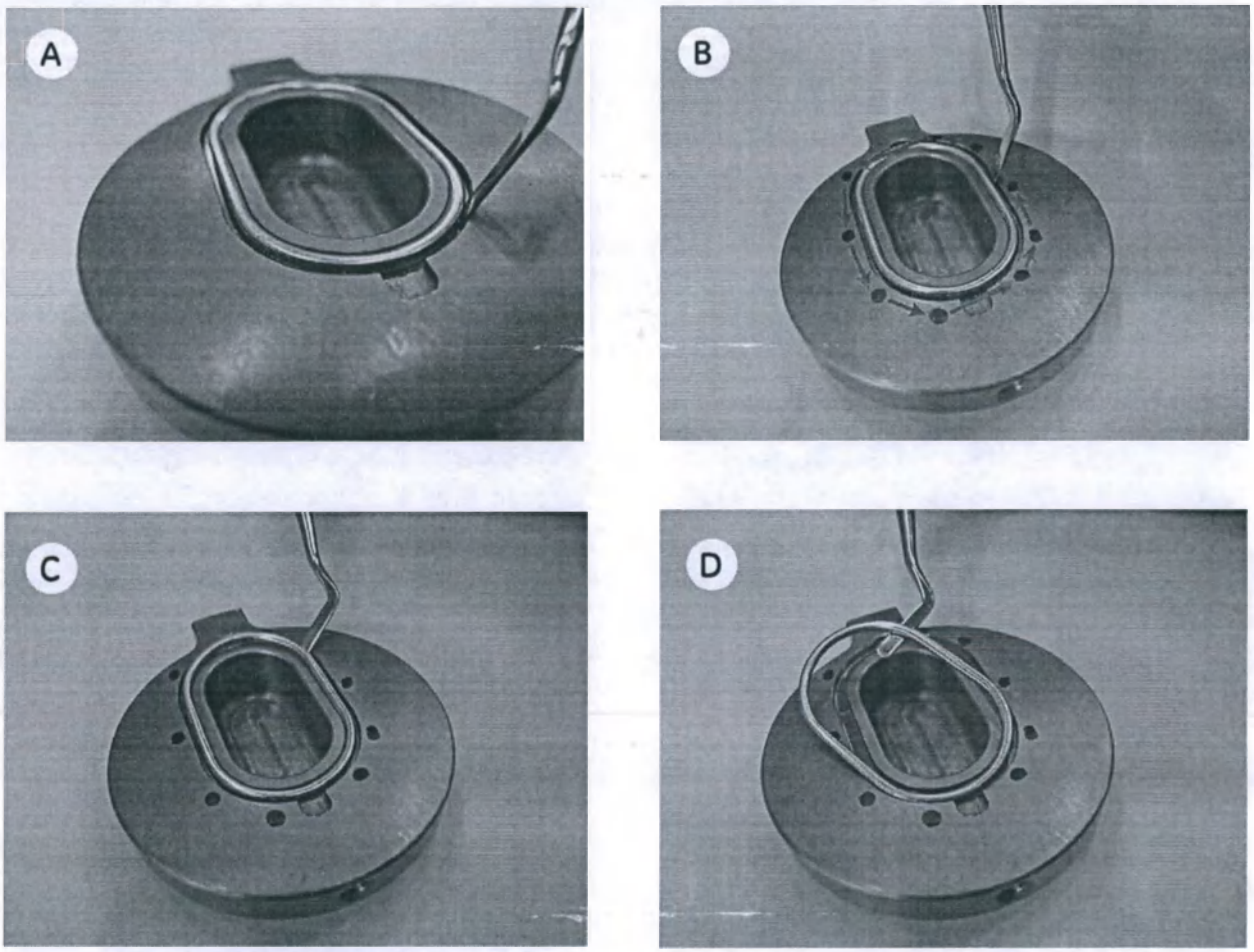
b Не проталкивая инструмент до дна паза, начинайте работать инструментом в направлении уплотнения, стараясь вынуть его из паза. Продвигайтесь по периметру паза небольшими шагами. См. фото **B**.

c Когда уплотнение будет освобождено по всему периметру, извлеките его из паза. См. фото **C** и **D**.

8 Снимите четыре уплотнительных кольца **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **13**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-13: Извлечение уплотнения Helicoflex при помощи инструмента для извлечения уплотнений



Чистка (мишени $^{18}F^-$ Nb 25)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 Очистите передний фланец **11**, фланец контура гелиевого охлаждения **13** и задний фланец **14**. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной в изопропаноле.

2 Протрите все уплотнительные поверхности, контактирующие с уплотнительными кольцами и прокладками из фольги. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 При необходимости также очистите пластины радиатора с тыльной стороны ниобиевого корпуса.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Тщательно протрите ниобиевую полость мишени, пользуясь безворсовой бумагой, смоченной изопропиловым спиртом. Повторите операцию дважды, меняя бумагу.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

5 Осмотрите и при необходимости очистите входные отверстия для газа (верхнее) и для воды (нижнее) в ниобиевом корпусе. Для удаления отложений используйте иглу, сверло или другой предмет подходящего размера. Следите за тем, чтобы не повредить уплотняющие поверхности внутри соединительных патрубков под трубки из ПЭЭК.

6 Промойте отверстия изопропиловым спиртом.

7 Промойте ниобиевый корпус дистиллированной или деионизированной водой.

8 Очистите ниобиевый корпус в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100;

b Погрузите ниобиевый корпус в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c По возможности температура ванны должна быть +50°C;

d Время в ванне: 15 минут.

Обратите внимание!
Прежде чем выливать моющий раствор, проверьте его на радиоактивность.

9 Промойте ниобиевый корпус водой в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте дистиллированную или деионизированную воду.

b Погрузите ниобиевый корпус в воду. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не происходит образование воздушных пузырей.

c Температура должна быть выше 20°C.

d Время в ванне: 5 минут.

10 Повторите шаг 9 дважды, меняя воду на свежую.

11 Подсушите безворсовой бумажной салфеткой и дайте просохнуть на воздухе в течение 5 минут.

12 Проверьте ниобиевый корпус на предмет царапин и загрязнений; также внимательно осмотрите отверстия для газа и воды. Осмотрите также уплотняемые поверхности на остальных частях мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Тщательная чистка (мишень $^{18}F^-$ Nb 25)

Если происходит снижение отдачи мишени и (или) эффективности химических процессов (обычно при > 50 000 мкА/ч, что соответствует > 5 интервалам технического обслуживания, а также зависит от уровня силы тока пучка), необходимо провести более тщательную чистку ниобиевого корпуса.

Следующую процедуру можно использовать для чистки и технического обслуживания ниобиевой вставки мишени с помощью средства Cif[3] Cream Lemon в целях удаления всех отложений с внутренней части ниобиевого корпуса.

Обратите внимание!
Используйте только средство Cif Cream Lemon. Марка Cif Cream Original содержит флуоресцирующее вещество, которые может быть фторидом кальция, который не входит в состав марки Cif Cream Lemon.

3 В разных странах средство Cif также продается под марками Jif, Vim, Viss и Handy Andy.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Нанесите небольшое количество средства Cif Cream Lemon либо на безворсовую ткань, либо непосредственно на камеру мишени.

2 Отполируйте внутреннюю поверхность мишени при помощи средства Cif и безворсовой ткани. Для очистки углов с помощью ткани можно использовать пару пластмассовых щипцов. Избегайте попадания средства Cif в заполненные/пустые отверстия мишени, а также в отверстия для замера давления.

ВНИМАНИЕ!

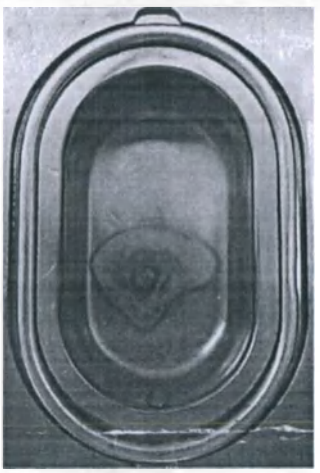
Поскольку средство Cif содержит компоненты мягкого абразива, подобный вид чистки может стать причиной появления мелких потертостей на ниобиевом корпусе. Помните о том, что толщина задней стенки ниобиевого корпуса составляет всего около 0,5 мм.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

Задача состоит в том, чтобы удалить как можно больше следов пучка со дна вставки.

Перед чисткой (пример)	После чистки (пример)



3 Проведите очистку ниобиевого корпуса ультразвуковой очистительной машиной. См. Раздел Чистка (мишени $^{18}F^-$ Nb 25) на странице 268 (шаг 8–9).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (мишень $^{18}F^-$ Nb 25)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольги и соединительные элементы из комплекта для техобслуживания мишени.

ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов

Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Установите уплотнение Helicoflex **2** и фольгу **12**. При необходимости поправьте центровку фольги при помощи пинцета.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

2 Установите уплотнительное кольцо **3**.

Обратите внимание!
В комплекте имеются два уплотнительных кольца большего размера, диаметры которых почти одинаковы. Обратите внимание, что в данном случае из двух колец большого диаметра следует взять более тонкое кольцо (более толстое кольцо устанавливается на задний фланец).

Иногда уплотнительное кольцо требуется слегка растянуть, чтобы надежно уплотнить наружный край переднего фланца.

3 Установите уплотнительное кольцо **18**, натянув его вращательными движениями на внутренний край переднего фланца. Убедитесь, что оно встало на место.

4 Поместите фланец контура гелиевого охлаждения **13** поверх переднего фланца **11**. Убедитесь, что направляющие канавки на внешней стороне деталей расположены на одной линии.

5 Нанесите небольшое количество вакуумной смазки на четыре уплотнительных кольца **5** и установите их в охлаждающий фланец **13**.

6 Установите фольгу Havar **16** в охлаждающий фланец **13**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 С помощью пинцета осторожно уложите уплотнение Helicoflex **19** поверх фольги **16**. Поместите уплотнение по центру фольги.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

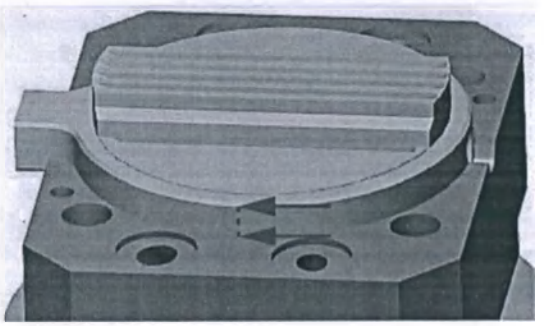
8 Убедитесь, что паз для установки уплотнения в ниобиевом корпусе **17** чист и не содержит посторонних частиц.

9 Очень осторожно поместите ниобиевый корпус **17** поверх фольги **16** и уплотнения Helicoflex **19**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

10 Убедитесь, что уплотнение Helicoflex **19** установлено должным образом на ниобиевом корпусе **17**. Используйте штангенциркуль, чтобы измерить расстояние от поверхности переднего фланца до задней части ниобиевого корпуса **17**.

Расстояние должно составлять примерно **4,8 мм** со всех сторон.



Обратите внимание!
Если расстояние составляет около 5,5 мм, скорее всего уплотнение Helicoflex в ниобиевом корпусе установлено неправильно.

11 Нанесите небольшое количество вакуумной смазки на уплотнительное кольцо **4** и поместите его в соответствующий паз на заднем фланце **14**.

Обратите внимание!
В комплекте имеются два уплотнительных кольца большего размера, диаметры которых почти одинаковы. Обратите внимание, что в данном случае из двух колец большого диаметра следует взять более толстое кольцо (более тонкое кольцо устанавливается на передний фланец).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 Поместите задний фланец **14** на верхней части ниобиевого корпуса **17** и охлаждающего фланца **13**.

ВНИМАНИЕ!

Возможен заметный зазор между задним фланцем (14) и охлаждающим фланцем (13) даже после окончательной затяжки, это считается нормальным. Это гарантирует плотное соединение ниобиевого вкладыша, его фольги (16) и охлаждающего фланца (13).

Если после окончательной затяжки остается небольшой зазор, не пытайтесь затянуть четыре крепежных винта (8) до полного исчезновения зазора между задним фланцем (14) и охлаждающим фланцем (13). Это может необратимо повредить детали мишени.

13 Нанесите небольшое количество смазки на резьбовые поверхности винтов **8** и шайб **6**.

14 Наденьте шайбы **6** на винты **8** и вставьте винты **8** в задний фланец **14**. Затяните винты вручную **8** крест-накрест, пока задний фланец **14** не будет параллелен охлаждающему фланцу **13**.

15 Затяните четыре винта **8** динамометрическим гаечным ключом (крест-накрест) в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

Обратите внимание!
*Как говорилось ранее, после окончательной затяжки возможен заметный зазор между задним фланцем **14** и фланцем охлаждения **13**. Величина зазора может быть от 0 до 0,4 мм в зависимости от допусков используемых единиц оборудования. Между передним фланцем **11** и фланцем охлаждения **13** не должно быть значительного зазора после окончательной затяжки (с моментом 9 Нм).*

16 Чтобы подготовить мишень для пучка, выполните процедуру кондиционирования (см. Раздел 17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней на странице 323).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-6-4 Техобслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27

Обратите внимание!
Инструкции по техническому обслуживанию самоэкранирующих мишеней $^{18}F^-$ Nb 27 ***без переднего фланца охлаждения*** *см. в Раздел 17-12-6-5 Техническое обслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 (без переднего фланца охлаждения) на странице 288.*

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Активация элементов мишени в основном пропорциональна накопленному количеству циклов мкА/ч мишени. Это означает, что, чем больше интервал между техническим обслуживанием мишени, тем более активированными становятся элементы мишени, особенно фольга.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Медно-вольфрамные элементы самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 становятся более радиоактивными, чем алюминиевые. Изотопы W-187 (полураспад 23,7 часов) и Co-60 (полураспад 5,27 лет) являются результатом действия потока нейтронов от реакции мишени.

Количество изотопов W-187 является небольшим в сравнении с радиацией от фольги мишени, но, тем не менее, требует принятия во внимание. Медно-вольфрамовые элементы также требуют соответствующей процедуры обращения с ними.

Если время позволяет, рассмотрите возможность ожидания в течение 24 часов для истечения периода полураспада элементов на мишени перед началом работы с ней.

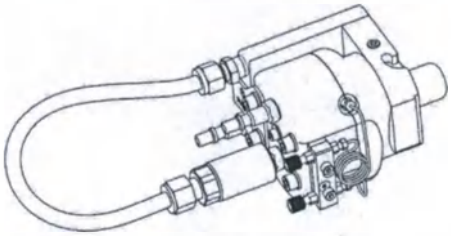
Количество изотопов Co-60 является небольшим и обычно не представляет проблемы в сравнении с другими изотопами.

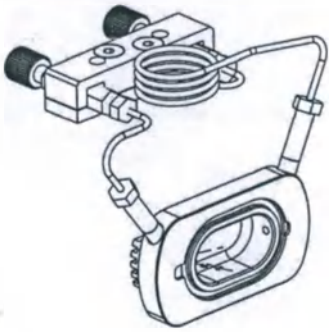
Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-14.

Обратите внимание!
Необходимо использование инструмента техобслуживания шариковой мишени, поставляемого вместе с мишенью.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-14: Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27



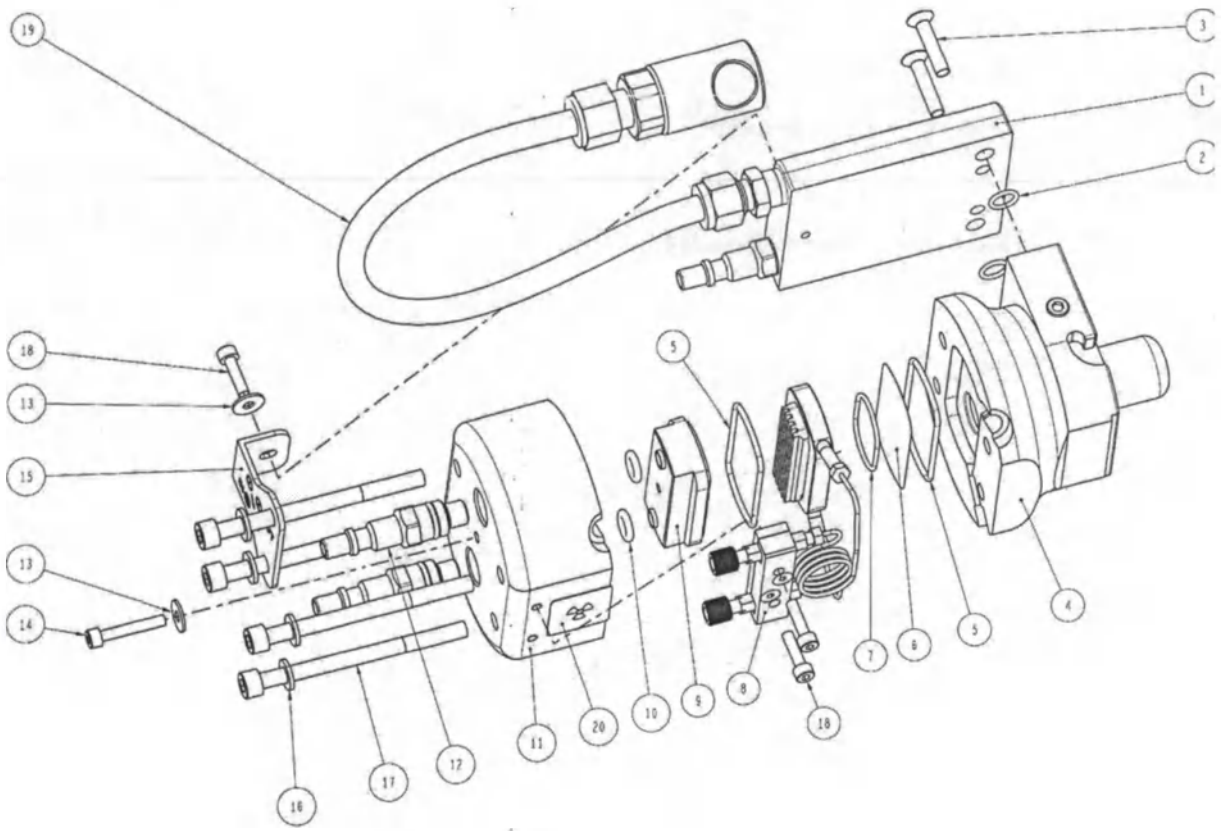


ОСТОРОЖНО! Тяжелый предмет

Надевайте защитную обувь.

Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 весит примерно 5,5 кг и при падении может нанести травму.

Обратите внимание!
*Ниобиевый корпус с узлом соединений **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** разбирать в связи с риском утечки.*



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Разборка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов

Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

1 Отсоедините быстроразъемное соединение шланга рециркуляции воды **19** от задней части мишени и опорожните мишень от охлаждающей воды.

2 Используйте 3-мм шестигранный ключ для выкручивания двух винтов **18**, с помощью которых ниобиевый корпус с узлом соединений **8** крепится к корпусу мишени.

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ открывать любое из соединений из нержавеющей стали 1/16 дюйма, поскольку это может привести к утечке мишени.

3 Выкрутите винт **18** и шайбу **13**, крепящие кронштейн узла охлаждения **15** к узлу охлаждения.

4 Используя шестигранный ключ 5 мм, открутите в крестообразном порядке четыре винта **17**, удерживающие части мишени вместе. Удалите винты **17**, шайбы **16** и кронштейн узла охлаждения **15**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Снимите задний фланец **11** и ниобиевый корпус с узлом соединений **8** с переднего фланца узла охлаждения **4**.

ВНИМАНИЕ!

Не разделяйте элементы переднего фланца узла охлаждения. Медно-вольфрамовые и алюминиевые элементы передней части являются несъемными и не подлежат разборке. Если по какой-либо причине необходимо отделить их, требуется расширенный комплект для технического обслуживания самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27, чтобы восстановить уплотнение Helicoflex™.

ВНИМАНИЕ!

Будьте осторожны и следите за тем, чтобы не погнуть патрубки из нержавеющей стали на ниобиевом корпусе с узлом соединений.

6 Снимите фольгу мишени **6** с переднего фланца узла охлаждения **4**.

Фольга может приклеиться к нижней части уплотнительного кольца; в этом случае используйте инструмент с шариком на конце для технического обслуживания мишени для снятия фольги **6**. Для вставки конца инструмента под фольгу имеется узкий вырез на конце отверстия нижнего соединителя из нержавеющей стали с ниобиевым корпусом.

Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

7 Снимите уплотнительное кольцо **5** с переднего фланца узла охлаждения **4**. При необходимости используйте инструмент для технического обслуживания мишени.

Будьте осторожны, чтобы не поцарапать герметичную поверхность.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8 Снимите уплотнение Helicoflex™ **7** с ниобиевого корпуса **8**.

ВНИМАНИЕ!

Всегда с особой осторожностью снимайте уплотнение Helicoflex™. Очень важно не повредить герметичную поверхность.

Если на герметичной поверхности появляется только небольшая отметина, то это обычно не является проблемой. Мягкое золотое покрытие уплотнения в большинстве случаев компенсирует это. **Но все равно при снятии уплотнения требуется соблюдать особую осторожность.**

Иногда уплотнение отделяется очень легко: либо легким постукиванием по ниобиевому корпусу напротив пластины, либо осторожным поддеванием инструментом, входящим в комплект мишени (см. Рис. 17-15).

Рис. 17-15: Инструмент техобслуживания шариковой мишени

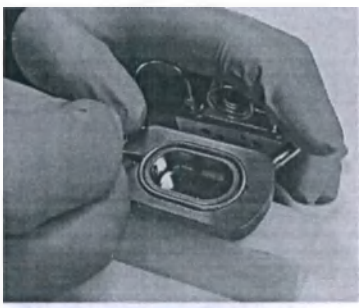
Отвертки и похожие инструменты **не** следует использовать для снятия уплотнения, поскольку они часто являются острыми и могут повредить герметичную поверхность.

Если уплотнение с трудом выходит из паза, извлекайте его инструментом постепенно.

a Вставьте инструмент между уплотнением и внешним радиусом паза. Используйте вырезы на верхней и нижней частях уплотнения для снятия.

b Не проталкивая инструмент до дна паза, начинайте работать инструментом в направлении уплотнения, чтобы вынуть его из паза. Продвигайтесь по периметру паза небольшими шагами.

c Когда уплотнение будет освобождено по всему периметру, извлеките его из паза.



ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 Снимите уплотнительное кольцо **5** с заднего фланца **11**. При необходимости используйте инструмент для технического обслуживания мишени. Для облегчения снятия ослабляйте его вместе со вставкой заднего фланца, см. этап 10.

10 Ослабьте винт **14**, удерживающий вставку заднего фланца **9** на заднем фланце **11**, но не отвинчивайте его полностью. При необходимости по винту можно аккуратно постукивать для того, чтобы вставка выпала из внутренней части фланца.

11 Удалите винт **14**, шайбу **13** и вставку заднего фланца **9** с заднего фланца **11**.

12 Выньте два небольших уплотнительных кольца **10** из внутренней части заднего фланца **11**.

13 Удалите винты **3**, отсоедините блок охлаждения **1** от переднего фланца узла охлаждения **4** и удалите уплотнительные кольца **2**.

ВНИМАНИЕ!

Не разделяйте элементы переднего фланца узла охлаждения. Медно-вольфрамовые и алюминиевые элементы передней части являются несъемными и не подлежат разборке. Если по какой-либо причине необходимо отделить их, требуется расширенный комплект для технического обслуживания самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27, чтобы восстановить уплотнение Helicoflex™.

Чистка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 При необходимости проведите чистку переднего фланца узла охлаждения **4** и заднего фланца **11** с помощью безворсовой бумаги и изопропилового спирта. **Запрещается проводить чистку медно-вольфрамовых элементов с помощью воды. Остатки воды могут вызвать серьезную коррозию этих элементов.**

2 При необходимости тщательно протрите алюминиевую вставку заднего фланца **6** от отложений, используя безворсовую бумагу, смоченную в изопропиловом спирте.

3 Насухо вытрите все поверхности установки уплотнительных колец и фольги на переднем фланце узла охлаждения **4**. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

4 При необходимости также очистите пластины радиатора с тыльной стороны ниобиевого корпуса.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Тщательно протрите полость для воды мишени в ниобиевом корпусе, используя безворсовую бумагу, смоченную изопропиловым спиртом. Повторите операцию дважды, меняя бумагу.

Обратите внимание!
Соблюдайте осторожность, чтобы не деформировать и не сместить соединения и трубки носителя мишени ниобиевого корпуса, поскольку это может привести к утечке мишени.

6 Проведите чистку всего ниобиевого корпуса с узлом соединений **8** с помощью ультразвуковой очистительной машины в следующем порядке:

a Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100;

b Полностью погрузите ниобиевый корпус с узлом соединений в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не образовались воздушные пузыри.

c По возможности температура ванны должна быть +50°C;

d Время в ванне: 15 минут.

Обратите внимание!
Прежде чем выливать моющий раствор, проверьте его на радиоактивность.

7 Промойте ниобиевый корпус водой в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте дистиллированную или деионизированную воду.

b Полностью погрузите ниобиевый корпус с узлом соединений в воду. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не образовались воздушные пузыри.

c Температура должна быть выше 20°C.

d Время в ванне: 5 минут.

8 Повторите шаг 7 дважды, меняя воду на свежую.

9 Промойте деионизированной водой патрубки из нержавеющей стали диаметром 1/16 дюйма с помощью входящего в комплект для технического обслуживания соединителя 10-32-to-Luer, закрепленного на шприце объемом ~10 мл.

a Соедините шприц с соединителем Люэра и канал входа/выхода среды и с усилием промойте водой из шприца. Повторите процедуру один раз.

b Соедините шприц с соединителем Люэра и газовый канал и с усилием промойте водой из шприца. Повторите процедуру один раз.

В завершение соедините пустой шприц с каналами и с усилием продуйте патрубки воздухом для удаления остатков воды.

10 Протрите досуха ниобиевый корпус с узлом соединений безворсовой бумагой и оставьте узел на открытом воздухе на 5 минут.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11 Тщательно осмотрите герметичные поверхности на всех деталях мишени на предмет царапин и загрязнений.

Тщательная чистка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения)

Если происходит снижение отдачи мишени и (или) эффективности химических процессов (обычно при > 50 000 мкА/ч, что соответствует > 3 интервалам технического обслуживания), то может быть необходимо провести более тщательную чистку ниобиевого корпуса.

Следующую процедуру можно использовать для чистки и технического обслуживания ниобиевой вставки мишени с помощью средства Cif[4] Cream Lemon в целях удаления всех отложений с внутренней части ниобиевого корпуса.

Обратите внимание!
Используйте только средство Cif Cream Lemon. Средство Cif Cream Original содержит флуоресцентное вещество, которое может быть фторидом кальция, а средство Cif Cream Lemon его не содержит.

4 В зависимости от страны, средство Cif также продается под марками Jif, Vim, Viss и Handy Andy.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 Нанесите небольшое количество средства Cif Cream Lemon либо на безворсовую ткань, либо непосредственно на камеру мишени.

2 Отполируйте внутреннюю поверхность камеры мишени с помощью средства Cif и безворсовой ткани. Для чистки углов с помощью ткани можно использовать пару пластмассовых щипцов. Избегайте выдавливания средства Cif в наполненные/пустые отверстия, а также в отверстие для повышенного давления мишени.

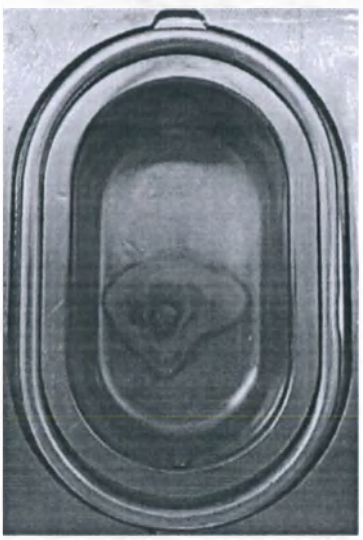
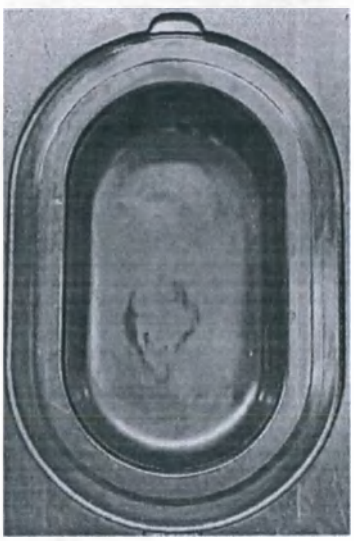
ВНИМАНИЕ!

Поскольку средство Cif содержит компоненты мягкого абразива, подобный вид чистки может стать причиной появления мелких потертостей на ниобиевом корпусе. Помните о том, что толщина задней стенки ниобиевого корпуса составляет всего около 0,5 мм.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

Задача состоит в том, чтобы удалить как можно больше следов пучка со дна вставки.

Перед чисткой (пример)	После чистки (пример)
	

3 Проведите чистку ниобиевого корпуса с узлом соединений с помощью ультразвуковой очистительной машины. См. Раздел Чистка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения) на странице 293 (этапы 6–7).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27)

Обратите внимание!
Перед повторной сборкой убедитесь в том, что все детали полностью высохли. Даже небольшое количество влаги может вызвать коррозию медно-вольфрамовых элементов.

Прежде всего укрепите узел охлаждения на монтажной плите мишени. См. Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольгу и т. д. из комплекта для технического обслуживания мишени.

ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов

Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

ВНИМАНИЕ! Риск загрязнения

Не следует смазывать уплотнительные кольца. Используйте их в таком виде, как они находятся в комплекте для технического обслуживания.

1 Установите уплотнительные кольца (8,1 × 1,6) **2** в передний фланец узла охлаждения **4** и закрепите блок охлаждения **1** к переднему фланцу узла охлаждения **4** с помощью винтов **3**. Затяните с моментом 5 Нм.

2 Установите уплотнительное кольцо **5** в паз на переднем фланце узла охлаждения **4**.

3 Установите уплотнительные кольца (6,8 × 2,65) **10** в задний фланец **11**.

4 Поместите вставку заднего фланца **9** в задний фланец **11** и закрепите его с помощью винта **14** и шайбы **13**.

5 Установите уплотнительное кольцо **5** в задний фланец **11**.

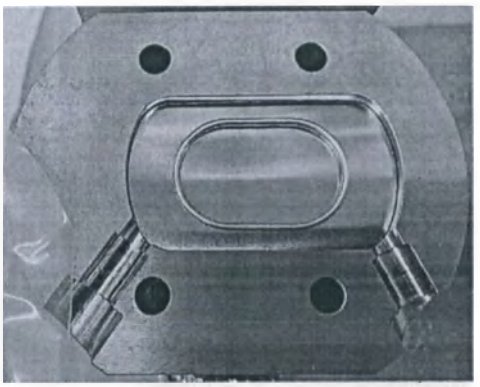
6 Расположите фольгу **6** поверх уплотнительного кольца **5** на переднем фланце узла охлаждения **4**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 С помощью пинцета осторожно уложите уплотнение Helicoflex **7** поверх фольги **6**. Поместите уплотнение по центру фольги.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.



8 Убедитесь, что уплотнительный паз на ниобиевом корпусе чист и не содержит инородных частиц.

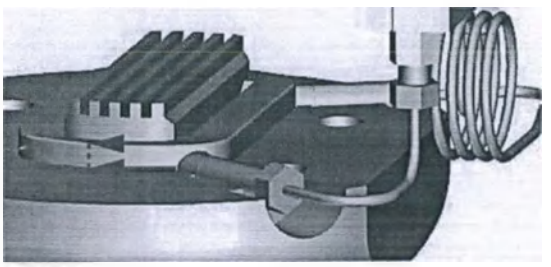
9 Очень осторожно поместите ниобиевый корпус с узлом соединений **8** поверх фольги **6** и уплотнения Helicoflex **7**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

10 Убедитесь, что уплотнение Helicoflex **7** установлено должным образом на ниобиевом корпусе с узлом соединений **8**. Используйте штангенциркуль, чтобы измерить расстояние от поверхности переднего фланца до задней части ниобиевого корпуса с узлом соединений **8**.

Расстояние должно составлять примерно **4,2 мм** со всех сторон.



Обратите внимание!
Если расстояние составляет около 5 мм, скорее всего уплотнение Helicoflex в ниобиевом корпусе с узлом соединений установлено неправильно.

11 Аккуратно установите собранный задний фланец **11** поверх ниобиевого корпуса с узлом соединений **8**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 Установите кронштейн узла охлаждения **15** на задний фланец **11**, толкните его в сторону узла охлаждения **1** и закрепите с помощью винта **18** и шайбы **13**, затянув их вручную.

13 Нанесите небольшое количество смазки на резьбовые поверхности винтов **17** и шайб **16**.

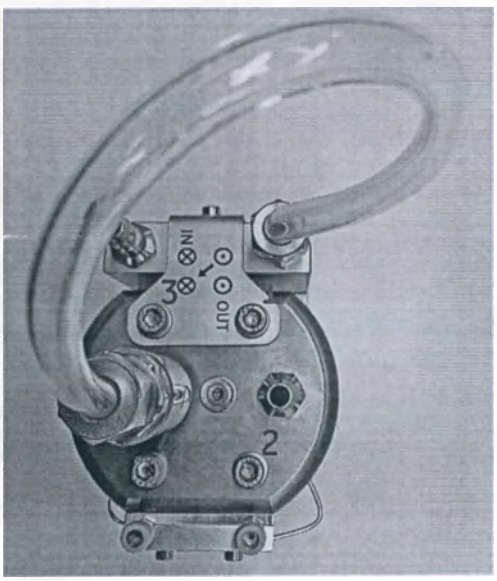
14 Наденьте шайбы **16** на винты **17** и вставьте винты в задний фланец **11**.

15 С помощью динамометрического ключа затяните четыре винта **17** поэтапно, строго следуя шагам, описанным в таблице ниже.

ВНИМАНИЕ! Риск повреждения уплотнительной поверхности

Обязательно соблюдайте схему затягивания, чтобы не повредить уплотнительные поверхности. Нетрадиционная схема затягивания необходима, поскольку винты неравномерно распределены по овальному уплотнению Helicoflex™. Предлагаемая схема это компенсирует.

	Винты	Затягивание
1	1 и 2	5 Нм
2	3 и 4	3 Нм
3	1 и 2	7 Нм
4	3 и 4	5 Нм
5	1 и 2	9 Нм
6	3 и 4	7 Нм
7	1, 2, 3 и 4	9 Нм



Обратите внимание!
Между задним фланцем и передним фланцем узла охлаждения всегда должен быть небольшой зазор. Этот зазор может колебаться от 0,05 до 0,2 мм и не всегда равномерно распределен вокруг мишени. Убедитесь в наличии зазора с помощью измерительного щупа.

16 Затяните винт **18**, чтобы закрепить кронштейн узла охлаждения **15** к заднему фланцу **11**.

17 Закрепите ниобиевый корпус с узлом соединений **8** на заднем фланце **11** с помощью двух винтов **18**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

18 Подсоедините шланг рециркуляции воды **19** от узла охлаждения до задней части мишени.

Обратите внимание!
Этот шланг необходимо заменять с регулярными интервалами, обычно каждые шесть месяцев. Шланг является отдельной запасной частью и не входит в комплект для технического обслуживания. См. Раздел Замена шланга рециркуляции воды (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27) на странице 287.

19 Перед тем как устанавливать мишень в циклотрон, не забудьте заменить уплотнительное кольцо в гнезде для мишени. Это уплотнительное кольцо (22,2 × 3) входит в комплект для технического обслуживания.

Инструкции по установке мишени см. в разделе Раздел 17-12-8 Установка мишени на место на странице 320.

Замена шланга рециркуляции воды (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27)

Шланг рециркуляции воды необходимо заменять с регулярными интервалами, обычно каждые шесть месяцев. Шланг является отдельной запасной частью и не входит в комплект для технического обслуживания мишени.

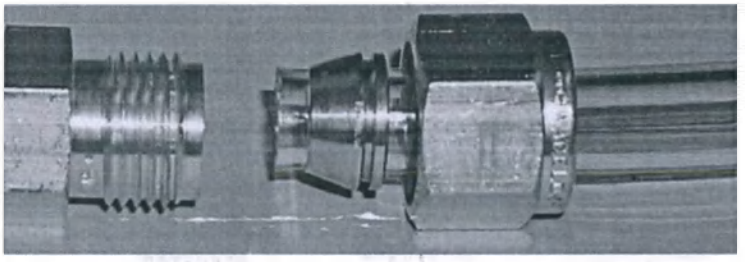
Для замены шланга:

1 Открутите гайку от соединителя на узле охлаждения и отсоедините шланг.

2 Открутите гайку от быстроразъемного соединения и снимите быстроразъемное соединение со шланга. Утилизируйте старый шланг вместе с гайками.

3 Вставьте одну из трубок из нержавеющей стали в один конец нового шланга.

4 Продвиньте конец трубки через гайку и наденьте передний и задний наконечники на шланг.



5 Продвиньте шланг к плечу крепления и затяните гайку вручную.

6 Устойчиво удерживайте крепление и затяните гайку на 1¼ оборота.

7 Повторите шаги 3–6 для другого конца шланга.

Когда мишень установлена и водяное охлаждение мишени включено. Выполните проверку на утечку вокруг крепления. При необходимости затяните сильнее.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-6-5 Техническое обслуживание самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 (без переднего фланца охлаждения)

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Активация элементов мишени в основном пропорциональна накопленному количеству циклов мкА/ч мишени. Это означает, что, чем больше интервал между техническим обслуживанием мишени, тем более активированными становятся элементы мишени, особенно фольга.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Медно-вольфрамные элементы самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27 становятся более радиоактивными, чем алюминиевые. Изотопы W-187 (полураспад 23,7 часов) и Co-60 (полураспад 5,27 лет) являются результатом действия потока нейтронов от реакции мишени.

Количество изотопов W-187 является небольшим в сравнении с радиацией от фольги мишени, но, тем не менее, требует принятия во внимание. Медно-вольфрамовые элементы также требуют соответствующей процедуры обращения с ними.

Если время позволяет, рассмотрите возможность ожидания в течение 24 часов для истечения периода полураспада элементов на мишени перед началом работы с ней.

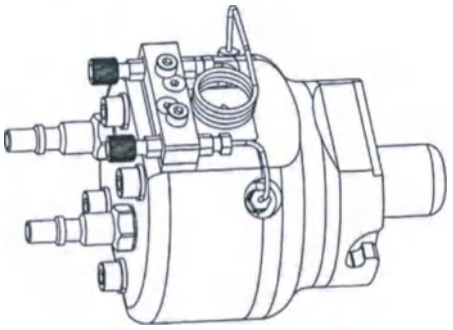
Количество изотопов Co-60 является небольшим и обычно не представляет проблемы в сравнении с другими изотопами.

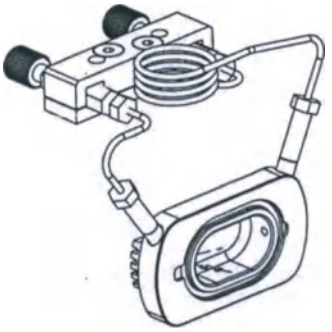
Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-16.

Обратите внимание!
Необходимо использование инструмента техобслуживания шариковой мишени, поставляемого вместе с мишенью.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-16: Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 (без переднего фланца охлаждения)



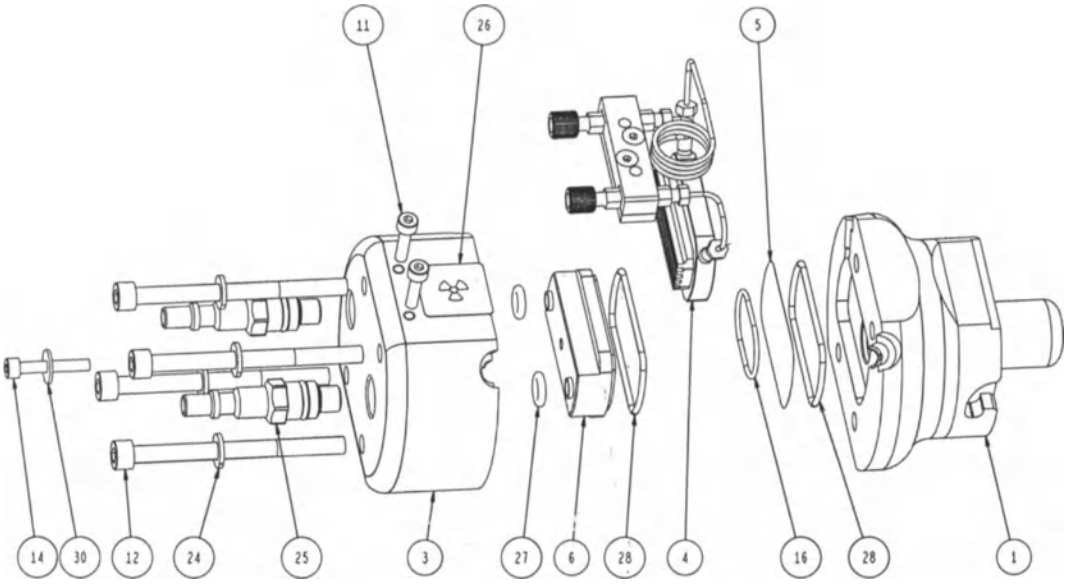


ОСТОРОЖНО! Тяжелый предмет

Надевайте защитную обувь.

Самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 весит примерно 5,5 кг и при падении может нанести травму.

Обратите внимание!
*Ниобиевый корпус с узлом соединений **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** разбирать в связи с риском утечки.*



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Разборка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов

Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

1 Используйте 3-мм шестигранный ключ для выкручивания двух винтов **11**, с помощью которых ниобиевый корпус с узлом соединений **4** крепится к корпусу мишени.

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ открывать любое из соединений из нержавеющей стали 1/16 дюйма, поскольку это может привести к утечке мишени.

2 Используя шестигранный ключ 5 мм, открутите в крестообразном порядке четыре винта **17**, удерживающие части мишени вместе. Удалите винты **17** и шайбы **16**.

3 Снимите задний фланец **3** и ниобиевый корпус с узлом соединений **4** с узла переднего фланца **1**.

Обратите внимание!
Не разделяйте элементы узла переднего фланца. Медно-вольфрамовые и алюминиевые элементы передней части являются несъемными и не подлежат разборке. Если по какой-либо причине необходимо отделить их, требуется расширенный комплект для технического обслуживания самоэкранирующей мишени $^{18}F^-$ Nb 27, чтобы восстановить уплотнение Helicoflex™.

ВНИМАНИЕ!

Будьте осторожны и следите за тем, чтобы не погнуть патрубки из нержавеющей стали на ниобиевом корпусе с узлом соединений.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Снимите фольгу мишени **5** с узла переднего фланца **1**. Фольга может приклеиться к нижней части уплотнительного кольца; в этом случае используйте инструмент с шариком на конце для технического обслуживания мишени для снятия фольги **5**. Для вставки конца инструмента под фольгу имеется узкий вырез на конце отверстия нижнего соединителя из нержавеющей стали с ниобиевым корпусом. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

5 Снимите уплотнительное кольцо **28** с узла переднего фланца **1**. При необходимости используйте инструмент для технического обслуживания мишени.

Будьте осторожны, чтобы не поцарапать герметичную поверхность.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 Снимите уплотнение Helicoflex™ **16** с ниобиевого корпуса **4**.

ВНИМАНИЕ!

Всегда с особой осторожностью снимайте уплотнение Helicoflex™. Очень важно не повредить герметичную поверхность.

Если на герметичной поверхности появляется только небольшая отметина, то это обычно не является проблемой. Мягкое золотое покрытие уплотнения в большинстве случаев компенсирует это. **Но все равно при снятии уплотнения требуется соблюдать особую осторожность.**

Иногда уплотнение отделяется очень легко: либо легким постукиванием по ниобиевому корпусу напротив пластины, либо осторожным поддеванием инструментом, входящим в комплект мишени (см. Рис. 17-17).

Рис. 17-17: Инструмент техобслуживания шариковой мишени

Отвертки и похожие инструменты **не** следует использовать для снятия уплотнения, поскольку они часто являются острыми и могут повредить герметичную поверхность.

Если уплотнение с трудом выходит из паза, извлекайте его инструментом постепенно.

a Вставьте инструмент между уплотнением и внешним радиусом паза. Используйте вырезы на верхней и нижней частях уплотнения для снятия.

b Не проталкивая инструмент до дна паза, начинайте работать инструментом в направлении уплотнения, чтобы вынуть его из паза. Продвигайтесь по периметру паза небольшими шагами.

c Когда уплотнение будет освобождено по всему периметру, извлеките его из паза.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 Снимите уплотнительное кольцо **28** с заднего фланца **3**. При необходимости используйте инструмент для технического обслуживания мишени. Для облегчения снятия ослабляйте его вместе со вставкой заднего фланца, см. этап 8.

8 Ослабьте винт **14**, удерживающий вставку заднего фланца **6** на заднем фланце **3**, но не отвинчивайте его полностью. При необходимости по винту можно аккуратно постукивать для того, чтобы вставка выпала из внутренней части фланца.

9 Удалите винт **14**, шайбу **30** и вставку заднего фланца **6** с заднего фланца **3**.

10 Выньте два небольших уплотнительных кольца **27** из внутренней части заднего фланца **3**.

Чистка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 При необходимости проведите чистку узла переднего фланца **1** и заднего фланца **3** с помощью безворсовой бумаги и изопропилового спирта. **Запрещается проводить чистку медно-вольфрамовых элементов с помощью воды. Остатки воды могут вызвать серьезную коррозию этих элементов.**

2 При необходимости тщательно протрите алюминиевую вставку заднего фланца **6** от отложений, используя безворсовую бумагу, смоченную в изопропиловом спирте.

3 Насухо вытрите все поверхности установки уплотнительных колец и фольги на узле переднего фланца **1**. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

4 При необходимости также очистите пластины радиатора с тыльной стороны ниобиевого корпуса.

5 Тщательно протрите полость для воды мишени в ниобиевом корпусе, используя безворсовую бумагу, смоченную изопропиловым спиртом. Повторите операцию дважды, меняя бумагу.

Обратите внимание!
Будьте осторожны и следите за тем, чтобы не повредить линии подачи сред к мишени на ниобиевом корпусе и патрубки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 Проведите чистку всего ниобиевого корпуса с узлом соединений **4** с помощью ультразвуковой очистительной машины в следующем порядке:

a Используйте обычное жидкое моющее средство, разведенное дистиллированной или деионизированной водой (с сопротивлением > 18 МОм) в пропорции 1: 100;

b Полностью погрузите ниобиевый корпус с узлом соединений в жидкость. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не образовались воздушные пузыри.

c По возможности температура ванны должна быть +50°C;

d Время в ванне: 15 минут.

Обратите внимание!
Прежде чем выливать моющий раствор, проверьте его на радиоактивность.

7 Промойте ниобиевый корпус водой в ультразвуковой ванне следующим способом:

a Используйте дистиллированную или деионизированную воду.

b Полностью погрузите ниобиевый корпус с узлом соединений в воду. Убедитесь в том, что все поверхности смочены и не образовались воздушные пузыри.

c Температура должна быть выше 20°C.

d Время в ванне: 5 минут.

8 Повторите шаг 7 дважды, меняя воду на свежую.

9 Промойте деионизированной водой патрубки из нержавеющей стали диаметром 1/16 дюйма с помощью входящего в комплект для технического обслуживания соединителя 10-32-to-Luer, закрепленного на шприце объемом ~10 мл.

a Соедините шприц с соединителем Люэра и канал входа/выхода среды и с усилием промойте водой из шприца. Повторите процедуру один раз.

b Соедините шприц с соединителем Люэра и газовый канал и с усилием промойте водой из шприца. Повторите процедуру один раз.

В завершение соедините пустой шприц с каналами и с усилием продуйте патрубки воздухом для удаления остатков воды.

10 Протрите досуха ниобиевый корпус с узлом соединений безворсовой бумагой и оставьте узел на открытом воздухе на 5 минут.

11 Тщательно осмотрите герметичные поверхности на всех деталях мишени на предмет царапин и загрязнений.

Тщательная чистка (самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27 без переднего фланца охлаждения)

Если происходит снижение отдачи мишени и (или) эффективности химических процессов (обычно при > 50 000 мкА/ч, что соответствует > 3 интервалам технического обслуживания), то может быть необходимо провести более тщательную чистку ниобиевого корпуса.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Следующую процедуру можно использовать для чистки и технического обслуживания ниобиевой вставки мишени с помощью средства Cif[5] Cream Lemon в целях удаления всех отложений с внутренней части ниобиевого корпуса.

Обратите внимание!
Используйте только средство Cif Cream Lemon. Средство Cif Cream Original содержит флуоресцентное вещество, которое может быть фторидом кальция, а средство Cif Cream Lemon его не содержит.

1 Нанесите небольшое количество средства Cif Cream Lemon либо на безворсовую ткань, либо непосредственно на камеру мишени.

2 Отполируйте внутреннюю поверхность камеры мишени с помощью средства Cif и безворсовой ткани. Для чистки углов с помощью ткани можно использовать пару пластмассовых щипцов. Избегайте выдавливания средства Cif в наполненные/пустые отверстия, а также в отверстие для повышенного давления мишени.

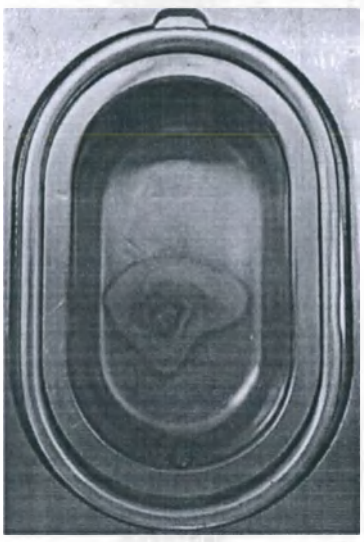
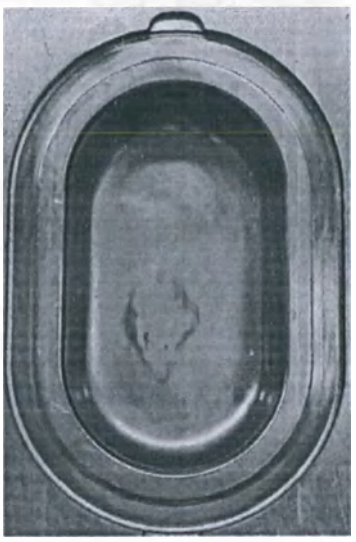
ВНИМАНИЕ!

Поскольку средство Cif содержит компоненты мягкого абразива, подобный вид чистки может стать причиной появления мелких потертостей на ниобиевом корпусе. Помните о том, что толщина задней стенки ниобиевого корпуса составляет всего около 0,5 мм.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Соблюдайте необходимые меры предосторожности при утилизации салфеток. Они могут быть радиоактивными.

Задача состоит в том, чтобы удалить как можно больше следов пучка со дна вставки.

Перед чисткой (пример)	После чистки (пример)
	

5 В зависимости от страны, средство Cif также продается под марками Jif, Vim, Viss и Handy Andy.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Проведите чистку ниобиевого корпуса с узлом соединений с помощью ультразвуковой очистительной машины. См. Раздел Чистка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения) на странице 293 (этапы 6–7).

Сборка (самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 без переднего фланца охлаждения)

Обратите внимание!
Перед повторной сборкой убедитесь в том, что все детали полностью высохли. Даже небольшое количество влаги может вызвать коррозию медно-вольфрамовых элементов.

Прежде всего укрепите узел переднего фланца на монтажной плите мишени. См. Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольгу и т. д. из комплекта для технического обслуживания мишени.

> **ВНИМАНИЕ! Риск повреждения элементов**
>
> Данная мишень немного отличается от предыдущих мишеней $^{18}F^-$ с точки зрения процедуры разборки/сборки. Поэтому важно перед началом работы внимательно прочитать инструкцию. Использование процедур из инструкций для предыдущих мишеней может привести к повреждению деталей.

1 Уплотнительные кольца **27** и **28** не следует смазывать. Используйте их в таком виде, как они находятся в комплекте для технического обслуживания.

2 Установите уплотнительное кольцо **28** в паз на узле переднего фланца **1**.

3 Расположите фольгу **5** поверх уплотнительного кольца **28** на узле переднего фланце **1**.

4 Установите уплотнительные кольца **27** в задний фланец **3**.

5 Поместите вставку заднего фланца **6** в задний фланец **3** и закрепите его с помощью винта **14** и шайбы **30**. В некоторых более ранних моделях мишеней винт **14** представляет собой винт с утопленной головкой, имеющий тенденцию к прилипанию к медно-вольфрамовым элементам. Поэтому винт с утопленной головкой следует заменить винтом из нержавеющей стали MC6S, стандартным винтом с шестигранной головкой и шайбой **30**, входящим в комплект для технического обслуживания.

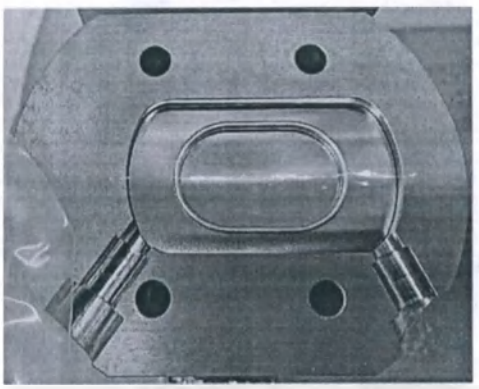
6 Установите уплотнительное кольцо **28** в задний фланец **3**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 С помощью пинцета осторожно уложите уплотнение Helicoflex **16** поверх фольги **5**. Поместите уплотнение по центру фольги.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.



8 Убедитесь, что уплотнительный паз на ниобиевом корпусе чист и не содержит инородных частиц.

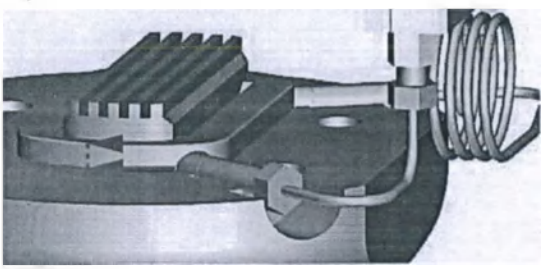
9 Очень осторожно поместите ниобиевый корпус с узлом соединений **4** поверх фольги **5** и уплотнения Helicoflex **16**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

10 Убедитесь, что уплотнение Helicoflex **16** установлено должным образом на ниобиевом корпусе с узлом соединений **4**. Используйте штангенциркуль, чтобы измерить расстояние от поверхности переднего фланца до задней части ниобиевого корпуса с узлом соединений **4**.

Расстояние должно составлять примерно **4,2 мм** со всех сторон.



Обратите внимание!
Если расстояние составляет около 5 мм, скорее всего уплотнение Helicoflex в ниобиевом корпусе с узлом соединений установлено неправильно.

11 Аккуратно установите собранный задний фланец **3** поверх ниобиевого корпуса с узлом соединений **4**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

12 Нанесите небольшое количество смазки на резьбовые поверхности винтов **12** и шайб **24**. Для улучшения совместимости с медно-вольфрамовыми элементами материал этих винтов был заменен на нержавеющую сталь (ранее винты делались из материала FZB). Обязательно используйте винты нового типа из нержавеющей стали, входящие в комплект для технического обслуживания.

13 Наденьте шайбы **24** на винты **12** и вставьте винты в задний фланец **3**. Затяните винты вручную крест-накрест.

14 Затяните четыре винта **12** крест-накрест в три этапа, применив крутящий момент 5 Н/м, 7 Н/м и 9 Н/м. Убедитесь в том, что между передним и задним фланцами нет промежутка.

15 Закрепите ниобиевый корпус с узлом соединений **4** на заднем фланце **3** с помощью двух винтов **11**.

16 Перед тем как устанавливать мишень в циклотрон, не забудьте заменить уплотнительное кольцо в гнезде для мишени. Это уплотнительное кольцо (22,2 × 3) входит в комплект для технического обслуживания.

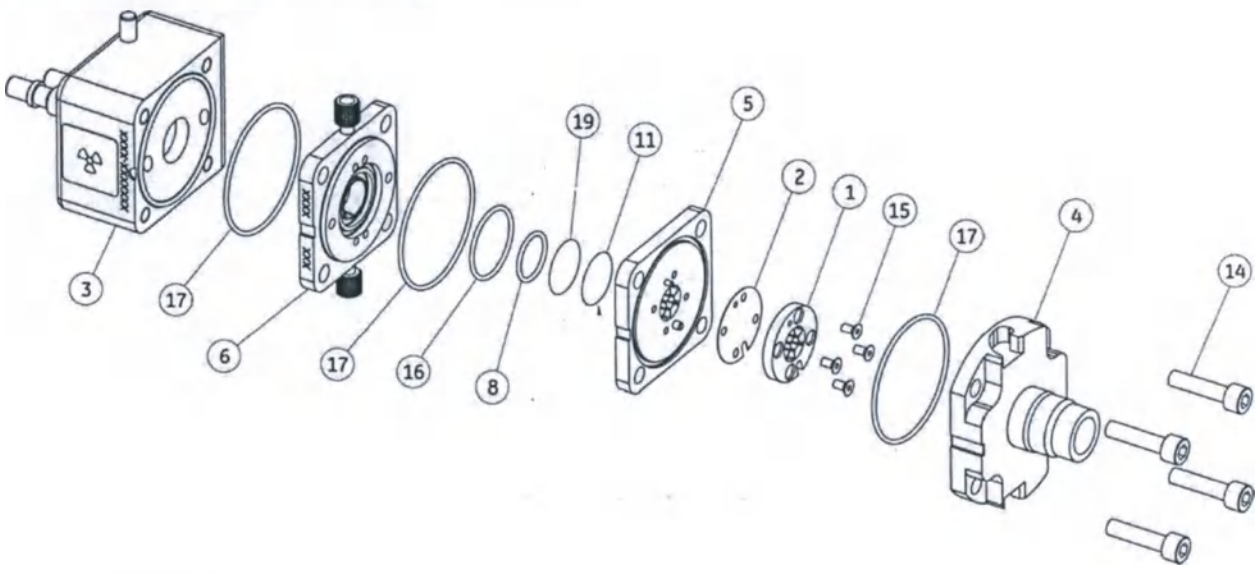
Инструкции по установке мишени см. в разделе Раздел 17-12-8 Установка мишени на место на странице 320.

17-12-6-6 Техническое обслуживание жидкостной мишени ^{68}Ga

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

В последующих описаниях выделенные жирным шрифтом числа ссылаются на номера на Рис. 17-18 ниже.

Рис. 17-18: Жидкостная мишень ^{68}Ga

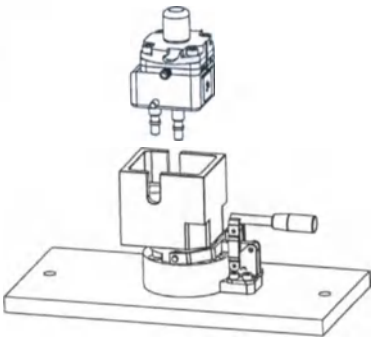


ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Разборка (жидкостная мишень ^{68}Ga)

Процесс разборки/сборки жидкостной мишени ^{68}Ga требует наличия специального адаптера монтажного инструмента (входит в комплект мишени).

Разборку начинайте с закрепления входящего в комплект адаптера на монтажной пластине мишени и установки задней стороны мишени в адаптер. Необходимо совместить соединители для входа/выхода воды с двумя отверстиями адаптера.



Ослабьте четыре винта (**14** на Рис. 17-18) и разберите мишень согласно этапам Раздел Сборка (жидкостная мишень ^{68}Ga) на странице 301, но в обратном порядке. Для снятия фольги используйте длинный захват.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

ВНИМАНИЕ!

Всегда с особой осторожностью снимайте уплотнение Helicoflex™. Очень важно не повредить герметичную поверхность.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО! Азотная кислота (HNO_3)

Жидкости, используемые в системе мишеней для ^{68}Ga, содержат азотную кислоту (HNO_3), обладающую коррозионными свойствами. При подготовке к производству или разборке элементов использованной системы жидкостных мишеней для ^{68}Ga:

- Убедитесь в наличии соответствующей вентиляции.
- Избегайте попадания на кожу и в глаза.
- Используйте защитные очки и перчатки, подходящие для работы с азотной кислотой. Если на перчатки попала кислота, немедленно поменяйте их.
- В случае попадания на кожу или в глаза промойте пораженную область большим количеством воды и срочно обратитесь за медицинской помощью.

Чистка (жидкостная мишень ^{68}Ga)

ВНИМАНИЕ!

Всегда используйте чистые защитные перчатки.

Не допускайте царапин на поверхности ниобиевого корпуса, а также на герметичных поверхностях остальных деталей.

1 Очистите передний фланец **4**, заднюю сетку **5**, вставку **6** задний фланец **3**. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной водой. Разведенную кислоту (например, ту же самую 0,2 М HNO_3, которая используется для чистки) можно применять для сетки и переднего фланца только в том случае, если отмечено наличие белого преципитата. Тщательно промойте водой.

2 Протрите все уплотнительные поверхности, контактирующие с уплотнительными кольцами и прокладками из фольги. Убедитесь в чистоте этих поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 Осмотрите и, при необходимости, очистите отверстия газового входа (верхнее) и водного входа (нижнее) на заднем фланце (**3**). Для удаления отложений воспользуйтесь трубкой ПЭЭК или чем-либо схожим подходящего размера. Будьте осторожны, чтобы не повредить поверхности уплотнения внутри разъемов трубок ПЭЭК.

4 Промойте ниобиевый корпус дистиллированной или деионизированной водой.

5 Подсушите безворсовой бумажной салфеткой и дайте просохнуть на воздухе в течение 5 минут.

6 Проверьте ниобиевый корпус на предмет царапин и загрязнений; также внимательно осмотрите отверстия для газа и воды. Осмотрите также уплотняемые поверхности на остальных частях мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (жидкостная мишень ^{68}Ga)

Сборку начинайте с закрепления входящего в комплект монтажного адаптера на монтажной пластине мишени и установки заднего фланца (**3**) мишени в адаптер.

Следующие этапы сборки предполагают, что мишень использовалась, и поэтому рекомендуется заменить все уплотнительные кольца. Уплотнение Helicoflex должно заменяться при каждой повторной сборке.

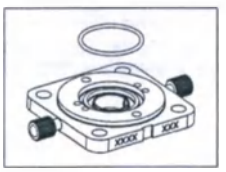
Следует помнить о возможном присутствии остатков ^{66}Ga/^{67}Ga в мишени или линиях, даже по прошествии достаточного периода времени для распада ^{68}Ga.

Материалы/оборудование, необходимые для сборки мишени:

- Три больших уплотнительных кольца **17**, одно уплотнительное кольцо меньшего размера **16**, один уплотнитель Helicoflex **8**, а также по одному слою ниобиевой фольги, фольги Havar и фольги биодеструктора (**19**, **11** и **2**, соответственно).
- Твердая смазка для сильного вакуума – Apeizon M или аналогичная.

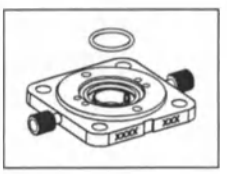
Процесс сборки включает следующие этапы:

1 Поместите уплотнительное кольцо **16** во вставку **6**. Для уплотнительного кольца **16** не допускается применение смазок.

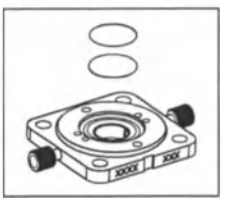


2 Поместите уплотнитель Helicoflex **8** в специальную бороздку на вставке **6**.

ВНИМАНИЕ!
Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

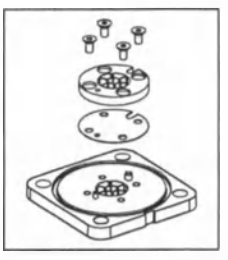


3 Надев чистые нежирные перчатки, поместите ниобиевую фольгу **19** во вставку **6**. Затем поместите фольгу Havar **11** поверх ниобиевой фольги. **Критически важно не перепутать разные виды фольги**. (Ниобиевая фольга – матовая/тускло-серая, а фольга Havar выглядит немного блестящей.) Мягко прикоснитесь к верхней поверхности фольги Havar и убедитесь в том, что оба слоя фольги хорошо становятся на место при нажатии.



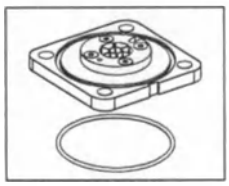
4 Поместите фольгу биодеструктора **2** на заднюю сетку **5**. Прикрепите переднюю сетку **1** к задней сетке **5** с помощью винтов **15**. Убедитесь в том, что сетки правильно совмещены.

Обратите внимание!
В зависимости от причины повторной сборки мишени, необязательно каждый раз менять фольгу биодеструктора после разборки мишени.



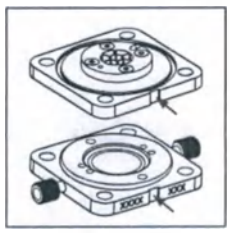
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Закрепите уплотнительное кольцо **17** на задней стороне задней сетки **5**. Для облегчения монтажа можно использовать небольшое количество твердой смазки Apeizon. Имейте в виду, что это – единственное уплотнительное кольцо, которое подлежит смазыванию.

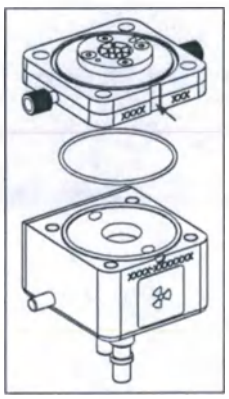


Или же уплотнительное кольцо **17** можно поместить на вставку **6**. В этом случае сначала убедитесь в том, что уплотнительное кольцо расположено правильно, а затем поместите заднюю сетку на вставку (следующий этап).

6 Поместите узел задней сетки **5** на вставку **6**. Убедитесь в том, что детали правильно совмещены. Для ориентации см. рисунок и совмещаемые бороздки (показаны на рисунке стрелками). Будьте внимательны, чтобы не защемить уплотнительные кольца.

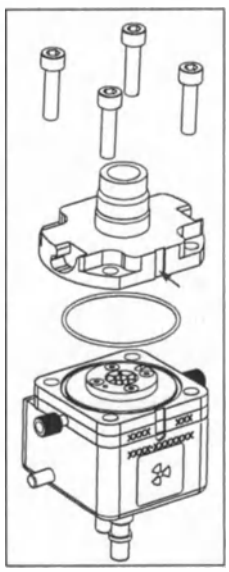


7 Поместите уплотнительное кольцо **17** в бороздку на заднем фланце **3**, а затем поместите вставку **6** поверх задней сетки. Уделите внимание совмещаемым бороздкам (показано стрелкой).



8 Поместите уплотнительное кольцо **17** в бороздку на передней стороне задней сетки **5** и прикрепите передний фланец **4** с помощью винтов **14**. Уделите внимание совмещаемым бороздкам (показано стрелкой).

Нанесите небольшое количество твердой смазки для вакуума на резьбовые поверхности винтов **14** и затяните их крест-накрест, по 1/8 оборота за один раз. И, наконец, затяните винты в несколько этапов, применив крутящий момент 5 Н/м, 7 Н/м и 9 Н/м.



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-7 Техобслуживание газовых мишеней

По поводу периодичности техобслуживания мишени обратитесь к Таблица 17-1.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Всегда надевайте защитную одежду, защиту для ног (обувь со стальным носком), перчатки и очки.

Всегда измеряйте уровни радиации перед началом работы с деталями.

Обращайтесь с использованными деталями в строгом соответствии с федеральными, региональными и местными нормативными документами.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга, используемая в качестве мишени, чрезвычайно радиоактивна. Обращайтесь с ней осторожно.

Никогда не прикасайтесь к фольге. Для увеличения расстояния от фольги используйте при работе с ней пинцет.

Если фольга порвана, ищите её фрагменты. Помните, что фрагменты также очень радиоактивны.

Чтобы свести к минимуму воздействие излучения, при первой же возможности уберите фольгу из рабочей области.

Такую же монтажную пластину можно использовать для всех мишеней. См. Рис. 17-6.

17-12-7-1 Техобслуживание стандартной мишени для $^{11}CO_2$ и мишени для ^{15}O

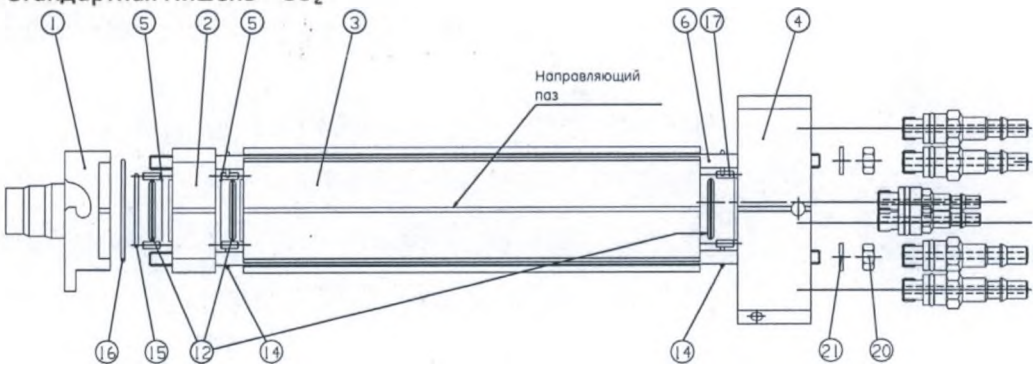
Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-19.

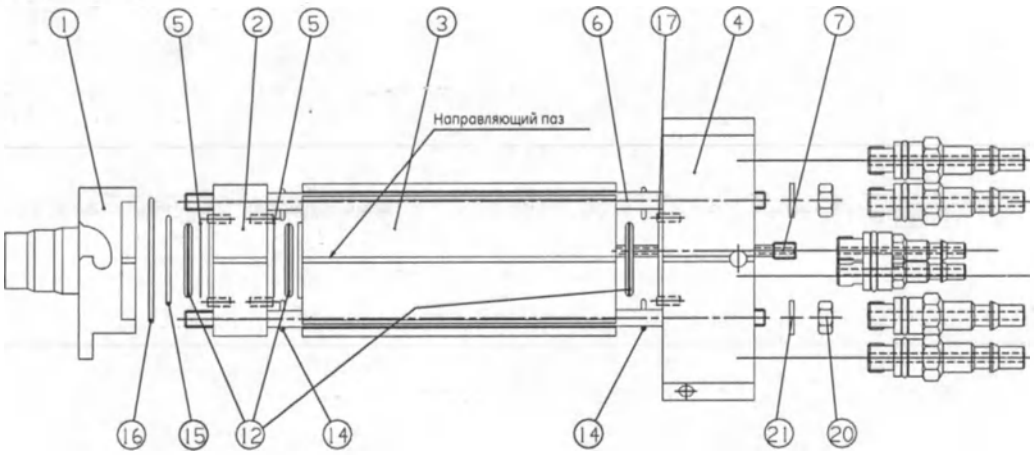
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-19: Стандартная мишень $^{11}CO_2$ и мишень ^{15}O

Стандартная мишень $^{11}CO_2$



Мишень ^{15}O



Разборка (стандартная мишень $^{11}CO_2$ и мишень ^{15}O)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Соблюдайте осторожность при извлечении уплотнительных колец и прокладки Helicoflex. Не царапайте уплотнительные поверхности.

1 Для свинчивания гаек **20** воспользуйтесь торцевым ключом 10 мм.

2 Отделите задний фланец **4** от корпуса мишени **3**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Отделите корпус мишени **3** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Аккуратно снимите корпус мишени **3** с резьбовых штифтов **6**.

4 Снимите уплотнение Helicoflex **12** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

5 Снимите фольгу **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

6 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **2** от переднего фланца **1**.

Аккуратно снимите фланец контура гелиевого охлаждения **2** с резьбовых штифтов **6**.

7 Снимите фольгу **5** и уплотнение Helicoflex **12** с переднего фланца **1**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

8 Снимите четыре уплотнительных кольца **14** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

9 Снимите уплотнительные кольца **15** и **16**.

Чистка (стандартной мишень $^{11}CO_2$ и мишень ^{15}O)

ВНИМАНИЕ!

Не следует очищать внутренние поверхности корпуса мишени.

При необходимости выполните очистку наружных поверхностей мишени (переднего и заднего фланцев, корпуса мишени, фланца контура гелиевого охлаждения) и уплотняемых поверхностей. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной в изопропиловом спирте.

Сборка (стандартная мишень $^{11}CO_2$ и мишень ^{15}O)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex и фольги из комплекта запасных инструментов и принадлежностей.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Нанесите вакуумную смазку на уплотнительные кольца **15** и **16**.

2 Поместите уплотнительные кольца в пазы переднего фланца **1**.

Обратите внимание!
Убедитесь в чистоте уплотняемых поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить уплотнение Helicoflex **12** в паз на переднем фланце **1**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 Очень осторожно поместите фольгу **5** в паз на переднем фланце **1**.

5 Аккуратно наденьте фланец контура гелиевого охлаждения **2** на резьбовые штифты **6** и опустите его на передний фланец **1**.

- Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **1** и на фланце контура гелиевого охлаждения **2** расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

6 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

7 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения.

8 Поместите фольгу **5** и уплотнение Helicoflex **12** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

9 Аккуратно наденьте корпус мишени **3** на резьбовые штифты **6** и опустите его на фланец контура гелиевого охлаждения **2**.

- Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

10 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

11 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на корпусе мишени **3**.

12 Вложите уплотнение Helicoflex **12** в паз на корпусе мишени **3**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

13 Поместите задний фланец **4** на корпус мишени **3**.

14 Нанесите немного консистентной смазки на резьбовые поверхности гаек **20**.

15 Установите шайбы **21** и гайки **20** и затяните их вручную.

16 С помощью динамометрического ключа с торцевой насадкой 10 мм затяните гайки **20** крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-7-2 Техобслуживание мишени для $^{11}CO_2$ HP (высокого давления)

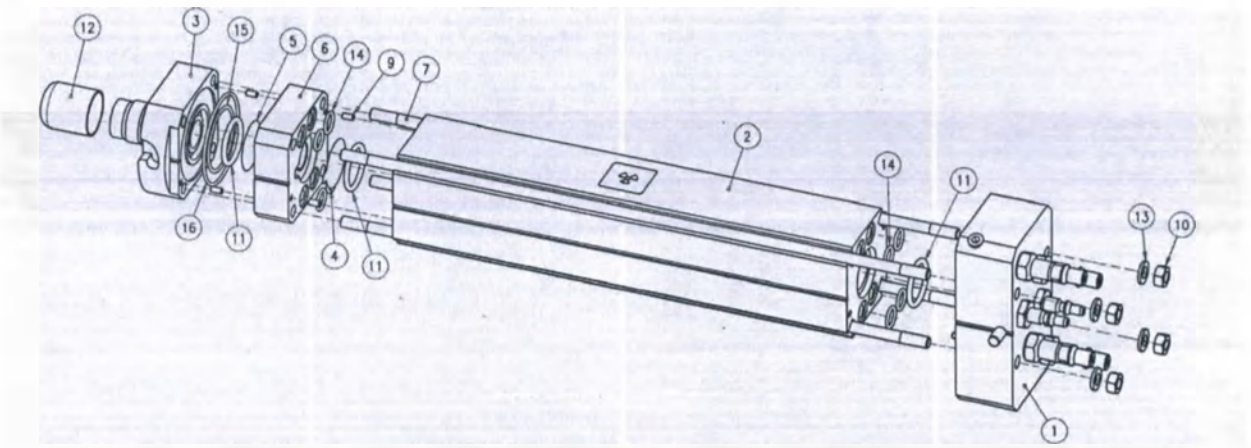
Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-20.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Мишень $^{11}CO_2$ HP становится более радиоактивной, чем стандартная мишень $^{11}CO_2$, поскольку используемый ток пучка имеет большую силу. Радиоактивность прямо пропорциональна силе тока пучка.

Рис. 17-20: Мишень $^{11}CO_2$ HP



Разборка (мишень $^{11}CO_2$ HP)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Соблюдайте осторожность при извлечении уплотнительных колец и прокладки Helicoflex. Не царапайте уплотнительные поверхности.

1 Для свинчивания гаек **10** воспользуйтесь торцевым ключом 10 мм.

2 Отделите задний фланец **1** от корпуса мишени **2**.

3 Отделите корпус мишени **2** от фланца контура гелиевого охлаждения **6**. Аккуратно снимите корпус мишени **2** с резьбовых штифтов **7**.

4 Снимите уплотнение Helicoflex **11** с фланца контура гелиевого охлаждения **6**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Снимите фольгу **4** с фланца контура гелиевого охлаждения **6**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

6 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **6** от переднего фланца **3**. Аккуратно снимите фланец контура гелиевого охлаждения **6** с резьбовых штифтов **7**.

7 Снимите фольгу **5** и уплотнение Helicoflex **11** с переднего фланца **3**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

8 Снимите четыре уплотнительных кольца **14** с фланца контура гелиевого охлаждения **6**.

9 Снимите уплотнительные кольца **15** и **16**.

Чистка (мишени $^{11}CO_2$ HP)

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не следует очищать внутренние поверхности корпуса мишени.

При необходимости выполните очистку наружных поверхностей мишени (переднего и заднего фланцев, корпуса мишени, фланца контура гелиевого охлаждения) и уплотняемых поверхностей. Воспользуйтесь безворсовой бумагой, смоченной в изопропиловом спирте.

Сборка (мишень $^{11}CO_2$ HP)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex и фольги из комплекта запасных инструментов и принадлежностей.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Нанесите вакуумную смазку на уплотнительные кольца **15** и **16**.

2 Поместите уплотнительные кольца в пазы переднего фланца **3**.

Обратите внимание!
Убедитесь в чистоте уплотняемых поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить уплотнение Helicoflex **11** в паз на переднем фланце **3**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

4 Очень осторожно вложите новую прокладку из фольги (без выступа) **5** в паз на переднем фланце **3**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Аккуратно наденьте фланец контура гелиевого охлаждения **6** на резьбовые штифты **7** и опустите его на передний фланец **3**.

- Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **3** и на фланце контура гелиевого охлаждения **6** расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

6 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

7 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения.

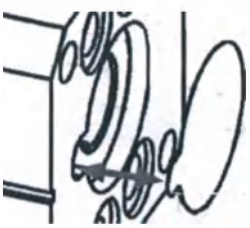
8 Поместите прокладку из фольги (с выступом) **4** и уплотнение Helicoflex **11** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **6**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

Обратите внимание!
*Убедитесь, что выступ фольги **4** занимает правильное положение в пазу на фланце контура гелиевого охлаждения **6**. См. Рис. 17-21.*

Рис. 17-21: Позиционирование фольги для мишени для $^{11}CO_2$ HP



9 Аккуратно наденьте корпус мишени **2** на резьбовые штифты **7** и опустите его на фланец контура гелиевого охлаждения **6**.

- Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

10 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

11 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на корпусе мишени **2**.

12 Вложите уплотнение Helicoflex **11** в паз на корпусе мишени **2**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

13 Поместите задний фланец **1** на корпус мишени **2**.

14 Нанесите немного консистентной смазки на резьбовые поверхности гаек **10**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

15 Установите шайбы **13** и гайки **10** и затяните их вручную.

16 С помощью динамометрического ключа с торцевой насадкой 10 мм затяните гайки **10** крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

17-12-7-3 Техобслуживание мишени для $^{11}CH_4$

Все работы с мишенью необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-22.

ВНИМАНИЕ!

Внутреннюю поверхность мишени $^{11}CH_4$ ни при каких условиях не следует подвергать воздействию воздуха.

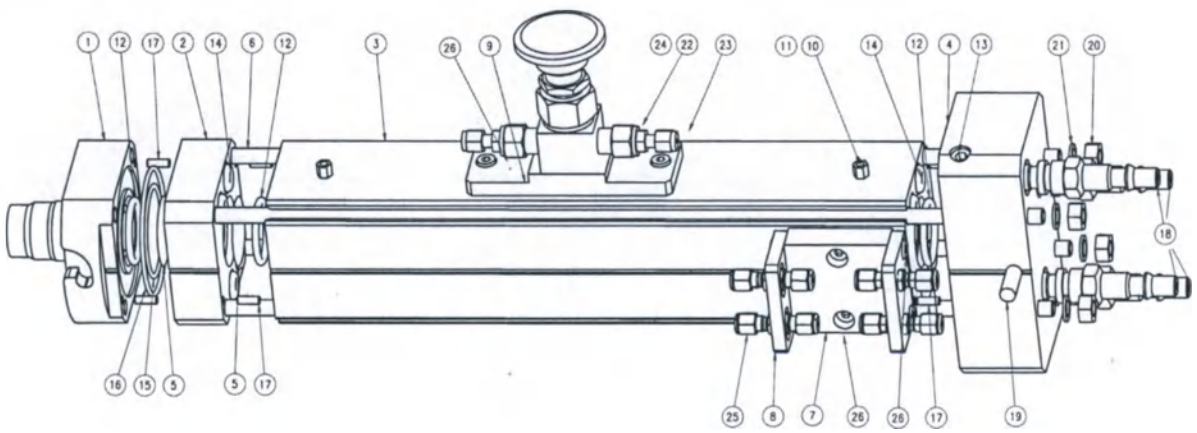
Каких-либо операций техобслуживания для данной мишени не рекомендуется.

Если произошло повреждение фольги и возникла необходимость разборки данной мишени, *обращайтесь в компанию GE Healthcare.*

ВНИМАНИЕ!

Прежде чем разбирать мишень $^{11}CH_4$, обязательно проконсультируйтесь в компании GE Healthcare. Разборка без явного согласия компании GE Healthcare, выполняется исключительно под ответственность заказчика.

Рис. 17-22: Мишень $^{11}CH_4$



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Разборка (мишень $^{11}CH_4$)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Соблюдайте осторожность при извлечении уплотнительных колец и прокладки Helicoflex. Не царапайте уплотнительные поверхности.

ВНИМАНИЕ!

Будьте осторожны, чтобы не повредить патрубки на корпусе основной мишени.

1 Для свинчивания гаек **20** воспользуйтесь торцевым ключом 10 мм.

2 Отделите задний фланец **4** от корпуса мишени **3**.

3 Отделите корпус мишени **3** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Аккуратно снимите корпус мишени **3** с резьбовых штифтов **6**.

4 Снимите фольгу **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

5 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **2** от переднего фланца **1**. Аккуратно снимите фланец контура гелиевого охлаждения **2** с резьбовых штифтов **6**.

6 Снимите фольгу **5** и уплотнение Helicoflex **12** с переднего фланца **1**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

7 Снимите уплотнение Helicoflex **12** и четыре уплотнительных кольца **14** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

8 Снимите уплотнительные кольца **15** и **16**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (мишень $^{11}CH_4$)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex и фольги из комплекта запасных инструментов и принадлежностей.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Будьте осторожны, чтобы не повредить патрубки на корпусе основной мишени.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Нанесите вакуумную смазку на уплотнительные кольца **15** и **16**.

2 Поместите уплотнительные кольца в пазы переднего фланца **1**.

Обратите внимание!
Убедитесь в чистоте уплотняемых поверхностей и отсутствии на них пыли.

3 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить уплотнение Helicoflex **12** в паз на переднем фланце **1**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

4 Очень осторожно поместите фольгу **5** в паз на переднем фланце **1**.

5 Аккуратно наденьте фланец контура гелиевого охлаждения **2** на резьбовые штифты и опустите его на передний фланец **1**.

- Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **1** и на фланце контура гелиевого охлаждения **2** расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

6 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

7 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения.

8 Поместите фольгу **5** и уплотнение Helicoflex **12** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 Аккуратно наденьте корпус мишени **3** на резьбовые штифты и опустите его на фланец контура гелиевого охлаждения **2**.

- Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

10 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

11 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на корпусе мишени **3**.

12 Вложите уплотнение Helicoflex **12** в паз на корпусе мишени **3**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

13 Поместите задний фланец **4** на корпус мишени **3**.

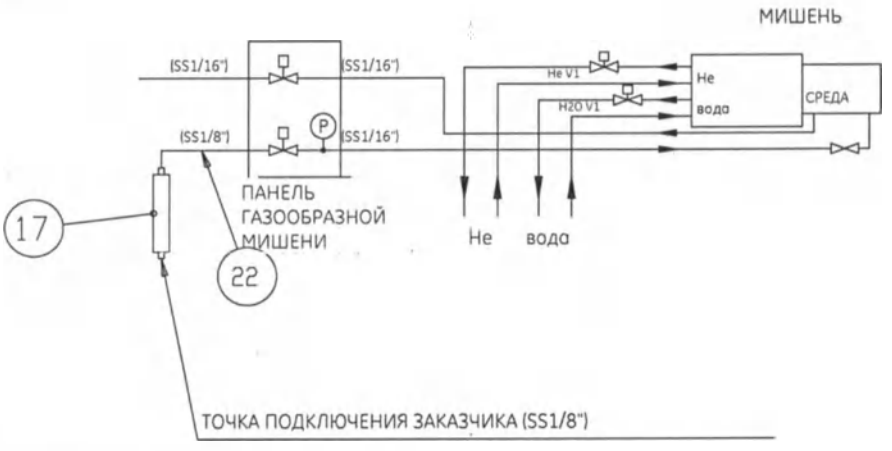
14 Нанесите немного консистентной смазки на резьбовые поверхности гаек **20**.

15 Установите шайбы **21** и гайки **20** и затяните их вручную.

16 С помощью динамометрического ключа с торцевой насадкой 10 мм затяните гайки **20** крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

Замена азотного очистителя

Рис. 17-23: Мишень $^{11}CH_4$



Для замены азотного очистителя:

1 Отключите подачу газа в мишень $^{11}CH_4$

2 Ослабьте соединения с ловушкой **17** и снимите ловушку.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Подсоедините новую ловушку **17** (обратите внимание на стрелку, показывающую направление движение газа!) к трубке, ведущей от сосуда с газом («Точка подключения заказчика» на Рис. 17-23). Откройте газовый баллон и отрегулируйте манометр на давление 2 бар. Продуйте ловушку в течение 5 минут. Во время этой процедуры ловушка должна оставаться в вертикальном положении.

4 Подключите противоположный конец ловушки **17** к той части трубки **22**, которая подсоединена к панели для обработки газовой мишени.

5 Установите давление газа в баллоне 10 бар.

6 Из централизованной системы управления, щелкните кнопку **Maintenance** (Техобслуживание), затем выберите **Target** (Мишень). Выберите метановую мишень. Перед использованием трижды заполните мишень газом для мишени, каждый раз опорожняя ее содержимое в систему сбора отходов. Указания см. в Раздел 12-2-3 Заполнение мишени на странице 175 и Раздел 12-2-2 Опорожнение мишени в отходы на странице 175.

17-12-7-4 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-дейтрон

Техобслуживание и чистку мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Для мишени для $^{18}F_2$-дейтрон имеются два комплекта запасных частей для техобслуживания мишени: один комплект для техобслуживания мишени F_2 содержит фольги и уплотнения и один ремонтно-восстановительный комплект к мишени F_2, который, в отличие от первого комплекта, содержит также корпус мишени.

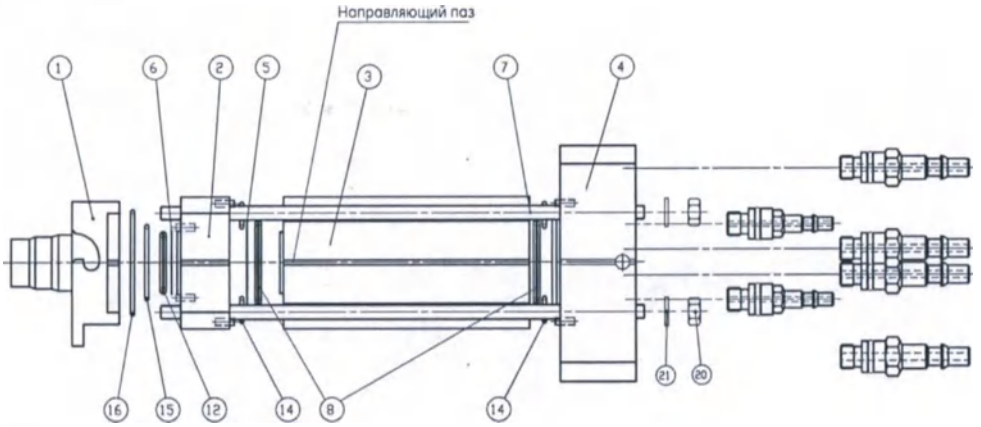
Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-24.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

Прежде чем открывать разъёмы системы $^{18}F_2$-дейтрона, обязательно продуйте трубки газообразным неоном (см. Раздел 13-4 Процедура продувки неоном трубок для F_2 на странице 183).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-24: Мишень $^{18}F_2$-дейтрон



Разборка (мишень $^{18}F_2$-дейтрон)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Соблюдайте осторожность при извлечении уплотнительных колец и прокладки Helicoflex. Не царапайте уплотнительные поверхности.

1 Для отвинчивания гаек **20** воспользуйтесь торцевым ключом 10 мм.

2 Отделите задний фланец **4** от корпуса мишени **3**.

3 Отделите корпус мишени **3** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Аккуратно снимите корпус мишени **3** с резьбовых штифтов **7**.

4 Снимите фольгу Havar **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

5 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **2** от переднего фланца **1**. Аккуратно снимите фланец контура гелиевого охлаждения **2** с резьбовых штифтов **7**.

6 Снимите титановую фольгу **6** и уплотнение Helicoflex **12** с переднего фланца **1**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

7 Снимите два овальных уплотнения Helicoflex **8**.

8 Снимите четыре уплотнительных кольца **14** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

9 Снимите уплотнительные кольца **15** и **16**.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Чистка (мишени $^{18}F_2$-дейтрон)

Каких-либо операций по чистке данной мишени не предусмотрено.

Сборка (мишень $^{18}F_2$-дейтрон)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex и фольги из комплекта запасных инструментов и принадлежностей.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Нанесите вакуумную смазку на уплотнительные кольца **15** и **16**.

2 Поместите уплотнительные кольца **15** и **16** в пазы переднего фланца **1**.

3 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить уплотнение Helicoflex **12** в паз на переднем фланце **1**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

4 Очень осторожно поместите титановую фольгу **6** в паз на переднем фланце **1**.

5 Аккуратно наденьте фланец контура гелиевого охлаждения **2** на резьбовые штифты и опустите его на передний фланец **1**.

- Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **1** и на фланце контура гелиевого охлаждения **2** расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

6 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

7 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

8 Очень осторожно вложите новую фольгу Havar **5** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

9 Вложите овальное уплотнение Helicoflex **8** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10 Аккуратно наденьте корпус мишени **3** на резьбовые штифты и опустите его на фланец контура гелиевого охлаждения **2**.

- Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.
- Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

11 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

12 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на корпусе мишени **3**.

13 Вложите овальное уплотнение Helicoflex **8** в паз на корпусе мишени **3**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

14 Поместите задний фланец **4** на корпус мишени **3**.

- Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.

15 Нанесите немного консистентной смазки на резьбовые поверхности гаек **20**.

16 Установите шайбы **21** и гайки **20**. Затяните вручную.

17 С помощью динамометрического ключа с торцевой насадкой 10 мм затяните гайки **20** крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

17-12-7-5 Техобслуживание мишени для $^{18}F_2$-протон

Техническое обслуживание мишени необходимо производить за настольным противорадиационным защитным экраном. Для сокращения времени разборки/сборки прочитайте инструкцию целиком и планируйте работу, прежде чем приступать к ней.

Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-25.

ОСТОРОЖНО! Ядовитый и едкий газ F_2 (фтор)

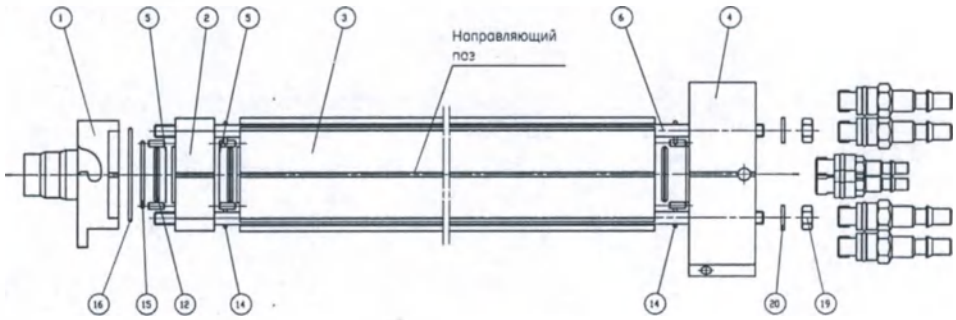
Прежде чем открывать разъёмы, обязательно продуйте трубки газообразным аргоном, заполнив и откачав мишень три раза.

За дальнейшими указаниями обратитесь к Раздел 14-5-3 Заполнение аргоном (Ar) на странице 200 и Раздел 14-5-6 Откачка мишени на странице 200.

Обязательно надевайте защитные очки и перчатки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-25: Мишень $^{18}F_2$-протон



Разборка (мишень $^{18}F_2$-протон)

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

Фольга мишени содержит большую часть радиоактивности; ее следует удалять из рабочей зоны как можно скорее, чтобы уменьшить дозу облучения пальцев и кистей рук.

ВНИМАНИЕ!

Соблюдайте осторожность при извлечении уплотнительных колец и прокладки Helicoflex. Не царапайте уплотнительные поверхности.

1 Для свинчивания гаек **19** воспользуйтесь торцевым ключом 10 мм.

2 Отделите задний фланец **4** от корпуса мишени **3**.

3 Снимите уплотнение Helicoflex **12** с корпуса мишени **3**.

4 Отделите корпус мишени **3** от фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Аккуратно снимите корпус мишени **3** с резьбовых штифтов **6**.

5 Снимите уплотнение Helicoflex **12** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

6 Снимите фольгу Havar **5** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

7 Отделите фланец контура гелиевого охлаждения **2** от переднего фланца **1**. Аккуратно снимите фланец контура гелиевого охлаждения **2** с резьбовых штифтов **6**.

8 Снимите вторую фольгу Havar **5** и уплотнение Helicoflex **12** с переднего фланца **1**. Утилизацию фольги проводите за экраном, предохраняющим от радиации.

9 Снимите четыре уплотнительных кольца **14** с фланца контура гелиевого охлаждения **2**.

10 Снимите уплотнительные кольца **15** и **16** с переднего фланца **1**.

Чистка (мишени $^{18}F_2$-протон)

Каких-либо операций по чистке данной мишени не предусмотрено.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Сборка (мишень $^{18}F_2$-протон)

Прежде всего укрепите передний фланец мишени на монтажной плите. Обозначения отдельных частей см. на Рис. 17-6.

Используйте новые уплотнительные кольца, уплотнения Helicoflex, фольги и соединительные элементы из комплекта для техобслуживания мишени.

Обратите внимание!
Всегда меняйте перчатки после работы со смазкой.

1 Нанесите вакуумную смазку на уплотнительные кольца **15** и **16**.

2 Поместите уплотнительные кольца **15** и **16** в пазы переднего фланца **1**.

3 Воспользуйтесь пинцетом, чтобы уложить уплотнение Helicoflex **12** в паз на переднем фланце **1**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

4 Соблюдая осторожность, поместите фольгу из сплава Havar **5** в передний фланец **1**.

5 Аккуратно наденьте фланец контура гелиевого охлаждения **2** на резьбовые штифты и опустите его на передний фланец **1**.

Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

Обратите внимание!
*Убедитесь, что направляющие канавки на переднем фланце **1** и на фланце контура гелиевого охлаждения **2** расположены на одной линии.*

6 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

7 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

8 Очень осторожно вложите новую фольгу из сплава Havar **5** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

9 Вложите уплотнение Helicoflex **12** в паз на фланце контура гелиевого охлаждения **2**.

ВНИМАНИЕ!

Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

10 Аккуратно наденьте корпус мишени **3** на резьбовые штифты и опустите его на фланец контура гелиевого охлаждения **2**.

Убедитесь в отсутствии посторонних частиц на фольге и уплотнительных кольцах.

Обратите внимание!
Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11 Нанесите вакуумную смазку на четыре уплотнительных кольца **14**.

12 Вложите уплотнительные кольца **14** в небольшие пазы на корпусе мишени **3**.

13 Вложите уплотнение Helicoflex **12** в паз на корпусе мишени **3**.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> Не сдавливайте поверхности уплотнения Helicoflex™.

14 Поместите задний фланец **4** на корпус мишени **3**.

Обратите внимание!
Убедитесь, что направляющие канавки расположены на одной линии.

15 Нанесите немного консистентной смазки на резьбовые поверхности гаек **19**.

16 Установите шайбы **20** и гайки **19**. Затяните вручную.

17 Для затяжки гаек воспользуйтесь динамометрическим ключом 10 мм. Затяжку производите крест-накрест в три этапа: 5 Нм, 7 Нм, 9 Нм.

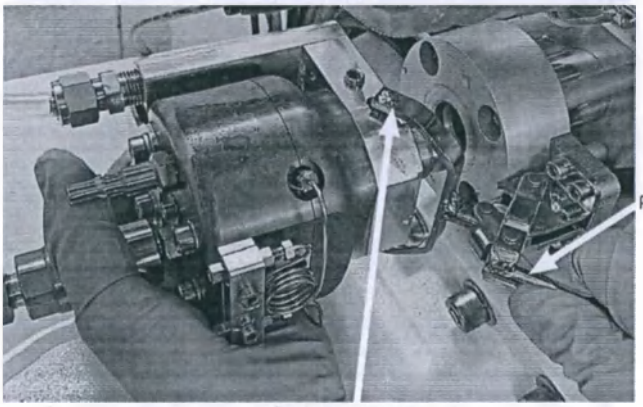
17-12-8 Установка мишени на место

Для установки мишени в циклотрон выполните следующие действия:

1 Чтобы избежать утечки вакуума, убедитесь в отсутствии посторонних частиц на переднем фланце.

2 Сдвиньте рукоятку зажима мишени вправо.

3 Вставьте передний фланец мишени в вилку на зажиме для мишени. Штырьки на зажиме должны войти в пазы на мишени.



Зажим мишени

4 Вставьте передний фланец мишени в в опорный фланец на циклотроне.

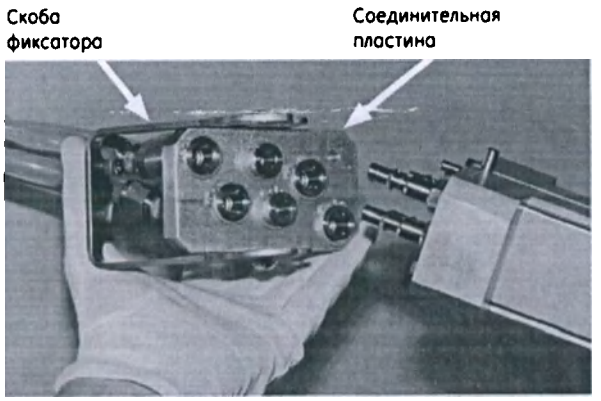
5 Сдвиньте рукоятку зажима мишени в сторону мишени (влево).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 *Мишени с соединительной пластиной:*

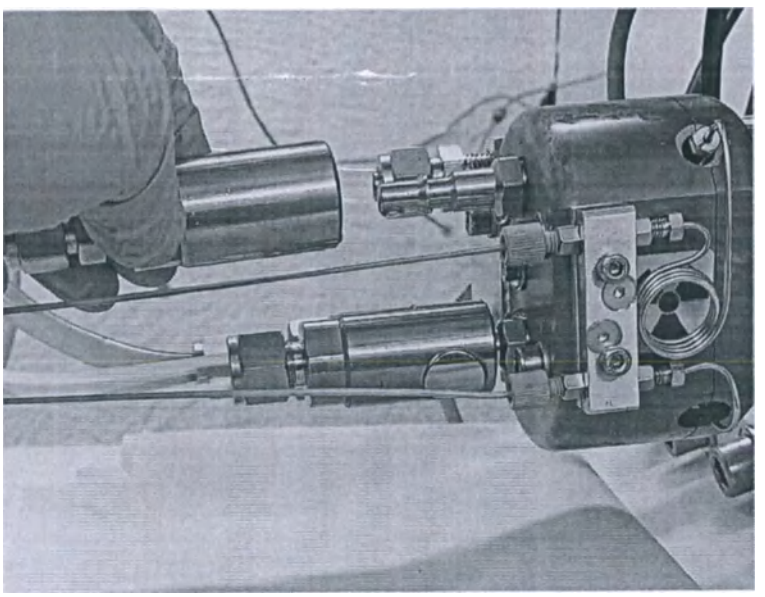
Прикрепите соединительную пластину к заднему фланцу мишени. Штырек на заднем фланце мишени должен войти в паз на соединительной пластине.

Сдвиньте скобу фиксатора на соединительной пластине в сторону мишени (вправо) для ее фиксации.



Мишени с отдельными шлангами водяного охлаждения:

Сначала присоедините нижний шланг (подачи) (обратите внимание на маркировку трубки охлаждающей воды или на пиктограмму с задней стороны самоэкранирующей мишени ^{18}F· Nb 27), а потом верхний шланг (возврата).



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 *Мишень $^{13}NH_3$, самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 27 и мишень $^{18}F^-$ Nb 25:*

a Присоедините трубку из ПЭЭК от конденсатоотводчика/датчика давления на LTF к верхнему соединению носителя мишени на мишени (избыточное давление гелия).

b Присоедините трубку из ПЭЭК от V2 на LTF к нижнему соединению носителя мишени на мишени (вход/выход мишенной воды)

Мишени $^{11}CH_4$:

Подсоедините трубки для подачи реагентов (SS) к стороне части мишени. Аккуратно затяните соединения при помощи гаечного ключа.

17-12-9 Подключение мишени

1 В ЦСУ, выберите нужную мишень в меню **Maintenance** (Техобслуживание).

2 В окне **Target Maintenance** (Техобслуживание мишени) нажмите кнопку **Connect** (Подключить).

3 Закройте окно.

17-12-10 Проверка мишени на утечку

Суть проверки на утечку в том, чтобы создать в мишени давление, перекрыть вход и выход и проверить, что давление сохраняется.

1 В окне **Maintenance Target** (Техобслуживания мишени) нажмите кнопку **Connect** (Подключить). Мишень будет находиться под давлением.

Обратите внимание!
Для мишени для $^{18}F_2$-протон используйте аргон, а для мишени для $^{18}F_2$-дейтрон используйте неон.

Тип мишени	Давление
Жидкостные мишени	60–70 фунт/кв. дюйм (4-5 бар)
Газовые мишени	145–190 фунт/кв. дюйм (10-13 бар)

2 В ЦСУ, выберите нужную мишень в меню **Maintenance** (Техобслуживание).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 Щелкните кнопку **Disconnect** (Отключить).

Установите скорость утечки. Пределы следующие:

Тип мишени	Допустимая скорость утечки
Жидкостные мишени	< 10 фунт/кв. дюйм/ч
Газовые мишени	< 2 фунт/кв. дюйм/ч

4 После проверки на наличие утечек нажмите кнопку **Connect** (Соединить) для повторного соединения мишени.

17-12-11 Процедура кондиционирования жидкостных мишеней

17-12-11-1 Мишени $^{18}F^-$, $^{13}NH_3$ и ^{13}N

Процедура кондиционирования после замены или чистки мишени.

1 Подключите сосуд с иглой для вентиляции со стороны выпускной трубки в горячей камере.

2 Заполните мишень водой $H_2{}^{16}O$ (лабораторного качества).

3 Опорожните мишень и засеките время, за которое вода доходит до сосуда. Время опорожнения дает хорошее представление о состоянии трубок. Если это время более чем вдвое превышает эталонное время, необходимо заменить трубку и/или фильтр. (Эталонное время следует измерить с новыми трубками и новым фильтром.)

4 Замерьте объем воды после выгрузки и сверьте со следующей таблицей:

^{13}N	$^{13}NH_3$	$^{18}F^-$ Nb 25	Самоэкранирующая $^{18}F^-$ Nb 27
1,3–1,5 мл	3,8–4,0 мл	2,3–2,5 мл	2,5–2,8 мл

Определите вес воды при помощи весов.

5 Повторите шаг 3 и 4. Объем и вес первой выгрузки могут быть чуть меньше в результате эффекта капиллярного удерживания части воды при первом заполнении.

6 Заполните мишень водой $H_2{}^{16}O$ и облучайте ее в течение 10 минут пучком с силой тока 25 мкА.

7 Измерьте выход ^{13}N по окончании облучения (> 330 мКи на момент остановки облучения).

8 Повторите шаг 6 и 7 дважды.

Если мишень успешно прошла эти испытания, она готова к производству.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-11-2 Жидкостная мишень ^{68}Ga

Процедура кондиционирования после замены или чистки мишени.

1 Подключите сосуд с иглой для вентиляции со стороны выпускной трубки в горячей камере.

2 Заполните мишень разведенной азотной кислотой (см. Раздел 15-2-2 Приготовление раствора азотной кислоты на странице 208).

3 Опорожните мишень и засеките время, за которое жидкость дойдет до емкости. Время опорожнения служит хорошим индикатором состояния транспортных трубок. Если время более чем в два раза превышает контрольное время, необходимо заменить трубку и (или) фильтр. (Контрольное время определяют на новых линиях и новом фильтре.)

4 Измерьте объем разведенной азотной кислоты после выгрузки. Объем должен составлять 2,1–2,3 мл. (С помощью весов проверьте массу жидкости.)

Общий объем, включая трубку ПЭЭК протяженностью 1,65 м, составляет 2,2 мл. Каждые дополнительные 0,5 м трубки добавят 0,1 мл к общему объему.

5 Дважды повторите этапы 2–4. (Объем первой выгрузки может быть чуть меньше в результате эффекта капиллярного удерживания при первичном заполнении.)

6 Выполните три облучения в целях чистки, как описано в Раздел 15-4-1 Чистка мишени на странице 213.

Если мишень прошла этот тест, то она готова для производства.

17-12-12 Процедура кондиционирования газовых мишеней

17-12-12-1 Мишени $^{11}CO_2$, ^{15}O и $^{11}CH_4$

1 Заполните мишень газом при обычном давлением заполнения.

2 Опорожните мишень в отходы.

3 Повторите шаг 1 и 2 дважды.

Обратите внимание!
Удельная радиоактивность понижается при контакте мишени с воздухом. Она возрастает после нескольких циклов производства.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

17-12-12-2 Мишени для $^{18}F_2$-дейтрон и $^{18}F_2$-протон

Перед началом производства установку для $^{18}F_2$-дейтрон и установку для $^{18}F_2$-протон следует пассивировать.

- Инструкции по пассивации системы $^{18}F_2$-дейтрон см. в Раздел 13-1-3 Предварительная подготовка системы производства $^{18}F_2$-дейтрон (2–3 раза) на странице 180.
- За инструкциями относительно способа пассивации системы производства $^{18}F_2$-протон обратитесь к *PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (доп. 2410009-100).*

17-13 Замена фильтра мишени (только для жидкостных мишеней)

Фильтр располагается рядом с мишенью или у пола под мишенями.

Обратите внимание!
Для мишени ^{18}F- Nb 25, самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27, жидкостных мишеней $^{13}NH_3$ и ^{68}Ga замену фильтра можно не производить.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Фильтр может оказаться радиоактивным.

Целевой фильтр может оставаться под давлением, даже если целевой объект отключен от контрольного программного обеспечения. При разборке фильтра возможно распыление радиоактивной жидкости.

Всегда надевайте защитную одежду, перчатки и очки-консервы.

Всегда измеряйте уровни радиации перед началом работы с деталями.

Обращайтесь с использованными деталями в строгом соответствии с федеральными, региональными и местными нормативными документами.

1 Рукой отвинтите фитинги тубок из ПЭЭК от корпуса фильтра.

2 Откройте корпус, поворачивая две его части против часовой стрелки. Воспользуйтесь двумя гаечными ключами.

3 Извлеките фильтр мишени и положите его в пластиковый мешок для радиоактивных отходов.

4 Протрите корпус фильтра изнутри тканевой салфеткой.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 Установите новый фильтр мишени. Прежде чем закрывать корпус фильтра, убедитесь, что фильтрующий элемент занял правильное положение.

Обратите внимание!
Не затягивайте части корпуса слишком сильно: это может привести к деформации фильтра и ухудшить его работу!

6 Соедините части корпуса и затяните их вручную.

7 Вручную привинтите трубки из ПЭЭК к фильтру. Для этого достаточно усилия руки.

8 Выполните проверку на утечку согласно Раздел 17-12-10 Проверка мишени на утечку на странице 322.

17-14 Обновление базы данных системы (при замене расходных материалов)

Использование газов, жидкостей и других расходных материалов регистрируется в базе данных системы. При каждой замене источника газа, жидкости или другого расходного материала необходимо обновить базу данных (см. Рис. 17-26).

Чтобы обновить базу данных расходных материалов:

1 Щелкните кнопку **Maintenance** (Техобслуживание) в меню **PETtrace**.

2 Щелкните кнопку **Supplies** (Расходные материалы).

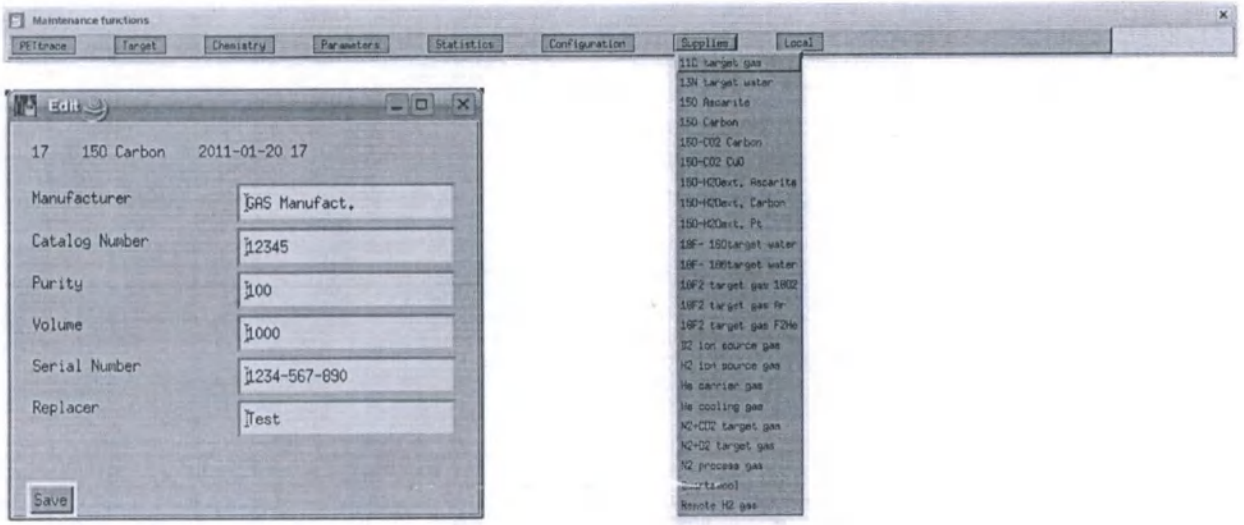
3 Выберите реагент или расходный материал, подлежащий замене.

4 Введите новые данные в диалоговом окне **Edit** (Правка) и щелкните кнопку **Save** (Сохранить), чтобы сохранить данные.

5 Закройте окно.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. 17-26: Изменение данных о расходных материалах



17-15 *График планового техобслуживания*

Перечисленные процедуры должны выполняться уполномоченным обслуживающим персоналом с указанной периодичностью.

Обратите внимание!
Перед выполнением любых операций технического обслуживания циклотрона клиент должен снять мишени и поместить их на хранение.

Таблица 17-4: PETtrace 800 График ПТ

Позиция	Интервал	Процедура/замечания
УСКОРИТЕЛЬ		
Система магнита		
Патрубки для подачи воды	6 месяцев	Проверьте состояние соединений.
Система бюгельного привода	6 месяцев	Проверьте состояние системы бюгельного привода.
Источник питания магнита (PSMC)	6 месяцев	Затяните клеммные винты, проверьте напряжение на выходе.
Система магнита	6 месяцев	Проверьте работоспособность системы магнита.
Система генерации тока ВЧ		
Механическая часть системы генерации тока ВЧ	6 месяцев	Проверьте точность настройки системы. Проверьте состояние средств подачи вакуума.
Генератор тока ВЧ (RFPG)	6 месяцев	Проверьте состояние генератора тока ВЧ.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Позиция	Интервал	Процедура/замечания
Система генерации тока ВЧ	6 месяцев	Проверьте работоспособность системы генерации тока ВЧ.
Система источника ионов		
Источник ионов	35 000–40 000 мкАч	Замените анодные трубки и катоды. Выполните очистку источника ионов.
		Обратите внимание! *Качество газа источника ионов и газодоставочных трубок, а также полное отсутствие утечки в системе доставки газа источника ионов оказывают серьезное влияние на интервал технического обслуживания источника ионов. Настройка в центральном регионе и форма пучка (ширина пучка) также оказывают влияние на интервал технического обслуживания, поскольку это определяет эффективность источника ионов в отношении дугового разряда и тока пучка на мишень.*
Система транспортировки газа	6 месяцев	Проверьте функции регулировки расхода и давления.
Система источника ионов	6 месяцев	Выполните тестовую проверку источника ионов.
Система экстракции		
Поворотное загрузочное устройство для фольг	6 месяцев	Проверьте фольги, при необходимости замените.
Носитель	6 месяцев	Проверьте работоспособность.
Блок винтового привода	6 месяцев	Проверьте состояние блока винтового привода.
Узел привода	6 месяцев	Проверьте работоспособность узла привода.
Система диагностики		
Сменный детектор	6 месяцев	Очистите и отрегулируйте сменный детектор. Проверьте показания пучка на сменном детекторе.
Ток через извлекаемую фольгу	6 месяцев	Проверьте показания пучка на извлекаемой фольге.
Коллиматоры пучка	6 месяцев	Проверьте состояние коллиматоров и показания пучка.
Вакуумная система		
Роторный насос	6 месяцев	Замените масло в роторном насосе.
Диффузионный насос	5 лет	Выполните очистку диффузионного насоса, при необходимости замените масло.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Позиция	Интервал	Процедура/замечания
Манометр Пирани	6 месяцев	Выполните очистку и калибровку манометров (вакуумметров) Пирани.
Манометр Пеннинга	6 месяцев	Выполните очистку манометра (вакуумметра) Пеннинга.
Система управления ускорителем (ACS)		
Защитные блокировки	6 месяцев	Проверьте работоспособность.
CAB 3	6 месяцев	Замените фильтр CAB 3.
Блок управления ускорителем (ACU)	6 месяцев	Замените фильтр в вентиляторе блока управления ускорителем.
Система мишеней		
Устройства для заливки жидкостных мишеней	6 месяцев	При необходимости замените трубки из ПЭЭК.
Трубки жидкостных мишеней	6 месяцев	При необходимости замените трубки из ПЭЭК.
Время транспортировки	6 месяцев	Проверьте время транспортировки в мишенях для $^{18}F^-$ и ^{13}N. При необходимости поменяйте местами или замените трубки, ведущие в горячую камеру.
Гелиевая система охлаждения	6 месяцев	Слейте водоотделитель и выполните его очистку.
Гелиевый компрессор	6 месяцев	Замените мембрану и проверьте состояние фильтра.
Перепускной клапан	6 месяцев	Проверьте работоспособность.
Силовой распределительный блок (СРБ)		
Клеммные коробки	1 год	Затяните клеммные винты.
Система радиационной защиты		
Баки системы защиты	6 месяцев	Проверьте уровень воды в баках. Проверьте работоспособность поплавковых датчиков уровня. Проверьте давления в сборном баке.
Защитные двери	6 месяцев	Проверьте исправность механизма открывания и закрывания дверей. Проверьте состояние микропереключателей.
Воздушный компрессор	6 месяцев	Проверьте уровень масла и состояние воздушного компрессора.
Воздушный коллектор	6 месяцев	Проверьте давление в воздушной подушке.
Система водяного охлаждения		
Блок вторичного охлаждения	1 год	При необходимости замените кассету в деионизаторе.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Позиция	Интервал	Процедура/замечания
	6 месяцев	Проверьте температуру, объемную производительность насоса, удельную электропроводность и давление в расширительном бачке. Проверьте систему на герметичность.
Водяной распределительный коллектор	6 месяцев	Проверьте состояние переключателей потока.
Блок интерфейса заказчика (CIB)		
Клеммные коробки	1 год	Затяните клеммные винты.
РАДИОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА		
Система управления химической обработкой (CCS)		
Защитные блокировки	6 месяцев	Проверьте работоспособность.
Система управления химической обработкой и электронный блок химической обработки (CCU/CEU)	6 месяцев	Замените фильтр вентилятора.
Электронный блок химической обработки	6 месяцев	Проверьте температуру термостатов.
Стандартная сисиема химической обработки		
Отсек для обработки	1 год	Затяните клеммные винты.
	6 месяцев	Проверьте датчик радиоактивности.
	6 месяцев	Проверьте работоспособность защитной блокировки двери.
	6 месяцев	Проверьте работоспособность перепускных клапанов.
	6 месяцев	Проверьте состояние трубок и выполните проверку на утечку.
Регуляторы потока	6 месяцев	Проверьте калибровку.
Система поддержки		
Трубки	6 месяцев	Проверьте состояние: гибких шлангов и трубок для подачи сжатого воздуха, воды и гелия в систему охлаждения, а также газов и жидкостей мишеней. Проверьте систему на утечку и замените ставшие хрупкими трубки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРИЛОЖЕНИЕ A СИСТЕМА BEAM LINE (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОПЦИЯ)

A-1 Безопасность оператора

Обратите внимание!
Весь обслуживающий и технический персонал обязан прочесть разделы Глава 3 Охрана труда и техника безопасности и Раздел A-1-1 Предупреждающие знаки и предостережения системы Beam Line на странице 331 Раздел A-1-4 Средства защитной блокировки на странице 334 и иметь полное представление об их содержании перед тем, как приступать к работе или выполнять техобслуживание системы Beam Line.

A-1-1 Предупреждающие знаки и предостережения системы Beam Line

ОСТОРОЖНО! Радиоактивность

В непосредственной близости от системы Beam Line может быть высокий уровень радиации.

Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ). Постоянно следите за уровнем радиации.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивные детали

Система Beam Line и ее составные части могут быть загрязнены радиоактивными веществами и испускать вредное для здоровья излучение. Механическая обработка деталей, загрязненных радиоактивными веществами, может привести к распространению загрязнения в виде стружки или опилок.

Не подвергайте детали системы Beam Line механической обработке.

ОСТОРОЖНО! Радиоактивное загрязнение воздуха

В результате сбоев и аварий в процессе производства изотопов воздух в помещении системы Beam Line может быть загрязнен или активирован и испускать вредное для здоровья излучение.

Необходимо постоянно отслеживать уровень радиации и предпринимать все разумные меры предосторожности для ограничения дозы облучения персонала.

ОСТОРОЖНО! Магнитные поля

Магнитное поле, создаваемое четырехполюсными магнитами и управляющим магнитом, может воздействовать на жизненно важные имплантаты (например, электрокардиостимуляторы). Лицам с жизненно важными имплантатами запрещено входить в помещение системы Beam Line.

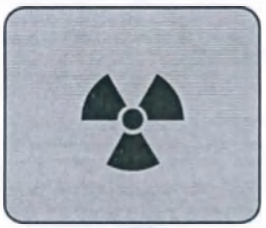
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ВНИМАНИЕ! Магнитные носители информации

Магнитное поле, создаваемое четырехполюсными магнитами, может стереть информацию, содержащуюся на кредитных карточках, дискетах и магнитных лентах. Не рекомендуется приносить эти предметы с собой в помещение, где находится система Beam Line.

A-1-2 Предупреждающие таблички на системе Beam Line

A-1-2-1 Табличка на коллиматоре системы Beam Line



РАЗМЕЩЕНИЕ:
На коллиматоре системы Beam Line (или в непосредственной близости от него).
ИНСТРУКЦИИ:
Компоненты системы Beam Line накапливают ионизирующее излучение.
Постоянно следите за уровнями радиации.

A-1-2-2 Таблички на корпусах постоянного магнита (PM) и управляющего магнита (SM)

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На боковой стороне *постоянного корректирующего* магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Постоянный корректирующий магнит **всегда** является источником магнитного поля. На расстоянии 0,5 м от магнита напряженность магнитного поля составляет около 5 Гс.
При работе поблизости от магнита используйте немагнитные инструменты.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На боковой стороне активного управляющего магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Активный управляющий магнит создаёт магнитное поле, когда на него подается питание от источника питания управляющего магнита (PSSM).
Запрещается работа с инструментами вблизи от активного управляющего магнита, на который подано электропитание от PSSM.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

РАЗМЕЩЕНИЕ:
Поверхность активного управляющего магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Температура поверхности активного управляющего магнита (под защитной оболочкой) может достигать 60–100°C.
ГОРЯЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ! Не прикасаться!

A-1-2-3 Таблички на четырехполюсных магнитах

РАЗМЕЩЕНИЕ:
Над каждой пары четырехполюсных магнитов имеется лампа.
ИНСТРУКЦИИ:
Как только на четырехполюсные магниты (PSQ) подается мощный ток от источника питания (PSQ), лампа загорается.
Четырехполюсный магнит создаёт магнитное поле, когда на него подается питание от источника питания.
Не используйте инструменты рядом с четырехполюсным магнитом, подключенным к источнику питания.

РАЗМЕЩЕНИЕ:
Две таблички на поверхности каждого диполя четырехполюсного магнита.
ИНСТРУКЦИИ:
Небольшая труднодоступная поверхность обычно имеет температуру менее 50°C. В исключительных случаях ее температура может достигать 100°C.
ГОРЯЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ! Не прикасаться!

A-1-2-4 Таблички на отсеке системы Beam Line

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На правой нижней стороне задней дверцы отсека системы Beam Line.
ИНСТРУКЦИИ:
Чтобы уменьшить вероятность поражения электрическим током, не снимайте кожухи. Обращайтесь за обслуживанием к опытному персоналу.
См. руководство по эксплуатации.
Внутри отсека системы Beam Line имеется смертельно опасное напряжение, достигающее 480 В~.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

РАЗМЕЩЕНИЕ:
На нижней правой стороне задней стенки блока управления системы Beam Line, рядом с разъемом питания от сети.
ИНСТРУКЦИИ:
Чтобы уменьшить вероятность поражения электрическим током, не снимайте кожухи. Обращайтесь за обслуживанием к опытному персоналу.
См. руководство по эксплуатации.
Внутри блока управления системой Beam Line (BCU) имеется смертельно опасное напряжение, достигающее 230 В~.

A-1-3 Паспортная табличка

Паспортную табличку см. в Раздел 2-3 Паспортные таблички на странице 26.

A-1-4 Средства защитной блокировки

A-1-4-1 Защитная блокировка для обеспечения безопасности объекта

Защитная блокировка для обеспечения безопасности объекта призвана не допустить проникновения в зону Beam Line при работающей системе. Данная блокировка применяется на усмотрение пользователя.

Система блокировки циклотрона может быть дополнена внешними блокировками, использование которых позволяет заказчику немедленно остановить циклотрон в случае разблокирования дверей в помещение циклотрона.

A-1-4-2 Блокировка системы мишеней Beam Line

В системе Beam Line имеется три вида блокировок; пользователь имеет доступ к одной из них: Блокировка при отсутствии потока воды через коллиматор и/или через ловушку пучка.

Обратите внимание!
У заказчика имеется возможность дополнительно включить в эту цепь защитной блокировки Beam Line также мишенную станцию. См. Раздел A-1-4-3 Опция защитной блокировки мишенной станции заказчика на странице 334.

A-1-4-3 Опция защитной блокировки мишенной станции заказчика

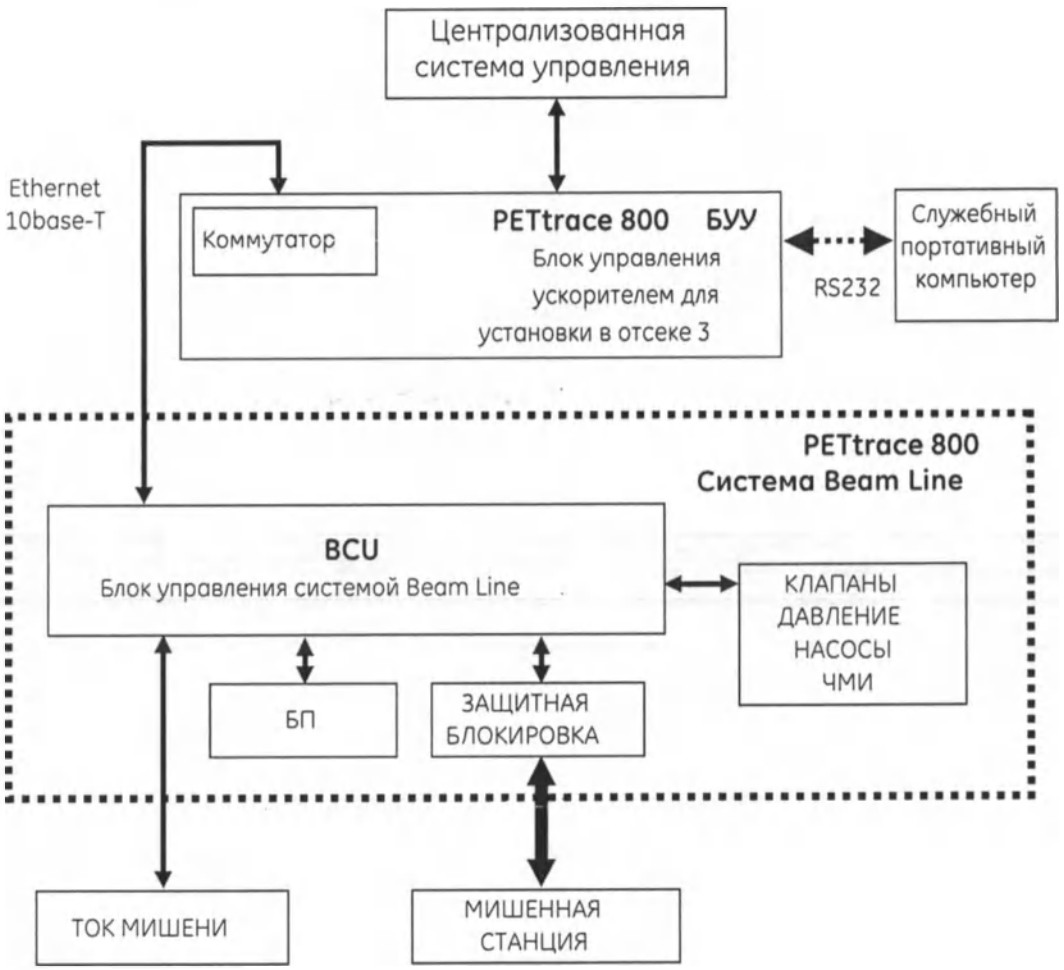
У заказчика есть возможность включить мишенную станцию в цепь защитной блокировки при отсутствии потока воды в коллиматоре системы Beam Line и (или) контуре мишени.

(Два контакта вилки типа DSUB на клеммной коробке 1 могут использоваться заказчиком в качестве замыкающего контакта в мишенной станции, что позволит включить мишенную станцию в данную цепь защитной блокировки системы Beam).

См. жирную стрелку на Рис. A-1.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. A-1: Защитная блокировка рои отсутствии потока воды в коллиматоре системы Beam Line и/или контуре мишени



A-2 Средства управления и отображения информации

A-2-1 Общие сведения

В настоящей главе описаны средства управления и отображения информации, имеющиеся в распоряжении оператора системы PETtrace 800 Beam Line.

Приводится описание следующих компонентов:

- Централизованной системы управления (ЦСУ);
- Блока управления вакуумом системы Beam Line.

A-2-2 Централизованная система управления

Более подробно о ЦСУ см. в Глава 6 Обзор инструкций по эксплуатации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-2-3 Блок управления вакуумом (VCU) системы Beam Line

A-2-3-1 Функции и элементы управления передней панели

Элементы управления и индикатор на передней панели блока управления позволяют оператору следить за состоянием вакуума в системе Beam Line.

> **ВНИМАНИЕ!**
>
> УЭлементы управления на блоке управления вакуумом системы Beam Line должны использоваться только уполномоченными представителями сервисной службы.
>
> *ИСКЛЮЧЕНИЕ: Процедура считывания параметров вакуума*

На передней панели блока управления вакуумом (VCU) системы Beam Line (см. Рис. A-2) расположены следующие элементы:

Устройство управления манометрами	На устройстве управления манометрами отображаются параметры вакуума, полученные с помощью различных манометров.
Светодиодная панель	Светодиоды на панели показывают состояние различных компонентов. Например, открытому клапану соответствует зеленый светодиод; закрытому клапану – красный светодиод.
Кнопки управления	Кнопки управления позволяют управлять работой блока управления вакуумом (VCU) системы Beam Line. **Оператору следует использовать только кнопки управления, предназначенные для автоматического режима «PUMP» (НАСОС), «OFF» (ВЫКЛ.), «VENT BL» (ПРОДУВКА BEAMLINE), «VENT TGT» (ПРОДУВКА МИШЕНИ).**

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-2-3-2 Индикация параметров вакуума

При нормальной работе системы параметры вакуума отображаются на устройстве управления манометрами. В каждый момент времени может отображаться лишь одно показание. Для переключения между показаниями различных датчиков (**A1** и **A2**) нажимайте кнопку **sensor** (датчик). Это приведет к последовательному переключению контроллера на отображение следующих показаний для вакуума:

Таблица A-1: Уровни вакуума в системе Beam Line

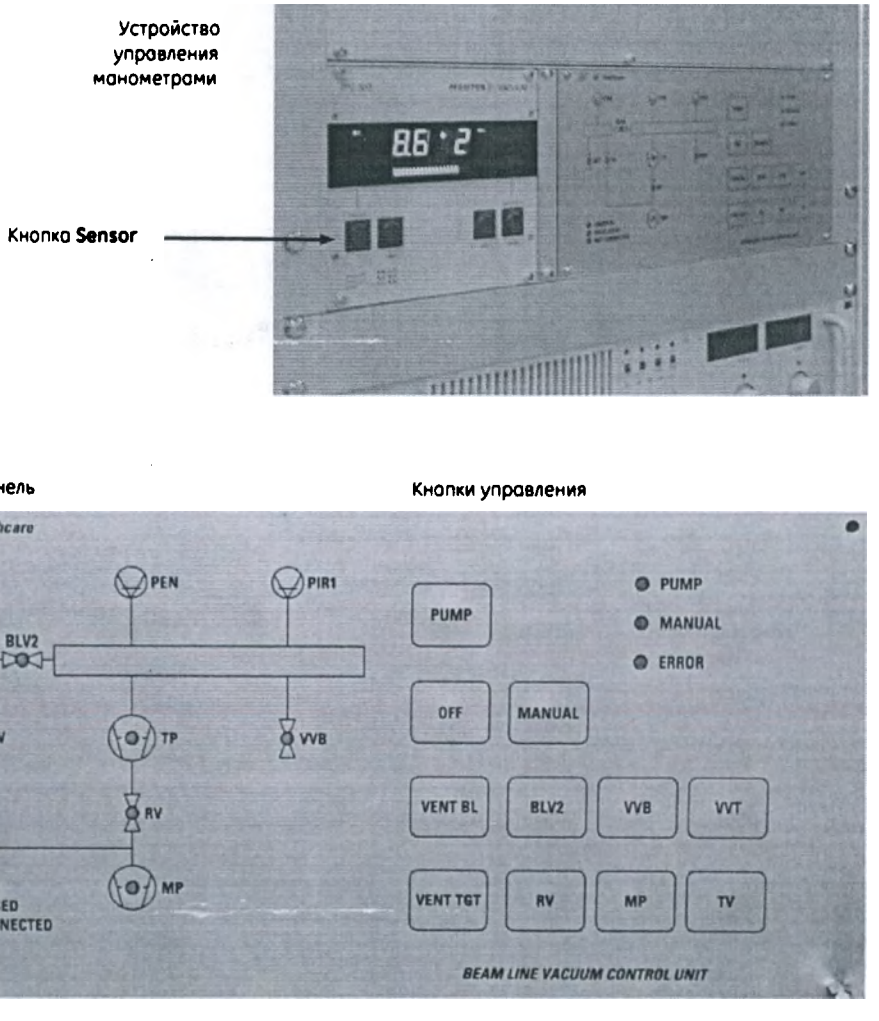
Расположение	Датчик	Типовой диапазон	Индикация на устройстве управления манометрами	Комментарий
Внутри Beam Line	Вакуумметр Пирани 1	От атмосферного давления до 10^{-4} мбар (10^{-2} Па)	A1	Давление в системе Beam Line, измеренное вакуумметром Пирани 1. ***Обратите внимание!*** *Глубокий вакуум за пределами диапазона, отображается как* ***ur****.*
Внутри мишени	Вакуумметр Пирани 2	От атмосферного давления до 10^{-4} мбар (10^{-2} Па)	A2	**Как дополнительный вариант**[1] Давление в внутри мишени, измеренное дополнительным вакуумметром Пирани 2. ***Обратите внимание!*** *Глубокий вакуум за пределами диапазона, отображается как* ***ur****.*
Обратите внимание! *Имеется возможность изменить единицы измерения давления и выводить показания в Паскалях. Обращайтесь с просьбой об этом к своему ответственному инженеру.*				

1 Возможным вариантом является отдельная откачка изнутри мишени.

Если пользовательская мишень (мишенная станция) в обязательном порядке требует частого доступа, каждый раз создавать достаточный вакуум в системе Beam Line неудобно. В данном случае блок управления вакуумом системы Beam Line можно подготовить к работе с отдельным насосом для объема мишени, а также с отдельным манометром Пирани для объема мишени.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. A-2: Блок управления вакуумом (VCU) системы Beam Line



Рекомендованные стандартные уровни вакуума для управления насосом:

- Запуск механического насоса при $1{,}2 \times 10^{-1}$ мбар.
- Остановка механического насоса при $3{,}5 \times 10^{-3}$ мбар.

A-3 Инструкции по эксплуатации

A-3-1 Запуск системы

См. Раздел 6-3 Запуск системы на странице 87.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-3-2 Производство с использованием системы Beam Line

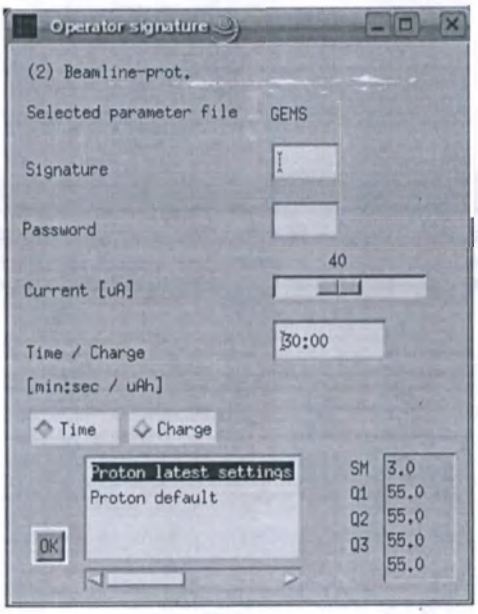
Проверка системы Beam Line на утечку неприменима.

Инструкции по выбору и изменению параметров см. в Раздел 6-4-1 Выбор и редактирование файлов параметров на странице 91.

A-3-2-1 Выбор производственного процесса

1 В меню **PETtrace** нажмите **Production** (Производство) и выберите соответствующую метку: **Beamline-deut.** или **Beamline-prot.**

В окне **Operator signature** (Ключ оператора) отображаются текущие параметры облучения для выбранного процесса.



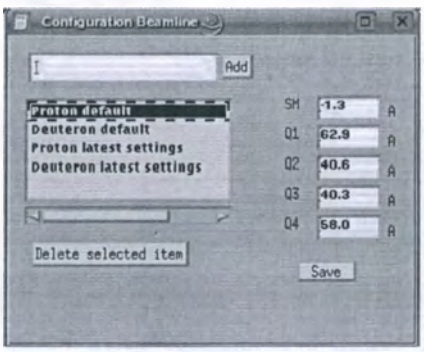
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

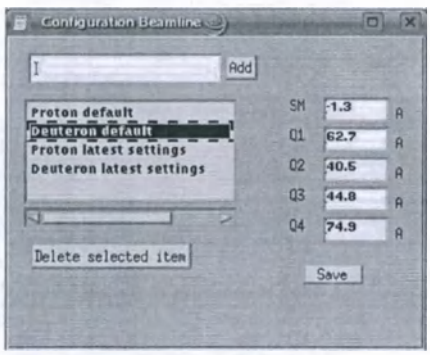
2 При необходимости измените настройки тока магнита Beam Line (**SM**, **Q1**, **Q2**, **Q3** и **Q4**):

a В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

b В меню **Maintenance** (Техобслуживание) выберите **Configuration** (Конфигурация).

c Выберите **Beamline**. Откроется окно **Configuration Beamline** (Конфигурация Beamline).





d При необходимости измените значения **SM**, **Q1**, **Q2**, **Q3** и **Q4** и нажмите **Save** (Сохранить). (См. также Раздел A-4 Предлагаемые настройки тока магнита при запуске системы Beam Line на странице 345.)

3 Введите свой ключ и пароль, затем щелкните кнопку **OK**. Длина ключа и пароля не более 5 символов.

Отобразится окно **Tracer production** (Производство препарата) для системы Beam Line.

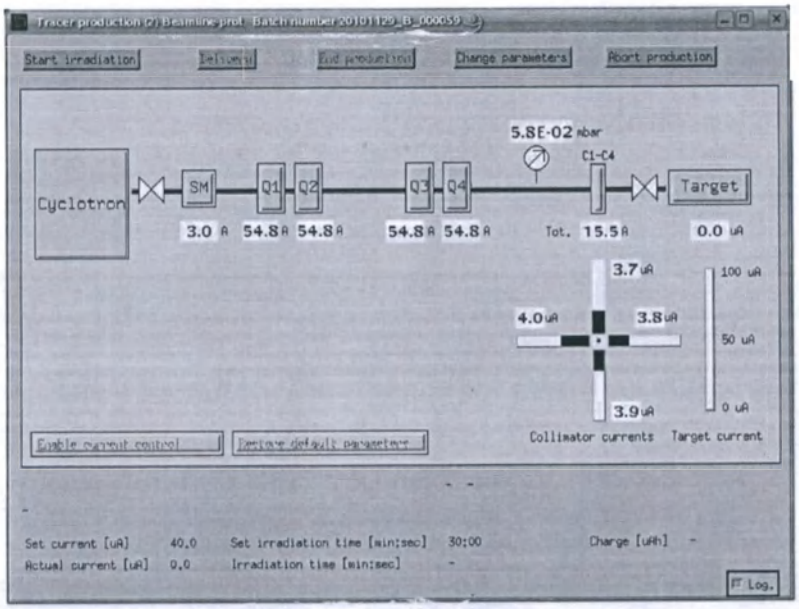
Это окно предоставляет графическое представление циклотрона, системы Beam Line и мишени. С этого момента идет автоматическая подготовка циклотрона и системы Beam Line к процессу производства.

Обратите внимание! .
Это займет несколько минут.

Когда система ускорителя будет готова, оператора известит повторяющийся звуковой сигнал, при этом станет доступной кнопка **Start Irradiation** (Запуск облучения).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. A-3: Окно производства препарата



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-3-2-2 Запуск облучения

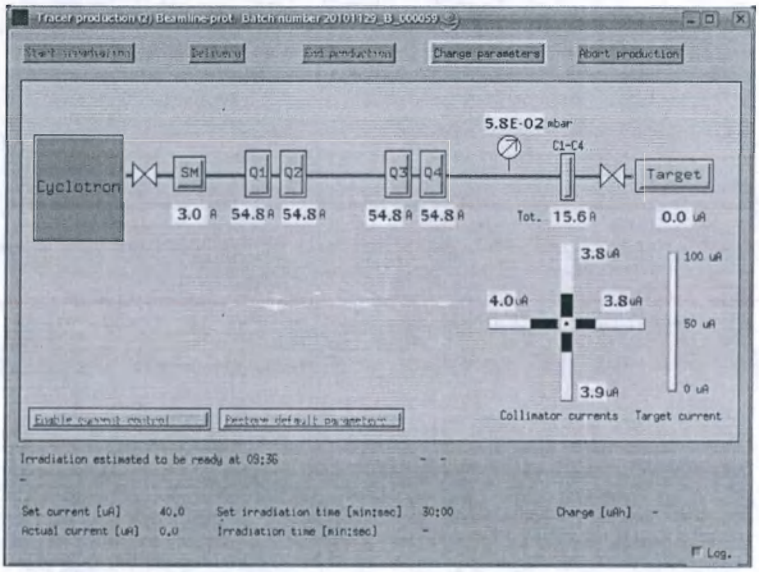
Если требуется файл журнала, поставьте флажок напротив пункта **Log** (Журнал) в окне **Tracer production** (Производство препарата) – файлы журнала находятся в каталоге /export/home/PETtrace/logfiles.

- Щелкните кнопку **Start Irradiation** (Запуск облучения).

  Во время облучения графическое представление циклотрона и системы Beam Line становится зеленым, указывая на то, что пучок включен.

  Параметры производства отображаются в нижней части окна **Tracer production** (Производство препарата).

Рис. A-4: Вид окна производства препарата во время облучения

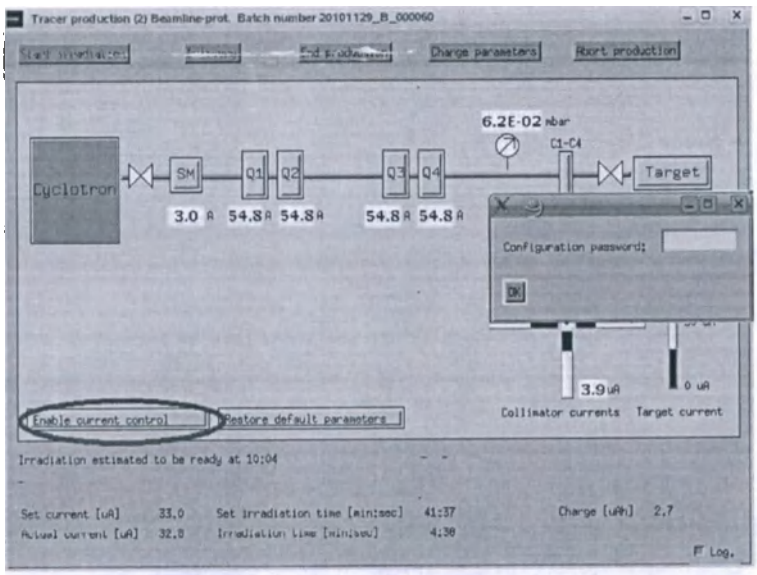


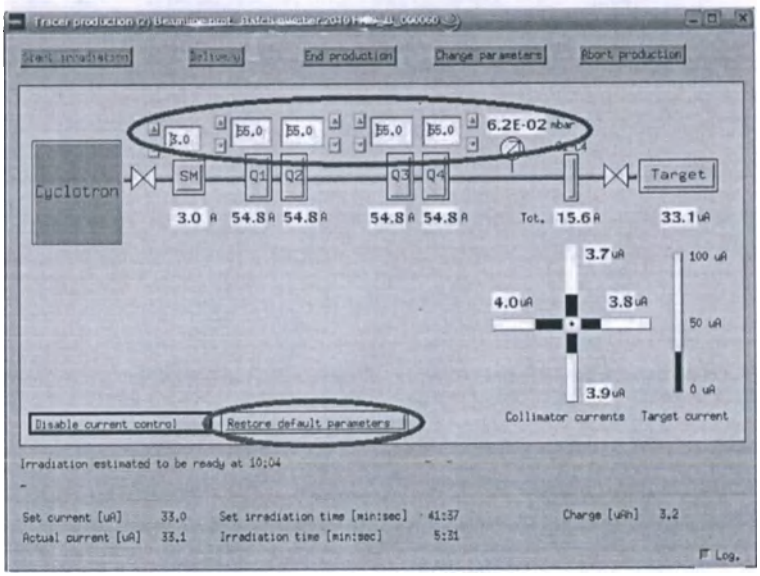
Во время облучения в окне **Tracer production** (Производство препарата) можно выполнять следующие действия:

- **Изменение параметров**
  Есть возможность с помощью опции **Change parameters** (Изменить параметры) во время облучения вводить новые параметры облучения. Заданные параметры будут использоваться с момента нажатия кнопки **OK**; введенные значения времени/заряда добавляются к отображаемому в данный момент времени/ накопленному заряду.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- **Включение управления током**
  Можно **Enable current control** (Включение управления током) для изменения тока магнита Beam Line во время облучения. Требуется пароль.





Настройки тока магнита по умолчанию можно восстановить, нажав на кнопку **Restore default parameters** (Восстановить параметры по умолчанию).

- **Прерывание производства**
  При необходимости производство можно остановить до начала химической обработки, щелкнув кнопку **Abort production** (Прервать производство).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-3-2-3 Остановка облучения для окончания производства

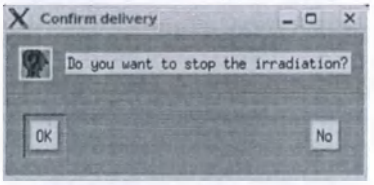
Остановка облучения до истечения времени облучения

1 Если достаточная активность была получена до истечения расчетного времени облучения **И** система химической обработки/приемный блок подготовлены:

Нажмите кнопку **End production** (Завершить производство).

2 На экране появится всплывающее окно **Confirm delivery** (Подтверждение выгрузки), с помощью которого можно подтвердить свой выбор, нажав **OK**.

Рис. A-5: Подтверждение выгрузки продукта



Остановка облучения по истечении времени облучения
По истечении времени облучения подаются звуковые сигналы. Облучение продолжается еще 60 секунд, чтобы поддержать постоянный уровень радиоактивности.

Откроется окно **Irradiation parameters** (Параметры облучения), предоставляя возможность продления облучения (режим дополнительной экспозиции). Выполните одно из следующих действий:

1 Сразу же нажмите **End production** (Завершить производство).

2 Продление времени облучения. После истечения времени дополнительной экспозиции пучок отключается, и активной будет только кнопка **End production** (Завершение производства).

ОСТОРОЖНО! Сбои в системе

Если при выгрузке продукта произойдет сбой, не входите в помещение циклотрона.

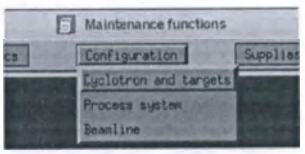
Вызовите ответственного инженера.

A-3-2-4 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции

См. Раздел 6-4-8 Завершение процесса и отчет о произведенной продукции на странице 101.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-4 *Предлагаемые настройки тока магнита при запуске системы Beam Line*

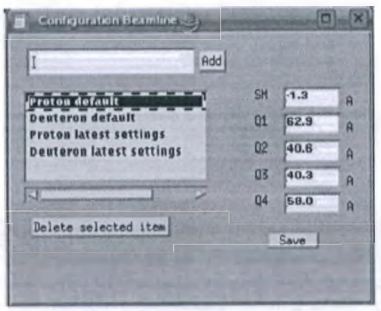


Для ввода или изменения настроек тока магнита Beam Line:

1 В меню **PETtrace** выберите **Maintenance** (Техобслуживание).

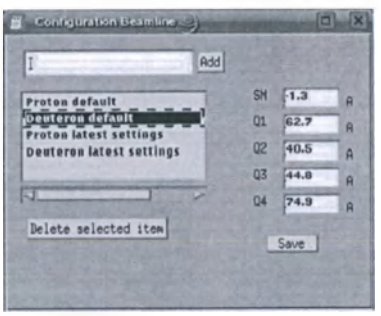
2 В меню **Maintenance** (Техобслуживание) выберите **Configuration** (Конфигурация).

3 Выберите пункт **Beam Line**.



Предлагаемые начальные значения тока магнита:

Магнит	**пучок ПРОТОНОВ**
SM (Управляющий магнит)	-1,3 A
Q1 (Ч.м. 1)	62,9 A
Q2 (Ч.м. 2)	40,6 A
Q3 (Ч.м. 3)	40,3 A
Q4 (Ч.м. 4)	58,0 A



Магнит	**пучок ДЕЙТРОНОВ**
SM (Управляющий магнит)	-1,3 A
Q1 (Ч.м. 1)	62,7 A
Q2 (Ч.м. 2)	40,5 A
Q3 (Ч.м. 3)	44,8 A
Q4 (Ч.м. 4)	74,9 A

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

A-5 Выполняемое оператором техобслуживание

Для системы PETtrace 800 Beam Line **не предусмотрено никакого выполняемого оператором техобслуживания**.

Если на какой-либо узел системы Beam Line попало масло, грязь или другие посторонние вещества, очистку производите тканью, смоченной в мыльной воде.

Обратите внимание!
Перед чисткой обязательно выключите систему и отсоедините питание.

A-6 Предохранители

A-6-1 Комплект автоматического выключателя к системе Beam Line

A-6-1-1 Описание

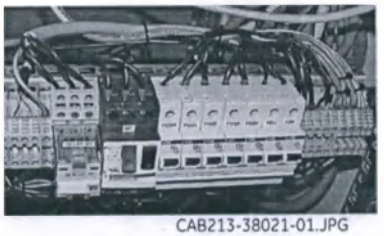
Каждый узел системы защищен миниатюрными автоматическими выключателями, расположенными в цепи между самим узлом и трансформатором. См. Рис. A-6, а также чертеж CAB213-54040. (Обратите внимание, что механический насос защищен трехфазным автоматическим мини-выключателем).

Вход электропитания на задней стенке блока управления системой Beam Line (BCU) снабжен плавким предохранителем (во встроенном держателе).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рис. A-6: Миниатюрный автоматический выключатель и предохранитель

Автоматический мини-выключатель



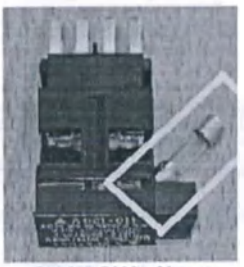
CAB213-38021-01.JPG

CAB213-38005-01.jpg

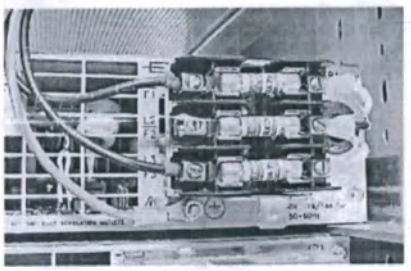
Предохранитель

CAB213-38003-00.tif

Держатель предохранителя с тыльной стороны блока управления системой Beam Line (BCU).



CAB213-38004-01.png



A-6-1-2 Порядок разборки и сборки

ОСТОРОЖНО! Опасное напряжение

Внутри отсека системы Beam Line имеется смертельно опасное напряжение, достигающее 480 В~.

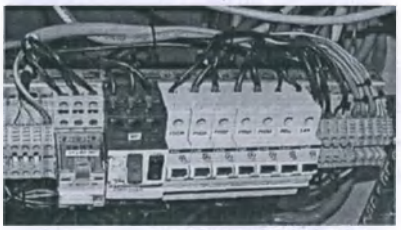
Прежде чем приступать к процедурам обслуживания в отсеке системы Beam Line, Отключите и опломбируйте выключатель этого отсека на распределительном щите (ГРЩ).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

При необходимости замены предохранителя выполните следующие действия:

1 На распределительном щите (ГРЩ) отключите и опечатайте автоматический выключатель системы Beam Line.

2 Выключите (один за другим) все автоматические микровыключатели на задней части отсека системы Beam Line.

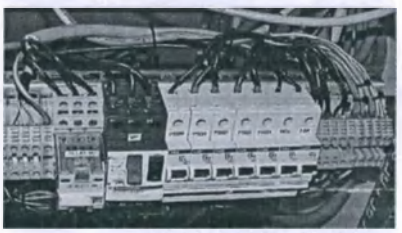


CAB213-38021-01.JPG

3 Найдите держатель предохранителей и предохранитель (см. Рис. A-6). Извлеките сгоревший предохранитель, вставьте новый и установите на место держатель предохранителя.

4 На распределительном щите (ГРЩ) разблокируйте/снимите пломбу с автоматического выключателя системы Beam Line и активируйте его.

5 Включите (один за другим) все автоматические микровыключатели на задней части отсека системы Beam Line.



CAB213-38021-01.JPG

6 Закройте заднюю дверцу отсека системы Beam Line.

A-7 Расходные материалы

В системе отсутствуют какие-либо расходные материалы.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРИЛОЖЕНИЕ B ПОДАЧА МАТЕРИАЛОВ

Газы должны подаваться из газовых баллонов, предоставляемых заказчиком.

Обратите внимание!
Обратите внимание на срок годности газовых цилиндров. Старые газовые цилиндры могут негативно влиять на качество газа и, следовательно, на производительность циклотрона.

Таблица B-1 включает все необходимые газы, а также рекомендуемые значения давления регулятора. Обратите внимание, что для давления указаны приблизительные значения. Во время монтажа некоторые значения давления могут устанавливаться иначе для оптимизации определенных параметров.

Обратите внимание!
Длинные трубки и большое вертикальное расстояние между циклотроном и радиохимической системой могут потребовать более высокого давления.

Обратите внимание!
Источники газа должны быть оборудованы регуляторами достаточно высокой точности, чтобы обеспечить настройку предписанного рабочего давления. Максимальное давление регулятора должно значительно превышать максимальное рабочее давление. Пример. Рабочее давление 1,05 ± 0,05 МПа требует регулятора с точностью настройки в 0,01 МПа и с максимальным давлением 1,5–2,0 МПа.

Таблица B-1: Газообразные расходные материалы

Назначение	Газ	Рабочее давление	Обратите внимание
Частица	**Газы ионного источника**		
Протоны	H_2 (6,0)	0,10 ± 0,05 МПа (15 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
Дейтроны	D_2 (2,7)	0,10 ± 0,05 МПа (15 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
Мишень	**Газы для мишеней**		1
$^{11}CO_2$ стандарт	N_2 (6,0) + 1% O_2 (5,0)	1,20 ± 0,03 МПа (175 ± 5 фунт/кв. дюйм)	C_nX_m < 0,2 миллионных долей (м. д.)
$^{11}CO_2$ HP (высокое давление)		1,30 ± 0,03 МПа (190 ± 5 фунт/кв. дюйм)	C_nX_m < 0,2 миллионных долей (м. д.)
$^{11}CH_4$	N_2 (6,0) + 10% H_2 (6,0)	1,0 ± 0,1 МПа (145 ± 15 фунт/кв. дюйм)	
^{15}O	N_2 (5,0) + 1 % O_2 (4,5)	1,0 ± 0,1 МПа (145 ± 15 фунт/кв. дюйм)	

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Назначение	Газ	Рабочее давление	Обратите внимание
$^{18}F_2$-дейтрон	Ne (4,5)	1,05 ± 0,03 МПа (152,5 ± 5 фунт/кв. дюйм)	
$^{18}F_2$-дейтрон	Ne (4,5) + 1% F_2 (1,8)	0,35 ± 0,03 МПа (45 ± 5 фунт/кв. дюйм)	HF < 0,5%
$^{18}F_2$-протон	3 % F_2 (3,0) + He (5,0)	0,1–1,0 МПа (14,5–145 фунт/кв. дюйм)	
$^{18}F_2$-протон	Ar (5,0)	1,05 ± 0,05 МПа (152,5 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
$^{18}F_2$-протон	$^{18}O_2$ (1,8)	0,10 ± 0,05 МПа (14,5 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
^{13}N	He (5,5)	0,45 ± 0,03 МПа (65 ± 5 фунт/кв. дюйм)	
$^{13}NH_3$		НД: 0,45 ± 0,03 МПа (65 ± 5 фунт/кв. дюйм) ВД: 1,30 ± 0,03 МПа (190 ± 15 фунт/кв. дюйм)	
^{18}F- Nb 25		НД: 0,45 ± 0,03 МПа (65 ± 5 фунт/кв. дюйм) ВД: 3,00 ± 0,05 МПа (435 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
Самоэкранирующая ^{18}F- Nb 27		НД: 0,45 ± 0,03 МПа (65 ± 5 фунт/кв. дюйм) ВД: 3,00 ± 0,05 МПа (435 ± 7 фунт/кв. дюйм)	
Жидкость ^{68}Ga		0,45 ± 0,03 МПа (65 ± 5 фунт/кв. дюйм)	
Все (кроме самоэкранирующей мишени ^{18}F- Nb 27 и жидкостной мишени ^{68}Ga)		0,38 ± 0,03 МПа (55 ± 5 фунт/кв. дюйм)	Охлаждающий газ

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Назначение	Газ	Рабочее давление	Обратите внимание
Система химической обработки	**Газы для производства**		
^{11}C, ^{15}O	N_2 (6,0)	0,25 ± 0,10 МПа (36 ± 14 фунт/кв. дюйм)	C_nX_m < 0,2 миллионных долей (м. д.)
^{11}C, ^{15}O	H_2 (5,7)	0,25 ± 0,10 МПа (36 ± 14 фунт/кв. дюйм)	
^{11}C	NH_3 (4,5)	0,27 ± 0,10 МПа (39 ± 14 фунт/кв. дюйм)	[2] H_2O < 10 миллионных долей (м.д.)

1 В таблице указаны начальные давления. Конечные давления в мишени не должны превышать 2,4 МПа (350 фунт/кв. дюйм).

2 Давление NH_3 должно быть примерно на 0,02 МПа выше давления остальных газов для производства на основе ^{11}C, которые должны быть равными.

Таблица B-2 включает жидкости мишеней приобретаемых клиентом. И обогащенная, и нормальная вода должна быть высокого качества и иметь низкую проводимость, предпочтительно ниже 5 мкСм/см (удельное сопротивление значительно выше 0,2 МОм-см; например, питание 18 МОм-см).

Ниже приведены примеры обычной воды, которую можно использовать:

- GE Healthcare, FASTlab Developer Waterbags, WFI 1193197
- Merck 1.16754
- Fluka 95305

Храните воду в герметичных емкостях, таких как закрытые флаконы, при низкой температуре.

Обратите внимание!
Характеристики жидкостей в Таблица B-2 относятся к требованиям циклотрона. Дополнительные требования могут быть применимы в зависимости от использования и формальных требований (законодательных, нормативных).

Таблица B-2: Жидкие расходные материалы

Мишень	Жидкость	Спецификация
^{13}N	^{16}O-H_2O	Значительно выше 0,2 МОм-см (например, питание 18 МОм-см)
[^{13}N]NH_3	EtOH в ^{16}O-H_2O	> 99,5-процентный раствор этанола в воде с удельным сопротивлением значительно выше 0,2 МОм-см (например, питание 18 МОм-см)
[^{18}F]F-	[^{18}O]H_2O	С обогащением по ^{18}O > 98%, деионизированная

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Мишень	Жидкость	Спецификация
^{68}Ga	$[^{68}Zn]Zn(NO_3)_2$	$[^{68}Zn]ZnO$, растворенный в разведенном растворе HNO_3 (см. Раздел 15-2-1 Приготовление раствора $[^{68}Zn]$ цинка нитрата на странице 205) Пример (зависит от применения): $^{68}Zn > 98\%$, $^{66}Zn < 0,5\%$, и Fe < 10 миллионных долей (м. д.)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

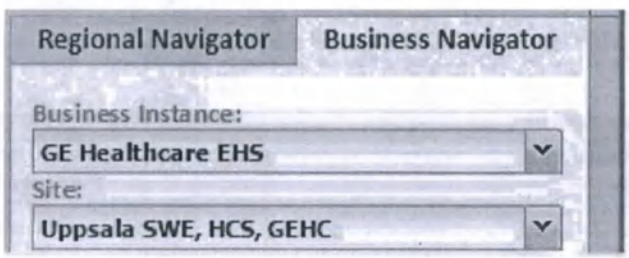
ПРИЛОЖЕНИЕ C ОЦЕНКА РИСКА (RA)

Перед началом любых работ по монтажу или обслуживанию необходимо ознакомиться с соответствующими документами по оценке рисков. Все документы по оценке рисков доступны для персонала GE в GenSuite. Персонал других организаций может запросить документы по оценке рисков у местного представителя по обслуживанию компании GE.

Также могут применяться местные специфические процедуры.

1 Перейдите по адресу http://ge.gensuite.com и выполните вход в систему, или зарегистрируйтесь, если у вас еще нет учетной записи.

2 Выберите ***GE Healthcare EHS*** (Отдел ОТ, ТБ и ООС GE Healthcare) и ***Uppsala SWE, HCS, GEHC*** (Уппсала, Швеция, HCS GEHC).



3 Найдите и откройте документ ***Risk Assessment (RA)*** (Оценка рисков).

4 Выберите необходимый документ оценки рисков (***Installation/Service:*** ...) (Установка/Сервис: ...).

Применимые документы оценки рисков:

- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе с химическими веществами
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе со сжатыми газами
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе с электрическим оборудованием
- Монтаж/обслуживание: эргономические факторы опасности
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе со взрывчатыми веществами
- Монтаж/обслуживание: опасность падения
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе с оборудованием, находящимся под высоким давлением
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе в одиночку
- Монтаж/обслуживание: опасность воздействия электромагнитных полей
- Монтаж/обслуживание: опасность защемления
- Монтаж/обслуживание: опасность ранения колющими предметами и порезов

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- Монтаж/обслуживание: факторы радиационной опасности
- Монтаж/обслуживание: опасность скольжения и спотыкания
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе с высокими температурами
- Монтаж/обслуживание: работа с выездом к заказчику
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при работе в ограниченном пространстве
- Монтаж/обслуживание: факторы опасности при проведении такелажных работ

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРИЛОЖЕНИЕ D ВКЛЮЧЕНИЕ/ВЫКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Данное приложение содержит рекомендуемые последовательности включения и выключения системы для циклотронной системы.

D-1 Включение системы

Обратите внимание!
Предполагается, что вакуумная камера в большей или меньшей мере эвакуируется при запуске, не вентилируется.

1 Убедитесь, что охладитель воды и сжатый воздух включены.

2 Включите питание каждого из следующих компонентов циклотрона:

- Выключатели на главном распределительном щите (ГРЩ)
  - Отсек 1 PSMC
  - Отсек 2 RFPG
  - Отсек 3 (CAB 3)
  - Трансформатор/БРП
  - Система водяного охлаждения
  - Компрессор радиационной защиты (дополнительная опция)
- Выключатели VCU, ACU, PSARC и CIU в CAB 3
- Централизованная система управления – выключатель питания на компьютере
- Другие опции, например, CCU

3 Когда централизованная система управления загрузится, перезагрузите блок управления ускорителем (ACU) и блок управления химическими процессами (CCU) (дополнительная опция):

- Выключите и включите питание ACU (выключатель на задней панели ACU или внешний ИП рядом с ACU) и CCU.

4 Включите питание блока вторичного водяного охлаждения.

5 Нажмите **PUMP** (НАСОС) на панели VCU.

- Через 25–35 минут давление вакуума должно составлять $4{,}0 \times 10^{-5}$ мбар или менее.

6 Войдите в централизованную систему управления как пользователь ***PETtrace***.

Последовательность включения системы завершена.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

D-2 Выключение системы

Обратите внимание!
После этой процедуры вакуумная камера остается эвакуированной, не вентилируемой.

1 Из PSS установите циклотронную систему в режим Off (Выкл.):

   a В **Subsystem control** (Подсистема управления) откройте любое окно подсистемы и нажмите **System Off** (Выключение системы).

   b Выйти из PSS.

2 Чтобы выйти из централизованной системы управления и вернуться к окну входа нажмите **Exit** (Выход) в главном меню в верхней части экрана.

3 Выключение централизованной системы управления:

   a Войдите как пользователь ***root***.

   b Нажмите кнопку Start (Пуск) слева на панели задач.

   c Выберите ***Leave*** (Выход), и потом ***Shutdown*** (Завершение работы).

   Вы можете безопасно выключить централизованную систему управления.

4 Нажмите **OFF** (ВЫКЛ.) на панели VCU.

5 Подождите **как минимум два часа**, чтобы диффузионный насос остыл.

   - По возможности оставьте насосы водяного охлаждения включенными дольше, чем на два часа, чтобы диффузионный насос максимально остыл перед выключением водяного охлаждения.

6 Выключите питание блока вторичного водяного охлаждения.

7 Выключите питание каждого из следующих компонентов циклотрона:

   - Централизованная система управления – выключатель питания на компьютере
   - Другие опции, например, CCU
   - Выключатели на главном распределительном щите (ГРЩ)
     - Компрессор радиационной защиты (дополнительная опция)
     - Система водяного охлаждения
     - Трансформатор/БРП
     - Отсек 3 (CAB 3)
     - Отсек 2 RFPG
     - Отсек 1 PSMC

Последовательность выключения системы завершена.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРИЛОЖЕНИЕ E ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ЗАКАЗА

E-1 Расходные материалы для производства аммиака

Для каждого производственного цикла на системе производства аммиака необходим комплект расходных материалов (см. ниже).

Таблица E-1 содержит перечень расходных материалов для производства аммиака с указанием номера по каталогу компании GE. Чтобы заказать расходные материалы для производства аммиака в компании GE, укажите номер по каталогу GE, описание и необходимое количество. Направьте заказ в ближайшее представительство компании GE Healthcare.

Таблица E-1: Расходные материалы компании GE для производства аммиака

Номер по каталогу	Описание	Количество
P5240JC	Кассета с аммиаком	10
	150 см трубка для выхода продукта	
	Стерильный фильтр	
	50 см трубка для выхода продукта	
	Игла для вывода продукта (короткая)	
	Игла для откачки (длинная)	
	Фильтр откачки	
	Стерильный сосуд для препарата вместимостью 20 мл с крышкой и мембраной	

E-2 Реактивы

Все реактивы для системы PETtrace 800 заказчик должен приобретать самостоятельно. В разных странах поставщики и препараты могут отличаться. Таблица E-2 дает перечень реактивов, необходимых для поддержки производства радиофармпрепаратов с помощью системы PETtrace 800. Вместо реактивов, перечисленных в таблице, можно приобрести эквивалентные реактивы других поставщиков.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица E-2: Реактивы, необходимые для работы системы PETtrace 800

Номер по каталогу поставщика	Химическое вещество	Количество в упаковке	Химический процесс	Поставщик
242268-250G	Активированный уголь 20–40 меш	250 г	^{11}C, ^{15}O	Sigma-Aldrich
223921-500G	Ascarite (II)™ 20–30 меш	500 г	^{11}C, ^{15}O	Sigma-Aldrich
1.02764.0250	Меди оксид гранулированный, 0,8–2 мм	250 г	^{15}O	VWR International
269484-100G	Сплав Деварда, порошок +100 меш	100 г	^{13}N	Sigma-Aldrich
5622	Молекулярное сито 4A, 60–80 меш	100 г	^{11}C	Grace Davison
267163-1.3G	Платиновая проволока, d = 0,127 мм	2 × 1,3 г (2 × 5 м)	^{11}C, ^{15}O	Sigma-Aldrich
1.00543.0500	Sicapent™ (P_2O_5) с индикатором	500 мл (150 г)	^{11}C, ^{15}O	VWR International
1.06733.0501	Натронная известь 1,0–2,5 мм (BDH №33115)	500 г	$^{18}F_2$-дейтрон	VWR International
1.06469.1000	Гидроксид натрия, гранулированный, ≥ 99 %	1000 г	^{13}N	VWR International
Ni-3266 E 1/8	Никелевый катализатор	100 г	^{11}C	Engelhard
519-3112	Стекловата (кварцевая), 2–15 мкм	100 г	^{11}C, ^{15}O	VWR International
THOA5745-C17	Стекловата (PYREX™), 5–8 мкм	454 г	^{11}C, ^{15}O	VWR International
Н/п	Ацетон	Н/п	Очистка	Н/п
Н/п	Вода (дистиллированная, деионизированная или очищенная нанофильтром)	Н/п	^{13}N, очистка	Н/п
Н/п	2-Пропанол (изопропиловый спирт)	Н/п	Очистка	Н/п
Н/п	ЦИНК-68 (в виде ZnO)	665 мг	^{68}Ga	Isoflex

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Номер по каталогу поставщика	Химическое вещество	Количество в упаковке	Химический процесс	Поставщик
225711	Азотная кислота UN2031, 70%, ≥ 99,999% (на основе следов металлов)	475 мл	^{68}Ga	Sigma-Aldrich
1,01262	ВЫСОКООЧИЩЕННАЯ ВОДА	500 мл	^{68}Ga	Sigma-Aldrich

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

УКАЗАТЕЛЬ

1
$^{11}CH_4$-метан
производство, 173

A
Ascarite
замена, 227

L
LTF, 63

S
Sicapent
замена, 227

А
Абсорберы
замена, 227
Аварийные выключатели, 44
Аварийные ситуации, 45
Автономное производство воды, 168
Азотная кислота
приготовление, 208
Активация ловушки, 227

В
Вакуумная система
Блок управления вакуумом (VCU), 53
индикация параметров, 54
факторы риска, 33
Введение, 19
Вентилируемый стерильный фильтр, 77, 123
Включение/выключение, 355
Включение/выключение системы, 355
Возгорания, 47
Выдержка
после синтеза, 128
Выемка кассеты, 128
Выемка продукта, 128
Выйти из централизованной системы, 106
Выполняемое оператором техобслуживание, 219
Выпускной патрубок для продукта
факторы риска, 42
Выход для продукта
производство аммиака
трубки, 77
Выход из системы, 88
Выход из централизованной системы управления, 88
Выход продукта
производство аммиака
выход в систему производства аммиака, 126
выход из производства аммиака, 121
игла, 77

Г
Газовый коллектор
факторы риска, 36
Газообразные радиофармпрепараты на основе ^{11}C
производство, 139
Газообразные расходные материалы, 351
Газы, 61
Генератор тока ВЧ (RFPG)
факторы риска, 37
Главное меню, 88
Главный клапан подачи водорода, 106
Горячая камера, 68
факторы риска, 40

Д
Дополнительная экспозиция, 100

Е
Едкие вещества, 44, 49, 119
Ежедневный осмотр, 49
Ежедневный технический осмотр, 85
Ёмкость для отходов (система для производства аммиака), 118
Ёмкость для продукта, 76, 78

Ж
Жидкие расходные материалы, 352
Жидкости, 61

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

З
Завершение производства, 99, 344
Завершение процесса, 101, 177
Завершение работы, 105
Замена абсорберов, 227
Замена емкостей LTF, 228
Замена ловушки с натронной известью, 240
Замена реагентов, 224
Заполнение мишени ^{13}N, 124
Запуск, 87, 89
Звуковой сигнал
  система радиационной защиты, 57
Звуковой сигнал системы радиационной защиты, 57

И
Игла для откачки, 77, 123
Индикатор потока воздуха, 59
Инструкции по эксплуатации, 85
Использование по назначению, 20
Источник ионов
  газовый коллектор, факторы риска, 36

К
Кассета
  загрузка аммиака, 122
  подготовка производства аммиака, 119
Кассета с аммиаком, 77
Катализаторы, 67
Ключ оператора, 94
Колонки, 67
Контейнер для продукта
  производство аммиака, 126

Л
Ловушка для CO_2
  замена молекулярного сита, 226
Ловушка для F_2, 74
Ловушка с натронной известью, 74
Ловушка с натронной известью для F_2
  замена, 240

М
Мишени
  (дополнительные опции), 21
  $^{11}CH_4$-метан, 173
    выполняемое опреатором техобслуживание, 310
    очиститель, 313
  $^{11}CO_2$ HP
    выполняемое оператором техобслуживание, 151, 307
    давление смеси N_2+O_2, 151
    условия эксплуатации, 151
  ^{13}N
    выполняемое оператором техобслуживание, 251
  $^{13}NH_3$
    выполняемое оператором техобслуживание, 255
    стандартизованная технология для производства, 134
  ^{15}O
    выполняемое оператором техобслуживание, 303
  $^{18}F_2$-протон
    выполняемое оператором техобслуживание, 317
  $^{18}F^-$ Nb 25
    выполняемое оператором техобслуживание, 265
    стандартизованная технология для производства, 112
  $^{18}F^-$ Nb 27 самоэкранирующей
    выполняемое оператором техобслуживание, 288
  $^{18}F^-$ Nb 27 самоэкранирующие
    выполняемое оператором техобслуживание, 275
    стандартизованная технология для производства, 112
  ^{68}Ga
    Выполняемое оператором техобслуживание, 298
    разрыв фольги, 213
    стандартизованная технология для производства, 210

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

стандартная для $^{11}CO_2$
оперативное техобслуживание, 303
факторы риска, 33
Мишень
проверка на утечку, 93, 322
Молекулярное сито, 226
инструкции по замене, 226

Н

Никель, 224

О

Облучение, 96
$^{11}CH_4$-метан, 177
$^{11}CO_2$ или ^{15}O, 97
^{13}N, 125
параметры, 99
Облучение твердой мишени, 215
Одноразовые принадлежности
Установка для производства NH_3, 77
Оксид меди, 224
Основные компоненты и маркировка оборудования, 21
Особенности работы с мишенями $^{11}CO_2$ HP, 151
Ответственный инженер, 47
Отсек для обработки, 58
факторы риска, 39
Отходы
процедура утилизации, 48
радиоактивные, 48
Отчет, 102
Очиститель (дополнительная опция мишени для $^{11}CH_4$-метана), 313
Очистка
система для производства воды, 168
система производства аммиака, 128
установка для поизводства воды, 172

П

Панели для обработки, 67
Панели для продукции, 68
Панель для отходов, 73
Панель подачи газов для производства FDG (ФДГ), 69
Панель подачи газов для производства MeI, 69
Перебои в электроснабжении, 49
Периодическое (выполняемое оператором и плановое) техобслуживание, 217
Плановое техобслуживание, 327
Платина, 224
Подача материалов, 349
Подача реагентов, 106
окно подачи реагентов, 94
Подвесной пульт управления дверью, 55
правила техники безопасности, 57
Подключение воды для мишени
система для производства аммиака, 117
Порядок оформления заказа, 357
Поставщики
реактивов и химикатов, 357
Правила работы в лабораториях, 47
Прерывание производства, 98, 343
Приложение Централизованной системы управления, 87
Проверка на утечку, 93, 322
Программное обеспечение Централизованной системы управления, 87
Продувка мишени
продувка всех систем мишеней (выполняемое оператором техобслуживание), 222
продувка системы F_2, 184
Производство, 94
$^{11}CH_4$-метан, 173
$^{13}NH_3$, 134
$^{18}F_2$ из дейтронов, 179
$^{18}F_2$ из протонов, 185
$^{18}F^-$ (фторид), 109, 112
^{68}Ga, 210
аммиака, 117
в мишени $^{13}NH_3$, 129
в мишени ^{68}Ga, 203
воды меченной ^{15}O, 153, 164
металлических и галогенных радиоактивных изотопов, 215
Производство ^{13}N-аммиака, 126

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Производство аммиака
активация, 124
Производство аммиака, расходные материалы, 77
Процедура входа, 87
Процедура повторного запуска, 50
Процедура продувки неоном
Система F_2, 183
Процедура утилизации, 48
установка для производства NH_3, 48
Процедуры, выполняемые после завершения производственного цикла, 105
Процесс производства $^{13}NH_3$, 129
Процесс производства $^{18}F_2$ (из дейтронов), 179
Процесс производства $^{18}F_2$ (из протонов), 185
Процесс производства $^{18}F^-$ (фторид), 109
Процесс производства ^{68}Ga (из протонов), 203
Процесс производства аммиака ^{13}N, 117
Процессы производства воды
система для производства воды, 75
установка для производства воды, 75, 168

Р
Радиационной аварии, 45
выброс радиоактивности в боксе, 45
Радиация
контроль, 128, 168, 172
Радиоактивные брызги, 128, 168, 172
Радиофармпрепараты, производство
общие указания, 139
окно производства препарата, 97, 342
Радиохимическая лаборатория
факторы риска, 38
Радиохимическая система
ежедневный технический осмотр, 86
Расходные компоненты для производства аммиака, 119
Расходные материалы, 349
Расходные материалы для производства аммиака
порядок оформления заказа, 357
Расходные материалы и комплектующие детали
система для производства NH_3, 119
Расходные материалы и принадлежности
порядок оформления заказа, 357
Расходные реагенты
окно изменения данных о расходных материалах, 326
Реактивы, 357
для производства аммиака, 120
Реакция
аммиак, 126

С
Сигнальный маячок
система радиационной защиты, 57
Силовой распределительный щит
факторы риска, 36
Система F_2
операция продувки неоном, 183
предварительная подготовка, 180
производство ^{18}F, 179, 185
Система PETtrace
главное меню, 88
Система для производства аммиака, 76
подключение воды для мишени, 117
Система переключения мишеней, 79
Система радиационной защиты
закрыть, 239
открывание, 229
Система управления ускорителем, 21
Соленоиды источника питания магнита (PSMC)
факторы риска, 37

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Соответствие нормативным требованиям, 19
Сорбенты, 67
Сосуд для продукта, 77
маркировка, 123
Сосуды
заполнение реактивами, 120
установка в кассету для аммиака, 121
Средства для производства воды, меченой ^{15}O, 75
Средства управления и отображения информации, 51
СРП (стандартная рабочая процедура)
для производства $^{11}CH_4$, 174
для производства $^{13}NH_3$, 134
для производства $^{18}F^-$, 112
Стерильный фильтр, 77, 123
СТП (стандартизованная технология для производства)
для производства ^{68}Ga, 210

Т
Термостаты, 67
замена реагентов, 224
Техника безопасности, 29, 47
Техобслуживание, 217
график выполняемого оператором техобслуживания, 219
график планового техобслуживания, 327
окно техобслуживание мишени, 93, 141, 175
окно техобслуживания, 199
окно техобслуживания мишени, 114, 136, 157

У
Уголь, 224
Угрозы безопасности, 29
аппаратная, 44
защитный полиэкран, 35
Устройства для заливки жидкостных мишеней, 35
экран защиты от излучения, 31
Ускоритель
ежедневный технический осмотр, 85
Установка для производства аммиака, 76
Устройства для заливки жидкостных мишеней
замена емкостей LTF, 228
соединения, 63

Ф
Файл параметров, 90
Факторы риска
PSMC, 37
RFPG, 37
аппаратное помещение, 37
вакуумная система, 33
выпускной патрубок для продукта, 42
газовый коллектор, 36
горячая камера, 40
мишени, 33
отсек для обработки, 39
отсеки, 37
помещение циклотрона, 30
радиохимическая лаборатория, 38
силовой распределительный щит, 36
система водяного охлаждения, 38
циклотрон, 32
Фильтр для откачки, 77, 123
Фтор
главный клапан, 106

Х
Химическая обработка, 100

Ц
Централизованная система управления, 21
Централизованная система управления (ЦСУ), 51
Циклотрон, 21
Цинка нитрата
приготовление, 205

Э
Экран защиты от радиационного излучения
открытие, 55
Электронные блоки и источники питания, 21

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Энергораспределительная система, 21

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Для получения контактной информации местных представительств посетите веб-сайт www.gehealthcare.com/en/about/contact-us

GEMS PET Systems AB
Box 15024, Husbyborg
SE-750 15 Uppsala
Швеция

www.gehealthcare.com

GE, монограмма GE, Imagination at work (Воображение в действии) GENtrace, MINItrace, PETtrace и FASTlab являются товарными знаками компании General Electric Company

Все торговые знаки третьих сторон являются собственностью соответствующих владельцев.

© General Electric Company, 2019 г. Все права защищены.

Продажа товаров и предоставление услуг осуществляются на условиях продаж компании в рамках GE Healthcare, осуществляющей их поставку. Копия настоящих условий предоставляется по запросу. Обратитесь к местному представителю GE Healthcare для получения наиболее актуальной информации.

Системы GEMS PET AB поступают на рынок под маркой GE Healthcare.

imagination at work

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод с английского языка на русский язык

GE Healthcare / ДжиИ Хэлскеа

PETtrace серии 800

Руководство оператора

Класс А

GE / ДжиИ

«Утверждаю»
Карин Гранат, генеральный директор
GEMS PET Systems Aktiebolag/ ДжиИ ЭмЭс ПЭТ Системз Актиеболаг
Хусбиборг 75228 г. Упсала, Швеция
/Подпись/ 7 декабря 2021 г.

GE / ДжиИ
GEMS PET Systems AB / ДжиИ ЭмЭс ПЭТ Системз АБ
Гамла Бёрйевэген 4
752 28 г. Упсала
Швеция

/Подпись/
Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Штамп:
Настоящим я подтверждаю, что Карин Гранат лично подписала настоящий документ.
Г. Упсала, Швеция, 7 декабря 2021 г.
По долгу службы
/Подпись/
Ева Густафссон, публичный нотариус

Штамп нотариуса: Публичный нотариус в г. Упсала
Ваксалагатан 6
SE-753 20 г. Упсала, Швеция
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевёл с английского языка на русский язык
профессиональный переводчик Ермакова Ульяна Алексеевна

Российская Федерация
Город Москва

Двадцать четвертое декабря две тысячи двадцать первого года.

Я, Гуркина Екатерина Владимировна, временно исполняющая обязанности нотариуса города Москвы, Макаренко Алексея Алексеевича, свидетельствую подлинность подписи переводчика Ермаковой Ульяны Алексеевны.

Личность подписавшего документ установлена.

Подпись сделана в моем присутствии.

Зарегистрировано в реестре № 77/337-н/77-2021- 16-735

Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.

Е. В. Гуркина

Всего прошито, пронумеровано и
скреплено печатью 188 (сто восемьдесят восемь) листов

Е. В. Гуркина

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

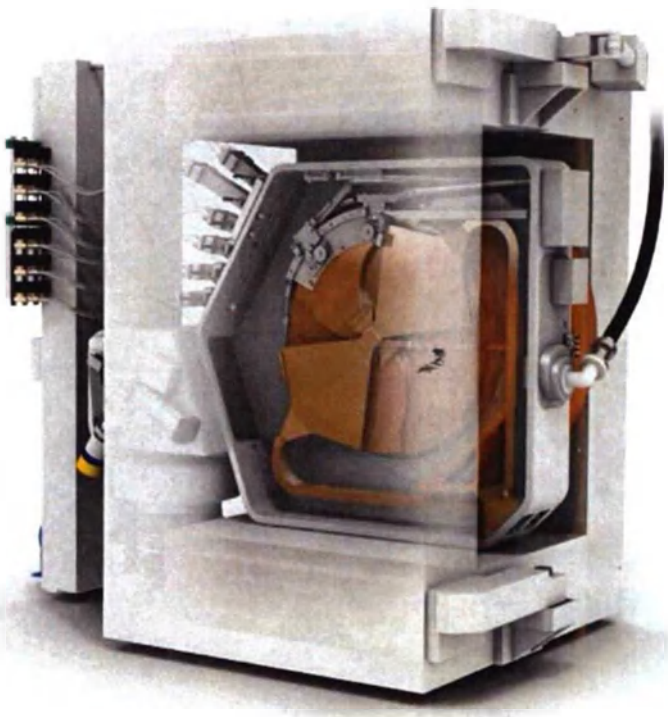
Циклотрон PETtrace серии 800

Руководство по подготовке помещения

Класс А

Karin Granath
General manager
Karin Granath
21 Oct 2022

GEMS PET Systems AB
Gamla Börjevägen 4
752 28 Uppsala
Sweden



Инструкция DOC2666346
Редакция 1

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

It is hereby certified that this photocopy is a true copy of the original document shown to me.

Uppsala, Sweden, October 19, 2022
Ex officio:

Eva Gustafsson, Notary Public

Notarius Publicus i Uppsala
Vaksalagatan 6
SE-753 20 Uppsala, Sweden
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

NOTARIUS PUBLICUS I UPPSALA

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

NOTARIUS PUBLICUS

UPPSALA SWEDEN

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 octobre 1961)

1. Country: Sweden

This public document

2. has been signed by: Eva Gustafsson

3. acting in the capacity of: Notary Public

4. bears the seal/stamp of: Notary Public, Uppsala

Certified

5. at: Uppsala, Sweden 6. the: October 19, 2022

7. by: Peter Nordström

Notary Public, Uppsala, Sweden

8. N.: 3094

9. Seal/stamp: NOTARIUS PUBLICUS I UPPSALA

10. Signature: Peter Nordström

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

GE Hea

Ци
се
Ру
по

Кла

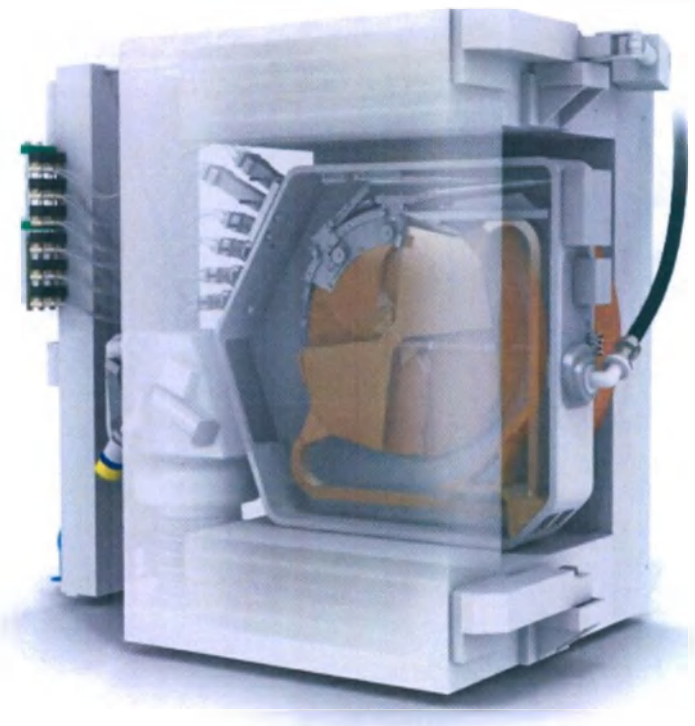
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

GE Healthcare

Циклотрон PETtrace серии 800

Руководство по подготовке помещения

Класс A



Инструкция DOC2666346
Редакция 1

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ИСТОРИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

[Этот документ (DOC2666346) является переводом PETtrace 800 series Site Planning Guide (инстр. 2102960-100), Редакция 23. История изменений взята из оригинального руководства.]

Редакция	Дата	Причина внесения изменений
23	5 мая 2021 г.	Раздел 2-2: Добавлено примечание относительно рекомендуемых минимальных размеров помещения. [PCR 15-131] Раздел 2-2: Обновлены Таблица 2-2 и 2-5 и рис. 2-2 (размеры изменены на 8 × 6 м). [PCR 15-131] Раздел 8-2-1: Добавлено новый раздел с информацией о такелажных ремнях и рым-болтах. [PCR 20-230] Раздел 10-2: Удалены технические требования к грузоподъемности крана и добавлено требование о беспроводном шуруповерте.
22	12 декабря 2019 г.	Добавлена информация о портале документации для клиентов Глава 1: Добавлен циклотрон PETtrace 890. Раздел 3-2-5: На рисунках с правой стороны относительно циклотрона добавлены кривые изодозы гамма-излучения. 3-1,3-3, 3-5 и 3-7. [PCR 19-250]
21	15 апреля 2019 г.	Раздел 2-5-3-1: Добавлено предупреждение (Законопроект 65 штата Калифорния). [PCR 19-106] Раздел 5-14: Таблица 5-15 (Технические характеристики жидкостной мишени) перенесена из раздела 5-14-4 в раздел 5-14-2-4 (новый). Раздел 6-1-1: Обновлена таблица 6-1. [PCR 19-069] Раздел 6-2: Обновлена таблица 6-2, добавлена таблица 6-3. [PCR 19-069] Раздел 6-2: Обновлена таблица 6-2 (техн. характ. реле защиты от перегрузки) [PCR 18-396]
20	26 ноября 2018 г.	Глава 5: Обновлена таблица 5-9, значение для охлаждающего газа He 0,38 ± 0,03 МПа (внесение изменений в техн. хар-ки газа). [PCR 18-354] Глава 6: Обновлены рис. 6-4,6-5 и 6-6 Раздел 5-14-1: Обновлено значение давления сжатого воздуха. [PCR 18-354] Раздел 5-14-2-1: Обновлены значения давления газа-источника ионов. [PCR 18-403]
19	5 марта 2018 г.	Глава 2: Обновлены таблица 2-3, разд. 2-2-5, рисунки 2-7, 2-8, 2-27. [PCR 14-188,15-211] Раздел 3-2-5: Добавлены кривые изодозы для силы тока 160 мкА. [PCR 17-210] Раздел 5.6: Обновлены таблицы параметров воздушного и водяного охлаждения (введены упрощения) Раздел 5-16-2: Добавлен комментарий относительно устройств безопасного ввода. [PCR 17-273] Глава 5: В таблицы добавлена информация о ^{68}Ga. [PCR 17-179] Глава 6: Обновлены целевые значения мощности. [PCR 17-179]
18	2 мая 2017 г.	Раздел 5-14: добавлены сведения о газообразной и жидкостной мишенях $^{13}NH_3$ [PCR 17-106] Раздел 7-3-2: Добавлено указание относительно водяного коллектора 1. [PCR 16-183]
17	25 января 2017 г.	Таблица 2-12: Обновлены технические характеристики шкафа обработки ProCab. [PCR 16-242] Раздел 2-3-1: Обновлено текстовое описание. [PCR 16-242] Таблица 2-17: Обновлены технические характеристики шкафа обработки ProCab. [PCR 16-242] Рисунок 2 -27: Обновлен чертеж. [PCR 16-242] Раздел 5-2: Обновлены директивы. [PCR 16-136] Раздел 5-14-2: Добавлено указание относительно газов. [PCR 15-126] Раздел 8-2: Обновлена информация о ProCab. [PCR 16-242] Рисунок 8-1: Обновлен рисунок. Таблица 8-1: Обновлены размеры ProCab. [PCR 16-242]
16	13 января 2016 г.	Таблица 5-11, 5-14: Добавлена самоэкранирующая мишень ^{18}F- Nb 27. [PCR 15-193] Раздел 5-6, 5-14, 7-3: Обновлены технические характеристики газопровода. [PCR 15-185]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Редакция	Дата	Причина внесения изменений
15	7 августа 2015 г.	Раздел 5-2: Добавлен новый раздел с информацией о соответствии нормативным требованиям. [PCR 15-094] Раздел 7-3-3 перенесен в новый раздел 7-4. Глава 9: Обновлен контрольный список готовности помещения (ред. E) [PCR 15-087]
14	14 июля 2014 г.	Глава 9: Обновлен контрольный список готовности помещения (ред. D) [PCR 13-032, PCR 13-236] Таблица 5-1: Добавлены указания относительно параметров влажности для компрессора. [PCR 13-194]
13	11 июня 2013 г.	Раздел 1-4-12, 3-6: Внесение процедур LOTO (блокировки и опломбировки). [PCR 13-141] Раздел 3-6, 6-1-2: «Необходимо» заменено на «должно». [PCR 13-141] Раздел 5-3: Новый раздел: требования к высоте над уровнем моря [PCR 13-141]
12	27 февраля 2013 г.	Добавлен новый раздел 1-4-13 с информацией об очистке и отходах. Таблица 6-1: Добавлен максимально допустимый коэффициент THD (суммарный коэффициент гармонических искажений). [PCR 12-120] Глава 9: Обновлен контрольный список готовности помещения
11	12 сентября 2012 г.	Раздел 1-2, 1-4-12, гл. 9: Добавлены требования к умывальникам. [PCR 12-207] Табл. 5-11: Обновлены значения давления гелия. [PCR 12-212] Глава 9: Добавлены сведения об обслуживании воздушного компрессора Atlas Copco [PCR 11-065] Обновлены требования к подъемно-транспортным/ монтажным работам. [PCR 12-207] Раздел 10-2: Обновлены требования к подъемно-транспортным/ монтажным работам. [PCR 12-207]
10	8 июня 2012 г.	Таблица 2-15: Изменение зон ответственности. Ответственность за ровность пола на участке установки встраиваемого экрана возложена на заказчика, а не на GE. [PCR 11-292] Обновлен рисунок 2-7. [PCR 10-188] Раздел 2-5-3-1: Обновлено значение мощности теплоотдачи на 1 кВт. Обновлено значение минимального расхода до 10 л/с (36 м³/ч). [PCR 10-188] Раздел 5-12-3: Добавлен новый раздел с оценочными значениями потребления газа. [PCR 10-115] Раздел 5-12-2-2: Добавлено примечание. [PCR 10-115] Таблица 6-1: обновлена. [PCR 12-050] Таблица 6-2: Обновлена информация о компрессоре противорадиационного экрана. [PCR 12-050] Раздел 6-3-1-1: Обновлено описание порядка повышения/понижения напряжения 5-проводной системы. [PCR 12-138] Разд. 6-3-2: Добавлено примечание. [PCR 06-165] Таблица 6-3: Добавлены значения энергопотребления циклотрона и значение коэффициента мощности. [PCR 12- 050] Рисунки с 6-4 по 6-6: Обновлена информация о компрессоре противорадиационного экрана. [PCR 12-050] Рисунок 7-2: Обновление, касающееся установки заказчиком расходомера и перепускной линии. [PCR 12- 141] Таблица 8-2: Добавлены сведения о резервуарах противорадиационного экрана. [PCR 12-027] Глава 9: обновлена Добавлен контрольный список готовности помещения. [PCR 12-105]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Редакция	Дата	Причина внесения изменений
9	21 октября 2011 г.	Илл. 2-21: Обновлены сведения относительно блока вторичного водяного охлаждения. [PCR 10-174] Илл. 2-28: Добавлены сведения относительно установки модуля управления химическим составом. [PCR 11-037] Разд. 2-4-2: Обновлены допуски, применимые к напольному покрытию. [PCR 11-191] Таблица 5-4: Обновлены требования к первичному охлаждению. [PCR 11-135] Илл. 5-1: Обновлены сведения относительно блока вторичного водяного охлаждения. [PCR 10-174] Раздел 5-12-2: Обновлены предупреждения относительно H_2/D_2. [PCR 09-186] Таблица 6-1 и раздел 6-2: Изменен допуск значения номинального напряжения на линии с ± 5% на +10%, -5%. [PCR 10-179] Илл. 7-2: Обновлена схема системы охлаждения (удалена предыд. иллюстр. 7-3). [PCR 10-174] *(Преобразовано в Skribenta.)*
8	25 марта 2011 г.	Раздел 1-4-8: обновлен. [PCR 08-084] Таблица 2-10: обновлена. Таблица 2-15: Обновлены габаритные размеры блока вторичного водяного охлаждения. Илл. 2-21: обновлен. Илл. 5-1: обновлен. Раздел 5-12-2: обновлен. [PCR 08-084] Разд. 5-12-4: обновлен. [PCR 08-084] Илл. 7-4: Обновлен чертеж. Таблица 7-4: обновлена. Илл. 7-5: Удалены технические требования к чистоте газа.
7	3 июня 2010 г.	Изменение торгового названия Раздел 3-2-5: Обновлены линии равных доз радиации. Раздел 1-4: Обновлены сведения относительно принтера, поставляемого совместно с системой. [PCR 10-062] III. 2-20: Добавлен плоский экран. Таблица 5-15: Добавлена информация о размерах газопровода для газов-источников ионов.
6	7 декабря 2009 г.	Гл. 1, разд. 2-5-2: Рекомендовано обеспечение доступа в интернет. [PCR 09-226] Разд. 1-1-1: Удалена информация о соблюдении нормативных требований. Теперь она содержится только в руководстве оператора циклотрона PETtrace (инстр. 2131768). [PCR 09-236] Разд. 1-4-8: Внесены изменения в таблицу. Гл. 2: Удален резервуар для сжатого воздуха. Новый водяной коллектор 1, добавлен модуль управления химическим составом Gen II. Раздел 2-2-4: Система охлаждения в контролируемой зоне. [PCR 09-060] Разд. 5-7: Вентиляция помещений с высоким уровнем радиации. [PCR 09-040] Разд. 5-12-2: Внесены изменения в технические характеристики газа-источника ионов. [PCR 07-139] Добавлена протонная мишень $^{n}CO_2$ HP, $^{n}CH_4$,^{18}F- Gen II, Nb 25,$^{18}F_2$. [PCR 04-254] Раздел 5-12: Рекомендации для регуляторов газа изменены Добавлены газовые трубы, поставляемые Заказчиком. [PCR 07-139] Гл. 6: удален вариант сетевого напряжения величиной 208 В перем. тока. Добавлена информация о трансформаторах. [PCR 05- 010, DOC0438404SPN] Раздел 7-2: Внесены изменения в схему кабельных соединений (кабели RJ-45). Чертежи новой системы охлаждения. Раздел 7-3-3: Внесены изменения в характеристики газопроводов. Таблица 7-7: Добавлены газовые трубы, поставляемые Заказчиком. [PCR 07-139] Гл. 8: Удален резервуар для сжатого воздуха. Внесены изменения в таблицы с параметрами ящиков.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Редакция	Дата	Причина внесения изменений
5	1 ноября 2006 г.	Изменение структуры документа, задействованы все страницы. Гл. 1: Раздел 1-1: информация о планировании размещения дополнительной системы мишеней Гл. 2: Обновлены иллюстрации 2-7 и 2-22. Раздел 2-5-3-2: обновлены сведения о противорадиационном экране. Гл. 3: Заменены иллюстрации 3-1 и 3-2. Раздел 3-2-5-4: обновлены сведения о противорадиационном экране. Раздел 3-4: информация о выводе из эксплуатации. Гл. 5: Раздел 5-12-2-2: обновлены технические характеристики газа-мишени 11C. Обновлена иллюстрация 5-3. Раздел 5-7: добавлены сведения о воздухообмене в горячей камере. Гл. 7: Обновлен раздел 7-3. Заменены иллюстрации 7-3 и 7-4. Раздел 7-3. Обновлены техн. характеристики водяных трубопроводов.
4	15 ноября 2004 г.	Гл. 7: информация о подсоединении Обновлен рисунок 7-5 с подсоединениями газовой системы с учетом новых опций ($^{11}CH_4$ метан и $^{18}F_2$ протон).
3	5 мая 2004 г.	Важные правила техники безопасности на странице 5: Пересмотр текста на немецком языке («KUNDENDIENST- HANDBUCH NICHT ZU RATE GEZOGEN»" заменено на «KUNDENDIENST-HANDBUCH ZU RATE GEZOGEN»). страница 8: «Процесс CQA» заменено на «процесс PQR». Гл. 1: Стандарты, регулирующие проведение испытаний на ЭМС: стандарты EN 50 081-2 и EN 50 082-2 заменены стандартом EN 61326. Гл. 3 стр. 80-81: Рисунки 3-1,3-2,3-3 (карты линий дозы гамма-излучения) заменены рисунком 3-1 «Карта линии дозы нейтронного излучения» и рисунком 3-2 «Карта линий дозы гамма-излучения». стр. 86: Раздел 5: добавлена процедура LOTO (блокировка и опломбирование). Гл. 5 стр. 95: Обновлены данные в таблице 5-4 «Требования к первичной системе охлаждения». Детальный пересмотр Гл. 6 (обновлена информация о распределении мощности, LOTO, аварийных остановах и подсветке, вопросах, связанных с ИБП, технических характеристиках устройства защитного отключения, чертежи распределения сетевого напряжения).
2	15 января 2003 г.	Правовые положения: Удален текст «GE исключительно....». Важные правила техники безопасности: Пересмотр текстового описания Гл. 1: Раздел 4.5 пункт 10: добавлена информация о фильтре. Гл. 2: Удалены сведения относительно пленума. Гл. 3: Раздел 2.4.2: Изменены условные значения до соответствующих уровней в тексте и на рисунках 3-1,3-2,3-3. Раздел 3.2: Ки заменено на мКи. Гл. 5: Раздел 4.2: Добавлено указание относительно технических характеристик воды. Раздел 10.0: В таблице 12.2.1 изменено значение спецификации газа. Раздел 14.1: пересмотр текстовой части. Гл. 6: Раздел 3.0: Значение напряжения 380 В перем. тока заменено на 400 В перем. тока (не влияет на чертежи). Добавлено шесть чертежей, схема защитного заземления и сетевого питания. Гл. 7: Внесены изменения в рисунок 7-5 «Чертеж соединений газовой системы».
1	15 февраля 2002 г.	Пересмотр текстовых описаний и рисунков во всем руководстве.
0	10 апреля 1995 г.	Первоначальный выпуск документа.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПОРТАЛ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ КЛИЕНТОВ

Руководства можно загрузить с портала документации для клиентов.

По ссылке https://www.gehealthcare.com/documentationlibrary перейдите на портал документации для клиентов.

1 В выпадающем меню Modality выберите Radiopharmacy Cyclotrons.

2 Выберите продукт.

3 Выберите тип документа и язык перевода, если это необходимо.

4 Нажмите Search (**Поиск**).

Рекомендуем Вам регулярно проверять портал документации для клиентов на предмет выхода новых редакций.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 122
1-1 Введение 122
1-1-1 Цель документа 122
1-1-2 Координатор проекта 133
1-2 Обязанности заказчика до установки 133
1-3 Процесс установки 144
1-3-1 Планирование объекта 144
1-3-2 Подъемно-транспортные и монтажные работы 144
1-3-3 Запуск системы 155
1-3-4 Испытания на определение рабочих характеристик 155
1-4 Условия и зоны ответственности при планировании объекта, проведении строительных, монтажных и пуско-наладочных работ 166
1-4-1 Общие сведения 166
1-4-2 Проект здания и план размещения оборудования 166
1-4-3 Подвод сред 177
1-4-4 Электротехнические работы 177
1-4-5 Система водяного охлаждения 18
1-4-6 Сжатый воздух 188
1-4-7 Воздухообмен 188
1-4-8 Распределение газовых и жидких сред 19
1-4-9 Выгрузка и подъемно-транспортные операции 19
1-4-10 Установка циклотрона 19
1-4-11 Дополнительное оборудование и материалы 200
1-4-12 Безопасность 20
1-4-13 Очистка и удаление отходов 211
1-5 Блок-схема процесса установки 222

2 ПЛАНИРОВКА ПОМЕЩЕНИЯ 233
2-1 Введение 233
2-2 Размеры помещения 244
2-2-1 Помещение для неэкранированного циклотрона 266
2-2-2 Помещение для экранированного циклотрона 288
2-2-3 Электрощитовая (экранированного и неэкранированного циклотрона) 29
2-2-4 Помещение для системы охлаждения 311
2-2-5 Радиохимическая лаборатория 311
2-3 Факторы, учитываемые при прокладке кабелей 322
2-3-1 Утопленные подпольные каналы 322
2-3-2 Кабельные коробы 333
2-3-3 Фальшпол 344
2-3-4 Кабелепровод 344
2-3-5 Отверстия в стене/защитной камере 344
2-4 Технические характеристики напольного покрытия 366
2-4-1 Допуски на вес 366
2-4-2 Допуски на уклон 366

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-4-3 Нагрузка на пол ... 377
2-5 Архитектурные аспекты ... 39
2-5-1 Общие напоминания ... 39
2-5-2 Средства передачи данных ... 39
2-5-3 Шахта для циклотрона ... 39
2-6 Иллюстрации элементов системы ... 433

3 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТИВОРАДИАЦИОННОМУ ЭКРАНИРОВАНИЮ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ... 655
3-1 Введение ... 655
3-2 Материалы и методы ... 655
3-2-1 Общая информация ... 655
3-2-2 Защита от нейтронов ... 666
3-2-3 Наихудший случай ... 677
3-2-4 Проходы и сквозные отверстия защитной камеры ... 677
3-2-5 Описание зоны радиационной опасности ... 69
3-2-6 Производство отработанного газа ... 788
3-3 Расчеты ... 811
3-3-1 Расчет уровня радиации ... 811
3-3-2 Расчеты интенсивности радиационного облучения ... 833
3-4 Аспекты вывода циклотрона из эксплуатации ... 844
3-5 Системы блокировок и контроля ... 855
3-6 Процедура блокировки и опломбирования ... 855

4 ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ... 867
4-1 Введение ... 867
4-2 Запретная зона ... 867
4-3 Экранирование магнитного поля ... 867

5 УСЛОВИЯ РАБОТЫ НА ОБЪЕКТЕ ... 900
5-1 Введение ... 900
5-2 Соответствие нормативным требованиям ... 900
5-3 Безопасность объекта ... 911
5-4 Высота над уровнем моря ... 911
5-5 Нормативные значения температуры и влажности ... 922
5-6 Требования к охлаждению ... 922
5-6-1 Требования к воздушному охлаждению ... 922
5-6-2 Требования к воздушному охлаждению ... 933
5-6-3 Блок вторичного водяного охлаждения ... 933
5-6-4 Арматура трубопроводов ... 944
5-6-5 Тепловая нагрузка на воду ... 955
5-7 Освещение ... 955
5-8 Поглощение шума ... 955
5-9 Вентиляция помещения ... 966
5-10 Внешние радиочастотные помехи ... 966
5-11 Загрязнение ... 977
5-12 Опасные газы и жидкости ... 977
5-13 Строительные материалы ... 98
5-14 Требования к инженерной инфраструктуре ... 99

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-14-1 Подача сжатого воздуха 99
5-14-2 Поставляемые заказчиком среды 99
5-14-3 Оценка объема потребления газа 1033
5-14-4 Поставляемые заказчиком регуляторы газа 1055
5-14-5 Поставляемые заказчиком газовые трубопроводы 1055
5-15 Вибрации 1066
5-16 Системы безопасности 1066
5-16-1 Сетевая распределительная панель (СРП) 1066
5-16-2 Блок сопряжения заказчика (БСЗ) 1066
5-16-3 Защитные системы, которые не входят в комплект поставки циклотронной системы 10909

6 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПИТАНИЮ 1111
6-1 Введение 1111
6-1-1 Общее распределение электропитания 1111
6-1-2 Блокировки и опломбировка (LOTO) 1122
6-1-3 Однофазные розетки 1133
6-1-4 Аварийное питание осветительных приборов объекта 1133
6-2 Технические требования к системе электропитания 1133
6-3 Рекомендованная система распределения электроэнергии 1155
6-3-1 Входное напряжение 1155
6-3-2 Аварийные остановы 1166
6-4 ИБП (источник бесперебойного питания) 1166
6-5 Автоматический выключатель дифференциального тока (RCCB) 11717
6-6 Заземление системы 11717

7 ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 1233
7-1 Введение 1233
7-1-1 Обозначения узлов и деталей 1233
7-1-2 Групповые соединения 1233
7-2 Кабельные соединения 1255
7-3 Межсоединения водопроводов 12727
7-3-1 Блок вторичного водяного охлаждения 12828
7-3-2 Водяные коллекторы 1300
7-4 Межсоединения газопроводов 1311
7-5 Узлы и детали, поставляемые заказчиком 1344

8 ДАННЫЕ ОБ ОТГРУЗКЕ И ДОСТАВКЕ 13636
8-1 Требования к хранению 13636
8-2 Требования к подъемно-транспортным операциям 13636
8-2-1 Такелажные ремни и рым-болты 13838
8-3 Минимальные требования к доступу 1400
8-3-1 Размеры контейнера 1400
8-3-2 Требования к доступу для системы без тары 1433

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 ГОТОВНОСТЬ ОБЪЕКТА 1455

10 ИНСТРУМЕНТ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 1533

10-1 Введение 1533
10-2 Оборудование, предоставляемое специалистом по подготовке грузов/клиентом 1533
10-3 Монтажное оборудование 1533

11 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИСПЫТАНИЙ 1544

11-1 Введение 1544
11-2 Химические реагенты, необходимые для проведения испытаний 1544
11-3 Химические реагенты, участвующие в технологическом процессе 1544
11-4 Другие химические реагенты 1544
11-5 Оборудование для анализа 15555

ПРИЛОЖЕНИЕ А ГЛОССАРИЙ 158

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1-1 Введение

Данное руководство применимо к следующим циклотронным системам:

- PETtrace 800 series (например, PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880 и PETtrace 890)
- PETtrace (продажи прекращены в 2010 году)

В рамках данного руководства все указанные изделия обозначены как *PETtrace 800*. Иллюстрации и чертежи, на которых указано *PETtrace*, также применимы к PETtrace 800 series, если не указано иное.

Руководство содержит сведения о физических, электрических, магнитных характеристиках, а также данные о водопроводной системе, необходимые для планирования и подготовки помещения, предназначенного для установки производственной системы PETtrace 800. Предустановочные работы выполняются в целях подготовки помещений на территории заказчика к установке производственных компонентов циклотрона.

Этот материал не предназначен для замены квалифицированного планировщика объекта или координатора проекта. Тем не менее, в документе содержится ряд действительно важных указаний, соблюдение которых обеспечивает успешное планирование помещения для установки.

Комментарий
Информация о подготовке помещения для установки Beam Line System содержится в руководстве PETtrace 800 series Beam Line System manual (инстр. 5137921-100), а для системы протонной мишени $_{18}F_2$ — в PETtrace 800 series $^{18}F_2$ Proton Target System Site Planning, Installation and Service Manual (инстр. 2410009-100).

1-1-1 Цель документа

Данное руководство представляет собой документ по подготовке помещения, который может использоваться персоналом, занятым планированием и подготовкой помещения, в качестве свода указаний и справочных данных. В руководстве представлены сведения относительно подготовки помещения, предназначенного для установки циклотрона.

В частности предполагается, что документ будет использоваться заказчиком, проектировщиком объекта или подрядчиком заказчика при подготовке нового помещения для установки изделия.

В руководстве представлена подробная информация, необходимая для реализации всех этапов планирования. Информация представляет пользу для инженеров-конструкторов и проектировщиков объекта, инженеров-строителей, сотрудников отдела продаж подрядных организаций и др.

Соблюдение всех требований, предъявляемых к подготовке помещения, является залогом беспрепятственной и эффективной установки. Ненадлежащая подготовка помещения может негативным образом отразиться на работе оператора, безопасности и/или качестве изделия. Результатом правильного предварительного планирования становится успешная реализация проекта.

Важно завершить проектирование требуемой конфигурации объекта до начала строительства. По завершении этапа подготовки объекта внесение каких-либо изменений представляет сложность и влечет за собой значительные финансовые расходы.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Как правило, к реализации такого рода проектов необходимо привлекать опытных сотрудников. Подрядчики и другие сотрудники, обладающие опытом только в области строительных работ «общего назначения», могут не учесть требования, применимые к данному проекту. Мы настоятельно рекомендуем привлекать к работе тех инженеров, у которых есть специальные знания и опыт проектирования помещений в медицинских учреждениях. Поэтому мы настоятельно рекомендуем потратить время на поиск и привлечение к работе опытных сотрудников, обладающих достаточными теоретическими и практическими знаниями для реализации данной крайне важной части проекта.

Комментарий
Поскольку данное оборудование предполагает использование радиоактивных изотопов, необходимо соблюдать правила Комиссии по ядерному регулированию или аналогичные нормативные требования, в зависимости от местоположения объекта. Соблюдение нормативных требований должно быть обеспечено на начальном этапе процесса планировки объекта.

1-1-2 Координатор проекта

Координатор проекта должен принимать участие в реализации всех этапов проекта, начиная с проектирования объекта и заканчивая установкой и запуском оборудования. Лучше всего, если координатор проекта будет обладать широкими знаниями в области строительства. Координатор проекта должен работать в тесном сотрудничестве со всеми подрядчиками, субподрядчиками, сотрудниками компании GE и административными работниками, а также с проектировщиками и строителями. Зоной ответственности координатора проекта является составление динамического графика реализации проекта.

Компания GE предоставляет услуги по планированию объекта в целях содействия заказчику при подготовке объекта. Обратитесь к местному представителю GE.

1-2 Обязанности заказчика до установки

Если не согласовано иное, заказчик несет ответственность за все работы по подготовке помещения, в состав которых, помимо прочего, входят следующие действия:

- Анализ расходов, строительные работы, ремонт или переоборудование и внесение изменений, которые не оговорены в контракте.
- Получение разрешения на проведение строительных работ, организация проверок, лицензирование и т. д.
- Разборка, демонтаж и проведение очистки существующих объектов.
- Закупка и поставка всех материалов, необходимых для проведения работ.
- Установка конструктивной арматуры согласно требованиям.
- Установка устройств освещения.
- Установка узлов и деталей систем воздушного и водяного охлаждения согласно техническим требованиям.
- Установка отвечающего требованиям оборудования для воздушного кондиционирования и воздухообмена в зоне ПЭТ.
- Установка должным образом обозначенных неэлектрических линий, таких как линии водопроводной системы, системы сжатого воздуха и вакуумной системы.
- Установка фальшпола, кабель каналов, распределительных коробок, коробов, лотков для прокладки кабелей, розеток и линейных аварийных выключателей.
- Установка противорадиационных материалов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- Монтаж проводов, которые не входят в комплект поставки компании GE, например, входного силового кабеля, идущего к сетевой распределительной панели, блоку распределения питания и любым линиям аварийного питания.

  Подрядчик, задействованный в реализации электротехнических работ, должен проверить и маркировать все провода с обоих концов. Чтобы упростить процесс идентификации, мы рекомендуем использовать цветовое кодирование проводов. Все провода должны быть сплошными, наличие стыков не допускается. Все провода заземления должны быть зеленого цвета с желтой полосой.

Комментарий
Мы рекомендуем разместить подключение с доступом к интернету рядом со шкафом 3.

- Приобретение и установка приборов системы пожарной безопасности в соответствии с требованиями местной нормативной документации.
- Обеспечение соответствия всем применимым национальным и местным строительным нормам и сводам правил техники безопасности.
- Получение разрешений и лицензий на производство изотопов и обращение с ними.
- Установка всех единиц оборудования, предназначенного для проведения испытаний всех газов и радиохимических испытаний.
- Хранение аппаратной части системы до установки.
- Установки для мытья рук после работы со свинцовыми пластинами или свинцовыми кирпичами.

1-3 Процесс установки

В состав комплексного проекта, начинающегося с принятия решения о заключении договора и заканчивающегося установкой и приемкой окончательно готового изделия, входит огромное количество действий и в том числе поставка, сборка, испытание и калибровка единиц оборудования, указанных в технико-коммерческом предложении.

В данном документе определены зоны ответственности и различные обязанности заказчика и компании GE в рамках реализации проекта. Для получения дополнительных сведений относительно длительности процесса установки циклотрона см. раздел 1-5 «блок-схема процесса установки» на странице 23 в данной главе.

1-3-1 Планирование объекта

На начальном этапе планирования выполняется определение конкретных параметров здания и технических характеристик объекта, при этом специалисты компании GE предоставляют всю необходимую информацию. Прежде чем приступить к возведению / переоборудованию объекта, необходимо согласовать конструктивные особенности здания с компанией GE.

1-3-2 Подъемно-транспортные и монтажные работы

Как правило, оборудование транспортируется на объект в 20-футовых контейнерах (экранированная система — в трех 20-футовых контейнерах). Для выгрузки оборудования из контейнеров и транспортирования узлов и деталей в соответствующие помещения на участке установки циклотрона необходимо заключить договор с монтажной организацией. В состав подъемно-транспортных работ входит извлечение из ящиков. Выгрузка и подъемно-транспортные операции должны выполняться в присутствии и под контролем персонала компании GE.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

По завершении подъемно-транспортных работ аттестованные технические работники компании GE выполняют работы по распаковыванию оборудования и его подготовке к сборке. В состав работ по сборке входят следующие действия:

- механическая сборка
- центрирование особо ответственных узлов и деталей
- подготовка сборочной документации

До завершения всего комплекса сборочных работ электрики компании GE приступают к прокладке кабелей между источниками электропитания, шкафами электронного оборудования и нагрузками. Заказчик заключает договор с аттестованными электриками на подключение оборудования к панелям распределения электропитания. Все кабели компании GE должны быть подсоединены или законцованы надлежащим образом.

1-3-3 Запуск системы

По завершении этапа механических монтажных работ инженеры компании GE приступают к запуску и испытаниям циклотрона и оборудования для изготовления радиофармацевтических препаратов.

Оборудование испытано для обеспечения надлежащей производительности во всем указанном рабочем диапазоне. Все применимые параметры подлежат калибровке и оптимизации. По завершении запуска каждой подсистемы инженеры документально регистрируют выполненные настройки и калибровочные параметры, чтобы обеспечить прослеживаемость и воспроизводимость рабочих характеристик циклотрона.

Для завершения монтажных и пусконаладочных работ требуется дополнительное оборудование и химические препараты, определенные компанией GE. Поставка указанного оборудования и химических препаратов является зоной ответственности заказчика.

1-3-4 Испытания на определение рабочих характеристик

Пусконаладочные работы считаются выполненными в полном объеме, когда все подсистемы по отдельности работают в соответствии с их техническими характеристиками. На этом этапе инженеры GE должны оптимизировать эффективность циклотрона и направить пучок на испытательную мишень.

Результатом испытаний на генерацию пучка должно стать подтверждение гарантированной производительности циклотрона и других технических характеристик. Производится документальное оформление всех настроек и калибровочных параметров.

1-3-4-1 Изготовление радиоизотопов и радиофармацевтических препаратов

После того, как будет получено подтверждение заявленных рабочих характеристик циклотрона, специалисты компании GE по вопросам внедрения приступят к производству изотопов, чтобы провести оптимизацию параметров системы мишеней. Выпуск различных продуктов должен быть доведен до указанных уровней.

По завершении процедуры проверки выхода годного по мишеням специалисты по вопросам внедрения приступают к поэтапному изготовлению первичных частиц до достижения заявленных уровней. Производится документальное оформление всех настроек и процедур.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-3-4-2 Испытания для определения рабочих характеристик

После того, как все системы будут работать надлежащим образом, оборудование считается готовым к проведению испытаний для определения рабочих характеристик.

Как правило, испытания для определения рабочих характеристик циклотрона проводятся в процессе изготовления тестовой партии радиоизотопов.

Затем проводятся испытания для определения рабочих характеристик радиохимической системы в целях подтверждения заявленных номинальных технических характеристик.

1-4 Условия и зоны ответственности при планировании объекта, проведении строительных, монтажных и пуско-наладочных работ

1-4-1 Общие сведения

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Компания GE должна определить одного ответственного руководителя проекта, который будет контактировать с заказчиком.		X
2	Заказчик обязан направить в адрес компании GE график реализации проекта и информировать о любых изменениях указанного графика.	X	
3	Заказчик несет ответственность за получение разрешений и лицензий на производство радиоизотопов и обращение с ними.	X	

1-4-2 Проект здания и план размещения оборудования

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Предоставление документов с указанием следующего: • размеры и вес основных узлов и деталей • требования к температуре и влажности воздуха • тепловыделение от установленного оборудования в окружающее пространство • требования к доступу • схема размещения оборудования • потребность в кабельных каналах • водопроводная система и подъемное оборудование • требования к сжатому воздуху • план размещения розеток и другие электрические характеристики		X
2	Составление архитектурных чертежей объекта, в том числе путей доставки циклотрона.	X	
3	Чертежи должны быть одобрены GE до начала строительных работ и в течение четырех недель после получения материала, указанного в пункте 2.		X

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-4-3 Подвод сред

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Разработка строительных чертежей с указанием размеров и маршрутов прокладки кабельных каналов, водопроводов и проходных каналов.		X

1-4-4 Электротехнические работы

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Технические характеристики нагрузок главной сетевой распределительной панели.		X
2	Предоставление и установка главной сетевой распределительной панели.	X	
3	Предоставление и установка главной сетевой распределительной панели на участке установки циклотрона.		X
4	Техническое описание нагрузок на кабели, поставляемые заказчиком.		X
5	Поставка, монтаж и подключение электрических силовых кабелей между: • главной сетевой распределительной панелью и силовой распределительной панелью. • главной сетевой распределительной панелью и «сетевым» соединением (входом переменного тока) всех силовых шкафов компании GE • главной сетевой распределительной панелью и замкнутой системой охлаждения, заполненной деионизированной водой.	X	
6	Поставка, монтаж и подключение следующих узлов и деталей: • силовые кабели между шкафами электропитания и нагрузками • кабелями схемы управления		X
7	Соединительные кабели, поставляемые компанией GE и предназначенные для подключения блоков питания и электронных блоков управления, должны располагаться в специальных коробах, кабельных траншеях, каналах и/или кабельных лотках. Поставка и монтаж указанных кабельных коробов / каналов, а также обеспечение соответствия кабельной системы местным электротехническим нормам и требованиям является зоной ответственности заказчика.	X	
8	Мы рекомендуем разместить подключение с доступом к интернету рядом со шкафом 3.	X	

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-4-5 Система водяного охлаждения

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Предоставление замкнутой системы охлаждения, заполненной деионизированной водой.		X
2	Предоставление и установка внешней холодильной установки, предназначенной для охлаждения замкнутой системы охлаждения, заполненной деионизированной водой.	X	
3	Предоставление и установка системы управления, поддерживающей заданную температуру охлаждающей воды, подаваемой к циклотрону, с допуском ±1°C **(±2°F).**	X	
4	Спецификация тепловой нагрузки для внешнего теплообменника системы охлаждения.		X
5	Поставка и установка водяных коллекторов с защитными кожухами для охлаждаемого оборудования.		X
6	Предоставление и установка всех трубопроводов, идущих от поставляемых компанией GE водяных коллекторов к тем элементам системы, которые генерируют являются источником тепловой нагрузки.		X
7	Предоставление и установка всех водяных трубопроводов, идущих от замкнутой системы охлаждения, заполненной деионизированной водой, к коллекторам участка установки циклотрона и коллекторам, установленным в электрощитовой.	X	
8	Предоставление и установка всех водяных трубопроводов, идущих от замкнутой системы охлаждения, заполненной деионизированной водой, к внешней охлаждающей установке.	X	
9	Внутренняя поверхность всех трубопроводов, указанных в пунктах 7 и 8, подлежит очистке до подсоединения трубопроводов к оборудованию, поставляемому компанией GE.	X	
10	Фильтр поставляется в контуре охлаждения внешнего теплообменника для его защиты. При низком расходе воды может произойти повреждение элементов системы.	X	
11	Подключение первичной воды к замкнутой системе охлаждения, заполненной деионизированной водой, и одноходового клапана городской водопроводной линии к охлаждающей установке в целях оценки противодавления должно обеспечиваться заказчиком.	X	

1-4-6 Сжатый воздух

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Поставка и установка системы сжатого воздуха, включая запорную арматуру и заглушки на поставляемые GE коллекторы.	X	
2	Поставка и установка коллекторов сжатого воздуха и соединений от коллекторов к нагрузкам.		X

1-4-7 Воздухообмен

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Поставка и установка системы вентиляции воздуха.	X	

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-4-8 Распределение газовых и жидких сред

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Предоставление и установка следующих узлов и деталей: • источников газа, включая газовые баллоны/резервуары/генераторы • регуляторов и соединительных элементов • чистых высококачественных трубопроводов, идущих в помещение для циклотрона / в защитную камеру, а также в модули синтеза / горячие камеры, для источника ионов, газов-мишеней и дополнительных технологических газов.	X	
2	Предоставление и установка всех соединительных элементов *за исключением тех узлов и деталей, которые напрямую подключаются к циклотрону GE и к модулю(ям) синтеза GE.*	X	
3	Предоставление и установка всех соединительных элементов, напрямую подключаемых к циклотрону GE и к модулю(ям) синтеза GE.		X
4	Поставка и установка трубопроводов от системы мишени в помещении циклотрона до систем химической переработки в радиохимической лаборатории. Максимальная длина трубопроводов составляет 40 м.		X
5	Все подготовительные строительные работы, необходимые для трубопроводов газа и жидкости с проходными отверстиями и экранированием для защиты от радиации. Включая всю арматуру, необходимую для установки трубопроводов с учетом консолей, лотков и т. д.	X	

1-4-9 Выгрузка и подъемно-транспортные операции

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Предоставление подъездных путей для грузовых автомобилей с достаточной грузоподъемностью до точки разгрузки.	X	
2	Подготовка люка доступа или другого входного отверстия в помещение для установки циклотрона, которое уже готово к размещению указанного циклотрона.	X	
3	Такелажные приспособления и инструменты для разгрузки и приведения оборудования в окончательное положение в здании.	X	
4	Надзор за такелажными работами.		X

1-4-10 Установка циклотрона

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Заказчик должен обеспечить надлежащую подготовку и готовность объекта (то есть незапыленную защищенную лабораторную окружающую среду), гарантирующие проведение монтажных работ без задержек и перебоев.	X	
2	Прежде чем приступить к работам по установке, специалисты компании GE проводят инспекцию объекта. Запуск работ по установке оборудования производится только после приемки объекта специалистами компании GE.		X
3	Сборка циклотрона, пусконаладочные работы и испытания для определения рабочих характеристик.		X

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-4-11 Дополнительное оборудование и материалы

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Обеспечение рабочих материалов, таких как газы источников ионизации, газы мишени и технологические газы, сухой азот и т. д. Сюда входят все химические вещества, исходные материалы, расходные материалы и среды, необходимые для производства. Предоставление полной химической лаборатории, включая необходимое испытательное оборудование для выполнения протоколов приемочных испытаний. ***Комментарий*** *Принтер не входит в объем поставки системы.* Рекомендованные модели принтеров для подключения к главной системе: Принтеры Hewlett Packard™ (LaserJet™ или аналогичная модель)	X	

1-4-12 Безопасность

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Подготовка и оснащение радиофармацевтического производства, предназначенного для установки оборудования компании GE, является зоной ответственности заказчика.	X	
2	Комплексная линии производства радиоактивных изотопов должна отвечать требованиям к безопасности, предъявляемым к личной безопасности персонала и окружающим условиям.	X	
3	Расчеты по всему экранированию для защиты от радиации. Ответственность за надлежащую радиационную защиту, принятие окончательных решений, касающихся организации экранирования и управления индуцированным электромагнитным полем (воздух, вода, мишени и т. д.) в соответствии с требованиями местных и национальных властей.	X	
4	Предоставление и установка устройств защиты, таких как знаки «производится генерация пучка», устройства блокировки дверей, аварийная сигнализация, аварийные выключатели, согласно требованиям заказчиков и местных норм и правил.	X	
5	Соблюдение требований местных норм и правил и внутренних инструкций, применимых к сотрудникам компании GE.	X	
6	Умывальники, используемые для мытья рук после работы со свинцовыми пластинами или свинцовыми кирпичами.	X	
7	Разработка специфичных для объекта процедур блокировки и маркировки (LOTO) в сотрудничестве с GE для подсистем, на которые распространяется действие LOTO.	X	

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-4-13 Очистка и удаление отходов

Поз. №	Поз.	Заказчик	GE
1	Общая очистка участка размещения циклотрона.		X
2	Соблюдение федеральных и/или местных законов и нормативов в области сортировки и упаковывания отходов. См. Таблицу 1-1.	X	
3	Сортировка и упаковывание отходов согласно требованиям местных законов и нормативов и/или законов и нормативов, действующих в конкретном штате.		X
4	Утилизация отходов.	X	

Таблица 1-1: Отходы. Тип и количество.

Тип отходов	Количество[1], кг
Дерево (поддоны, рамы поддонов, ящики и т. д.)	1 030 + 150[2] + 150[3]
Пластмасса (канистры, упаковочные материалы, styrofoam™ и т. д.)	76 + 72[4] + 22[5]
Железосодержащие материалы (винты, листовые пластины, канистры и т. д.)	95 + 70[6]
Алюминий (материалы, используемые для фиксации груза при транспортировании и т. д.)	1,5
Свинец (остатки, имеющиеся по завершении монтажных работ, и т. д.)	5-35
Бумага (картонные коробки, упаковочный материал и т. д.)	20

1 Приблизительное максимальное количество.

Вес может меняться в зависимости от комплекта поставки циклотрона.

2 Только самоэкранированные системы PETtrace 800. Могут иметься загрязнения в виде следов борной кислоты или пятиводного бура.

3 Только самоэкранированные системы PETtrace 800. Могут иметься загрязнения в виде следов свинца.

4 Только самоэкранированные системы PETtrace 800. Могут иметься загрязнения в виде следов борной кислоты или пятиводного бура.

5 Только самоэкранированные системы PETtrace 800. Могут иметься загрязнения в виде следов отвердителя эпоксидной смолы.

6 Только самоэкранированные системы PETtrace 800. Могут иметься загрязнения в виде следов эпоксидной смолы и красителя.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

1-5 *Блок-схема процесса установки*

Типовой цикл установки неэкранированного циклотрона составляет приблизительно семь недель, а для экранированного циклотрона — девять недель. Таблица 1-2 и таблица 1-3 содержат обобщенный график установки систем.

Таблица 1-2: Типовой цикл установки. Неэкранированный циклотрон

Действия:	Неделя 1	Н 2	Н 3	Н 4	Н 5	Н 6	Н 7
Транспортирование на объект заказчика 1–5 недель							
Выгрузка 5 дней	X						
Механические монтажные работы 10 дней		X	X				
Электромонтаж 5 дней			X				
Запуск подсистем				X			
Испытание пучка 2 дня					X		
Испытание мишени 3 дня					X		
Процедура испытания для определения рабочих характеристик						X	(X)

Таблица 1-3. Типовой цикл установки. Экранированный циклотрон

Действия:	Н 1	Н 2	Н 3	Н 4	Н 5	Н 6	Н 7	Н 8	Н 9
Транспортирование на объект заказчика 1–5 недель									
Выгрузка 5 дней	X								
Механические монтажные работы 20 дней		X	X	X	X				
Установка и подключение электрооборудования 10 дней				X	X				
Запуск подсистем						X			
Испытание пучка 2 дня							X		
Испытание мишени 3 дня							X		
Испытания для определения рабочих характеристик								X	(X)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2 ПЛАНИРОВКА ПОМЕЩЕНИЯ

2-1 Введение

Циклотрон предназначен для изготовления радиофармацевтических препаратов. Поэтому разработке плана помещения следует уделить особое внимание.

Радиоактивные изотопы производятся в специальных мишенях, а затем транспортируются в радиохимическую лабораторию для дополнительной обработки. Готовые препараты транспортируются из радиохимической лаборатории в помещение ПЭТ или в соседнее помещение. Конструкция напольного покрытия на объекте должна отвечать требованиям, предъявляемым к транспортировочному потоку изотопов, потоку персонала и пациентов отделения ПЭТ.

Как правило, элементы системы размещаются в трех или четырех помещениях:

- Участок установки циклотрона: См. раздел 2-2-1 «Участок установки неэкранированного циклотрона» на стр. 28 (неэкранированное оборудование, необходима защитная камера) и раздел 2-2-2 «Участок установки циклотрона со встроенным экраном» на стр. 30 (встроенный экран)
- Электрощитовая для шкафов электронного оборудования: См. раздел 2-2-3 «Электрощитовая» (экранированная и неэкранированная) на стр. 31
- Участок размещения элементов водяного охлаждения[1] для блока вторичного водяного охлаждения: См. раздел 2-2-4 «Участок размещения элементов водяного охлаждения» на стр. 33
- Радиохимическая лаборатория: См. раздел 2-2-5 «Радиохимическая лаборатория» на стр. 33

1 Для получения оптимального результата мы рекомендуем размещать шкафы электронного оборудования и блок водяного охлаждения в одном помещении (с контролируемыми параметрами окружающей среды в отношении радиоактивности), тем самым сократив количество необходимых помещений с четырех до трех.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-2 Размеры помещения

Таблица 2-1 и Таблица 2-2 содержат перечни рекомендованных размеров, соблюдение которых обеспечивает возможность эксплуатации, доступа при обслуживании и перемещение сотрудников и пациентов на участке установки циклотрона ПЭТ. Рисунок 2-1 иллюстрирует типовой план объекта с защитной камерой. В разделе 2-2-1 «Неэкранированный циклотрон» на странице 28 представлена дополнительная информация о помещении, предназначенном для установки неэкранированного циклотрона. Рисунок 2-2 иллюстрирует размещение оборудования при наличии встроенного противорадиационного экрана. В разделе 2-2-2 «Экранированный циклотрон» на странице 30 представлена дополнительная информация о помещении, предназначенном для установки циклотрона со встроенным противорадиационным экраном.

Примечание!
Размеры в Таблице 2-1 и Таблице 2-2 являются рекомендованными минимальными размерами.
С точки зрения безопасности рекомендуется, чтобы размеры помещения для циклотрона были больше минимальных. В помещении большего размера также будет проще осуществлять работы по установке.

Таблица 2-1: Рекомендуемые размеры помещения. Модификация с защитной камерой.

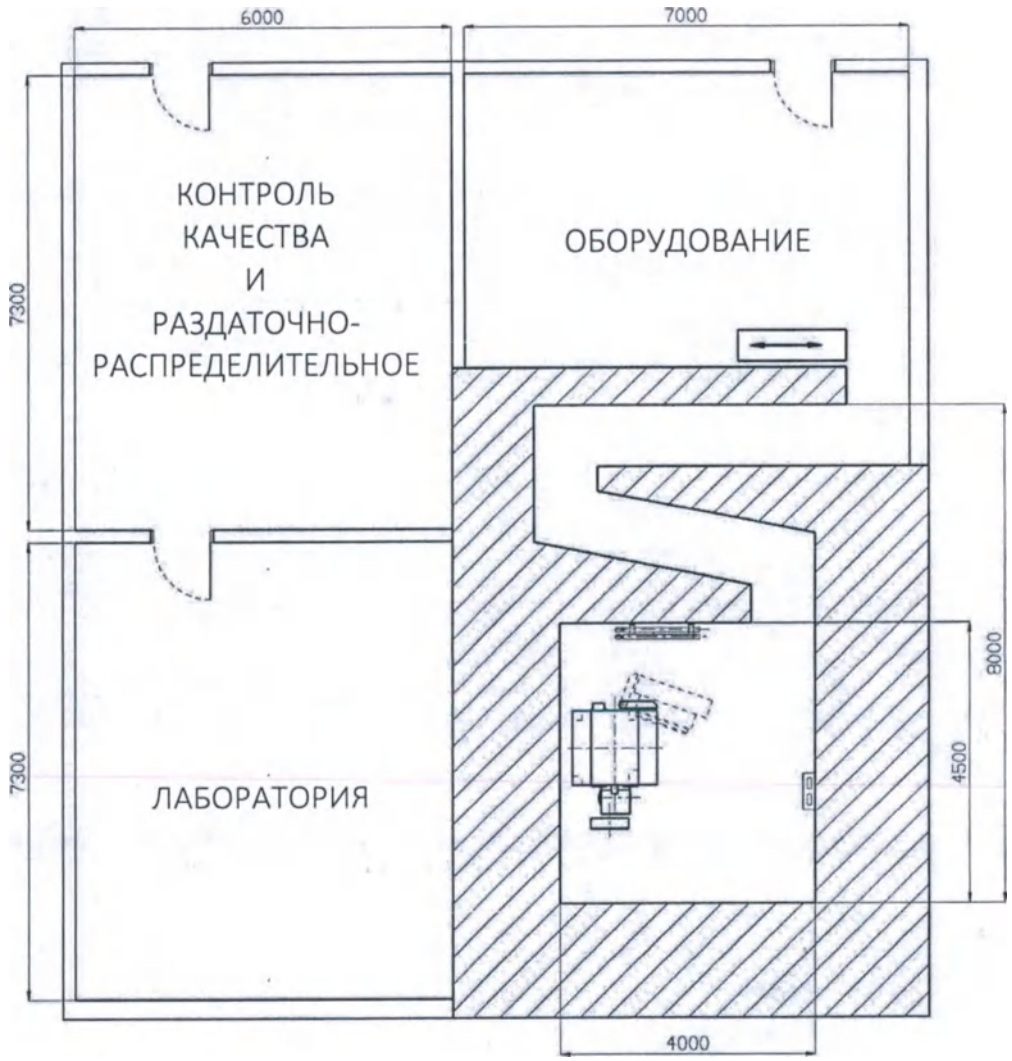
Помещение	Рекомендуемая площадь помещения в $м^2$ и (футах^2)	Рекомендуемые минимальные размеры помещения в метрах и (футах)
Помещение циклотрона	20 (210)	5 × 4 (16 × 13)
Электрощитовая	20 (210)	5 × 4 (16 × 13)
Помещение для охлаждающей системы	10 (100)	3,5 × 3 (11 × 10)
Радиохимическая лаборатория	30 (310)	6 × 5 (20 × 16)

Таблица 2-2. Рекомендуемые размеры помещения. Экранированная версия.

Помещение	Рекомендуемая площадь помещения в $м^2$ и (футах^2)	Рекомендуемые минимальные размеры в метрах и (футах)
Помещение для циклотрона / электрощитовая	48 (517)	8 × 6 (26 × 20)

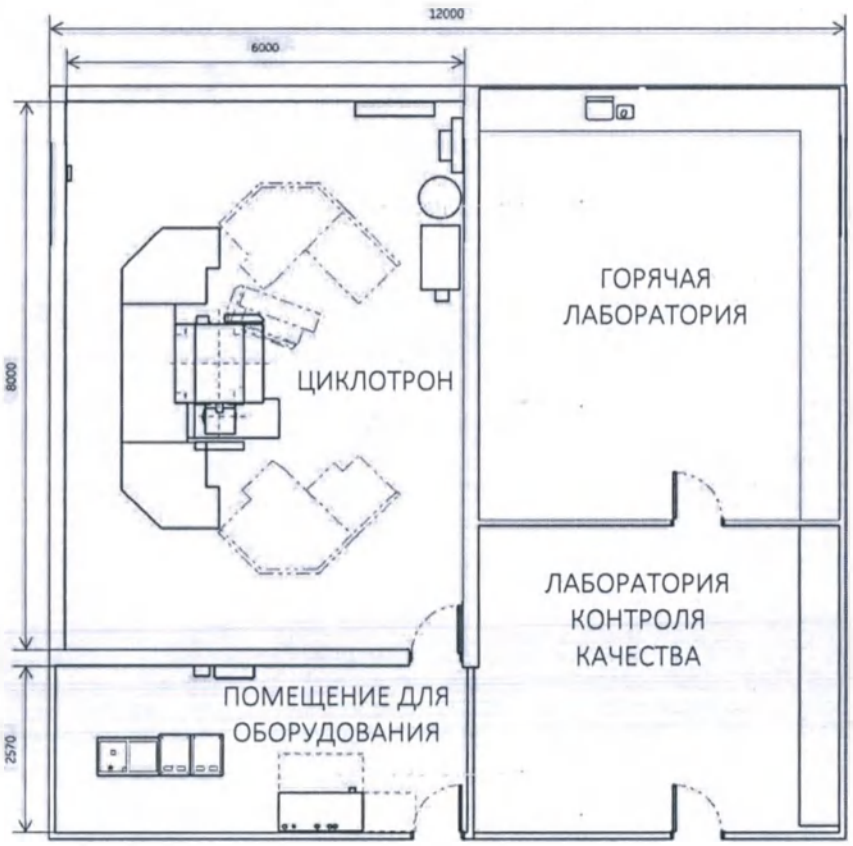
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-1: Типовое помещение с защитной камерой



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-2: Типовое помещение с интегрированным экраном



2-2-1 Помещение для неэкранированного циклотрона

2-2-1-1 Размер помещения

Как правило, для неэкранированного циклотрона предусматривается одна защитная камера, используемая для самого неэкранированного циклотрона, водяного коллектора, коллектора ионизированного газа, блока распределения питания и секционированного трансформатора, дополнительной системы очистки отходящих газов и других систем держателя мишени / ускорителя.

Таблица 2-3: Размеры помещения, предназначенного для установки неэкранированного циклотрона.

Рекомендуемая площадь	20 м² (210 футов²)
Длина	5,0 м (16 футов)
Ширина	4,0 м (13 футов)
Высота	2,6 м (9 футов) (свободный зазор)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-2-1-2 Размеры оборудования

Циклотрон транспортируется в защитную камеру в качестве единого блока, имеющего следующие размеры:

Таблица 2.4: Размеры неэкранированного циклотрона

Вес	20 метрических тонн (44 000 фунтов)
Длина	1,9 м (6 футов)
Ширина	1,7 м (5 футов 6 дюймов)
Высота	2,1 м (6 футов 10 дюймов)

2-2-1-3 Нагрузка на пол, создаваемая неэкранированным циклотроном

Вес магнита распределяется между четырьмя стальными подкладными пластинами размером 150x150 мм. Раздел 2-4 «Технические характеристики напольного покрытия» на стр. 38 содержит дополнительные сведения о нагрузке на напольное покрытие и технические характеристики пола.

2-2-1-4 Конструкция и схема расположения

На участке установки циклотрона необходимо предусмотреть шахту для диффузионного насоса. Раздел 2-5 «Архитектурные особенности» на стр. 41 содержит дополнительные сведения о параметрах и технических характеристиках шахты. Все кабели и линии подвода воды в пределах защитной камеры могут располагаться сверху или укладываться в специальные траншеи, выполненные в полу. В шахтах должны быть предусмотрены водостоки или размещение дренажного насоса. При проектировании защитной камеры необходимо в помещении для циклотрона предусмотреть пространство для установки следующих узлов и деталей (Раздел 2-6 «Иллюстрации системных компонентов» на стр.45 содержит чертежи с размерами указанных компонентов):

1 Блок распределения питания

2 Секционированный трансформатор (как правило, располагается на полу под блоком распределения питания)

3 Коллектор охлаждающей воды

4 Коллектор ионизирующего газа

При проектировании защитной камеры необходимо исключить вероятность утечки радиоактивных веществ на участках расположения следующих технологических проходок:

1 Вентиляционных каналов

2 Системных кабелей

3 Трубопроводов подачи охлаждающей воды к системам циклотрона

4 Трубопроводов подачи сжатого воздуха

5 Газопроводов

6 Элементов дренажной системы

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-2-2 Помещение для экранированного циклотрона

Для экранированного циклотрона может предусматриваться отдельное выделенное помещение или помещение для циклотрона может быть объединено с электрощитовой и/или помещением для установки системы водяного охлаждения.

2-2-2-1 Размеры помещения (если предусматривается отдельное помещение)

Таблица 2-5: Размер помещения для циклотрона со встроенным экраном

Рекомендуемая площадь	48 м^2 (517 футов^2)
Длина	8,0 м (26 футов)
Ширина	6,0 м (20 футов)
Высота	3,5 м (11 футов 6 дюймов)

2-2-2-2 Размеры оборудования

Магнит циклотрона транспортируется в защитную камеру циклотрона отдельно от экранов. Магнит имеет следующие размеры:

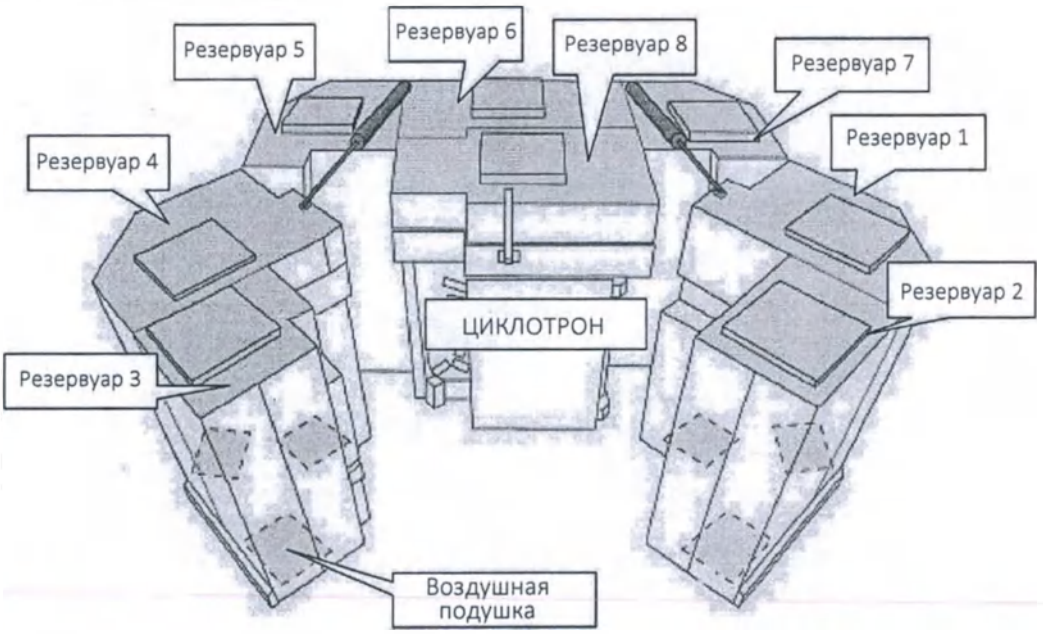
Таблица 2-6: Размеры магнита неэкранированного циклотрона

Вес	20 метрических тонн (44 000 фунтов)
Длина	1,9 м (6 футов)
Ширина	1,7 м (5 футов 6 дюймов)
Высота	2,1 м (6 футов 10 дюймов)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Противорадиационный экран поставляется в виде восьми пустых резервуаров из нержавеющей стали. По завершении этапа размещения указанных резервуаров в помещении для циклотрона производится сборка резервуаров и их заполнение борсодержащим водным раствором и установка дополнительных свинцовых элементов. При транспортировании резервуары укладываются на бок.

Рисунок 2-3: Резервуары противорадиационного экрана



Характеристики противорадиационного экрана в сборе

Таблица 2-7: Размеры экрана

Вес	47 метрических тонн (103 400 фунтов)
Длина	4,8 м (15 футов 9 дюймов) (в закрытом положении)
Ширина	3,1 м (10 футов 2 дюйма) (в закрытом положении)
Высота (также длина при транспортировании)	2,8 м (9 футов 3 дюйма)

2-2-2-3 Нагрузка на пол, создаваемая циклотроном и встроенным экраном

Распределение веса экрана по поверхности пола не является однородным. Максимальная нагрузка на пол наблюдается на участке расположения подвижных экранов со стороны мишени. В закрытом положении нагрузка на пол данной части составляет приблизительно 4,7 метрических тонн/м². При активации воздушных подушек происходит увеличение нагрузки на квадратный метр на 25% до 5,9 метрических тонн/м². Раздел 2-4 «Технические характеристики напольного покрытия» на стр. 38 содержит дополнительные сведения о нагрузке на напольное покрытие и технические характеристики пола.

2-2-3 Электрощитовая (экранированного и неэкранированного циклотрона)

В электрощитовой устанавливаются три силовых шкафа / шкафа электронного оборудования, шкафы PSMC, RFPG и CAB 3. В этом помещении вы также можете разместить блок вторичного водяного охлаждения (рекомендуется) Если ускоритель оборудован встроенным противорадиационным экраном, то возможна установка трех шкафов и/или блока водяного охлаждения в одном помещении вместе с ускорителем.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-8: Размеры электрощитовой

Рекомендуемая площадь	20 м² (215 футов²)
Высота	3,0 м (10 футов)

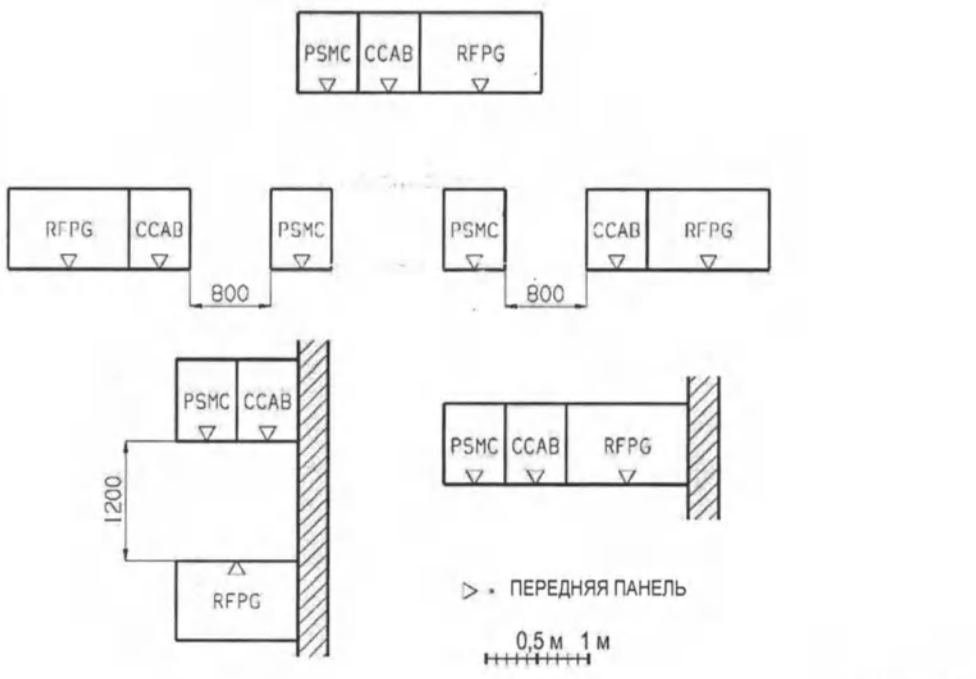
Шкафы, устанавливаемые в электрощитовой, имеют следующие размеры:

Таблица 2-9: Размеры шкафов, устанавливаемых в электрощитовой

Размер	Шкаф 1 (PSMC)	Шкаф 2 (RFPG)	Шкаф 3 (CAB 3)
Вес	700 кг (1540 фунтов)	750 кг (1650 фунтов)	240 кг (530 фунтов)
Длина	0,8 м (32 дюйма)	0,8 м (32 дюйма)	0,8 м (32 дюйма)
Ширина	0,6 м (24 дюйма)	1,2 м (47 дюймов)	0,6 м (24 дюйма)
Высота	1,8 м (71 дюйм)	1,8 м (71 дюйм)	1,8 м (71 дюйм)

Все три шкафа, располагаемые в электрощитовой, устанавливаются непосредственно на напольное покрытие. Помещение для циклотрона и эленктрощитовая должны располагаться максимально близко друг к другу, чтобы избежать проблем согласования по времени, обусловленных слишком большой длиной силовых и сигнальных кабелей. Шкафы PSMC и RFPG является водоохлаждаемыми, поэтому в электрощитовой необходимо предусмотреть наличии системы слива. Шкаф PSMC следует располагать таким образом, чтобы обеспечить доступ для технического обслуживания спереди, сзади и слева. По возможности следует размещать блок вторичного водяного охлаждения в электрощитовой.

Рисунок 2-4: Конфигурация электрощитовой



МАСШТАБ 1:50

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-2-4 Помещение для системы охлаждения

Блок водяного охлаждения следует размещать на максимально близком расстоянии к помещению для циклотрона на одной высоте напольного покрытия, чтобы исключить влияние высокого статического давления и сопротивления потока. В помещении, предназначенном для установки блока водяного охлаждения, следует предусмотреть дренажные устройства.

Блок водяного охлаждения может размещаться в отдельном помещении для системы охлаждения или в электрощитовой совместно с тремя силовыми шкафами / шкафами электронного оборудования (рекомендуется).

Мы рекомендуем устанавливать блок водяного охлаждения в помещении с контролируемыми параметрами окружающей среды.

Таблица 2-10: Размеры помещения для системы охлаждения

Рекомендуемая площадь	10^2 (11 футов^2)
Длина	3,5 м (11 футов)
Ширина	3,0 м (10 футов)
Высота	2,4 м (8 футов)

Таблица 2-11: Размеры системы охлаждения

Вес	320 кг (710 фунтов)
Длина	1,2 м (3 фута 11 дюймов)
Глубина	0,6 м (2 дюйма)
Высота	1,55 м (5 футов 1 дюйм)

2-2-5 Радиохимическая лаборатория

Проект линии изготовления радиофармацевтических препаратов должен включать в себя радиохимическую лабораторию, предназначенную для установки системы химической обработки, которая, как правило, размещается в защищенной от воздействия радиации зоне, например, в горячей камере.

Технологические системы для производства газа ^{11}C и ^{15}O могут размещаться в экранированном свинцом шкафу обработки (ProCab), поставляемом компанией GE. Если на этапе проектирования выбирается вариант использования ProCab, то помещение для радиохимической лаборатории должно быть достаточным для размещения указанного шкафа, а заказчик должен предоставить датчик измерения уровня радиоактивности внутри шкафа, когда он открыт.

Проект радиохимической лаборатории должен предусматривать наличие минимальной рабочей поверхности размером 1 x 1 м, предназначенной для очистки загрязненных элементов конструкции. Участок должен быть оборудован противорадиационным экраном с надлежащими техническими характеристиками, например, экраном из свинцовых кирпичей. Помимо экранированной зоны в помещении радиохимической лаборатории должно иметься достаточное пространство для работы, промывки и очистки, а также зоны хранения аналитического оборудования.

Оператор осуществляет управление радиохимическим производством, находясь на выделенной (главной) рабочей станции. Рабочая станция может располагаться в помещении радиохимической лаборатории или в другом помещении данного объекта. В качестве мобильного клиента рабочей станции может использоваться отдельный ноутбук.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Конструкция системы воздухообмена в химической лаборатории должна предусматривать удаление загрязненного воздуха в направлении горячей камеры с последующим отведением за пределы лаборатории. Для всех сквозных каналов должно предусматриваться экранирование в целях защиты от возможных утечек радиоактивных веществ.

Оборудование радиохимической лаборатории имеет следующие размеры:

Таблица 2-12: Размеры оборудования радиохимической лаборатории

Размер	Шкаф обработки ProCab	Модуль NH_3	Модуль H_20
Вес	3570 кг (7870 фунтов)	5 кг (11 фунтов)	10 кг (22 фунта)
Длина	560 мм (22 дюйма)	200 мм (8 дюймов)	200 мм (8 дюймов)
Ширина	920 мм (36 дюймов)	150 мм (6 дюймов)	150 мм (6 дюймов)
Высота	2200 мм (87 дюймов)	200 мм (8 дюймов)	350 мм (14 дюймов)

2-3 *Факторы, учитываемые при прокладке кабелей*

При определении порядка прокладки кабелей необходимо учитывать следующие факторы:

- Все шнуры и кабели должны быть защищены от физического повреждения.
- Все кабельные трассы должны отвечать требованиям местных и национальных норм и правил.
- Ко всем кабельным трассам должен быть обеспечен беспрепятственный доступ для поиска и устранения возможных повреждений.
- Размер кабельных каналов или трактов должен быть достаточным для
  - размещения всех кабельных соединителей;
  - протягивания одного кабеля, когда все остальные кабели уже находятся в данном канале или тракте;
  - размещения планируемых в будущем дополнительных элементов или элементов модернизации.

2-3-1 Утопленные подпольные каналы

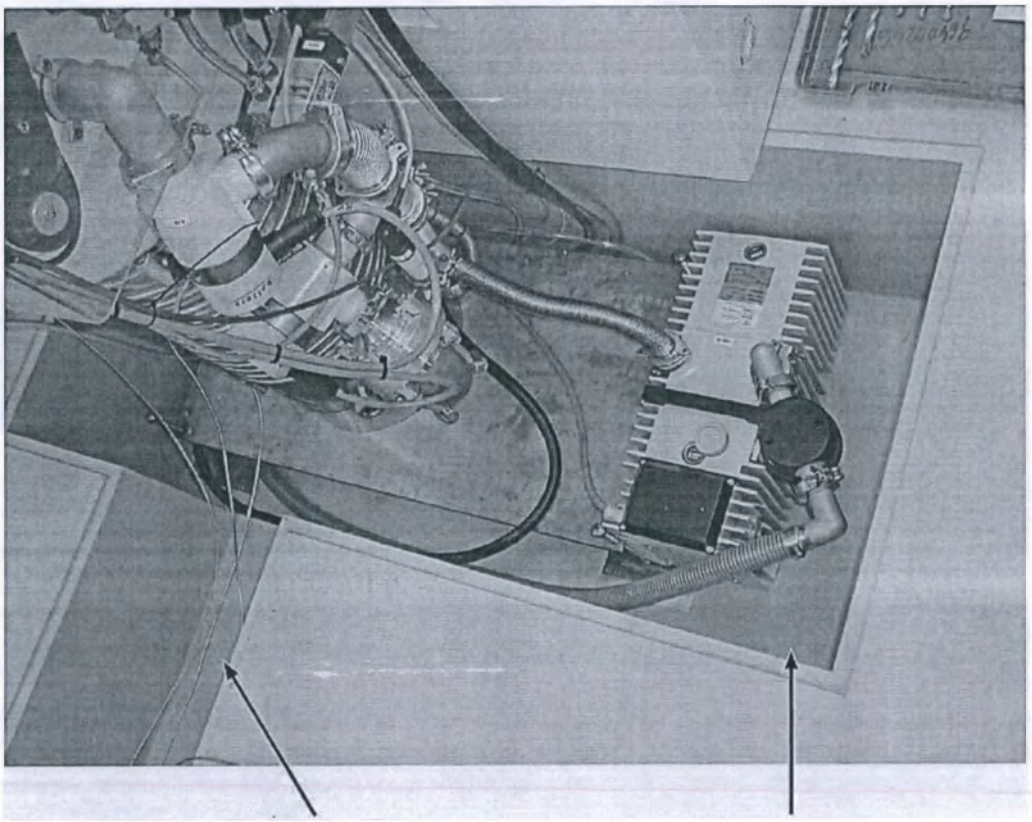
Утопленный подпольный канал в отдельном помещении или между двумя смежными помещениями должен характеризоваться упорядоченностью, функциональными возможностями с доступом и наличием пространства для последующих изменений.
К недостаткам можно отнести значительный объем требуемых работ по установке.
Конструкция некоторых старых зданий не позволяет оборудовать помещение утопленными подпольными каналами.

При проектировании утопленных подпольных каналов всегда следует учитывать размещение тяжелых компонентов оборудования или необходимость анкерного крепления узлов и деталей к полу, поскольку может возникнуть конфликт.

Проект, предусматривающий наличие встроенного противорадиационного экрана, предполагает выполнение в помещении для циклотрона подпольного канала.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-5: Утопленный подпольный канал

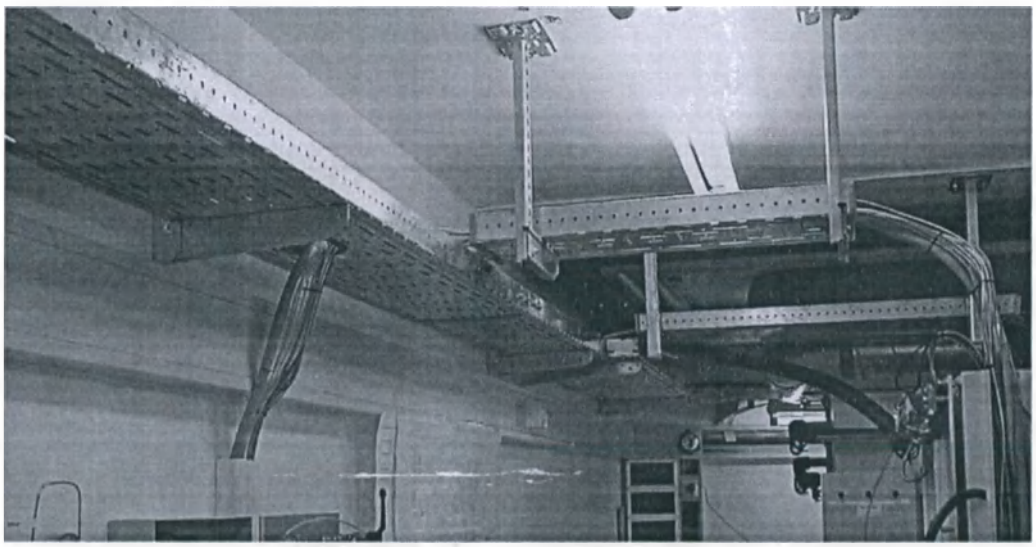


2-3-2 Кабельные коробы

Монтируемые на поверхности потолочные коробы и лестницы шириной не менее 18 дюймов представляют собой оптимальное решение по переоборудованию старых зданий. Обеспечивается беспрепятственный доступ к любому участку короба в целях проверки имеющихся кабелей и размещения новых. В разделенных коробах предусматривается отдельное размещение силовых и сигнальных кабелей. Системы коробов характеризуются относительной простотой расширения по сравнению с другими способами прокладки кабельных сетей.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-6: Потолочный кабельный короб



2-3-3 Фальшпол

Если вами было принято решение использовать в электрощитовой алюминиевый фальшпол, то выбирать следует фальшпол с токопроводящим виниловым покрытием. Фальшпол должен выдерживать нагрузки, действующие при установке блоков питания (Таблица 2-16, где указаны значения веса шкафов электропитания PSMC и RFPG).

2-3-4 Кабелепровод

Кабелепровод используется только в том случае, если его размер обеспечивает размещение кабельных соединителей.

Как правило, диаметр кабелепровода является недостаточным для размещения в нем кабельных соединителей, в частности, после протяжки через кабелепровод одного или двух кабелей. Ограничения по размеру кабелепровода также препятствуют размещению дополнительных кабелей при проведении работ по модернизации оборудования. Если в кабелепроводе уже протянуты несколько кабелей, то при прокладке последующих может происходить зацепление или закручивание кабелей даже при использовании специальной направляющей или провода для протяжки кабелей. Из всех используемых способов прокладки кабельной сети именно кабелепровод характеризуется самым затрудненным доступом к проложенным кабелям.

2-3-5 Отверстия в стене/защитной камере

Для стандартной защитной камеры циклотрона PETtrace 800 размер бетонного экрана должен составлять порядка 1,7 м. (Для циклотронов со встроенным противорадиационным экраном размер бетонного экрана значительно меньше). При проектировании здания, где будет установлен циклотрон, необходимо предусмотреть средства защиты всех отверстий, предназначенных для прокладки силовых линий, кабелей и трубопроводов, от утечки радиоактивных веществ.

В таблице 2-13 представлен перечень требований к отверстиям подсистемы, а в таблице 2-14 указаны типы сред и количество отверстий между помещениями. Следует попытаться проложить кабели, трубопроводы и шланги таким образом, чтобы свести к минимуму количество отверстий и протянуть через эти отверстия максимально возможное количество трубопроводов, кабелей и шлангов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-13: Типы сквозных каналов

Подсистема	Сжатый воздух	Кабели	Холодный газ	Радиоактивный газ	Водяное охлаждение
Ускоритель	X	X	X	X	X
Шкафы электронного оборудования		X			X
Система отработанного газа				X	
Главная система		X			
Хранение газа			X	X	
Шкаф обработки	X	X	X	X	
Горячие камеры		X	X	X	X
Встроенный противорадиационный экран[1]	X	X			
Компрессор[1]	X	X			

1 Опция

Таблица 2-14: Отверстия

Тип среды	В помещение	От	Диаметр в мм и (дюймах)	Макс. кол-во отверстий
Отверстия в бетонных стенах:				
Электропитание + сигналы[1]	Защитная камера циклотрона	Электрощитовая	120 (4,8)	4
Охлаждающая вода[2]	Защитная камера циклотрона	Блок водяного охлаждения	60 (2,4)	3
Холодные газы[3]	Защитная камера циклотрона	Хранение газа	100 (4)	1
Сжатый воздух	Защитная камера циклотрона		25 (1)	1

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Тип среды	В помещение	От	Диаметр в мм и (дюймах)	Макс. кол-во отверстий
Другие отверстия:				
Охлаждающая вода	Электрощитовая	Блок водяного охлаждения	60 (2,4)	2
Холодные газы[3]		Хранение газа	100 (4)	1
Горячие газы[3]	Радиохимическая лаборатория	Защитная камера циклотрона	100 (4)	1
Сигналы	Радиохимическая лаборатория	Электрощитовая	100 (4)	1
Горячие газы + отходы	Помещение для сканирования		75 (3)	1
	Системы администрирования газа			

1 Отверстия большого диаметра должны располагаться под углом и в направлении от потолка к полу, чтобы свести к минимуму вероятность утечки радиоактивных веществ.

2 По причине использования труб из ПВХ эти отверстия нельзя располагать под углом. Отверстия следует размещать с наклоном относительно различных осей, чтобы радиационное излучение от циклотрона не проходило напрямую через отверстие.

3 Следует объединить линии подачи холодного и горячего газа и протянуть их через одно отверстие.

2-4 Технические характеристики напольного покрытия

2-4-1 Допуски на вес

2-4-1-1 Стандартная система PETtrace 800

Неэкранированный циклотрон весит приблизительно 20 000 кг, при этом вес распределяется между четырьмя стальными подкладными пластинами размером 150x150 мм. Давление на напольное покрытие, создаваемое отдельными пластинами, варьируется в пределах от 17 до 58 кгс/см^2.

2-4-1-2 Циклотрон с дополнительным встроенным противорадиационным экраном

Когда циклотрон оборудован встроенным противорадиационным экраном под весом верхнего резервуара увеличивается давление на пол на 4,5 кгс/см^2, то есть давление на напольное покрытие, создаваемое отдельной пластиной, будет составлять от 21,5 до 62,5 кгс/см^2.

Также требуется специальная обработка поверхности пола, чтобы пол мог выдерживать нагрузку и чтобы облегчить процесс перемещения подвижного экрана. Окончательно подготовленная поверхность должна выдерживать давление 800–900 кгс/см^2.

2-4-2 Допуски на уклон

Чтобы упростить перемещение встроенного экрана, напольное покрытие в помещении для циклотрона должно быть многоуровневым с уклоном ±1/8" от точки до точки.

В таблице 2-15 приведены действующие допуски на гладкость поверхности и уклон напольного покрытия магнита, встроенного экрана, мультиэкрана и линии генерации пучка.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-15: Допуски напольного покрытия

Площадь пола	Уклон	Гладкость поверхности	Ответственность за окончательную обработку
Магнит (при отсутствии встроенного экрана)	1,00%	± 2,5 мм (площадь поверхности для магнита в целом)	Заказчик
Встроенный экран	0,25%	± 2,5 мм (площадь поверхности для стационарного встроенного экрана) ± 0,9 мм/м (под подвижными дверцами)	Заказчик
Мультиэкран	0,25%	± 0,9 мм/м (под мультиэкраном)	Заказчик
Линия генерации пучка	1,00%	± 2,5 мм (под линией генерации пучка)	Заказчик

2-4-3 Нагрузка на пол

В таблице 2-16 указаны значения веса, нагрузки на пол и содержится описание стандартных методов монтажа компонентов циклотрона.

Таблица 2-16: Нагрузка на пол, создаваемая компонентами PETtrace 800

Узел или деталь	Вес, кг (фунты)	Общая площадь Ш × Г × В мм (дюймы)	Нагрузка на пол, кгс/м2	Метод монтажа
Электромагнит	20 000 (44 000)	1330 × 1200 × 1900 (52,5 × 47 × 75)	12531	
PSMC	700 (1540)	600 × 800 × 1800 (23,5 × 31,5 × 71)		Установка на пол
RFPG	750 (1650)	1175 × 800 × 1800 (46 × 31,5 × 71)		Устанавливается на пол
Шкаф управления (CAB 3)	240 (530)	600 × 800 × 1800 (23,5 × 31,5 × 71)		Установка на пол
Главная система	36 (79,2)	475 × 540 × 510 (18,5 × 21,5 × 20)		Установка на стол
Вакуумный насос предварительного разрежения	27 (59,4)	450 × 190 × 250 (17,5 × 7,5 × 10)		Установка на пол
Служебный ноутбук с PSS	5 (11)	300 × 310 × 230 (12 × 12,2 × 9)		Устанавливается на стол
Блок распределения питания (неэкранированный)	30 (66)	600 × 210 × 800 (23,5 × 8,5 × 31,5)		Прикручивается к стене
Система охлаждения гелием				Крепится к панели мишени
Блок вторичного водяного охлаждения	320 (710)	600 × 1200 × 1550 (23,5 × 47 × 61)		Устанавливается на пол
Водяной коллектор 1	40 (88)	1300 × 200 × 1000 (52 × 8 × 39,5)		Прикручивается к стене или магниту
Блок сопряжения заказчика	5 (11)	300 × 210 × 420 (12 × 8,5 × 17)		Прикручивается к стене

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Узел или деталь	Вес, кг (фунты)	Общая площадь Ш × Г × В мм (дюймы)	Нагрузка на пол, кгс/м2	Метод монтажа
Коллектор газа-источника ионов	5 (11)	290 × 80 × 320 (11,5 × 3,2 × 12,5)		Прикручивается к стене
Коллектор сжатого воздуха	5 (11)	580 × 190 × 720 (23 × 7,5 × 28,5)		Прикручивается к стене

Таблица 2-17: Нагрузка на пол при наличии дополнительного оборудования

Узел или деталь	Вес, кг (фунты)	Общая площадь Ш × Г × В мм (дюймы)	Нагрузка на пол, кгс/м^2	Метод монтажа
Шкаф обработки (ProCab)	3570 (7870)	920 × 560 × 2200 (36,2 × 22 × 86,6)		Прикручивается к стене (также может прикручиваться к полу)[1]
Модуль управления химическим составом (МУХС)	13 (29)	197 × 332 × 520 (8 × 13 × 20)		Устанавливается на пол
Электронный блок модуля управления химическим составом (ЭБ МУХС)				
Система отработанного газа	1500 (3300)	630 × 630 × 1150 (25 × 25 × 45,5)		Устанавливается на пол
Следующие узлы и детали входят в вариант исполнения со встроенным противорадиационным экраном:				
Встроенный экран для защиты от радиации	47 000 (103 400)	4750 × 3150 × 2800 (187 × 124 × 110,5)	3800	Установка на пол
Встроенный противорадиационный экран, открытое положение		5950 × 4300 × 2800 (234 × 169 × 110,5)		
БРП экранированной системы (заменяет БРП)	35 (77)	1080 × 400 × 640 (42,5 × 16 × 25,2)		Прикручивается к стене
Воздушный компрессор	250 (550)	700 × 1300 × 800 (27,5 × 51,2 × 32)		Устанавливается на пол

1 Если необходима защита от сейсмических явлений, то необходимо руководствоваться федеральными, местными правилами и нормативами, а также правилам и нормативам, действующими в конкретном штате.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-5 *Архитектурные аспекты*

2-5-1 Общие напоминания

1 Людям, у которых установлены электрокардиостимуляторы, нейростимуляторы и биостимуляторы, не следует находиться в зоне действия магнитного поля, индукция которого превышает 5 гаусс. При проектировании здания и участка размещения сканера необходимо учитывать указанное ограничение относительно запрещенной зоны (рисунок 4-1, рисунок 4-2).

2 Следует обратить внимание на пороговые значения изогаусса с учетом условий окружающей среды в помещении и за его пределами.

3 В периметре помещения для установки электронных приборов необходимо предусмотреть пространство для запирающегося шкафа, предназначенного для хранения документации и инструментов.

2-5-2 Средства передачи данных

1 В здании необходимо провести две отдельные выделенные телефонные линии, идущие к электрощитовой. Одна из линий предназначена для модема.

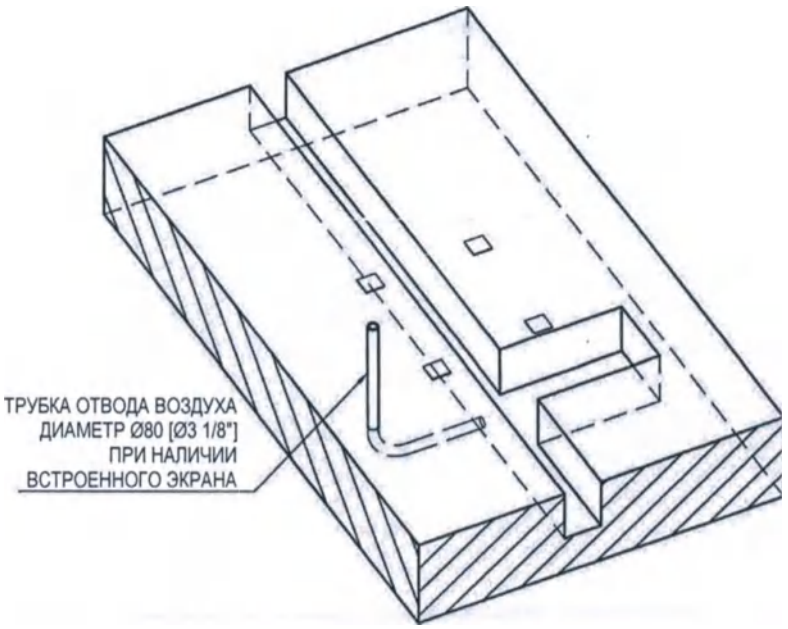
2 Мы рекомендуем разместить подключение с доступом к интернету рядом со шкафом 3.

2-5-3 Шахта для циклотрона

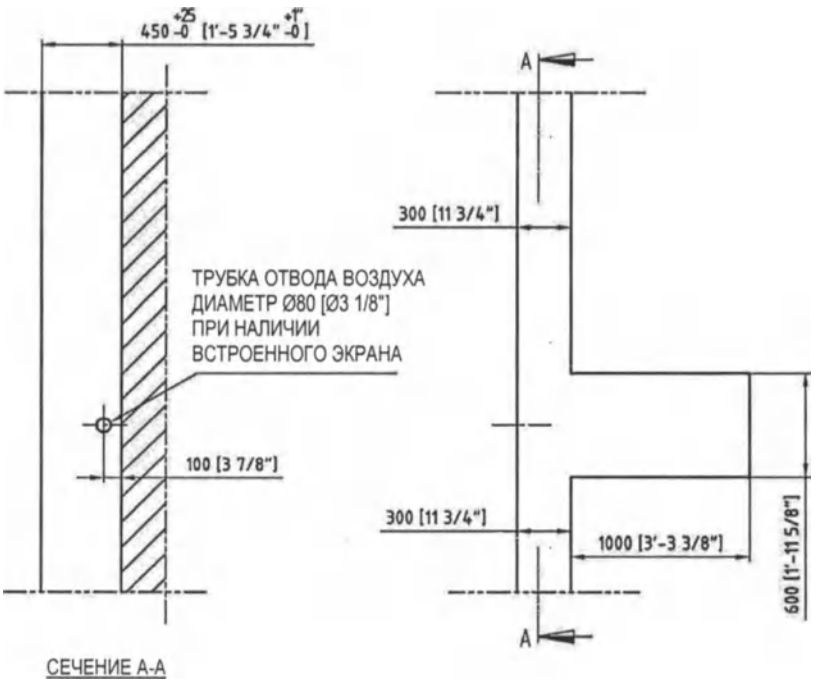
Вакуумный насос циклотрона выступает вниз относительно поверхности пола на 45 см. Рисунки с 2-7 по 2-10 иллюстрируют относительное положение и глубину шахты, выполненной в полу, а также технические характеристики плиты пола, предназначенной для подпольных каналов. Шахта также используется для прокладки кабелей и газопроводов, идущих к ускорителю. Фактическое положение и размер точек ввода кабелей и трубопроводов может варьироваться в зависимости от конструкции и плана здания, где планируется разместить циклотрон.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-7: Шахта в полу / подпольный канал



РАЗМЕРЫ ШАХТЫ



СЕЧЕНИЕ A-A

ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В мм.
В КВАДРАТНЫХ СКОБКАХ [] УКАЗАНЫ РАЗМЕРЫ В ДЮЙМАХ.

ЕСЛИ НЕ УКАЗАНО ИНОЕ, ТО К РАЗМЕРАМ ШАХТЫ ПРИМЕНИМЫ ОБЩИЕ ДОПУСКИ ±5мм [±1/2 дюйм.]

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

2-5-3-1 Водостоки

Если предполагается установка оборудования со встроенным противорадиационным экраном, в самой нижней по уровню части шахты должен предусматриваться водосток, поскольку объем заливаемой в экраны воды составляет приблизительно 28 м^3. (В зависимости от местных предписаний может потребоваться специальная обработка отработанной воды).

ВНИМАНИЕ!

Объекты на территории штата Калифорния (США), а также другие объекты, к которым применим Законопроект 65 штата Калифорния.

Резервуары противорадиационного экрана циклотрона PETtrace серии 800 заполняются борной водой со свинцовыми кирпичами. В результате длительного воздействия концентрация свинца может превысить верхнее предельное значение 5 мкг/л, установленное Законопроектом 65 штата Калифорния.

Необходимо обеспечить изоляцию любых разливов борной воды и исключить вероятность ее попадания в водосток.

При устранении разливов следует использовать защитную одежду, перчатки и очки.

Шахта может вмещать весь объем воды из охлаждающей системы (приблизительно 75 литров), поэтому при установке неэкранированной системы наличие водостока не является обязательным.

- Минимальный диаметр водостока: 50 мм (дополнительно)

Также если речь идет об установке системы со встроенным противорадиационным экраном, конструкция шахты должна предусматривать отверстие для отвода воздуха, предназначенного для рассеяния 1 кВт тепла, генерируемого системой вакуумного насоса.

- Минимальный диаметр трубы отвода воздуха: 80 мм
- Минимальный расход: 10 л/с (36 м^3/ч)

2-5-3-2 Экранирование радиационного излучения

Системы мишеней циклотрона используются для производства радиоактивных газов. Трубопроводы подачи радиоактивных газов проходят от шахты циклотрона к горячей лаборатории, где они входят в горячую камеру или шкаф обработки. Необходимо предусмотреть экранирование тех участков трубопроводов, которые проходят через зоны возможного нахождения персонала, чтобы предотвратить чрезмерное облучение сотрудников радиоактивным газом:

- Минимальное экранирование трубопровода: свинцовый экран толщиной 60 мм или бетонный экран соответствующей толщины (но необходима проверка типовых значений на соответствие местным нормативам).

Что касается неэкранированной системы, то бетонная защитная камера обеспечивает надлежащее экранирование газопроводов, которые проходят внутри защитной камеры. Для систем со встроенным противорадиационным экраном требуется дополнительное экранирование тех трубопроводов, которые проходят между циклотроном и горячей камерой или шкафом обработки. Если в здании, где планируется установка циклотрона ПЭТ, в помещении для сканирования предусмотрена система администрирования газа, необходимо предусмотреть экранирование трубопроводов по всей длине до системы администрирования.

Рисунок 2-8 иллюстрирует профиль канала, выполненного в бетонном полу при строительстве здания, который представляет собой недорогой и простой способ экранирования содержимого. На рисунке 2-10 представлены дополнительные технические характеристики экрана, выполненного в полу.

Если в помещении уже выполнен чистовой пол, вы можете приобрести систему свинцового экранирования для трубопроводов следующих производителей: Von Gahlen и Lemer.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-8: Профиль канала

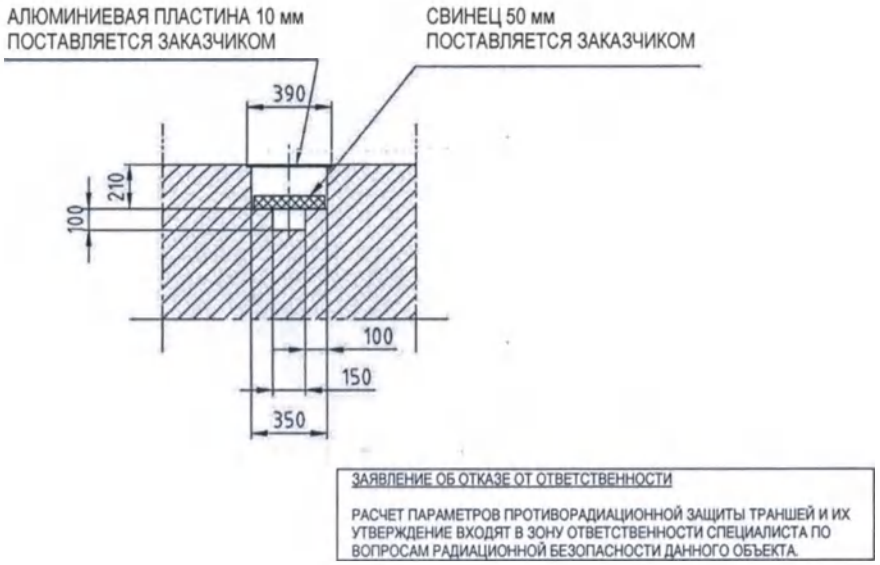
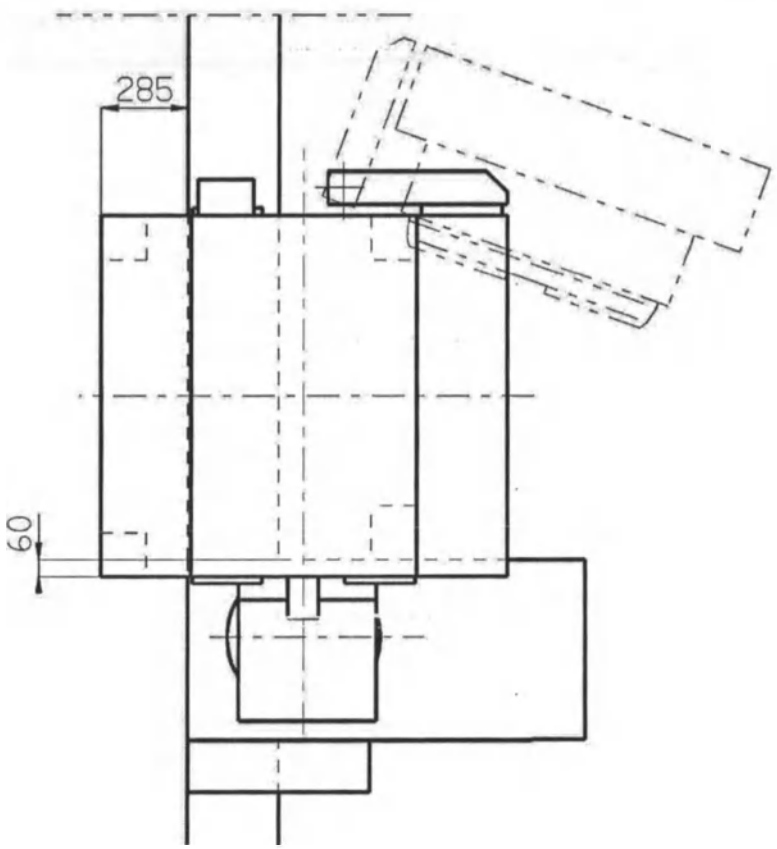
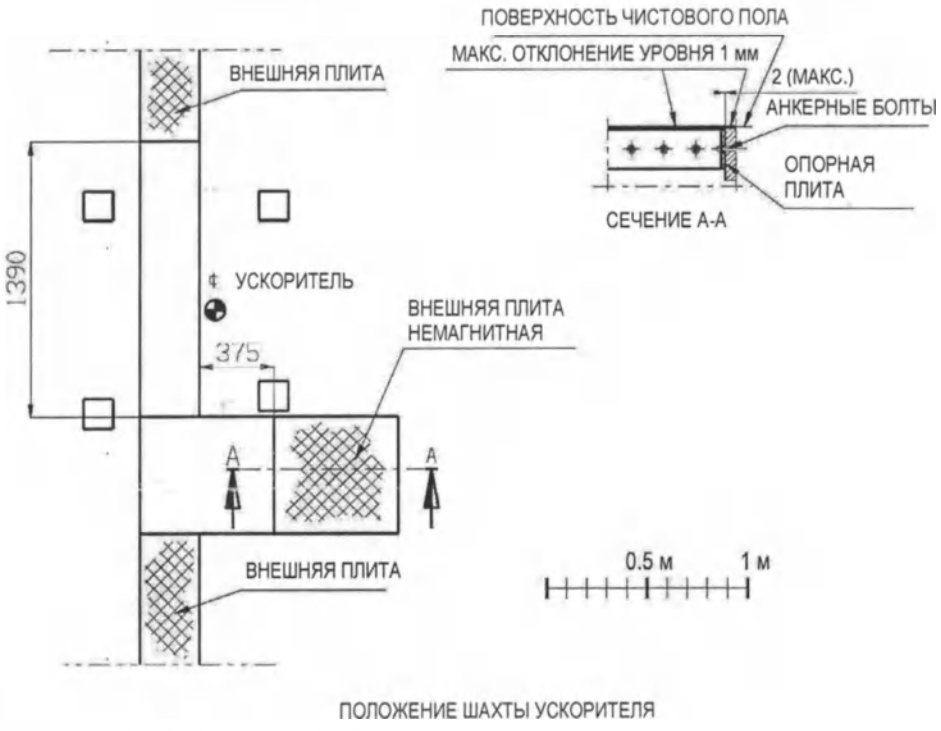


Рисунок 2-9: Положение ускорителя/шахты



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-10: Напольная плита



2-6 *Иллюстрации элементов системы*

Циклотрон PETtrace 800 используется для производства универсальных радиоизотопов, предназначенных для позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ): ^{18}F, ^{11}C, ^{13}N, ^{15}O и ^{68}Ga. Конструкция системы обеспечивает как возможность проведения исследований, так и применение в клинической практике.

В состав системы циклотрона входят следующие основные подсистемы:

- Циклотрон для производства двух типов частиц
- Стандартная система мишеней (до шести положений)
- Стандартная система химической обработки, предполагающая автоматизацию производства $[^{15}O]O_2$, $[^{15}O]CO_2$, $[^{15}O]H_2O$, $[^{11}C]CO$, $[^{11}C]CO_2$, $[^{11}C]HCN$ и $[^{13}N]NH_3$.
- Вспомогательная система стандартной системы мишеней и системы химической обработки.

Таблица 2-18 содержит перечень названий иллюстраций и соответствующие номера рисунков из данного раздела.

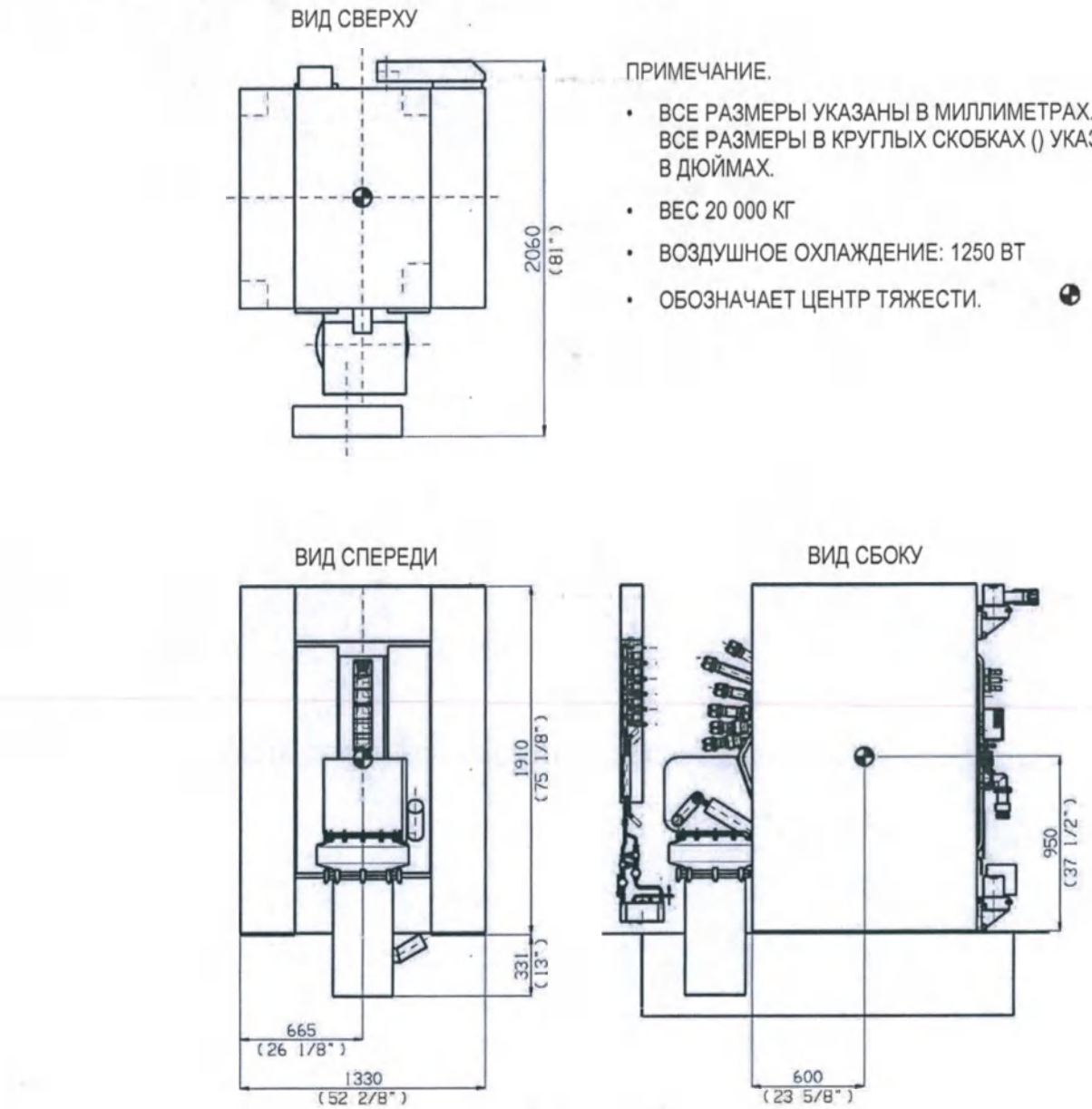
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 2-18: Перечень иллюстраций элементов системы

Название рисунка	Номер рисунка
Стандартные элементы системы	
Неэкранированный циклотрон	Рисунок 2-11
Минимальная зона обслуживания неэкранированного циклотрона	Рисунок 2-12
Шкаф 1, Источник питания магнита (PSMC)	Рисунок 2-13
Шкаф 2, генератор РЧ мощности (RFPG)	Рисунок 2-14
Шкаф 3, шкаф управления (CAB 3)	Рисунок 2-15
Блок распределения питания (БРП)	Рисунок 2-16
Коллектор газа-источника ионов	Рисунок 2-18
Насос предварительного разрежения	Рисунок 2-19
Главная система	Рисунок 2-20
Блок вторичного водяного охлаждения	Рисунок 2-21
Водяной коллектор 1	Рисунок 2-22
Блок сопряжения заказчика (БСЗ)	Рисунок 2-23
Опции	
Встроенный противорадиационный экран (ВПРЭ)	Рисунок 2-24
БРП экранированной системы (системы с ВПРЭ)	Рисунок 2-17
Компрессор системы с ВПРЭ	Рисунок 2-25
Коллектор сжатого воздуха системы с ВПРЭ	Рисунок 2-26
Шкаф обработки (ProCab)	Рисунок 2-27
Модуль управления химическим составом (МУХС) для системы со шкафом обработки или в качестве отдельного дополнительного оборудования	Рисунок 2-28
Электронный блок модуля управления химическим составом (ЭБ МУХС) с МУХС	
Модуль отработанного газа	Рисунок 2-29

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-11: Неэкранированный циклотрон



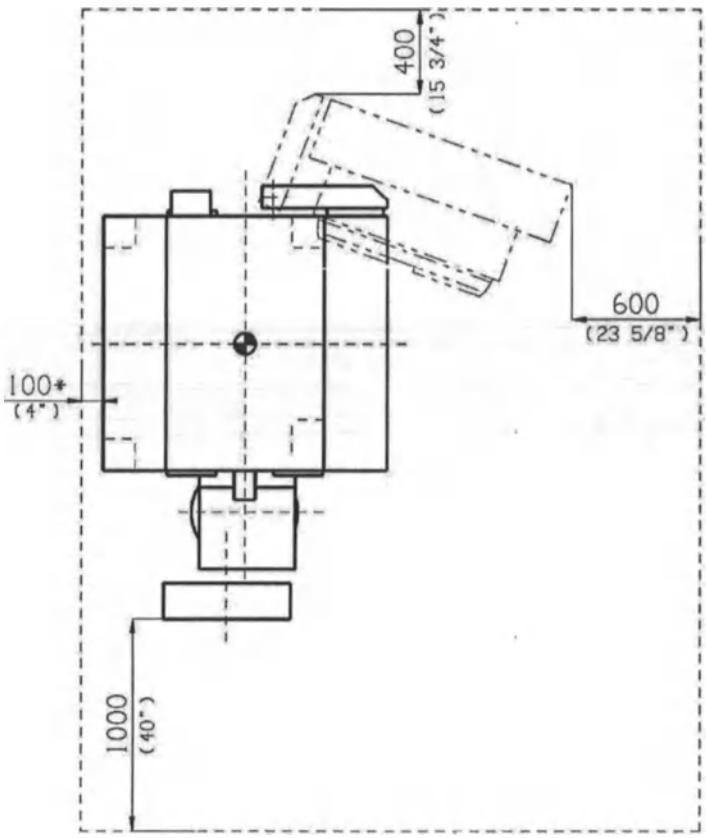
ЦИКЛОТРОН

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-12: Минимальная зона обслуживания неэкранированного циклотрона

ПРИМЕЧАНИЕ.

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- МАССА: 20 000 кг
- ВОЗДУШНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ: 750 ВТ
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.



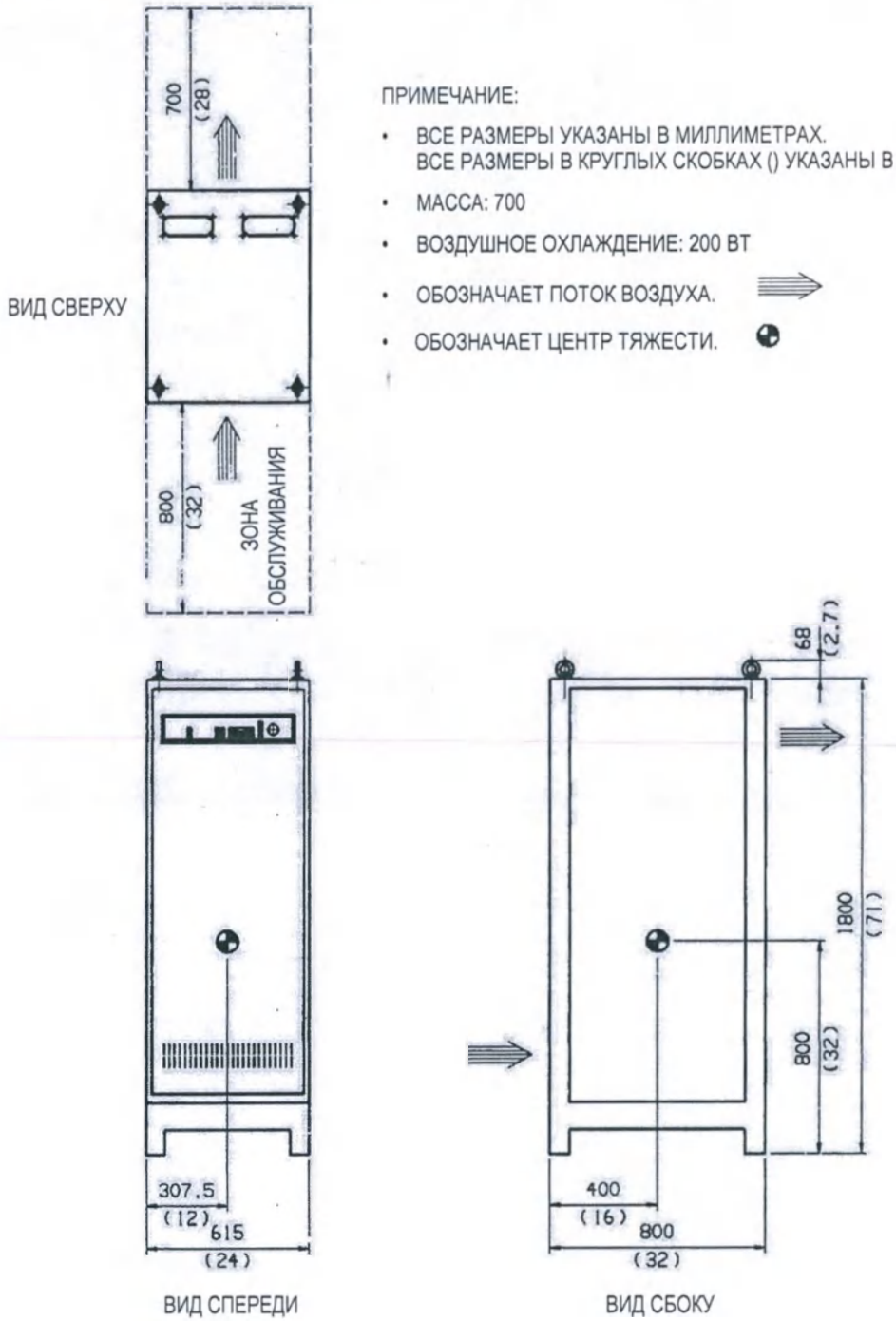
* ТОЛЬКО РЕКОМЕНДОВАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОЖЕТ БЫТЬ СНИЖЕНО ДО 0

0,5 м 1 м

ЦИКЛОТРОН (МИНИМ ЗОНА ОБСЛУЖИВАНИЯ)

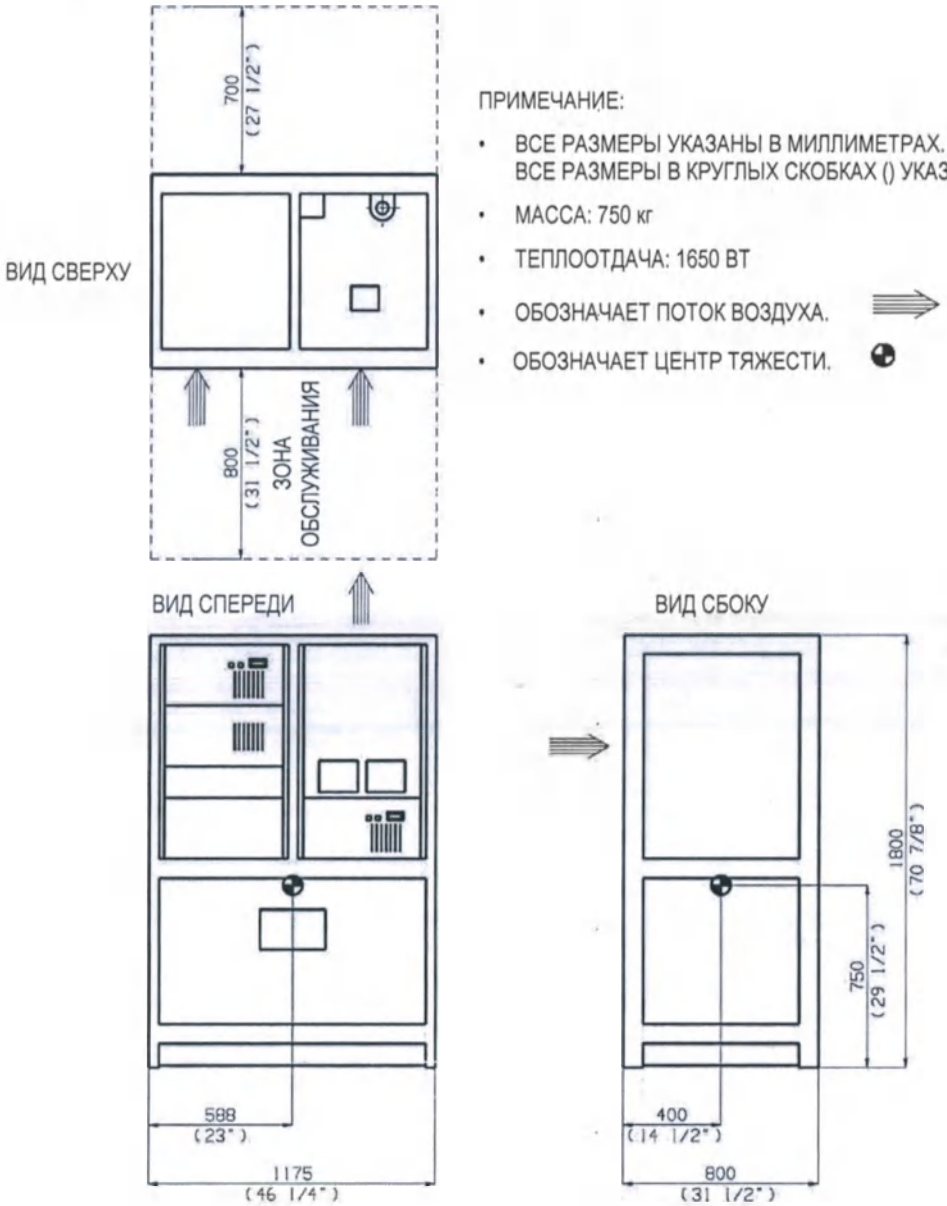
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-13: Шкаф 1, Источник питания магнита (PSMC)



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-14: Шкаф 2, генератор РЧ мощности (RFPG)



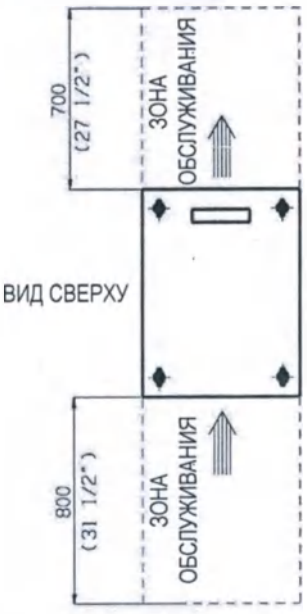
ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- МАССА: 750 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 1650 ВТ
- ОБОЗНАЧАЕТ ПОТОК ВОЗДУХА.
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.

RFPG

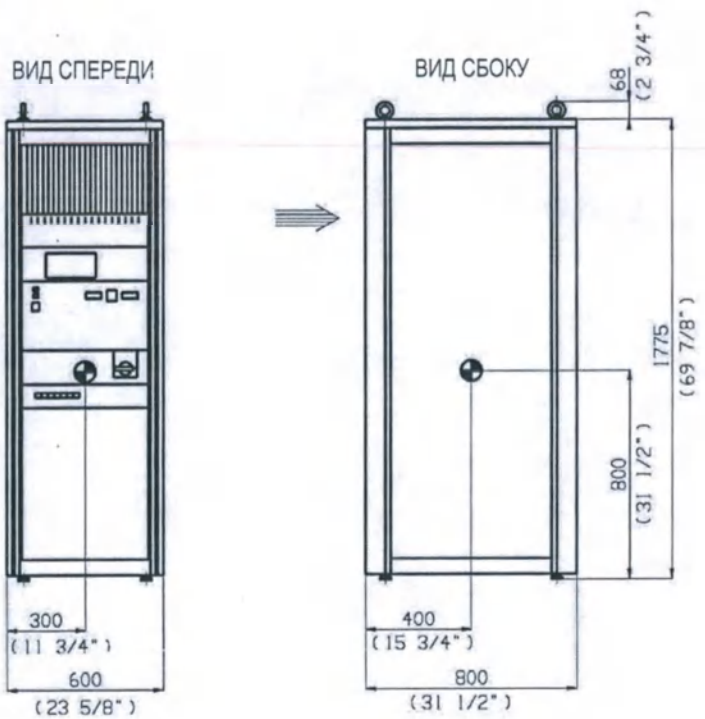
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-15: Шкаф 3, шкаф управления (CAB 3)



ПРИМЕЧАНИЕ:

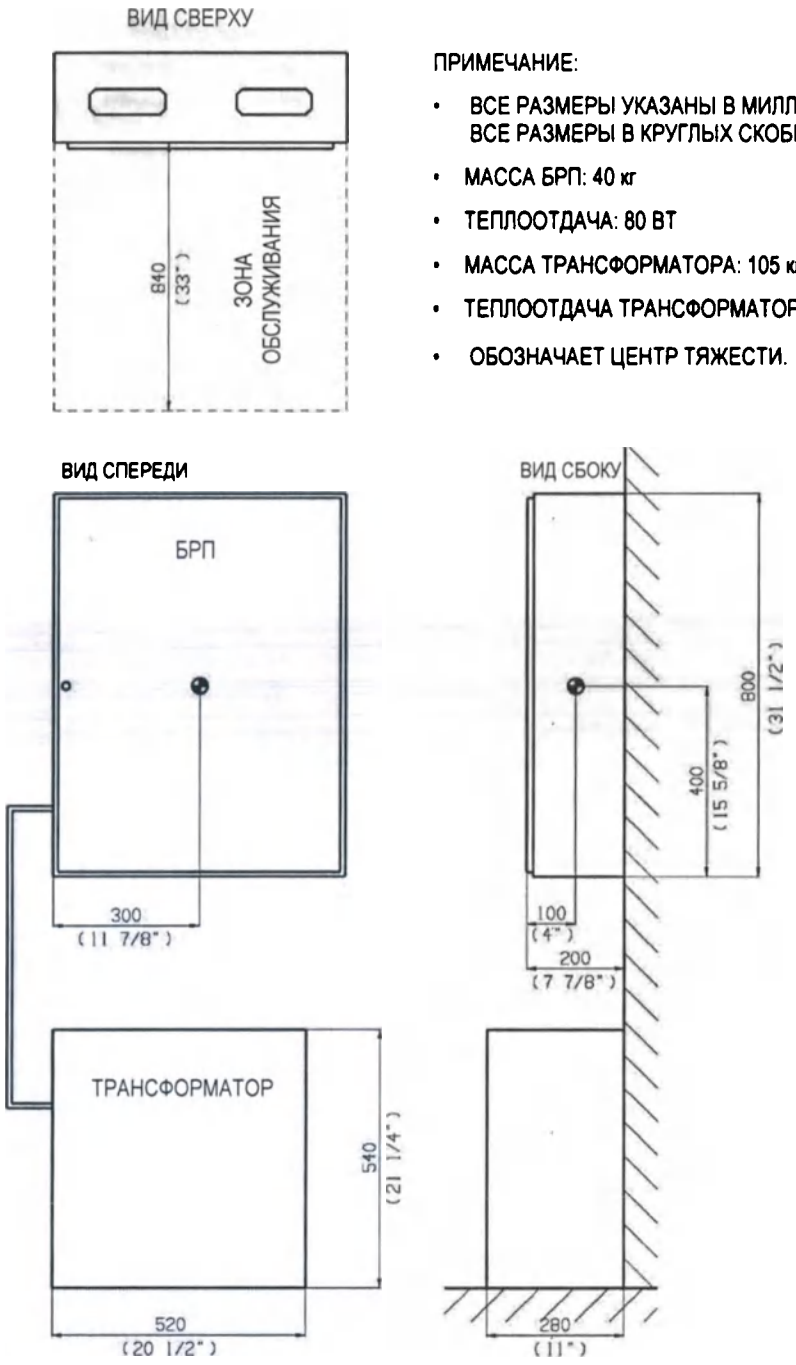
- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- МАССА: 250 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 400 ВТ
- ОБОЗНАЧАЕТ ПОТОК ВОЗДУХА.
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.



ШКАФ ЭЛЕКТРОНИКИ

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-16: Блок распределения питания (БРП)



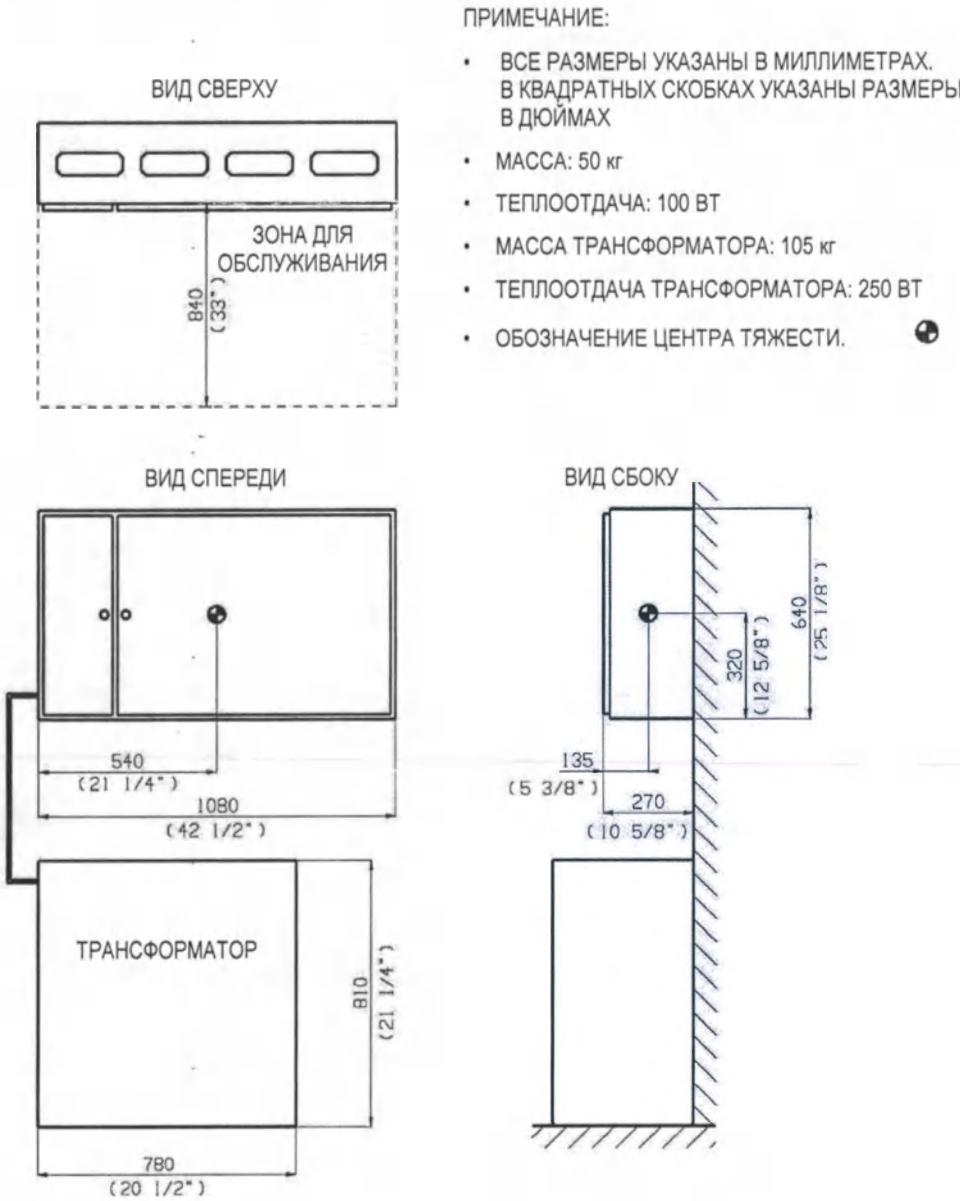
ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- МАССА БРП: 40 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 80 ВТ
- МАССА ТРАНСФОРМАТОРА: 105 кг
- ТЕПЛООТДАЧА ТРАНСФОРМАТОРА: 250 ВТ
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.

БРП БЕЗ ЭКРАНА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

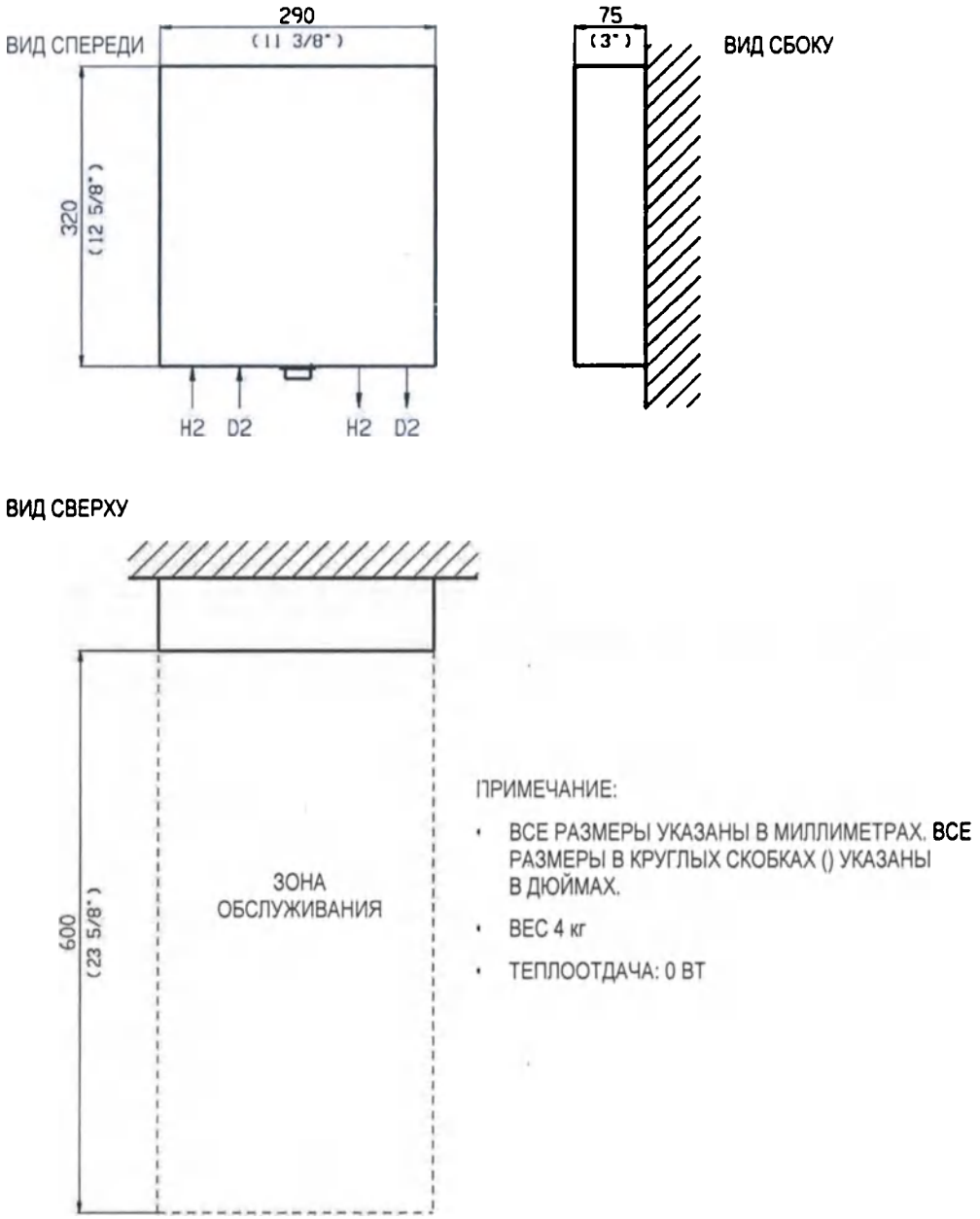
Рисунок 2-17: БРП экранированной системы (системы с ВПРЭ), заменяет стандартный БРП



БРП С ЭКРАНОМ

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-18: Коллектор газа-источника ионов



КОЛЛЕКТОР ГАЗА-ИСТОЧНИКА ИОНОВ

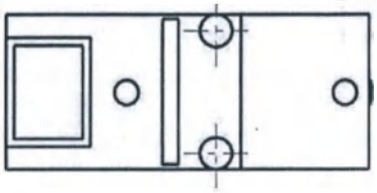
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-19: Насос предварительного разрежения

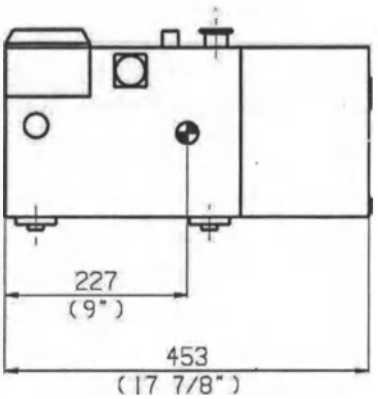
ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 27 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 100 ВТ
- ОБОЗНАЧЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ.

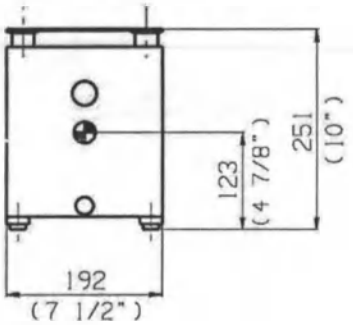
ВИД СВЕРХУ



ВИД СПЕРЕДИ



ВИД СБОКУ



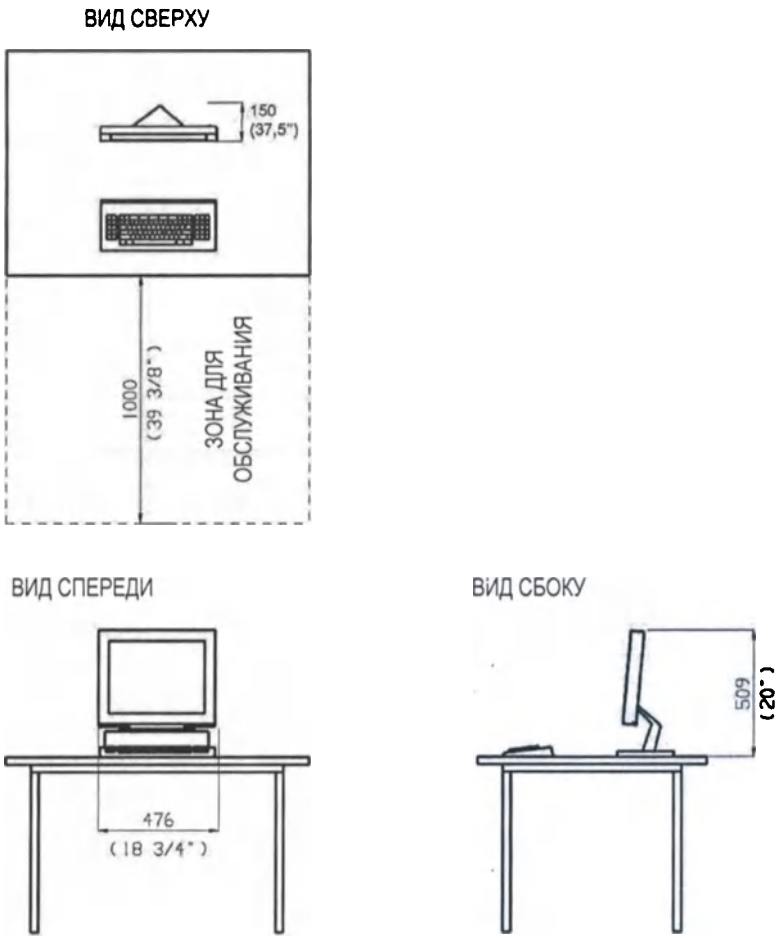
МЕХАНИЧЕСКИЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-20: Главная система

ПРИМЕЧАНИЕ.

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  В КВАДРАТНЫХ СКОБКАХ УКАЗАНЫ РАЗМЕРЫ В ДЮЙМАХ
- МАССА: 6 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 300 ВТ

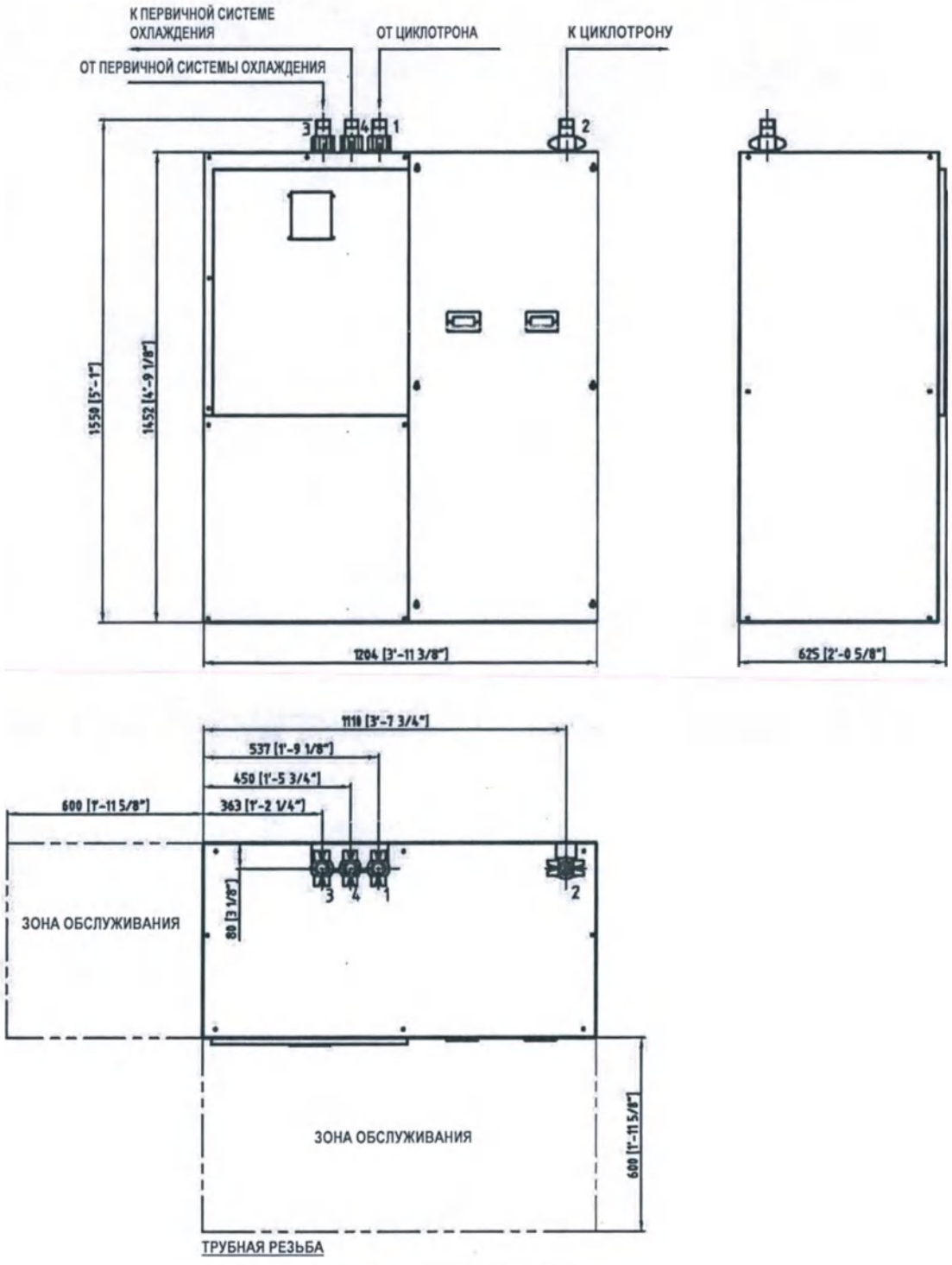


ГЛАВНАЯ СИСТЕМА

Комментарий
Заказчик предоставляет стол и стул.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-21: Блок вторичного водяного охлаждения (WCU)

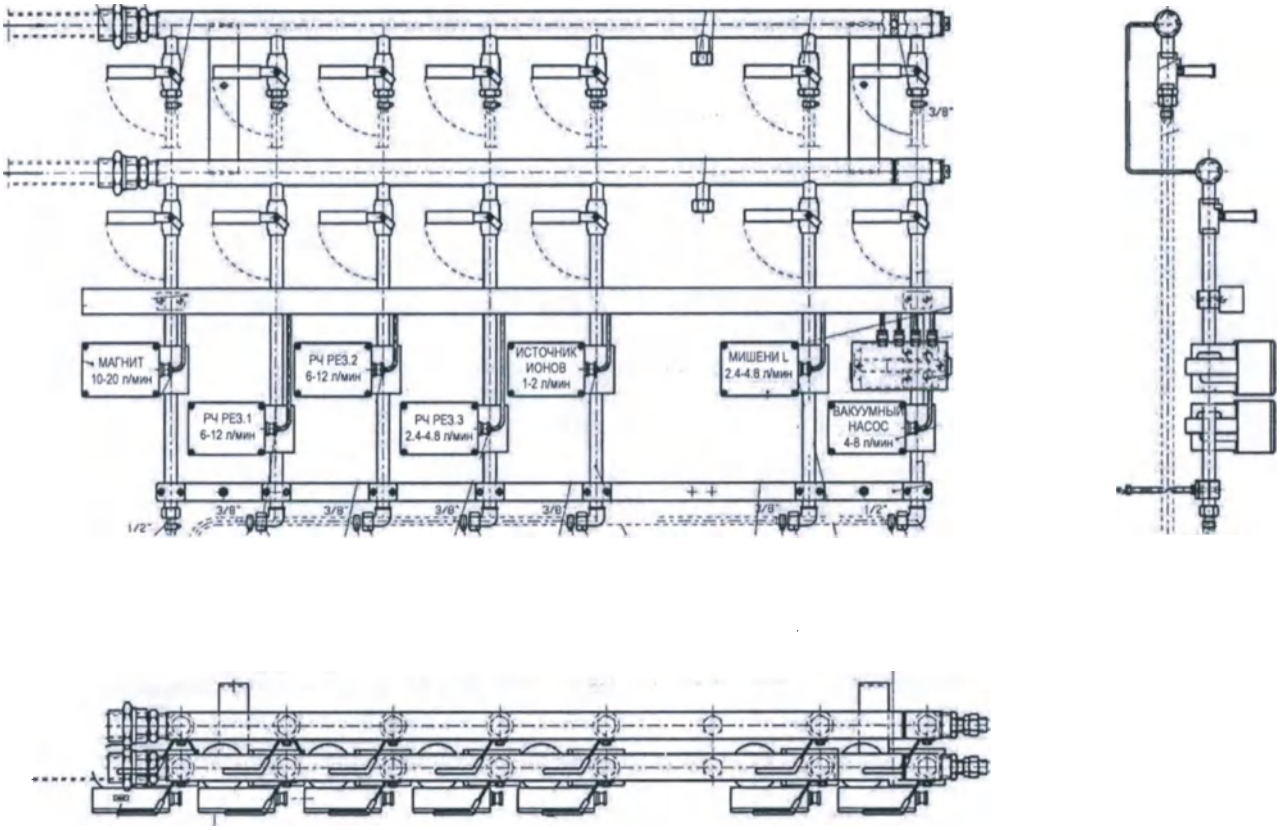


ТРУБНАЯ РЕЗЬБА

1. ОТ ЦИКЛОТРОНА. ISO-R 1 1/4 дюйм. ИЛИ NPT 1 1/4 дюйм.
2. К ЦИКЛОТРОНУ. ISO-R 11/4 дюйм. ИЛИ NPT 11/4 дюйм.
3. ОТ ПЕРВИЧНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ISO-R 1 1/4 дюйм. ИЛИ NPT 1 1/4 дюйм.
4. К ПЕРВИЧНОЙ СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ISO-R 11/4 дюйм. ИЛИ NPT 11/4 дюйм.
5. ГОРОДСКОЙ ВОДОПРОВОД ISO-R 1/2 дюйм. ИЛИ NPT 1/2 дюйм.
6. ВОДОСТОК ISO-Rp 1/2 дюйм.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-22: Водяной коллектор 1

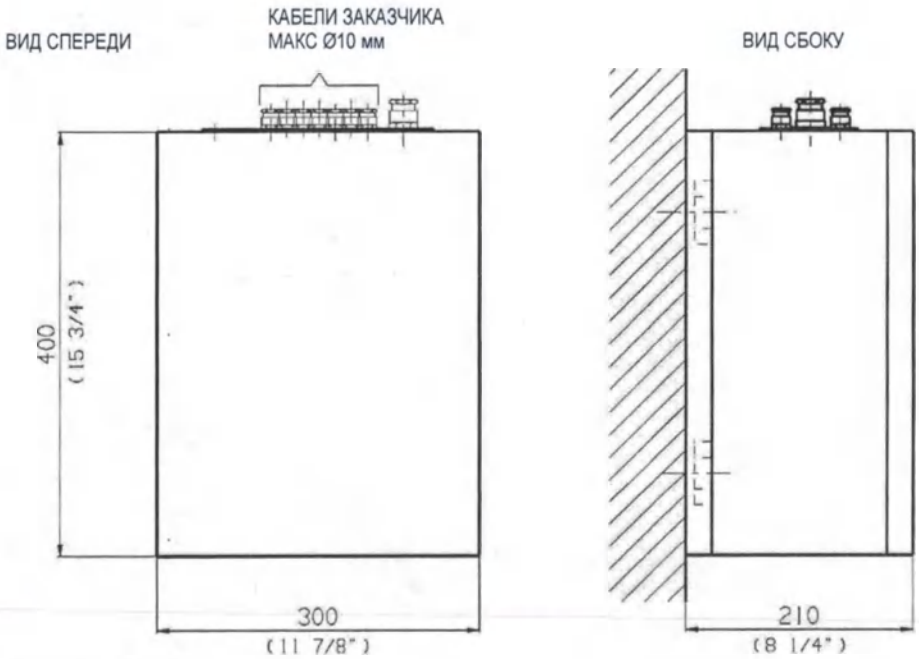


ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-23: Блок сопряжения заказчика (БСЗ)

ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВЕС 5 кг



ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 10 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 0 ВТ

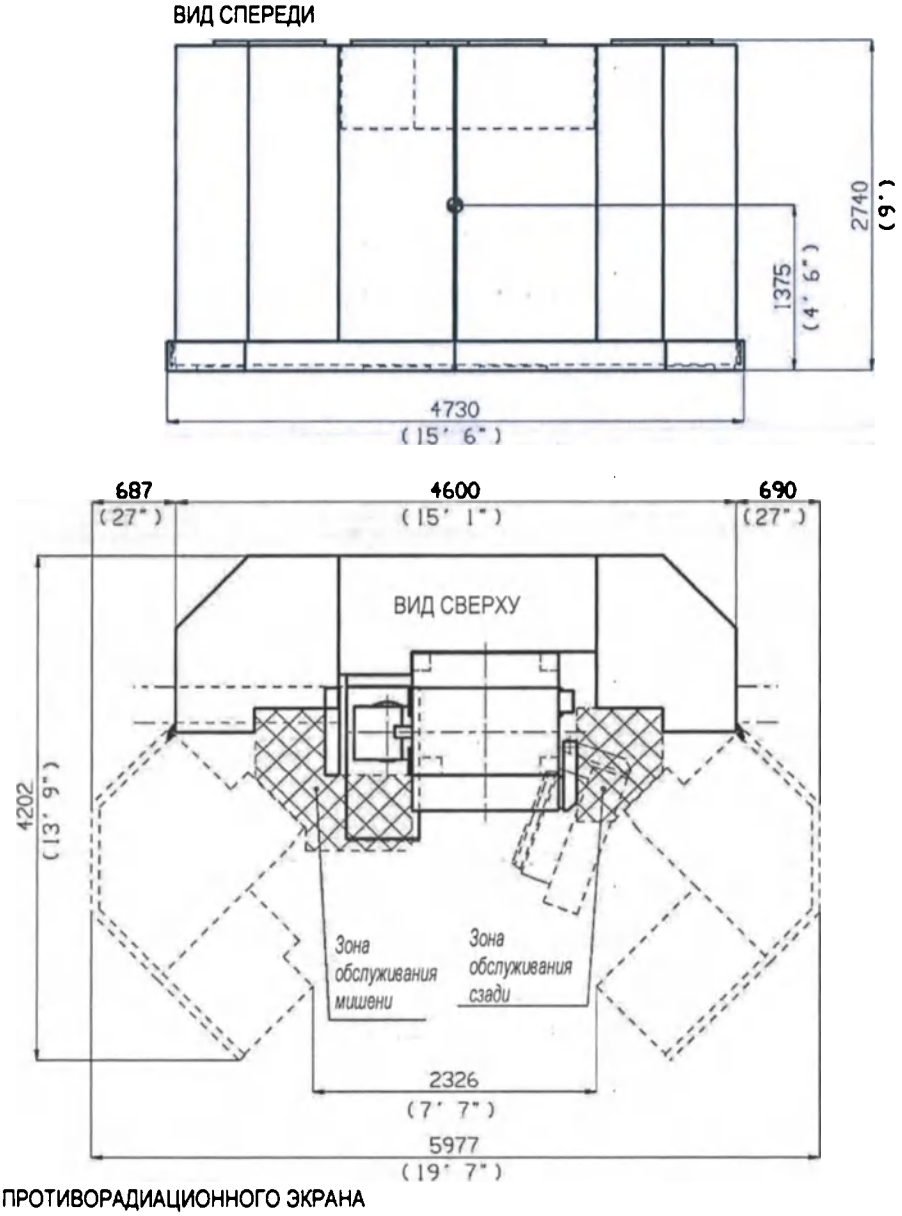
БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ ЗАКАЗЧИКА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-24: Дополнительный встроенный противорадиационный экран (ВПРЭ)

ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 47 000 кг
- ОБОЗНАЧАЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ЦЕНТР



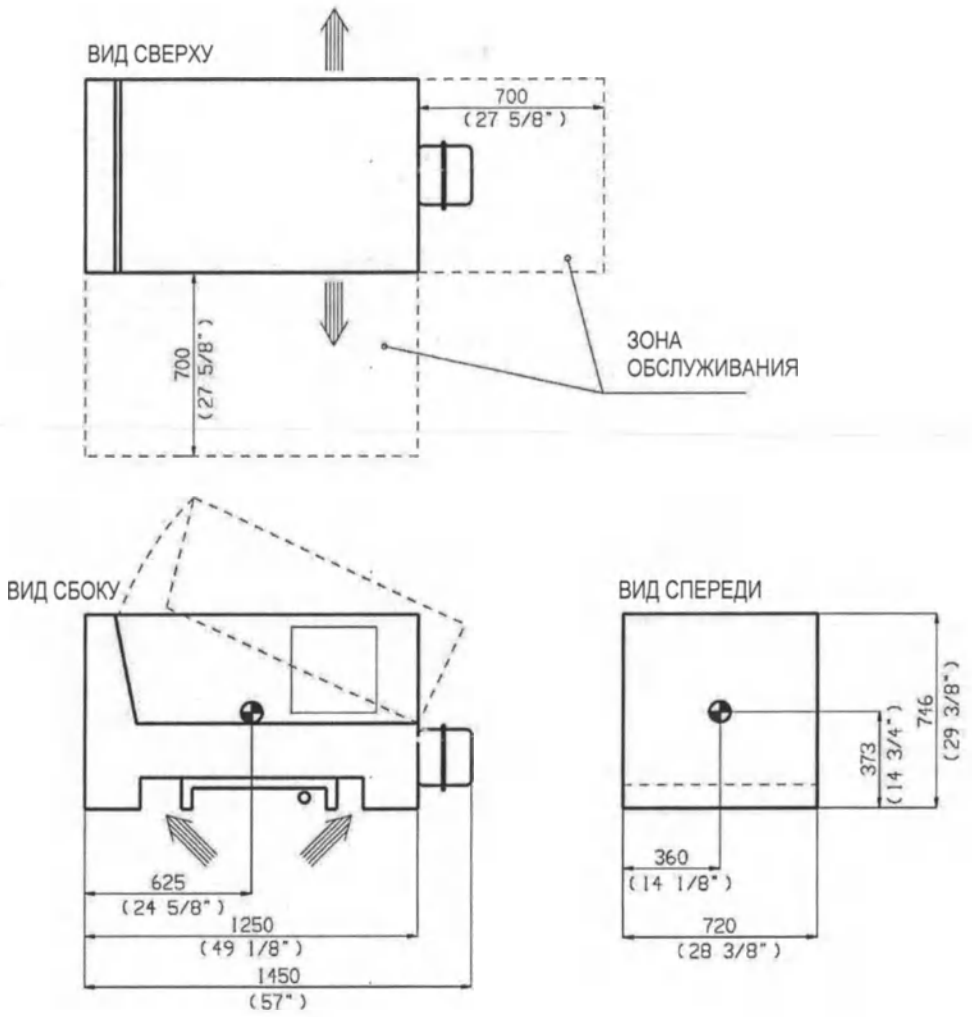
РЕЗЕРВУАРЫ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОГО ЭКРАНА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-25: Компрессор в составе ВПРЭ

ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 173 кг
- ОБОЗНАЧАЕТ ПОТОК ВОЗДУХА.
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.

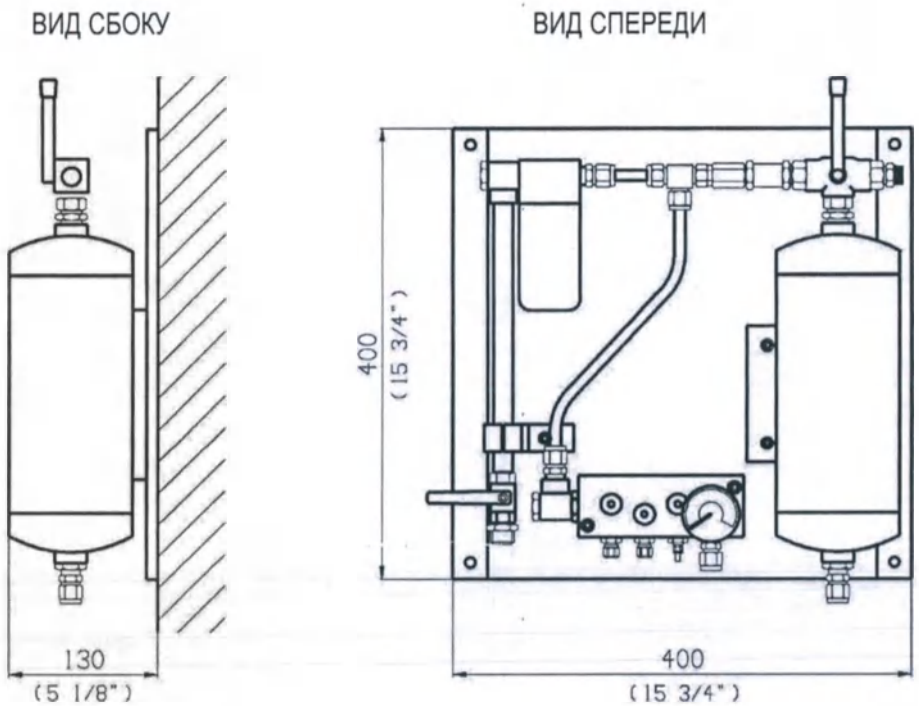


(ТОЛЬКО ДЛЯ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОГО ЭКРАНА)

КОМПРЕССОР

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-26: Коллектор сжатого воздуха



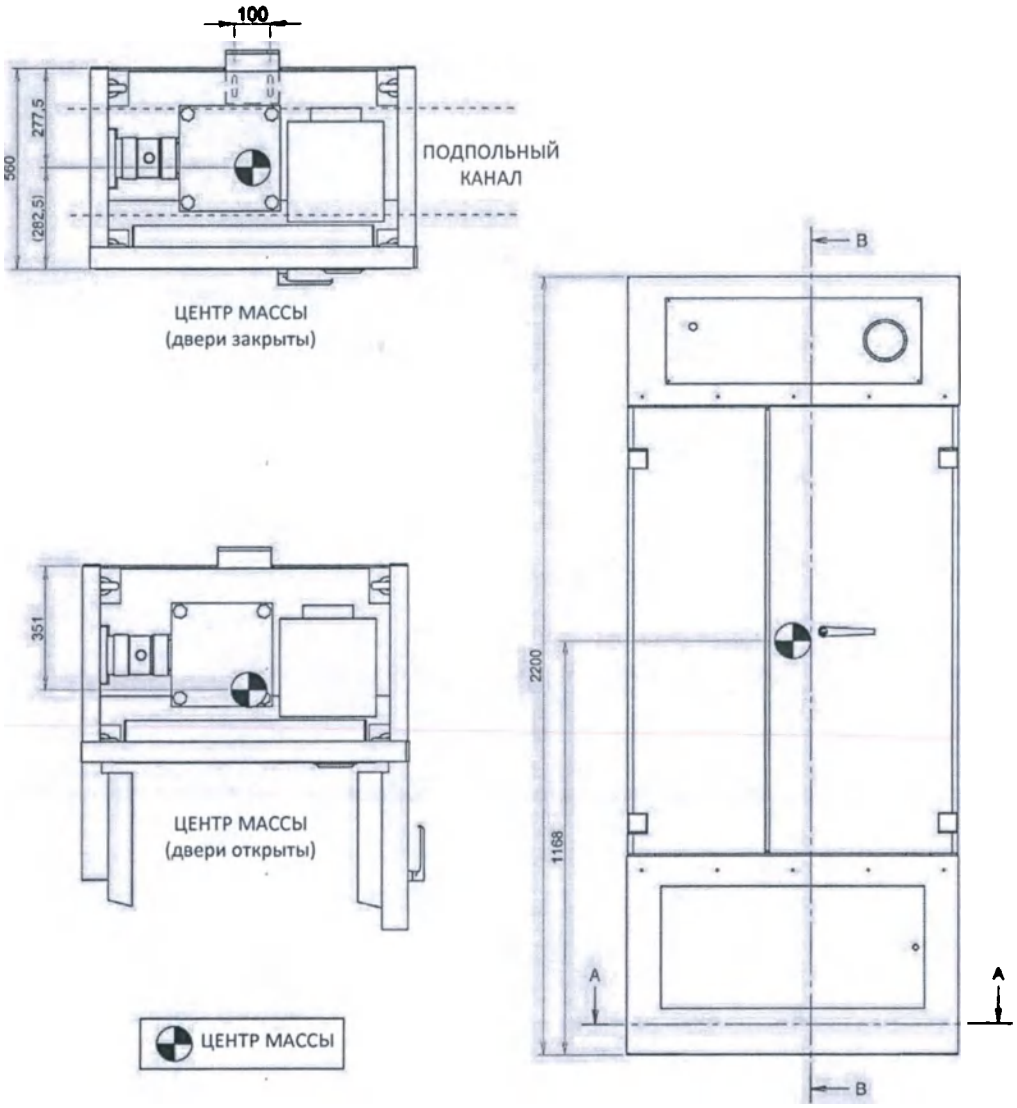
ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 6 кг
- ТЕПЛООТДАЧА: 0 ВТ

ВОЗДУШНЫЙ КОЛЛЕКТОР

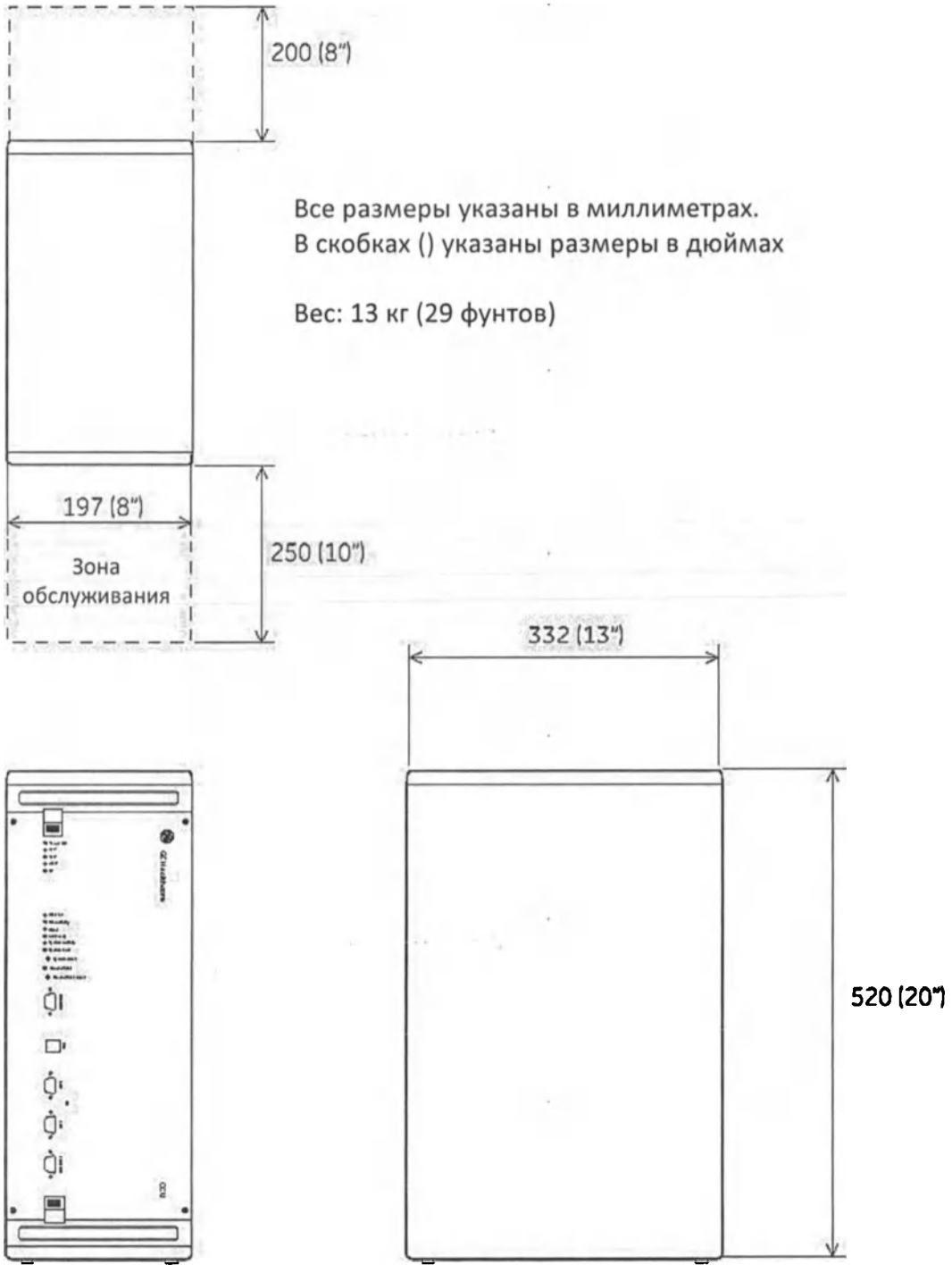
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-27: Шкаф обработки (ProCab)



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-28: Модуль управления химическим составом (МУХС) в составе шкафа обработки ProCab или в качестве отдельного оборудования



- Необходимо предусмотреть достаточное свободное пространство вокруг МУХС, чтобы обеспечить соблюдение требований, предъявляемых к температуре окружающего воздуха (см. таблицу 5-1).

  Запрещено закрывать входы или выходы воздушного потока, имеющиеся на МУХС!

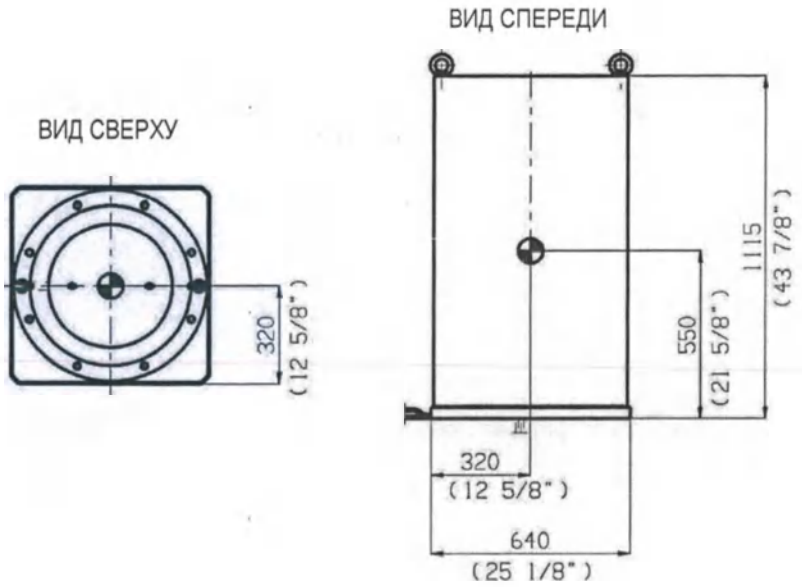
- МУХС устанавливается на пол вертикально или горизонтально.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 2-29: Дополнительный модуль отработанного газа

ПРИМЕЧАНИЕ:

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 1400 кг
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.



СИСТЕМА ОТРАБОТАННОГО ГАЗА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТИВОРАДИАЦИОННОМУ ЭКРАНИРОВАНИЮ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

3-1 Введение

В данной главе представлен обзор требований к противорадиационному экранированию и радиационной безопасности, соблюдение которых является необходимым на этапах планирования, проектирования и строительства здания для циклотрона.

Наймите проектировщика, обладающего практическими знаниями в области радиационной безопасности и противорадиационного экранирования. Наймите экспертов по проектирования экранов и обращению с радиоактивными материалами, обладающими практическими и теоретическими знаниями в области разработки и внедрения программы радиационной безопасности объекта, где выполняется ПЭТ.

Минимальным требованиям к проектировщику является знание и понимание следующих публикаций:

- Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51 — Руководство по проектированию средств противорадиационной защиты для объектов установки ускорителей частиц с энергией от 0,1 до 100 МэВ.
- Отчет Национального комитета по радиационной защите № 38 — Защита от нейтронного радиационного излучения
- Отчет Национального комитета по радиационной защите № 39 — Основные критерии противорадиационной защиты
- Американский национальный стандарт N43-4 — Проектная и эксплуатационная безопасность ускорителей частиц
- Стандарты Федерального Агентства по охране труда и здоровья — Часть 1920.96 (Ионизирующее излучение) главы XVII тома 29 кодекса Федеральный нормативных правил

Информация, содержащаяся в данной главе, была собрана в целях оказания содействия заказчику при определении ресурсных требований к проектированию архитектурного и противорадиационного экрана, а также при внедрении программы радиационной безопасности объекта, где выполняется ПЭТ. Заказчик (совместно с группой планирования объекта компании GE) по-прежнему должен утвердить окончательное проектное решение.

К источниками радиационного излучения, описание которых содержится в настоящем документе, могут применяться нормативные требования федеральных и местных государственных агентств, а также агентств штатов. Требования такого рода нормативов могут распространяться на необходимость регистрационных действий, лицензирование и выполнение конкретных процедур при работе с источниками радиационного излучения. Определение применимых требований и обеспечение их соблюдения является зоной ответственности Заказчика.

3-2 Материалы и методы

3-2-1 Общая информация

Циклотрон используется для производства заряженных частиц двух типов: протонов с энергией 16,5 МэВ и дейтронов с энергией 8,4 МэВ. Сила тока электронного пучка может составлять, например, 75 мкА для протонов и 60 мкА для дейтронов в зависимости от эксплуатационных характеристик конкретной единицы оборудования.

Останов первичного пучка происходит стремительно при его взаимодействия с объектом, поэтому сам по себе пучок не представляет собой угрозу радиационного воздействия. В процессе останова пучок протонов или дейтронов становится источником вторичных частиц, нейтронов, которые представляют первичную проблему противорадиационного экранирования.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Нейтроны обладают значительной мощностью проникновения, а их энергия определяет толщину биологической защиты периметра ускорителя, то есть требуемую толщину бетонных стен и крыши. Кроме того, пучок заряженных частиц совместно с первичными и вторичными нейтронами является источником наведенной радиоактивности в облучаемом материале. Наведенная радиоактивность является первичной проблемой защитной камеры циклотрона, но не оказывает влияния на проектирование здания, за исключением необходимости учесть ряд требований, применимых к наличию экранированного пространства для хранения радиоактивных компонентов.

Возможны два варианта конфигурации системы:

1 Неэкранированная система, для которой необходима защитная камера;

2 Система со встроенным противорадиационным экраном (опция).

3-2-2 Защита от нейтронов

Пучок заряженных частиц характеризуется четко заданным направлением. При взаимодействии пучка с веществом образуются нейтроны, которые, как правило, движутся в направлении пучка заряженных частиц. Эти движущиеся вперед нейтроны обладают самой высокой энергией и образуют первичный нейтронный импульс.

Однако параллельно происходит выпуск нейтронов и в других направлениях, но интенсивность потока таких нейтронов и их энергия значительно ниже. Поэтому при проведении такого рода расчетов мы предполагаем, что интенсивность нейтронного потока в направлении, перпендикулярном пучку заряженных частиц, на 30% ниже интенсивности нейтронного потока, движущегося вперед, а интенсивность нейтронного потока, движущегося назад, в 10 раз меньше интенсивности нейтронного потока, движущегося вперед. Указанные допущения носят консервативный характер и обеспечивают некоторый запас по безопасности. См. таблицу 3-1 для получения сведений относительно типовых значений образования нейтронов.

При контакте первичных нейтронов со стенками и другими материалами в помещении происходит поглощение приблизительно 90% частиц, при этом 10% нейтронов отражаются, но со значительной потерей энергии. После нескольких таких отражений происходит практически полное торможение нейтронов, то есть помещение заполнено нейтронным «газом», движение которого не имеет какого-либо конкретного направления.

Первичный нейтронный импульс, распространяющийся вперед, представляет собой важный компонент расчета противорадиационного экранирования, поскольку данный импульс характеризуется самой высокой плотностью нейтронов. Важно, чтобы указанный импульс был направлен в зоны с естественной противорадиационной защитой, например, на внешние стенки, обратная сторона которых контактирует с грунтом, и за пределы зон длительного пребывания персонала. Первичным источником нейтронного импульса является зона мишени, в которой 100% генерируемого пучка взаимодействует с веществом.

Нейтронный импульс, формируемый в зоне мишени, должен направляться за пределы лаборатории насколько это возможно.

Общий принцип заключается в том, что чем ближе располагается противорадиационный экран к концентрированному источнику радиационного излучения, тем ниже вес требуемого защитного материала. Половина всех образующихся нейтронов движется вперед (в пределах конуса, верхнее угловое значение которого составляет 30°).

Поэтому, возможно, имеет смысл оборудовать положения мишеней поглотителями, то есть трубами в стенах длиной несколько метров или подвижными бетонными блоками с соответствующими отверстиями. Такого типа экран может оказаться полезным не только для снижения общей массы противорадиационного экрана, но и в целях защиты других единиц оборудования, размещаемых в защитной камере, от облучения высокими дозами нейтронов.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Толщина чугунной рамы ускорителя составляет 27,5 см. Это соответствует бетонному ограждению толщиной приблизительно 65 см при плотности 2,3 г/см^3. Поскольку экран располагается в непосредственной близости к источнику радиационного излучения, ускоритель следует располагать таким образом, чтобы он в максимально возможной степени участвовал в обеспечении общего экранирования.

3-2-3 Наихудший случай

Для ускорителя с указанными значениями энергии частиц именно нейтронный импульс определяет толщину бетонного заграждения, то есть энергия нейтронов оказывает лишь незначительное влияние. Причина состоит в том, что после проникновения на несколько дециметров в бетонное заграждение происходит значительная дегенерация энергии нейтронов, то есть они приобретают аналогичный нейтронный спектр.

Национальным комитетом по радиационной защите выпущено издание под названием "Руководство по проектированию средств противорадиационной защиты для объектов установки ускорителей частиц с энергией от 0,1 до 100 МэВ" (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51) В указанном справочнике приведены приблизительные оценочные расчеты плотности нейтронного потока и необходимой толщины стенок ограждения.

Таблица 3-1: Нейтронный поток

Энергия	частицы, МэВ	Сила тока пуска, мкА	Материал мишени	Нейтронный поток в направлении вперед, нейтроны/см^2/с	Нейтронный поток в направлении под углом 90 градусов
p+	16,4	100	Al	3×10^7	9×10^6
d+	8,5	100	C	5 × 107	15×10^6
d+	8,5	100	Cu	5 × 106	15×10^6

Значительного отличия параметров нейтронного потока, генерируемого при ускорении протонов или дейтронов не наблюдается. Поскольку при ускорении протонов формируются нейтроны с более высоким значением энергии, которое обуславливает более высокое значение коэффициента накопления в противорадиационном экране, указанный случай рассматривается в качестве наихудшего.

3-2-4 Проходы и сквозные отверстия защитной камеры

При выполнении расчетов противорадиационной защиты необходимо учитывать проходы для персонала и сквозные отверстия, предназначенные для прокладки кабелей и трубопроводов. Для обеспечения доступа персонала к циклотрону используется один из следующих способов:

- Экранированная дверь в форме люка или подвижного блока;
- Лабиринт

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-2-4-1 Экранированная дверь

Существует множество вариантов исполнения такого типа двери: в формате люка в стене или в виде подвижного блока, защищающего проем в бетонной стене. Толщина выполненного в стене люка, как правило, эквивалентна толщине этой экранированной стены и, как правило, изготавливается из того же самого материала, то есть из бетона.

Чтобы уменьшить толщину подвижного блока, необходимо использовать другой материал, например, сталь. Расчет эффективности противорадиационного экранирования двери относительно прост. К недостаткам можно отнести относительно высокую стоимость, механическую сложность и отсутствие возможности быстрого доступа в защитную камеру.

Преимущества:

- Простота расчета эффективности экранирования, в частности, при использовании аналогичного материала аналогичной толщины, что и окружающие стены.
- Требуется меньшая площадь поверхности по сравнению с лабиринтом; дверь может крепиться шарнирно или скользить по направляющей в одну из сторон. Недостатки:
- Относительно высокая стоимость
- Сложность механического монтажа
- Отсутствие возможности быстрого доступа в защитную камеру

3-2-4-2 Лабиринт

Если для входа в защитную камеру предусмотреть протяженный лабиринт с большим количеством линейных и криволинейных участков, то можно достичь значительного снижения интенсивности нейтронного потока. Таким образом, входная дверь может иметь облегченную конструкцию, на некоторых участках которой предполагается армирование слоем термического противонейтронного экрана, например, насыщенного бором полиэтилена. Более предметные расчеты выполняются с использованием программы моделирования по методу Монте-Карло после определения принципиальной конструкции.

Преимущества:

- Простота открытия двери доступа; не требуется механическое воздействие
- Обеспечивается более быстрый доступ в защитную камеру

Недостатки:

- Более высокая сложность расчета эффективности экранирования
- Занимает большую площадь по сравнению с люком

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-2-5 Описание зоны радиационной опасности

3-2-5-1 Зоны повышенной радиационной опасности

Пространство, где размещается циклотрон, носит название «помещение для циклотрона» и рассматривается в качестве ЗОНЫ ПОВЫШЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ. При проектировании зоны необходимо учитывать следующие аспекты:

- Соответствующие индикаторы эксплуатационного режима циклотрона должны присутствовать на консоли управления и на входе в помещение для циклотрона.
- Должны предусматриваться двери и защитные ограждения, блокировка которых настроена таким образом, что генерация ионного пучка не является возможной, если открыта дверь, или останавливается, если происходит открытие двери.
- Необходимо предусмотреть наличие индикации (например, сигнальной), свидетельствующей о скором начале генерации пучка.
- По меньшей мере один четким образом обозначенный аварийный выключатель пучка должен удобно располагаться в помещении для циклотрона. При нажатии на выключатель должен происходить останов генерации ионного пучка.
- Должна быть обеспечена возможность открытия дверей доступа с внутренней стороны помещения для циклотрона.
- Двери с моторным или гидравлическим приводом должны быть оборудованы средствами переключения на ручной режим.

Чаще всего производятся позитронные излучатели с малым периодом полураспада, включая углерод-11, азот-13, кислород-15 и фтор-18. В циклотроне происходит изготовление с последующим транспортированием партий, содержащих до 5 Ки, между станцией мишени и горячей камерой. Указанные радиоизотопы транспортируются по трубкам небольшого диаметра с защитной свинцовой оплеткой толщиной 3-5 см. Эффективность экранирования должна соответствовать применимым местным нормативам.

Комментарий
Доза облучения пациентов составляет от 5 до 20 мКи.

3-2-5-2 Зоны радиационной опасности

Любая зона, где происходит подготовка или использование радиоизотопов, является ЗОНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ. Это зоны ограниченного доступа для защиты людей от воздействия радиации. Помимо радиохимической лаборатории к ЗОНАМ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ относятся помещение для установки сканера ПЭТ, лаборатории анализа крови, любые относящиеся к процессу зоны контроля качества, а также зона, примыкающая к встроенному противорадиационному экрану.

Комментарий
В состав дополнительного встроенного противорадиационного экрана циклотрона входят две пневматические секции, предназначенные для открытия экрана и обеспечения доступа к циклотрону и зоне установки мишеней. Предусмотрена электрическая блокировка подвижных секций, исключающая вероятность генерации пучка при открытом экране.

3-2-5-3 Зоны неограниченного доступа

Зоны, примыкающие к зданию размещения оборудования для ПЭТ, считаются безопасными, поэтому для них не требуется мониторинг величины радиационного фона, если только нормативные акты не предписывают выполнение других требований.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-2-5-4 Рабочие характеристики дополнительного встроенного противорадиационного экрана.

Установка дополнительного встроенного противорадиационного экрана представляет собой альтернативу модернизации уже существующего здания, которая должна заключаться в сооружении 2-метрового бетонного экрана для циклотрона.

В состав встроенного экрана входят восемь заполняемых водой резервуаров из нержавеющей стали, предназначенные для ослабления радиационного воздействия нейтронного излучения и гамма-излучения за счет использования многослойной конструкции. Внутренний свинцовый слой, обращенный к мишеням, снижает интенсивность потока гамма-частиц, генерируемого мишенями, а слой насыщенного бором полипропилена (ПП) замедляет нейтроны. Дополнительные слои свинца предназначены для захвата гамма-частиц, генерируемых медленными нейтронами в компонентах циклотрона. Заполненные борной водой резервуары останавливают остальные нейтроны.

Возведение вокруг циклотрона встроенного противорадиационного экрана позволяет снизить уровень радиационного воздействия в прилегающей к экрану зоне до допустимых значений. Чтобы гарантировать дополнительное снижение уровня радиационного воздействия в зоне расположения циклотрона, может потребоваться сооружение бетонного кожуха соответствующей толщины, охватывающего помещение для циклотрона.

Для оценки размеров кожуха (бетонного) помещения для циклотрона допускается применять следующие приблизительные значения 1/2 толщины стенки (согласно результатам моделирования по методу Монте-Карло, разработанному специально для циклотрона):

- Для ослабления гамма-излучения: **12 см**
- Для ослабления нейтронного излучения: **8 см**

Рисунки с 3-1 по 3-8 иллюстрируют линии равных доз радиационного гамма-излучения и нейтронного излучения (уровни радиации) для встроенного противорадиационного экрана при следующих условиях эксплуатации:

- $^{18}F^-$ производство насыщенной кислородом-18 воды (> 95%)
- Суммарная сила тока пучка 60 мкА, 100 мкА, 130 мкА и 160 мкА соответственно.

Комментарий
Уровни радиации увеличиваются пропорционально росту силы тока пучка.

3-2-5-5 Точность линий равных доз гамма-излучения и нейтронного излучения

Для заданных линий равных доз предусматриваются допуски.

Некоторые причины разброса значений:

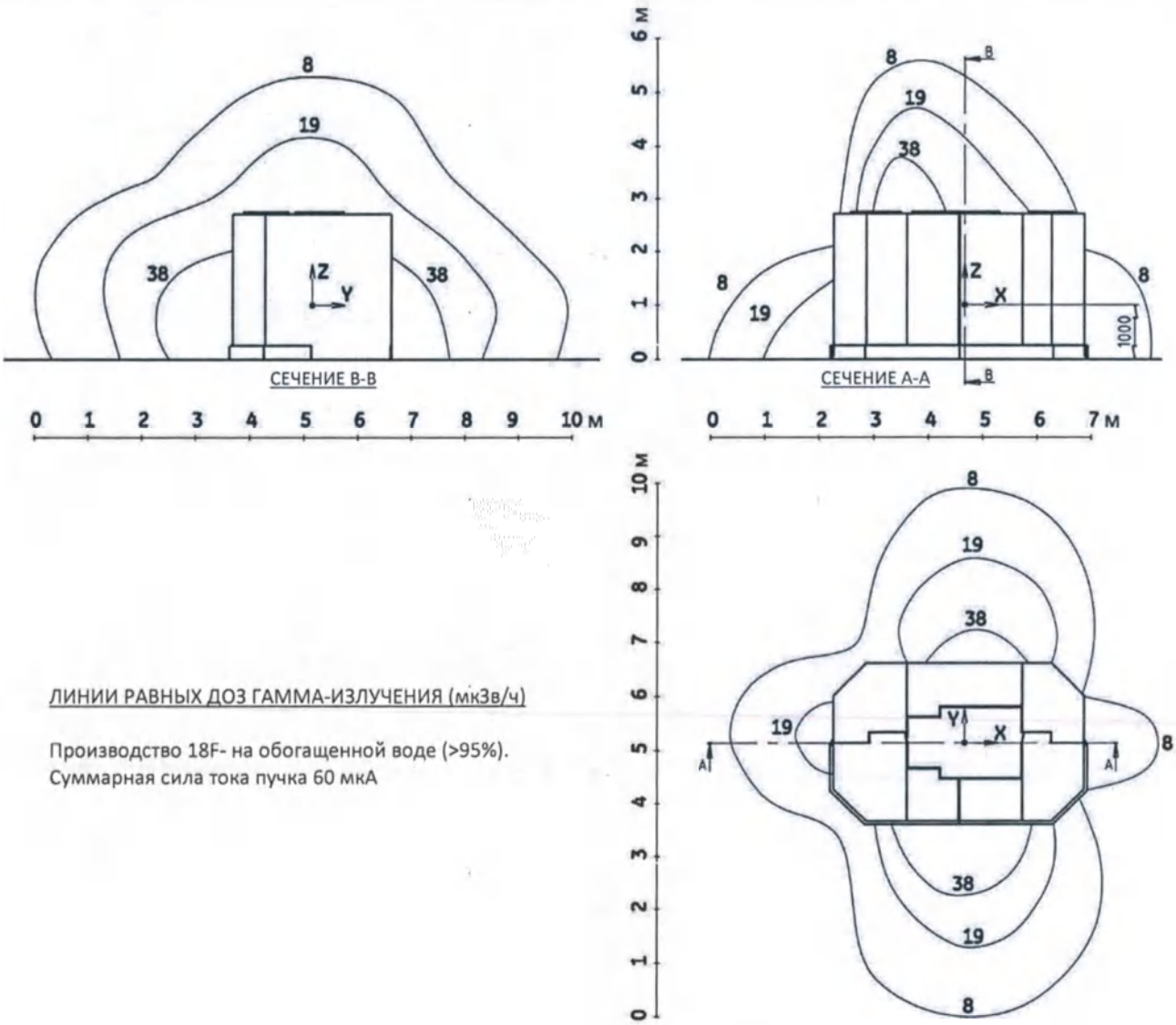
- Вариативность механической регулировки.
- Взаимодействие с прилегающими бетонными стенами (отражение нейтронов).
- Точность измерительной системы.
- Погрешность КИП (см. примечание ниже).

Обоснованный допуск линий равных доз составляет порядка ±20% без учета погрешности КИП.

Комментарий
Типовые значения погрешности КИП: Прибор контроля гамма-излучения: ±15–20%; прибор контроля нейтронного излучения: ±40%.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-1: Линии равных доз гамма-излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 6 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

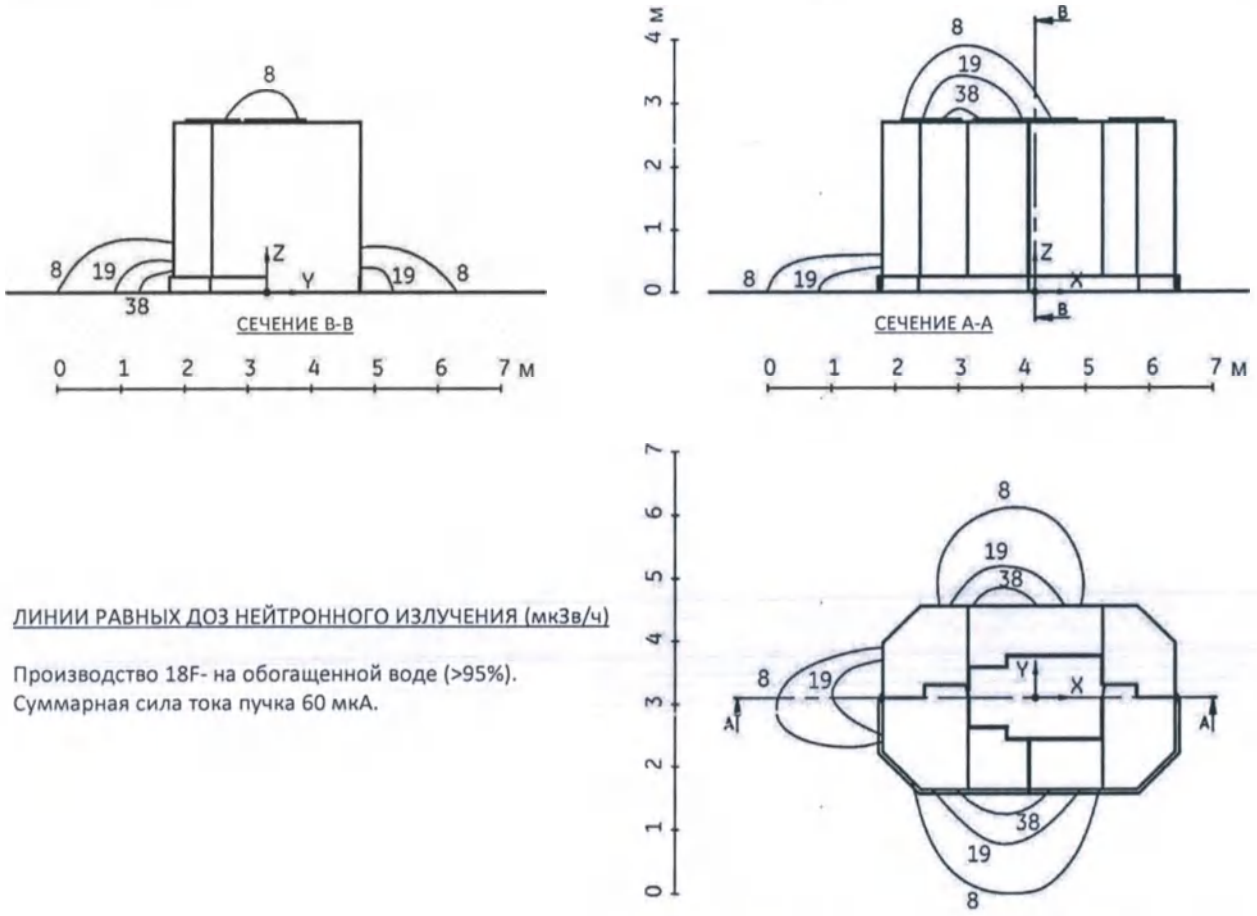
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 60 мкА

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ 1000 мм НАД УРОВНЕМ ПОЛА

60 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-2: Линии равных доз нейтронного излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 60 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

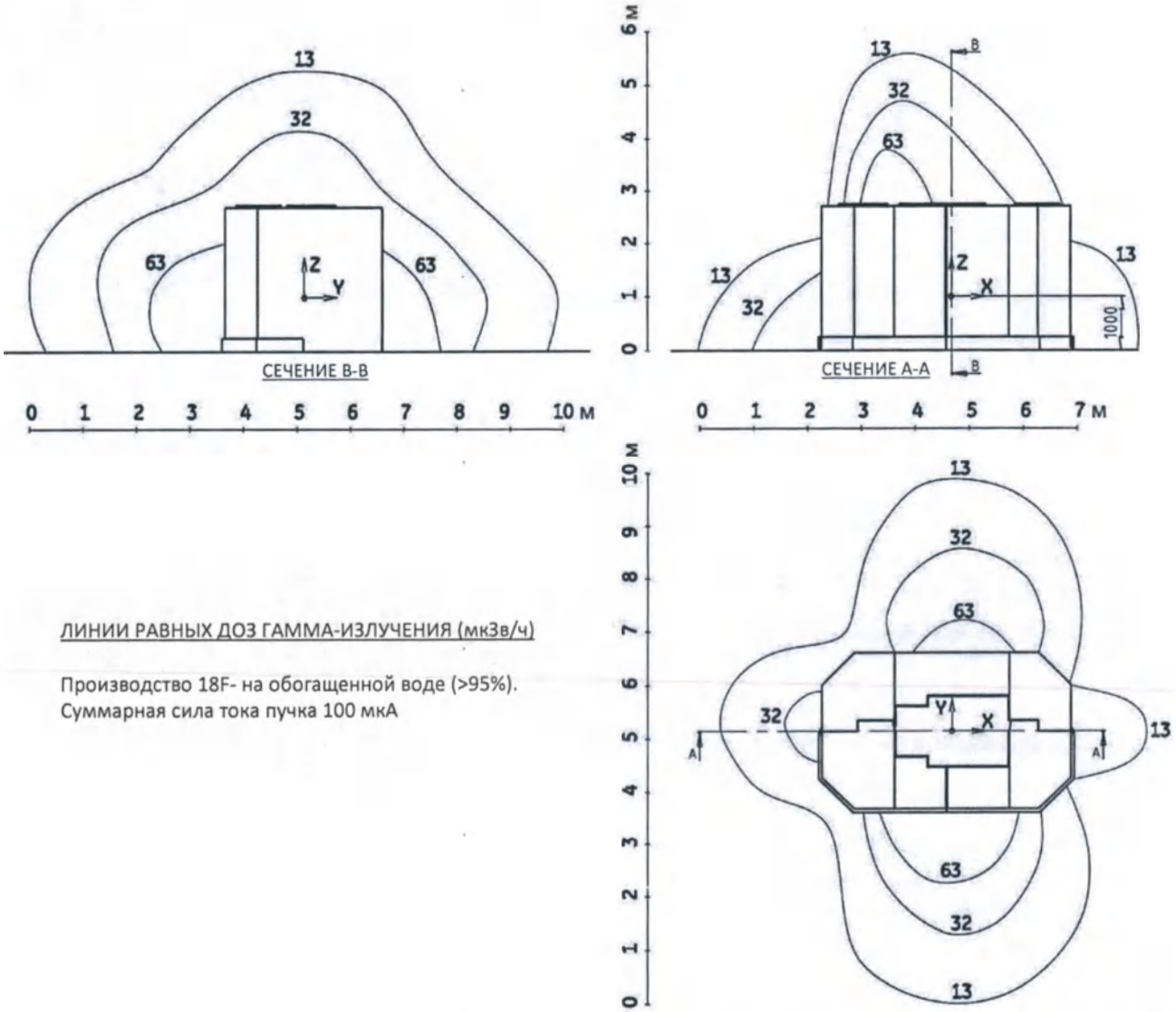
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 60 мкА.

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ НАД УРОВНЕМ ПОЛА

60 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-3: Линии равных доз гамма-излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 100 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

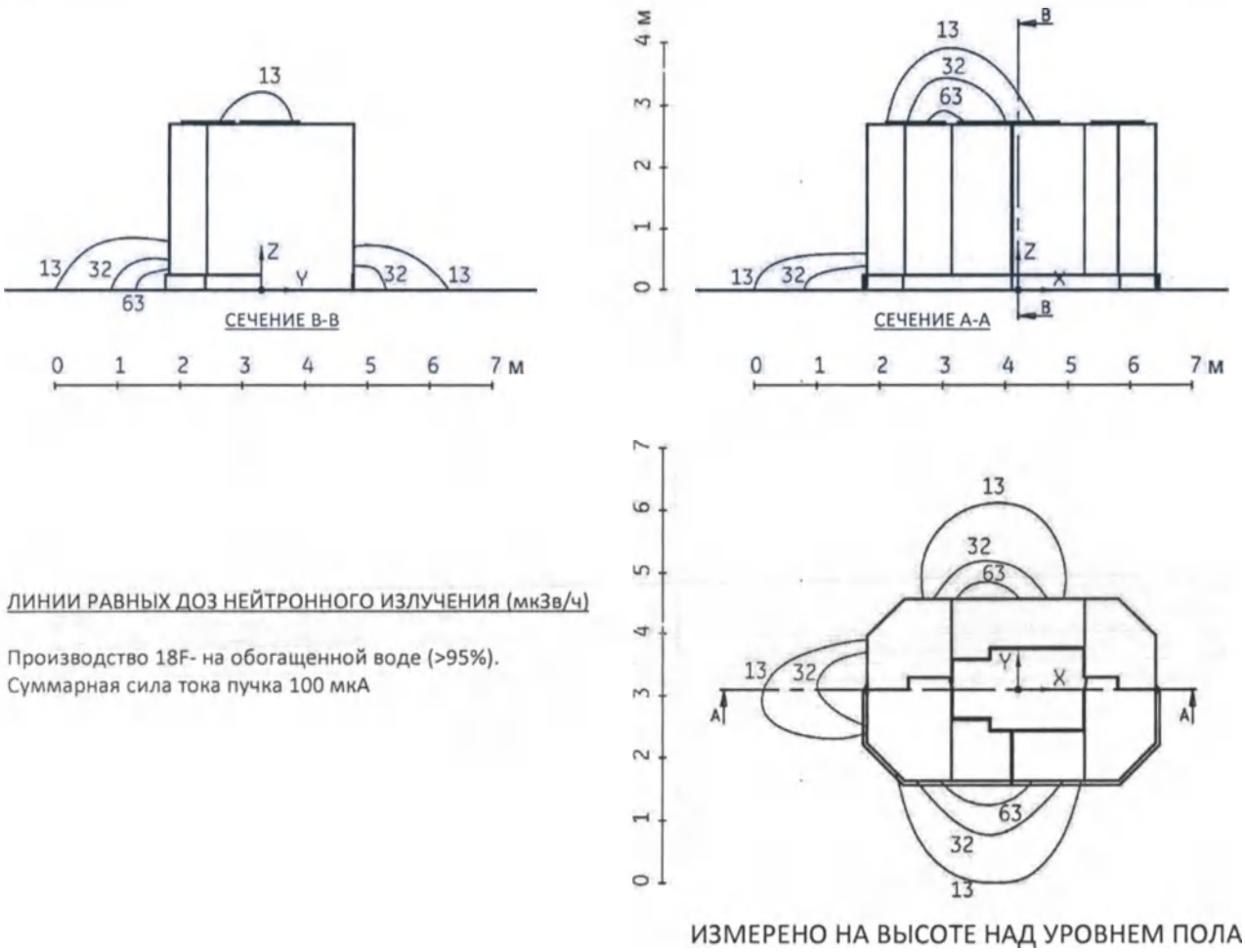
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 100 мкА

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ 1000 мм НАД УРОВНЕМ ПОЛА

100 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-4: Линии равных доз нейтронного излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 100 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

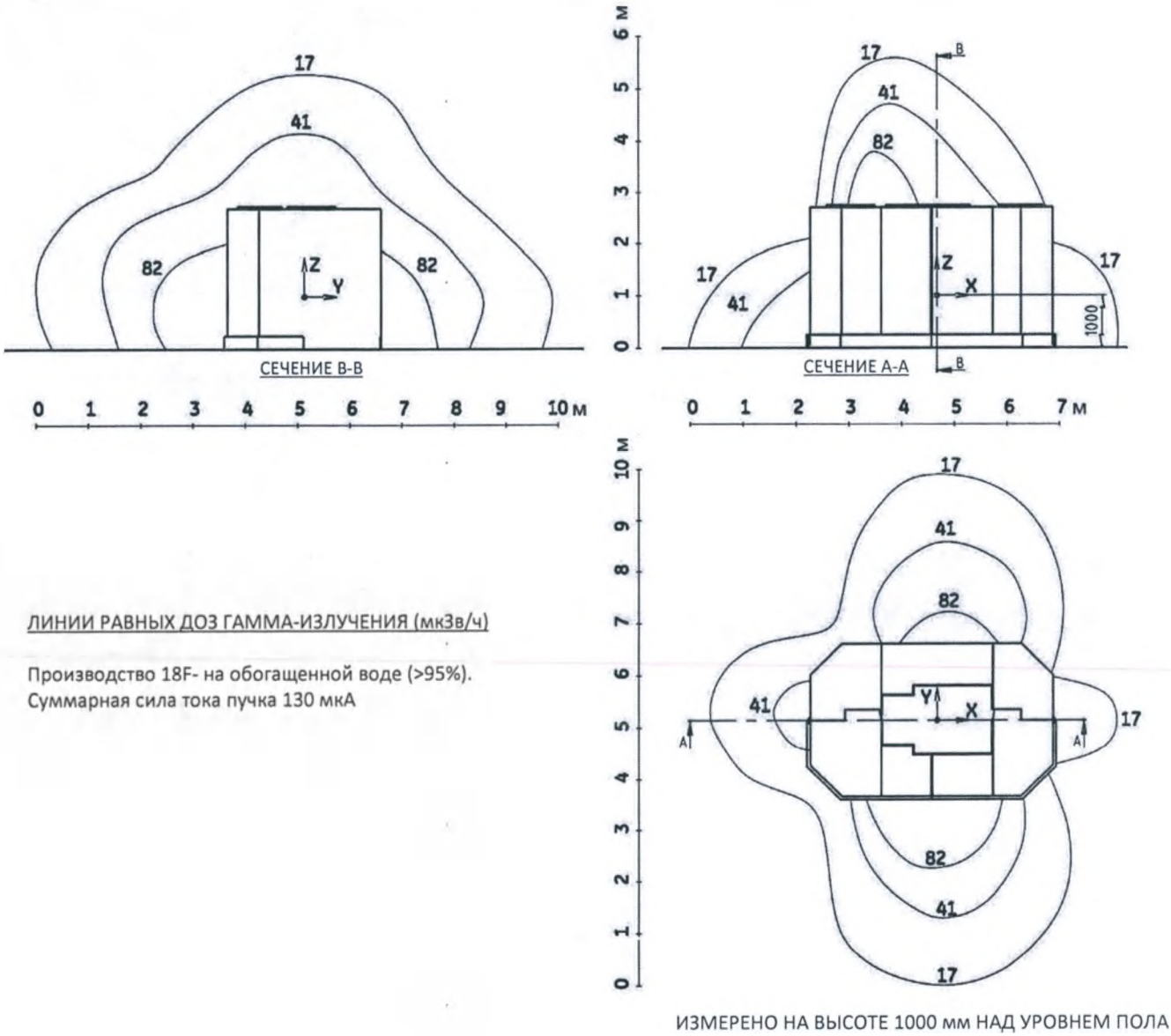
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 100 мкА

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ НАД УРОВНЕМ ПОЛА

100 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-5: Линии равных доз гамма-излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 130 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

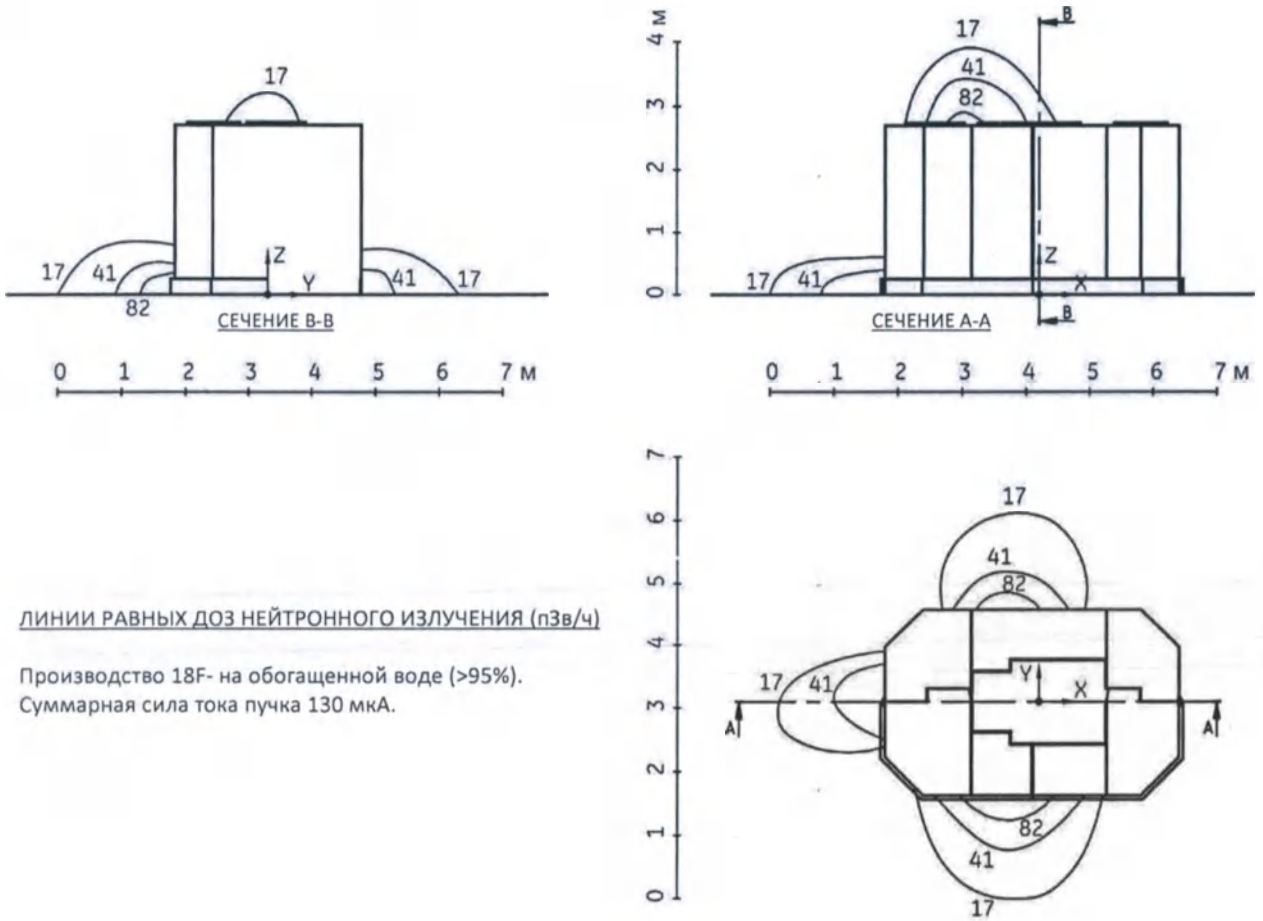
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 130 мкА

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ 1000 мм НАД УРОВНЕМ ПОЛА

130 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-6: Линии равных доз нейтронного излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 130 мкА



ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (пЗв/ч)

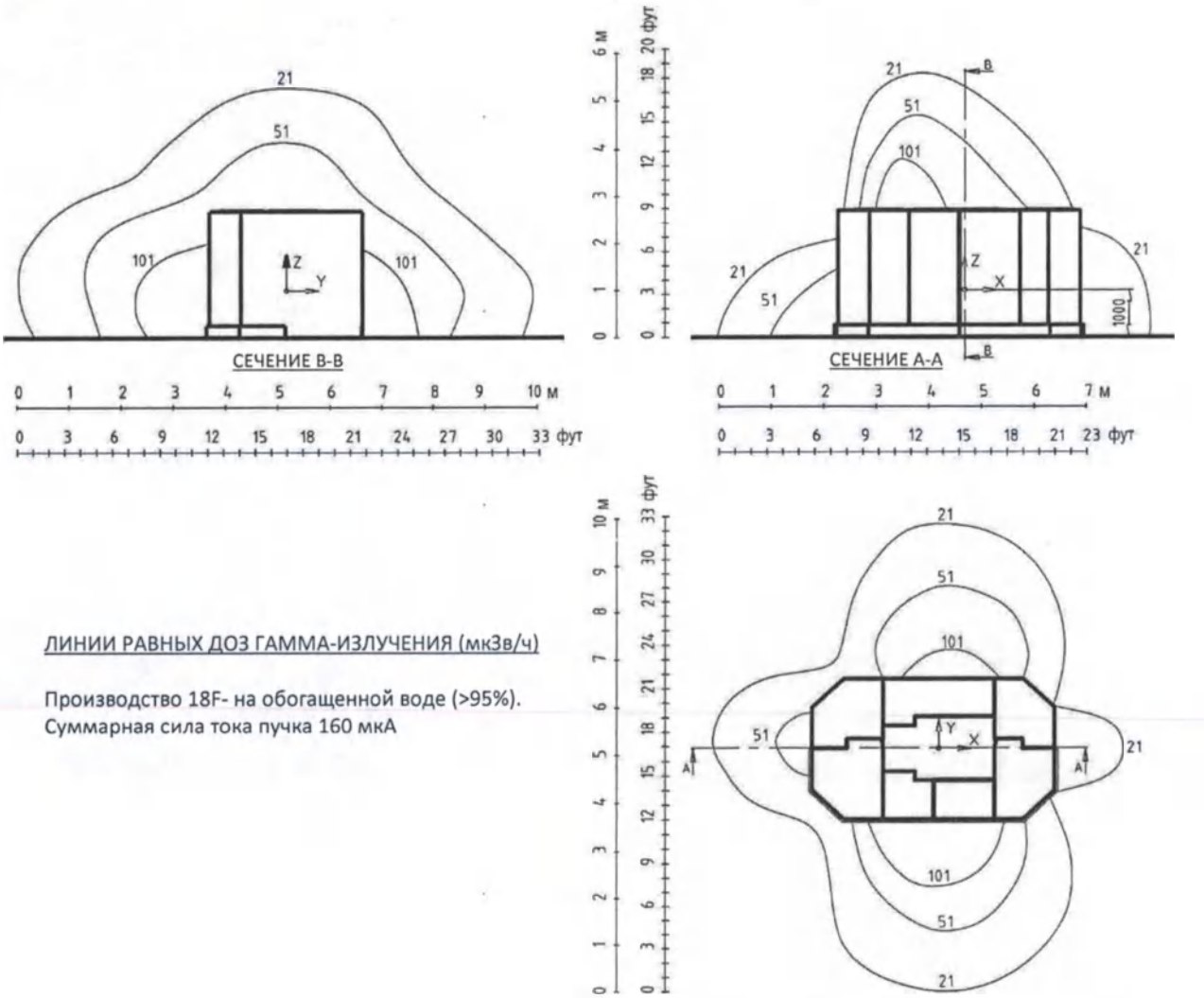
Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 130 мкА.

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ НАД УРОВНЕМ ПОЛА

130 мкА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-7: Линии равных доз гамма-излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 160 мкА



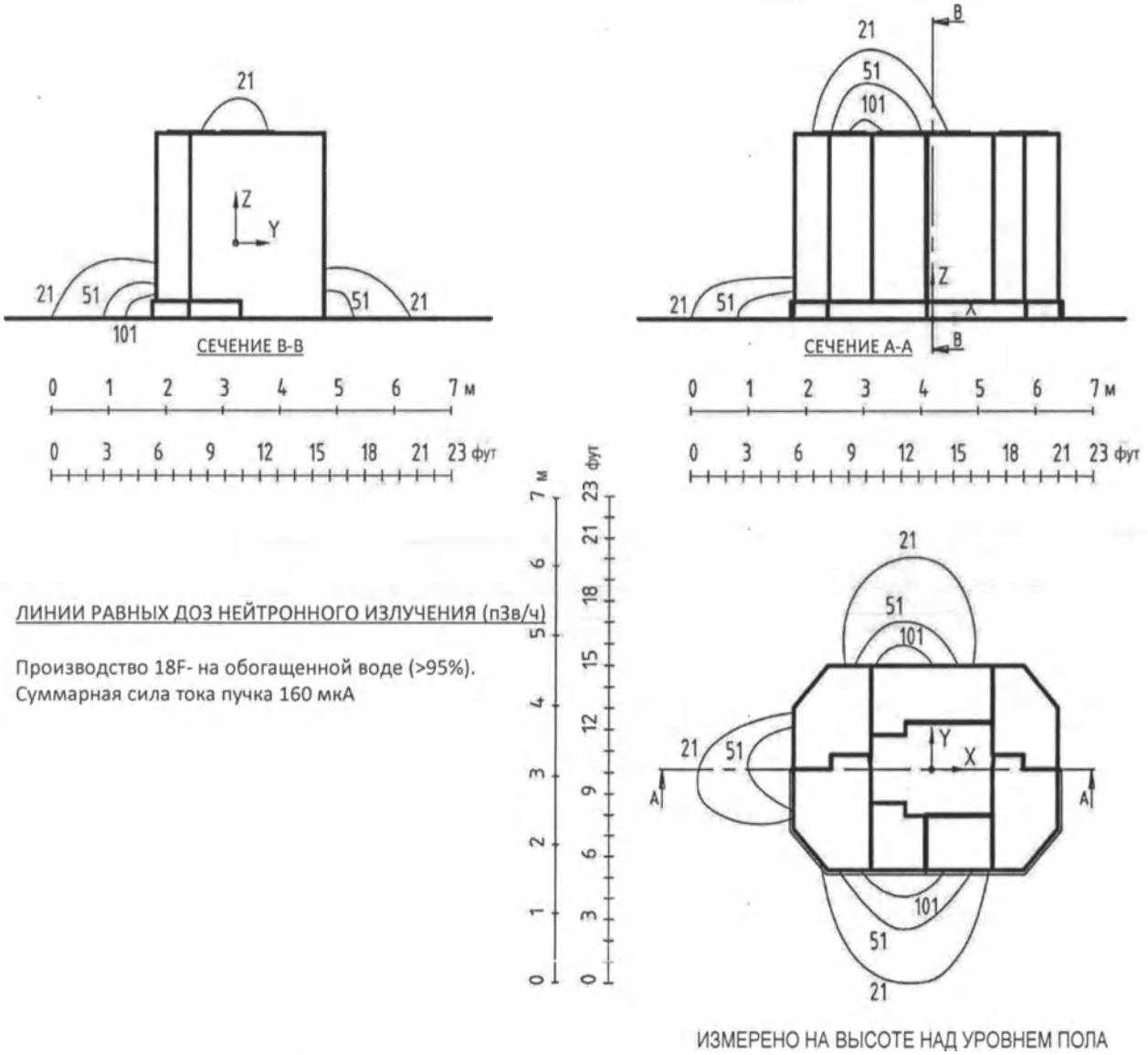
ЛИНИИ РАВНЫХ ДОЗ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ (мкЗв/ч)

Производство 18F- на обогащенной воде (>95%).
Суммарная сила тока пучка 160 мкА

ИЗМЕРЕНО НА ВЫСОТЕ 1000 мм [39,37"] НАД УРОВНЕМ ПОЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-8: Линии равных доз нейтронного излучения на противорадиационном экране. Суммарная сила тока пучка: 160 мкА



3-2-6 Производство отработанного газа

Радиоактивные газы, имеющиеся в горячей камере и шкафах обработки, должны подвергаться разложению до попадания в обычную системы выброса или систему вентиляции. Циклотрон предназначен для производства радиоактивных газов с относительно малым периодом полураспада (от 2-х до 20-и минут) при относительно низкой скорости порядка 1л/мин, поэтому объем системы отработанного газа, используемой для выдержки радиоактивных отходов для распада радиоизотопов, может быть относительно небольшим.

Модуль отработанного газа является дополнительным оборудованием. Установка указанного модуля является экономически целесообразным способом хранения радиоактивных газов до момента распада до приемлемых уровней. Как правило, заказчики вместе со шкафом управления ProCab приобретают модуль отработанного газа.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Конструкция модуля отработанного газа предусматривает наличие экранированной свинцом линии задержки, полезный объем которой составляет порядка 60 литров. Рабочий объем соответствует тому количеству радиоактивного газа, который может в непрерывном режиме попадать в систему отработанного газа до момента выпуска какого-либо потока отработанного газа в выхлопную систему. Если расход составляет 1 л/мин, то 60-литровый рабочий объем модуля является достаточным для приемки радиоактивного газа в течение одного часа.

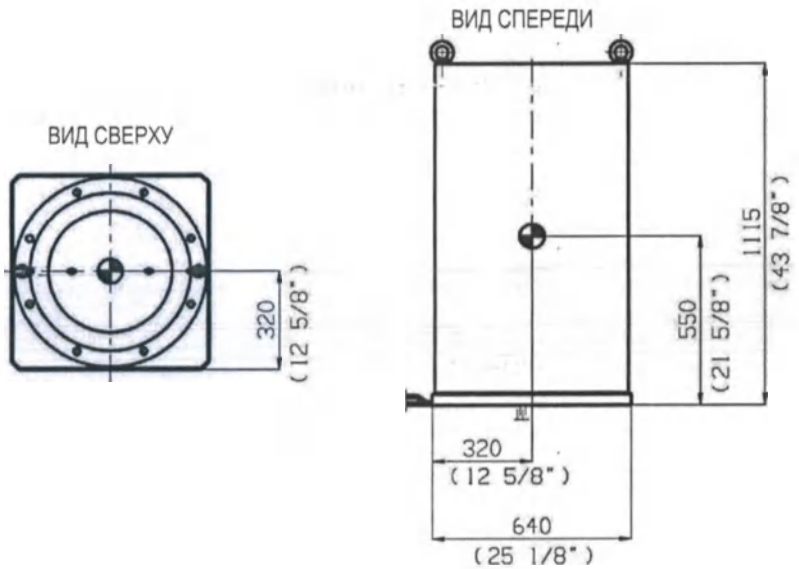
Размещать модуль отработанного газа следует рядом с каналом прокладки газопроводов в помещении для циклотрона.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 3-9: Модуль отработанного газа

ПРИМЕЧАНИЕ.

- ВСЕ РАЗМЕРЫ УКАЗАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.
  ВСЕ РАЗМЕРЫ В КРУГЛЫХ СКОБКАХ () УКАЗАНЫ В ДЮЙМАХ.
- ВЕС 1400 кг
- ОБОЗНАЧАЕТ ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ.



СИСТЕМА ОТРАБОТАННОГО ГАЗА

ВНИМАНИЕ!

Указанный модуль выдержки отработанного газа не предназначен для системы газового администрирования пациента, в которой расход газа может превышать 30 л/мин. Если для конкретного объекта требуется установка линии выдержки для системы газового администрирования пациента, то следует выбрать другое решение.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3 Расчеты

3-3-1 Расчет уровня радиации

Воспользуйтесь представленными ниже расчетами в качестве ориентира для определения уровней радиации в зоне расположения защитной камеры циклотрона, которые в свою очередь определяют требуемую толщину бетонного экрана, охватывающего циклотрон.

Представленные примеры расчета не охватывают все необходимые вычисления, требуемые для успешного проектирования и возведения бетонной защитной камеры или лабиринта в здании для размещения циклотрона. Допущения, составляющие основу приведенных расчетов, такие как плотность бетона 2300 кг/м^3, содержание воды в бетоне, частица пучка, энергия пучка и материал мишени могут оказаться неприменимыми к вашему объекту.

При планировании, проектировании и возведении защитной камеры циклотрона, экранированных дверей и лабиринтов всегда следует обращаться к экспертам, имеющим значительный опыт проектирования средств противорадиационного экранирования циклотрона.

Комментарий
Точность расчета параметров распространения нейтронов (примеры 1, 2 и 3) может оказаться не выше 50 %, поэтому чтобы гарантировать безопасность конструкции, к полученной в результате вычислений толщины стенки, следует добавить еще половину толщины.

- Ссылочная информация для всех расчетов: Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51.
- Формула, использованная при расчете примеров:

$$H = \frac{Q_0 \times B_n \times T}{k \times d^2}$$

Где:

- H = уровень радиации в контрольной точке (мбэр/ч)
- Q_0 = плотность потока на стандартном расстоянии величиной один м (M.^{2}/am^2 S.)
- Bn = коэффициент пропускания экрана (бэр см^2)
- k = 2,8 × 10^{-7} (ч бэр/с мбэр)
- d = расстояние от источника до контрольной точки (метры)
- T = коэффициент заполняемости

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-1-1 Расчет уровня радиации за пределами помещения для циклотрона в зоне неограниченного доступа без постоянного присутствия сотрудников, например, в вентиляционной

Интенсивность потока нейтронов при силе тока 75 мкА протонов составляет $1,5 \times 10^7$ (см. отчет № 51 стр. 111).

При толщине бетонного ограждения 190 см обеспечивается показатель экранирования равный 4×10^{-14} (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51, стр. 121).

Коэффициент заполняемости помещения равен 0,25 (см. отчет № 51 стр. 90).

Расстояние между источником и контрольной точкой составляет 5,3 м.

$$H = \frac{1.5 \times 10^7 \times 4 \times 10^{-14} \times 0.25}{2.8 \times 10^{-7} \times (5.3)^2} = 0.019 \frac{mrem}{h}$$

3-3-1-2 Расчет уровня радиации за пределами помещения для циклотрона в зоне ограниченного доступа полностью заполненной сотрудниками, например, в лаборатории, расположенной перпендикулярно движущемуся вперед пучку.

Интенсивность потока нейтронов в направлении под углом 90° при силе тока протонов 75 мкА равняется $4,5 \times 10^6$. (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51,стр. 111).

При толщине бетонного ограждения 160 см обеспечиваемый показатель экранирования составляет $3,5 \times 10^{-13}$ (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51,стр. 121).

Показатель заполняемости помещения равен 1,0 (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51, стр. 90).

Расстояние между источником и контрольной точкой составляет 4,2 м.

$$H = \frac{4.5 \times 10^6 \times 3.5 \times 10^{-13} \times 1}{2.8 \times 10^{-7} \times (4.2)^2} = 0.32 \frac{mrem}{h}$$

Комментарий
Измерения, проведенные при работе с циклотроном, свидетельствуют о том, что интенсивность потока в направлении, перпендикулярном движению пучка вперед, составляет приблизительно 30 % от интенсивности потока, движущегося вперед.

3-3-1-3 Расчет уровня радиации за пределами помещения для циклотрона в зоне ограниченного доступа полностью заполненной сотрудниками, например, в лаборатории, расположенной перпендикулярно движущемуся вперед пучку.

Плотность потока нейтронов в направлении под углом 90° при силе тока генерации протонов 75 мкА составляет $4,5 \times 10^6$ (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51, стр. 111).

При толщине бетонного ограждения 195 см обеспечиваемый показатель экранирования составляет 4×10^{-14} (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51, стр. 121).

Показатель заполняемости помещения равен 1,0 (Отчет Национального комитета по радиационной защите № 51, стр. 90).

Расстояние между источником и контрольной точкой составляет 3,5 м.

$$H = \frac{4.5 \times 10^6 \times 4 \times 10^{-14} \times 1}{2.8 \times 10^{-7} \times (3.5)^2} = 0.052 \frac{mrem}{h}$$

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-3-2 Расчеты интенсивности радиационного облучения

Используйте следующие формулы для расчета интенсивности для любой зоны или помещения на объекте установки оборудования для ПЭТ.

Интенсивность (мбэр/ч) зависит от следующих параметров:

- Активность в мКи
- Расстояние в метрах
- Половина толщины экрана в сантиметрах
- Толщина экрана в сантиметрах

для аннигиляции из бета-позитронного излучения гамма-излучения с энергией 511 кэВ.

Воспользуйтесь приведенной ниже формулой для расчета уровня интенсивности на конкретном расстоянии:

$$I = constant \times A/d^2$$

Где:

- I = интенсивность, мбэр/ч
- A = активность, мКи
- d = расстояние в метрах
- **константа**= 0,592 (м² × мбэр/ч)/мКи

для аннигиляции из бета-позитронного излучения гамма-излучения с энергией 511 кэВ.

Пример: Вычислить интенсивность 1 Ки на расстоянии 0,5 м: Расчет уровня интенсивности на расстоянии 0,5 м при активности 1 Ки:

$$\frac{0.592 \times 1}{0.5 \times 0.5} = 2.368 \frac{mrem}{h}$$

Экран обеспечивает снижение интенсивности согласно следующей формуле:

$$I_{shield} = I/\left(2^{(t/t1/2)}\right)$$

Где:

- I = интенсивность без экранирования
- I_{shield}= интенсивность при наличии экрана, мбэр/ч
- t = толщина экранирующего материала в сантиметрах
- $t_{1/2}$ = половина толщины в сантиметрах
- $t_{1/2}$ **свинца** = 0,42 см (свинец для гамма-излучения с энергией 511 кэВ)
- $t_{1/2}$ бетон = 5 см

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Пример: Вычислить уровень интенсивности на расстоянии 6 см позади свинцового экрана:

$$I_{shield} = (2.368)/2^{(6/0.42)} = \ 0.119 \ \frac{mrem}{h}$$

3-4 Аспекты вывода циклотрона из эксплуатации

Теоретически циклотрон не имеет конкретного срока службы, если техническое обслуживание расходных компонентов и деталей выполняется надлежащим образом. Технология циклотрона непрерывно развивается и совершенствуется начиная с 1930-х годов. Компактные циклотроны, установленные в 1970-х годах, по-прежнему эксплуатируются и используются для производства изотопов на регулярной основе. Конструкция циклотронов GE предполагает длительную эксплуатацию. Таким образом, необходимость вывода циклотрона из эксплуатации в целях установки новых циклотронов GE основывается не на окончании срока службы. Высокая скорость коммерческого освоения следовой ПЭТ визуализации и большой интерес в области последних исследований изотопов обуславливают дополнительные причины возможной необходимости вывода циклотронов из эксплуатации. Указанные причины носят общий характер и применимы к циклотронам в целом:

- Конкретная коммерческая организация, в периметре которой был установлен циклотрон, либо утратила интерес к производству изотопов, либо прекратила свою деятельность в данном направлении.
- Поскольку циклотроны используются в коммерческой деятельности, то коммерческие условия финансирования/кредитования могут обуславливать необходимость перераспределения активов или смены собственников.
- Модернизация платформы аппаратного обеспечения либо по причине возраста, либо для расширения функциональных возможностей.

Цель данного раздела состоит в описании основных этапов вывода циклотронов GE из эксплуатации и соответствующих проблем. Раздел был составлен с учетом имеющихся публикаций, частного обмена мнениями с экспертами в данной области, экспертных оценок специалистов компании GE Healthcare.

Выделяют ряд следующих основных аспектов, которые необходимо учитывать при выводе циклотрона из эксплуатации:

- Прекращение использования и оценка периода охлаждения
- Демонтаж циклотрона в целях установки на другом объекте
- Для измерения дозы и сортировки деталей требуется выполнение специальных действий
- Утилизация или хранение радиоактивных материалов
- Аспекты вывода из эксплуатации защитной камеры
- Повторная сборка в случае установки на другом объекте

Для реализации каждого из перечисленных выше этапов необходимы глубокие знания в области проектного управления, а также финансовые расходы и время. Для получения подробных сведений и соответствующей документации по данному вопросу обратитесь к специалистам компании GE Healthcare. Следует отметить, что данный раздел следует рассматривать в качестве руководства к действию и использовать в качестве справочной информации. Длительность реализации этапов и сопряженные финансовые расходы определяются с учетом особенностей конкретного объекта и в зависимости от текущей ситуации, поэтому каждый случай следует рассматривать в индивидуальном порядке.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

3-5 Системы блокировок и контроля

Комплектная установка для производства радиоактивных изотопов должна быть рассчитана на безопасное обращение с радиоактивностью в отношении личной безопасности персонала и окружающей среды. Нормативно-правовые требования, применимые к объектам такого типа, устанавливаются местными и национальными органами регулирования.

Это соображение безопасности может предусматривать защитную систему блокировки здания, оборудование для наблюдения и систему радиационного контроля.

Система блокировки здания может быть встроена в систему безопасности циклотрона в целях обеспечения отказоустойчивой работы оборудования.

Для наблюдения и связи рекомендуются замкнутая телевизионная система и домофон. Посты радиационного контроля должны быть включены в планы объекта.

3-6 Процедура блокировки и опломбирования

Конструкция объекта должна предусматривать наличие средств, облегчающих персоналу, ответственному за проведение технического обслуживания, реализацию процедуры блокировки и опломбирования (LOTO) перед выполнением комплекса работа по техническому обслуживанию. Необходимо соблюдать процедуру LOTO во избежание поражения электрическим током, воздействия опасных газов, механических повреждений и других травм при выполнении технического обслуживания и обслуживания системы циклотрона.

Ответственность за составление процедуры блокировки и опломбировки возлагается на заказчика, при этом положения процедуры для подсистем, подвергаемых LOTO, разрабатываются совместно со специалистами компании GE.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

4 ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

4-1 Введение

Трехмерное статическое магнитное поле распространяется в пространстве над и под магнитом, а также в окружающее пространство на уровне расположения магнита.

Объекты, расположенные на указанном объемном участке, например, сканеры ПЭТ, гамма-камеры, сканеры МРТ, кардиостимуляторы, нейростимуляторы, стальные конструкции и подъемники могут оказывать влияние на магнитное поле и подпадать под его воздействие.

Необходимо обследовать все зоны указанного объемного участка и выявить любые ферромагнитные материалы, которые могут вступать во взаимодействие с магнитным полем или перенаправлять его. Следует помнить о любых напольных плитах, расположенных над помещением для циклотрона и под ним.

4-2 Запретная зона

Рисунок 4-1, рисунок 4-2 и рисунок 4-3 иллюстрируют рекомендуемые запретные зоны с индукцией выше пяти гаусс, доступ в которые для людей с установленными кардиостимуляторами, нейростимуляторами и другими биостимуляторами должен быть ограничен.

4-3 Экранирование магнитного поля

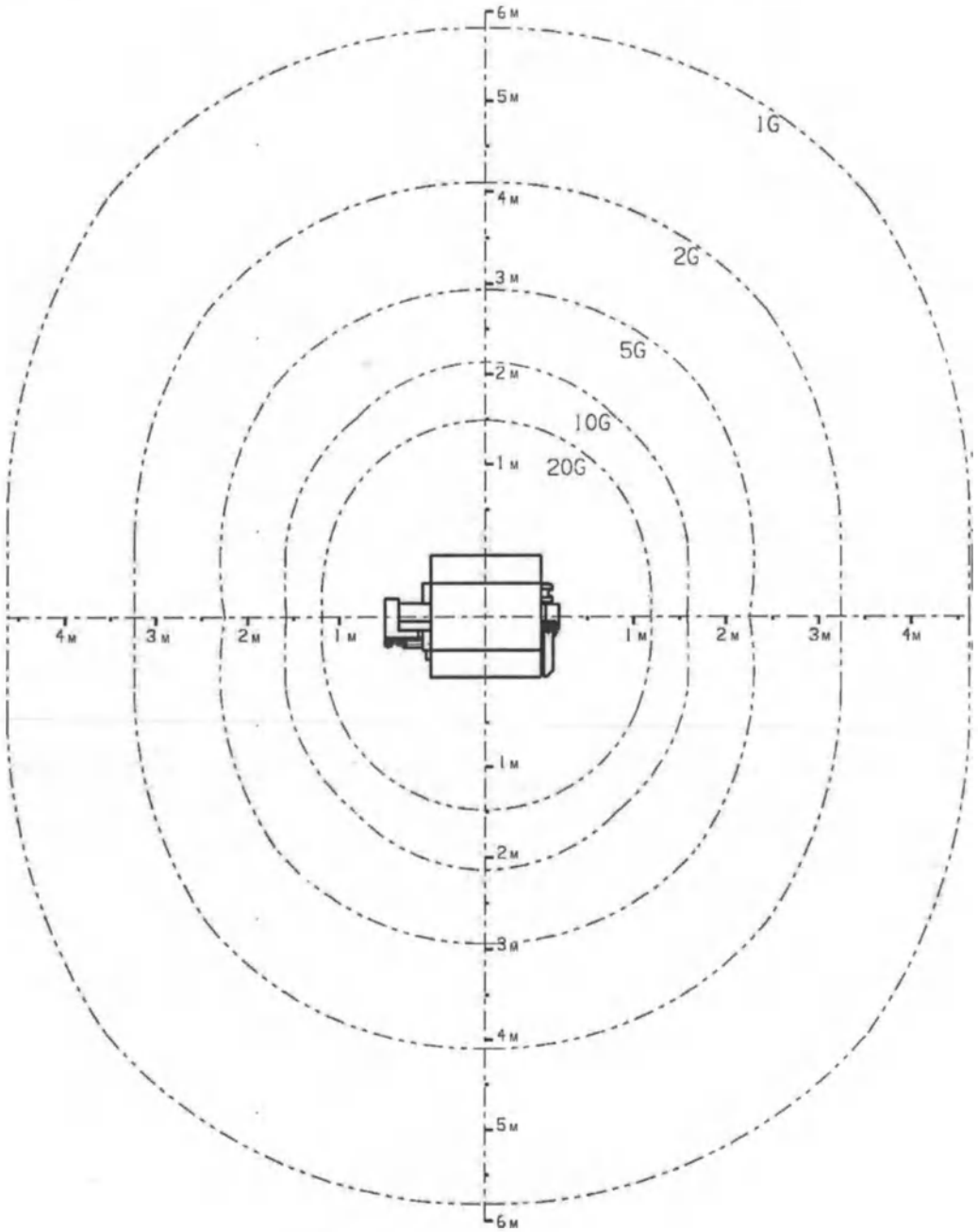
При проектировании объекта необходимо предусмотреть максимальное удаление помещения для циклотрона от любых известных источников магнитной интерференции. Если это необходимо, используйте экран для защиты от магнитных полей, чтобы уменьшить интенсивность поля рассеяния, окружающего магнит циклотрона, и свести к минимуму воздействие, оказываемое на внешнюю среду. В состав экрана, как правило, входят утолщенные чугунные пластины, встраиваемые в пол, стены и/или потолок при возведении объекта для ПЭТ.

При проектировании экрана защиты от воздействия магнитного поля требуется проведение углубленного автоматизированного анализа, позволяющего провести моделирование воздействия экрана на магнитное поле. Конструкционная прочность здания и доступное пространство также оказывают влияние на параметры экрана.

Для получения дополнительной информации обратитесь к специалистам группы планирования компании GE, которые также могут оказать содействие при проектировании конкретного экрана защиты от воздействия магнитного поля.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

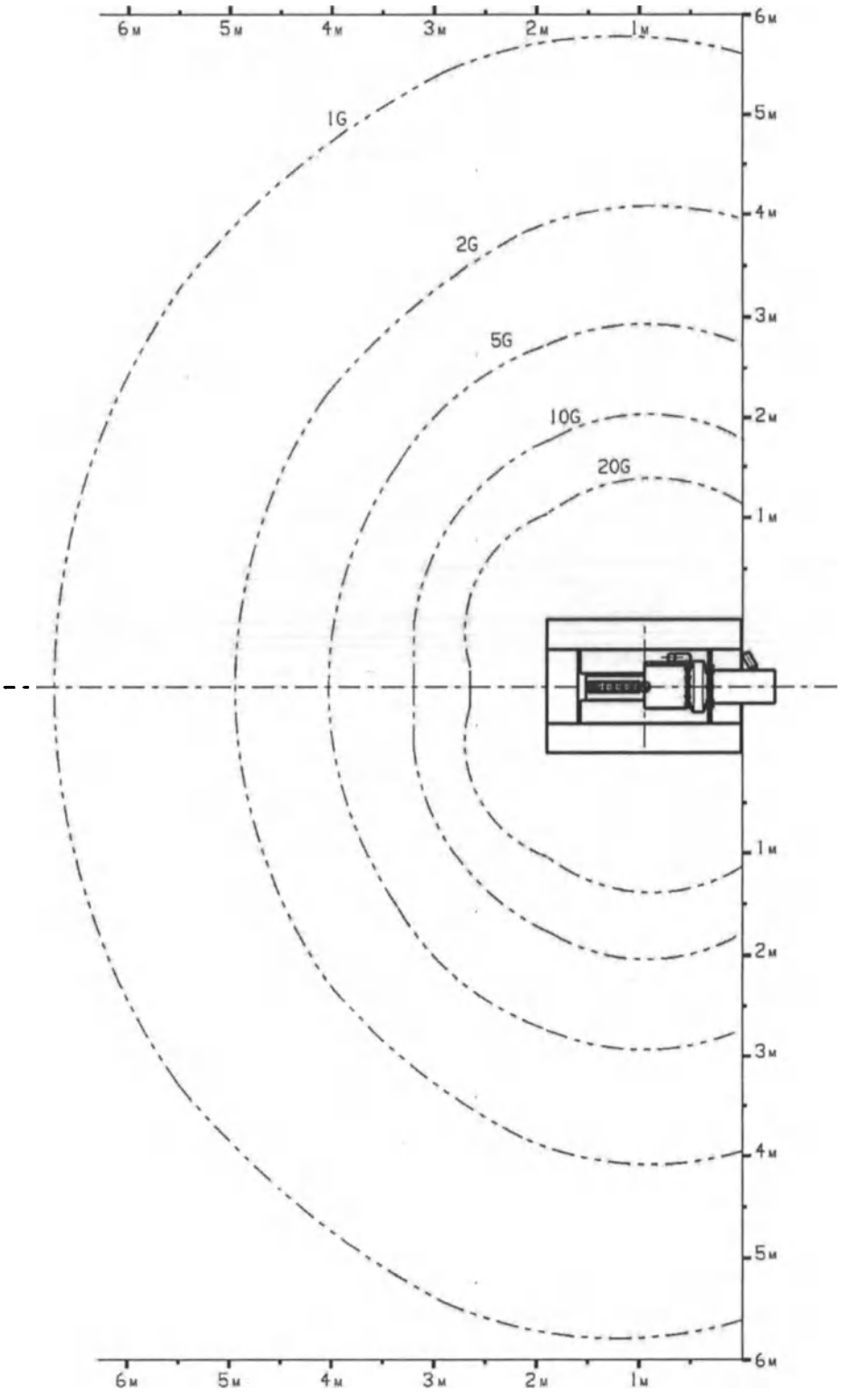
Рисунок 4-1: Центральный уровень линейного графика изогауссов электромагнита циклотрона



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ PETtrace
ВИД СВЕРХУ (ВЫСОТА 0,95 м) МАСШТАБ 1:50

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

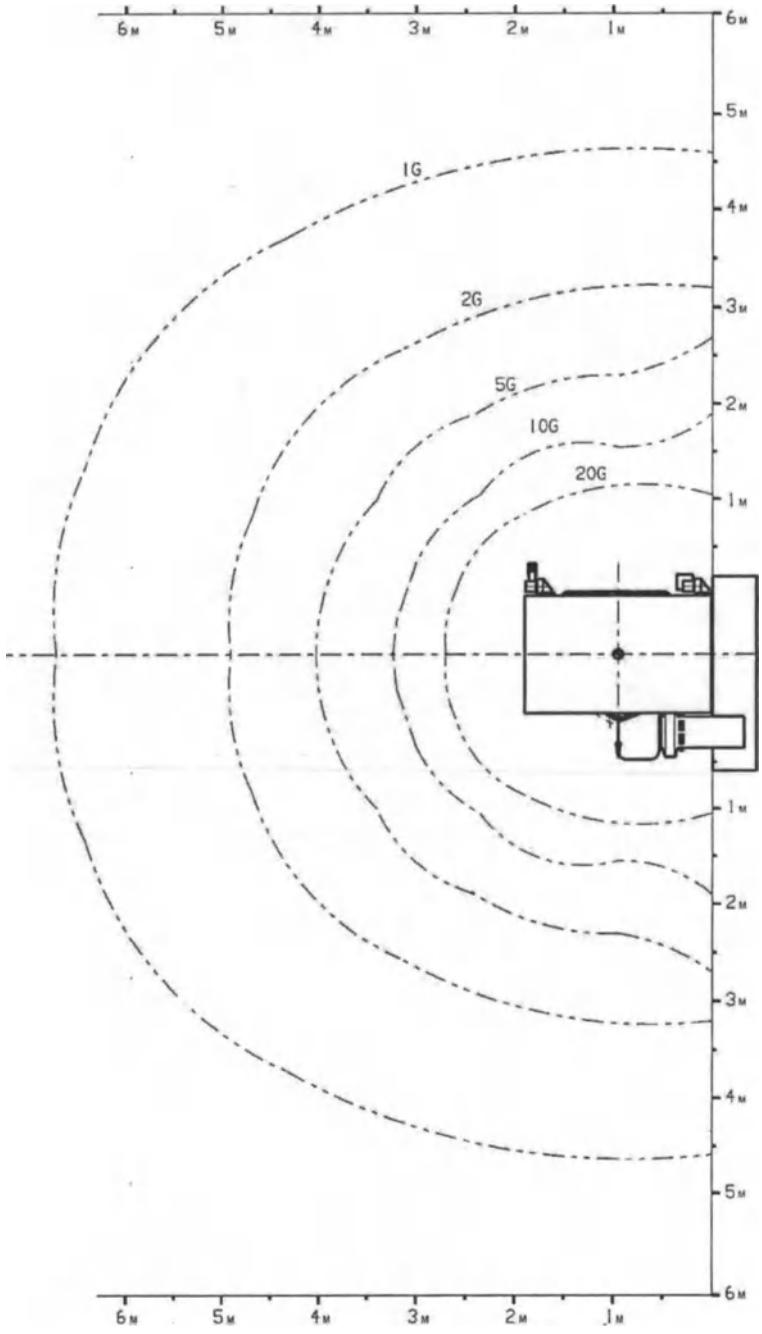
Рисунок 4-2: Вертикальный вид линейного графика изогауссов электромагнита циклотрона



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ PETtrace
ВИД СПЕРЕДИ (СРЕДНЯЯ ЧАСТЬ) МАСШТАБ 1:50

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 4-3: Вертикальный вид линейного графика изогауссов электромагнита циклотрона



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ PETtrace
ВИД СБОКУ (СРЕДНЯЯ ЧАСТЬ) МАСШТАБ 1:50

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5 УСЛОВИЯ РАБОТЫ НА ОБЪЕКТЕ

5-1 *Введение*

Номинальные характеристики и режимы работы всех подсистем применимы, только если параметры окружающей среды в помещении поддерживаются на уровне, указанном в следующих разделах.

5-2 *Соответствие нормативным требованиям*

На циклотрон PETtrace 800 наносится маркировка в виде символа CE в соответствии со следующими директивами:

- EMCD 2014/30/EU по электромагнитной совместимости.
- LVD 2014/35/EU по низковольтным устройствам.

Маркировка CE

Маркировка на соответствие требованиям ЕС наносится на циклотрон PETtrace 800 только если:

- оборудование подключается в полном соответствии с указаниями, приведенными в документации пользователя
- состояние используемого оборудования полностью совпадает с состоянием поставки со склада GE Healthcare (за исключением тех возможных изменений, описание которых приведено в документации пользователя).

На циклотрон PETtrace 800 наносится маркировка с обозначением ГОСТ[2] и символы EAC

Изделие соответствует всем действующим требованиям и техническим регламентам в странах-участницах Таможенного союза (Россия, Беларусь, Казахстан, Армения и Кыргызстан).

Испытания на безопасность циклотрона PETtrace 800 выполняются в соответствии со следующими стандартами:

- Отчет об испытаниях EN 61010-1, ред.3:2010 Требования к безопасности электрического оборудования для измерений, управления и лабораторного использования:

  Степень загрязнения 2

  Категория установки 2

[2] Этикетка ГОСТ прикреплена только к системам, поставляемым в Россию.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Испытания на ЭМС циклотрона PETtrace 800 выполняются в соответствии со следующими стандартами:

- EN 61326-1:2013, регламентирующими электромагнитное излучение и устойчивость к воздействию указанного излучения.

  Соблюдения уровня электромагнитных излучений:

Класс A	Циклотрон PETtrace 800 предназначен для использования в промышленной среде. Циклотрон PETtrace 800 не пригоден для размещения в жилых помещениях или тех помещениях, которые напрямую подключаются к низковольтным сетям электропитания, используемым для энергоснабжения зданий жилого назначения.
Группа 1	В циклотроне PETtrace 800 РЧ (радиочастотная) энергия используется только для реализации внутренних функций.

5-3 *Безопасность объекта*

Объект должен быть оборудован различными защитными системами и на нем должны быть приняты строгие правила, точно описывающие действия в различных чрезвычайных ситуациях. Ниже представлен минимальный перечень устройств защиты объекта размещения циклотрона:

- Система контроля уровня радиации с сигнализацией[1]
- Система контроля индивидуальной дозы радиации
- Система пожаротушения[2, 3]
- Оборудование для обработки и хранения радиоактивных деталей и узлов
- Процедуры и оборудование для утилизации радиоактивных материалов
- Процедуры, применяемые в случае утечки радиоактивных веществ
- Правила оповещения бригады скорой помощи, пожарной бригады, сотрудников службы технического обслуживания объекта и т. д.

Комментарий
1. *Система контроля работы ускорителя предусматривает внешнюю блокировку, позволяющую остановить процесс генерации пучка, если наблюдается превышение допустимых пределов радиационного воздействия.*

Комментарий
2. *При тушении электрооборудования должны использоваться соответствующие средства пожаротушения. Использование воды запрещено.*

Комментарий
3. *Из-за магнитного поля в помещении циклотрона следует использовать огнетушители, изготовленные из цветных металлов.*

5-4 *Высота над уровнем моря*

Система предназначена для размещения на высоте до 2000 м (6562 футов) над уровнем моря.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-5 *Нормативные значения температуры и влажности*

При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) следует использовать технические характеристики, изложенные в таблице 5-1.

Таблица 5-1: Нормативные значения температуры и влажности

Местоположение	Температурный диапазон, °C	Регулирование температуры, °C	Скорость изменения температуры, °C/ч	Относительная влажность, %	Скорость изменения влажности, %/ч	Максимальный градиент в помещении
Помещение для циклотрона[1,2]	18–25	±3	3	30–60	5	3
Электрощитовая[1]	18–25	±3	3	30–60	5	3
Помещение для блока водяного охлаждения	15–30	±5	5	20–80	5	5
Радиохимическая лаборатория[3]	18–25	±3	3	30–60	5	3
Другие лаборатории[3]	18–25	±3	3	30–60	5	3

1 Помещение для циклотрона и электрощитовая не рассматриваются в качестве помещений, где персонал присутствует на постоянной основе.

2 Если не в помещении для циклотрона, то аналогичные технические характеристики применимы к помещению, где располагается компрессор (самоэкранирующая система)

3 Заказчик определяет условия окружающей среды для рабочего персонала.

5-6 *Требования к охлаждению*

5-6-1 Требования к воздушному охлаждению

Для циклотрона требуется суммарное воздушное охлаждение мощностью 5 кВт. Указанное значение не учитывает тепло, выделяемое сотрудниками, приборами освещения, водоохлаждающим оборудованием и другими единицами оборудования, которые не входят в комплект поставки циклотрона.

Следует предусмотреть расположение каналов подачи и возврата воздуха системы воздушного кондиционирования таким образом, чтобы обеспечить соответствие местным правилам и нормативам, применимым к зонам радиационного воздействия.

Если характер расположения оборудования является типовым, то тепловая нагрузка на воздух в различных зонах имеет следующие значения:

Помещение циклотрона	2 кВт
Помещение для шкафов (с RFPG, PSMC, CAB3 и блоком вторичного водяного охлаждения)	3 кВт
Радиохимическая лаборатория (с МУХС, шкафом обработки и мастер-станцией)	2 кВт

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-6-2 Требования к воздушному охлаждению

Комментарий
Все приведенные ниже технические требования основываются на использовании системы водяного охлаждения без каких-либо дополнительных веществ, *таких как антифриз.*

Поставка внешней охлаждающей установки и ее подключение к замкнутой системе охлаждения, заполненной деионизированной водой, входит в зону ответственности заказчика. Внешняя охлаждающая установка, охлаждающая колонна или холодильная система выбираются таким образом, чтобы температура на входе не превышала 15°C, при этом регулировка температуры в замкнутой системе охлаждения, заполненной деионизированной водой, должна равняться 20 ±1°C.

Заказчик несет ответственность за поставку и установку всех трубопроводов и соединительных элементов между системой охлаждения циклотрона и внешней охлаждающей установкой, а также между системой охлаждения циклотрона и коллекторами подачи и возврата, имеющимися на оборудовании GE. Заказчик также отвечает за поставку соединений подпиточной воды системы охлаждения циклотрона.

Если местные кодексы и нормативно-правовые акты в области защиты от воздействия ионизирующего излучения разрешают, следует предусмотреть половые водостоки в помещении для циклотрона, в электрощитовой, в помещении для блока водяного охлаждения и в радиохимической лаборатории. Оборудуйте половыми водостоками все кабельные и водопроводные траншеи здания.

Суммарная тепловая нагрузка на воду составляет 65–70 кВт, которая распределяется следующим образом:

Помещение циклотрона	50 кВт
Помещение для шкафов	20 кВт
Радиохимическая лаборатория	0 кВт

5-6-3 Блок вторичного водяного охлаждения

Блок вторичного водяного оохлаждения предназначен для работы системы рециркуляции охлаждающей воды циклотрона. В блоке водяного охлаждения предусматривается наличие двух отдельных водопроводных систем, которые делятся на водоводяной теплообменник, а также насосы и блокировки.

Вторичная водопроводная система представляет собой замкнутую систему для деионизированной воды. Входящие в состав указанного водяного контура деионизатор и система фильтрации гарантируют поддержание требуемого значения электропроводности воды, а также предотвращение попадания частиц в контур охлаждения.

Комментарий
В самой высокой точке вторичной водопроводной системы необходимо предусмотреть дренажные клапаны.

Контур первичной водопроводной системы подсоединяется к водопроводной системе заказчика (первичной системе охлаждения).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 5.2: Требования к первичной системе охлаждения

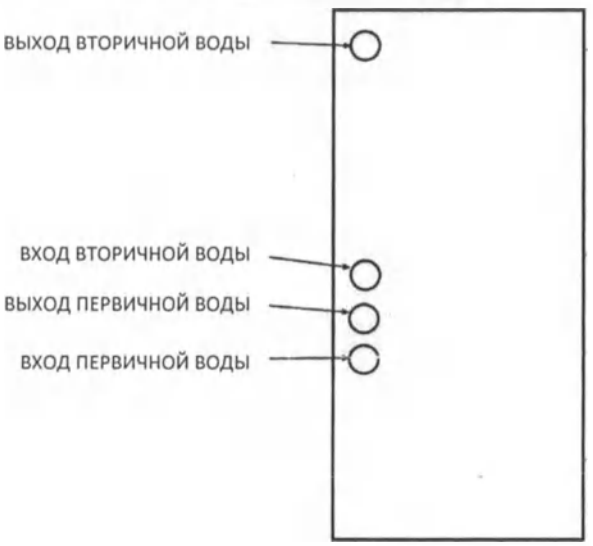
Расход	120–160 л/мин (32–42 галлонов/мин)
Температура на входе во вторичную систему охлаждения	10–15 °C (50–59 °F)
Максимальное давление в системе	1 МПа
Дифференциальное давление (теплообменник)	Приблиз. 0,13 МПа
Подсоединение	DN32
Мощность	80 кВт, не менее

5-6-4 Арматура трубопроводов

Все соединительные элементы контура водяного охлаждения располагаются на верхней части блока вторичного водяного охлаждения. Штуцер подпиточной воды размещается под передней крышкой в правой части модуля.

Чтобы устранить все проблемы, возникающие по причине использования фланцев различных типов, в комплект поставки блока водяного охлаждения входит полных набор фланцев для всех соединений. Заказчику необходимо лишь приобрести трубопровод нужного размера.

Рисунок 5-1: Вид сверху блока вторичного водяного охлаждения



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 5-3: Соединения блока водяного охлаждения

Подсоединение	
Первичная вода	DN32
Главный контур вторичной воды	DN32
Вакуумный контур вторичной воды	DN15
Подпиточная воды	нар. диам. 1/2 дюйм.

5-6-5 Тепловая нагрузка на воду

Система циклотрона может работать в нескольких режимах с различными тепловыми нагрузками на систему водяного охлаждения. Типовое значение тепловой нагрузки, действующей на системы водяного охлаждения при работе циклотрона, составляет приблизительно 70 кВт.

При отключении оборудования вакуумная система, как правило, продолжает работать, при этом тепловая нагрузка на воду равняется приблизительно 4 кВт.

Иногда указанный широкий диапазон значений тепловой нагрузки создает проблемы в работе первичной системы водяного охлаждения, принадлежащей заказчику. Если сложность представляет рассеяние низкой тепловой нагрузки величиной 4 кВт, то решением может стать охлаждение вакуумного насоса первичной водой. Циклотронная система предусматривает гибкость проектирования такого рода решения, если это необходимо.

5-7 Освещение

Заказчик отвечает за определение характеристик, поставку и размещение приборов освещения на объекте ПЭТ. Рекомендованные параметры освещенности:

- 500 люкс в каждом помещении
- Аварийной освещение в защитной камере циклотрона
- Аварийной освещение в других зонах согласно требованиям местных и национальных кодексов.

5-8 Поглощение шума

Рекомендации: Установка акустических потолков, стен и пола для снижения уровня фонового шума, создаваемого работающим оборудованием.

Таблица 5-4: Типовые показания уровня шума

Помещение циклотрона	70 дБ
Электрощитовая	70 дБ
Радиохимическая лаборатория	65 дБ
Помещение для блока водяного охлаждения	70 дБ

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-9 Вентиляция помещения

Выполняется деление объекта ПЭТ на следующие зоны радиационной опасности, для которых предусматриваются разные параметры вентилирования:

- Зоны повышенной радиационной опасности (защитная камера циклотрона, горячая камера, встроенный противорадиационный экран)
- Зоны радиационной опасности
- Зоны неограниченного доступа

ОСТОРОЖНО!

Воздух, откачиваемый из защитной камеры циклотрона, горячей камеры или зоны установки встроенного противорадиационного экрана, может непреднамеренно содержать радиоактивные вещества. При проектировании вентиляционной системы необходимо руководствоваться представленными ниже указаниями.

Проектируйте вентиляцию, чтобы транспортировать воздух объекта от зон пониженного уровня радиоактивности к зонам повышенного уровня. Следовательно, воздух, заполняющий защитную камеру циклотрона, горячую камеру и зону расположения встроенного противорадиационного экрана, НЕ должен попадать в другие помещения. Вместо этого он должен выходить через вентиляционную трубу. В состав системы выпуска воздуха должны входить фильтры и устройства контроля уровня радиации в соответствии с требованиями федеральных и местных нормативных актов, а также нормативных актов штата.

Поддерживайте отрицательное давление воздуха в бункере циклотрона, горячих камерах и встроенном экране для защиты от радиации, относительно смежных областей.

Следует обеспечить выпуск воздуха на следующих участках объекта размещения циклотронной системы:

- Половая шахта циклотрона: для циклотронов с встроенным противорадиационным экраном необходима воздушная вентиляция вакуумного насоса предварительного разрежения, см. раздел 2-5-3-1 «Водостоки» на стр. 43.
- Шкаф обработки: Для соединителя шланга длиной 125 мм, расположенного в верхней части шкафа обработки, требуемый расход воздуха составляет 150 м^3/ч. Клапаны на входе и выходе обеспечивают создание пониженного давления 150 Па.

5-10 Внешние радиочастотные помехи

В циклотронной системе предусматривается использование высокой частоты повторения импульса для генерации потенциального напряжения, ускоряющего пучок. Значение мощности на выходе РЧ генератора составляет 12 кВт при частоте 27,2 и 27,8 МГц, которая заключена в заземленную металлическую конструкцию. Максимальное значение утечки РЧ шума в зоне расположений циклотрона:

- Напряженность поля: <100 мВ/м
- Частота: 1–1000 МГц

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-11 Загрязнение

- В помещении, предусмотренном для установки оборудования, необходимо провести уборку, чтобы свести к минимуму наличие пыли. Имеющиеся загрязнения могут стать причиной засорения элементов системы воздушной фильтрации.
- Следует предусмотреть наличие антистатических ковров или использование антистатической пропитки ковров в целях предотвращения статических разрядов, которые могут негативным образом воздействовать на работу системы или даже стать причиной отказов.
- Использование стальной шерсти для очистки плиточного пола запрещено. Стальные волокна могут проникнуть в защитные кожухи шкафов и стать причиной коротких замыканий.
- Если это возможно, следует предусмотреть воздушный затвор прохода, оборудованный раковиной для мытья рук и комнатой для смены одежды и обуви.

5-12 Опасные газы и жидкости

Таблица 5-5: Опасные газы, используемые для химической обработки и обработки мишеней

Водород (H_2)	• Опасность взрыва при перемешивании с воздухом в различных соотношениях. • Всегда необходима надлежащая вентиляция. • Следует избегать использования источников открытого огня в шкафу обработки. • Вручную перекройте главный клапан подачи H_2после завершения работы, чтобы обеспечить двойную степень защиты.
Аммиак (NH_3)	• Вдыхание NH_3 может стать причиной поражения легких; всегда необходимо использовать вентиляционную систему. • Всегда необходимо использовать защитную маску • Вручную перекройте главный клапан подачи NH_3 после завершения работы, чтобы обеспечить двойную степень защиты.
Фтор (F_2)	• Токсичный, легко вступающий в реакции, могут применяться специальные требования к хранению • Всегда необходимо использовать вентиляционную систему

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 5-6: Радиоактивные газы, присутствующие при выпуске препарата

$[^{11}C]CO_2$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{11}C]CO$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{11}C]HCN$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{15}O]O_2$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{15}O]CO_2$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{15}O]CO$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$Ne+[^{18}F]F_2$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$H_2+[^{15}O]O_2$	Радиоактивный. Не вдыхать.
$[^{13}N]N_2/NO_x$	Радиоактивный. Не вдыхать.

Таблица 5-7: Радиоактивные жидкости, присутствующие на выходе препарата или на выходах задействованных модулей обработки

$[^{18}F]F^-$ (aq)	• При обращении с жидкостью, содержащей $^{18}F^-$ необходимо соблюдать меры предосторожности. • Хранить жидкость следует в герметичном сосуде, помещаемом в свинцовый ящик • Попадание на кожу опасно.
$[^{13}N]NH_3$ (aq)	
$[^{11}C]HCN$ (aq)	
$[^{68}Ga]Ga^{3+}$ (aq)	

5-13 *Строительные материалы*

Вблизи электромагнита циклотрона действуют сильные магнитные поля. Следует обеспечить достаточные расстояния между ферромагнитными материалами и электромагнитом циклотрона.

- Используйте крышки для шахт, изготовленные из немагнитных материалов (алюминия).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-14 Требования к инженерной инфраструктуре

5-14-1 Подача сжатого воздуха

Для приведения в действие пневматических клапанов циклотрона требуется подача сухого сжатого воздуха под давлением 0,65 ± 0,05 МПа (6,5 ± 0,5 бар). Для приведения в действие каждого клапана необходима подача приблизительно 2 литров воздуха под давлением 0,65 МПа в течение 1 секунды. Необходимо предусмотреть аварийные средства поддержания подачи сжатого воздуха к циклотронной системе в случае перебоев энергоснабжения.

Проект помещения для циклотрона, электрощитовой, помещения для блока водяного охлаждения и радиохимической лаборатории должен включать в себя отверстия для подачи сжатого воздуха с максимальным расходом 10 литров/минуту при давлении 0,65 МПа.

5-14-2 Поставляемые заказчиком среды

Комментарий
Заказчик отвечает за поставку всех газовых баллонов, трубок и регуляторов, предусмотренных или рекомендованных GE.

Для обеспечения штатной работы циклотрона требуются следующие эксплуатационные расходные материалы:

- газы-источники ионов
- газы мишени
- технологические газы

Для некоторых опций могут использоваться несколько типов газа. Например, поскольку для систем обработки воды ^{15}O и газа ^{11}C, ^{15}O необходима подача газообразного водорода степени чистоты 5,7 под давлением 0,25 МПа, для всех указанных процессов может использоваться один баллон с газообразным H_2.

Для некоторых баллонов предусматривается наличие нескольких регуляторов: Например, для системы мишени $^{11}CO_2$ HP требуется подача газообразного N_2 + 1% O_2под давлением 1,3 МПа, а для системы мишени ^{15}O необходима подача той же самой газовой смеси, но при более низком давлении 1 МПа. Таким образом, для двух мишеней может использоваться один баллон, оборудованный двумя отдельными регуляторами подачи газа. *Однако система мишени ^{15}O может функционировать при подаче газа более низкого качества по сравнения с системой мишени $^{11}CO_2$ HP. Если вы принимаете решение использовать один баллон для обеих систем, то заполнить баллон следует газом более высокого качества.* Помимо линий подачи сред к циклотрону, проект должен предусматривать наличие экранированных каналов транспортирования продуктов в направлении от мишени циклотрона в радиохимическую лабораторию для последующей обработки. Компания GE отвечает за поставку и установку трубопроводов между мишенью циклотрона и радиохимической лабораторией.

- Источник газа (баллон) должен размещаться на максимальном приближении к точке использования (регулятор).
- Все газы с регуляторами должны устанавливаться и подготавливаться к использованию к моменту запуска циклотрона.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ОСТОРОЖНО!

Такие газы, как водород (H_2) и дейтерий (D_2) взрывоопасны при определенных пропорциях смешивания с воздухом. Необходимо обеспечить надлежащее вентилирование.

ОСТОРОЖНО!

Газообразный фтор (F_2) является токсичным и едким. При вдыхании он может стать причиной тяжелого повреждения легких и слизистых оболочек. Необходимо обеспечить надлежащее вентилирование.

ОСТОРОЖНО!

Газообразный аммиак (NH_3) является токсичным. При вдыхании он может стать причиной повреждения легких. Необходимо обеспечить надлежащее вентилирование.

Заказчик несет ответственность за обеспечение надлежащих условий хранения всех газов еще на ранних этапах проектирования и совместно с представителями контролирующих органов.

Заказчик также отвечает за установку оборудования для обнаружения утечек газа и вентилирования, соответствующего требованиям применимых законов или нормативных актов.

В представленных ниже таблицах технических требований указаны *минимальные требуемые* значения чистоты газа, диапазоны давления регулятора и рекомендованные размеры газового баллона.

Комментарий
Не используйте газовые баллоны с истекшим сроком годности. Старые газовые баллоны могут оказывать негативное воздействие на качество газа и, следовательно, на эксплуатационные показатели циклотрона.

Пояснения к показателям качества содержатся в таблице ниже. Данная концепция применяется для устранения двусмысленности, которая, как правило, присутствует при определении уровней чистоты газа.

Чистота	Минимальная чистота, %	Общее количество примесей, частей на миллион
2,0	99,0	10 000 (1 %)
2,5	99,5	5000
3,0	99,9	1000
3,5	99,95	500
4,0	99,99	100
4,5	99,995	50
5,0	99,999	10
5,5	99,9995	5
6,0	99,9999	1

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-14-2-1 Газы-источники ионов

Таблица 5-8: Технические характеристики газа-источника ионов

Частицы	Спецификация газа	Рабочее давление, МПа (фунт/кв. дюйм)	Диапазон давления регулятора, МПа (фунт/кв. дюйм)	Рекомендованный размер баллона	Трубное соединение наруж. диам.
Протоны	H_2 (6.0)	0,1 ±0,05 (15 ± 7)	0,02–0,5 (2,9–72,5)	50 литров	1/8 дюйм.
Дейтроны	D_2 (2,7)	0,1 ±0,05 (15 ± 7)	0,02–0,5 (2,9–72,5)	20 литров	1/8 дюйм.

5-14-2-2 Газовые мишени

Таблица 5-9: Технические характеристики газовой мишени

Мишень	Спецификация газа	Рабочее давление, МПа (фунт/кв. дюйм)	Диапазон давления регулятора, МПа (фунтов/кв. дюйм)	Рекомендованный размер баллона	Нар. диам. трубного соединения
$^{1L}CO_2$ стандарт	N_2(6,0) + 1% O_2 (5,0) (C_nH_m < 0,1 частей на миллион объема, CO+CO_2 < 0,1 частей на миллион объема)	1,2 ± 0,03 (175 ±5)	0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.
$^{11}CO_2$ HP	N_2(6,0) + 1% O_2 (5,0) (C_nH_m < 0,1 частей на миллион объема, CO+CO_2 < 0,1 частей на миллион объема)	1,3 ± 0,03 (190 ±5)	0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.
$^{11}CH_4$	N_2(6,0) + 10% O_2 (6,0)	1,0 ±0,1 (145 ± 15)	0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.
^{15}O	N_2(5,0) + 1% O_2 (4,5)	1,0 ±0,1 (145 ± 15)	0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.
^{13}N	He (5.5)	0,45 ± 0,03 (65 ±5)	0,04–1,0 (5,8–145)	50 литров	1/8 дюйм.
$^{13}NH_3$	He (5.5)	НД: 0,45 ± 0,03 (65 ±5) ВД: 1,3 ± 0,03 (190 ±15)	0,04–1,0 (5,8–145) 0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Мишень	Спецификация газа	Рабочее давление, МПа (фунт/кв. дюйм)	Диапазон давления регулятора, МПа (фунтов/кв. дюйм)	Рекомендованный размер баллона	Нар. диам. трубного соединения
$^{18}F^-$ Nb 27 самоэкранирующая мишень $^{18}F^-$ Nb 25 $^{18}F^-$ HYT $^{18}F^-$ Gen II	He (5.5)	НД: 0,45 ± 0,03 (65 ±5) ВД: 3 ± 0,05 (435 ±7)	0,04–1,0 (5,8–145) >4,0 (> 580)	50 литров	1/8 дюйм.
$^{18}F_2$ Дейтроны	Ne (4,5), низкое содержание углерода, кислорода	1,05 ± 0,03 (145 ±5)	0,04–2,1 (5,8–305)	20 литров	1/8 дюйм.
	Ne (4,5) + 1% F_2 (1,8) F_2: HF < 0,5%	0,35 ± 0,03 (45 ±5)	0,04–0,65 (5,8–94)	20 литров	1/8 дюйм.
$^{18}F_2$ Протон	3% F_2 (3,0)+ He (5,0)	0,1–1,0 (14,5–145)	0–1,0 (0–145)	20 литров	1/16 дюйм.
	Ar (5,0)	1,05 ± 0,05 (152,5 ±7)	0,04–2,1 (5,8–305)	50 литров	1/8 дюйм.
	$^{18}O_2$ (1,8)	0,1 ± 0,05 (14,5 ±7)	0–0,5 (0–72,5)	0,45 литров (45 бар, нержав. сталь)	1/16 дюйм.
^{68}Ga	He (5.5)	НД: 0,45 ± 0,03 (65 ±5)	0,04–1,0 (5,8–145)	50 литров	1/8 дюйм.
Все за исключением жидкостной мишени ^{68}Ga и $^{18}F^-$ Nb 27 самоэкранированной мишени (охлаждение)	He (5.5)	0,38 ± 0,03 (55 ±5)	0,04–1,0 (5,8–145)	50 литров	1/8 дюйм.

Комментарий
Рекомендуется иметь в наличии запасные баллоны с гелием для охлаждения мишени и газа мишени для ^{18}F, ^{13}N и $^{13}NH_3$.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-14-2-3 Технологические газы

Таблица 5-10: Технические характеристики технологического газа

Химическая система	Спецификация газа	Рабочее давление, МПа (фунт/кв. дюйм)	Диапазон давления регулятора, МПа (фунт/кв. дюйм)	Рекомендованный размер баллона	Трубное соединение наруж. диам.
^{11}C, ^{15}O	N_2 (6,0), содержание углерода < 0,1 частей на миллион объема (C_nH_m < 0,1 частей на миллион объема, $CO+CO_2$ < 0,1 частей на миллион объема)	0,25 ±0,1 (36 ± 14)	0,02–0,5	50 литров	1/8 дюйм.
^{11}C, ^{15}O	N_2 (5,7), содержание углерода < 0,1 частей на миллион объема (C_nH_m < 0,1 частей на миллион объема, $CO+CO_2$ < 0,1 частей на миллион объема)	0,25 ±0,1 (36 ± 14)	0,02–0,5	50 литров	1/8 дюйм.
^{11}C	NH_3 (4,5), H_20 < 50 частей на миллион объема	0,27 ±0,1 (39 ± 14)	0,04–0,65	20 литров	1/8 дюйм.

5-14-2-4 Жидкостные мишени

Таблица 5-11: Технические характеристики жидкостной мишени

Мишень	жидкостная, технические характеристики
$^{18}F^-$	^{18}O-H_2O, [^{18}O]-обогащение > 95%, деионизированная, стерильная, отфильтрованная
^{13}N	^{16}O-H_2O, деионизированная, стерильная, отфильтрованная 18 МОм
$^{13}NH_3$	5 мМ этанол (> 99,5%) в деионизированной, стерильной, отфильтрованной воде (18 МОм)
^{68}Ga	1 М [^{68}Zn]$Zn(NO_3)_2$ в разбавленной азотной кислоте (HNO_3)

5-14-3 Оценка объема потребления газа

Значения рабочего давления и рекомендованные значения размеров баллонов указаны в таблице 5-8, таблице 5-9 и таблице 5-10.

Типовые значения давления газа в баллоне, которые использовались при выполнении оценочного расчета количества циклов производства на один баллон, указаны в таблице ниже. При использовании баллонов, объем и давление которых отличаются от значений, указанных в таблице, требуется соответствующая корректировка.

Возможные утечки в расчетах не учитываются. В расчетах учитывается потребление газа, обусловленное предсинтезом и постсинтезом.

Как правило, уточнение расчетов газопотребления происходит в результате контроля снижения давления в баллонах. Представленные ниже таблицы не заменяют такого рода контроль.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 5-12: Оценочное использование. Газ-источник ионов.

Частицы	Газ	Номинальное давление в баллоне, МПа	Приблизительное количество часов работы до замены баллона[1]
Протоны	H_2	20	>2000
Дейтроны	D_2	20	>1000

1 Оценочный расчет основан на размерах баллона, указанных в таблице 5-8.

Таблица 5-13: Оценочное использование. Газы мишени

Мишень	Газ	Номинальное давление в баллоне, МПа	Приблизительное количество производственных циклов до замены баллона[1]
HCO_2 стандарт	N_2 + 1% O_2	20	>500
$^{11}CO_2$ HP	N_2 + 1% O_2	20	>500
$^{11}CH_4$	N_2 + 10% H_2	20	>500
15Q	N_2 + 1% O_2	20	Партионный режим: > 1000
			Непрерывная работа: > 800 (10 мин.)
^{13}N	He	15	>1200
$^{13}NH_3$	He	15	>1000
$^{18}F^-$ Nb 27 самоэкранирующий	He	15	>1000
$^{18}F^-$ Nb 25	He	15	>1000
$^{18}F^-$ HYT	He	15	>1000
$^{18}F^-$ Gen II	He	15	>1000
$^{18}F_2$ Дейтрон	Ne	20	>500
$^{18}F_2$ Дейтрон	Ne +1% F_2	20	>1000
$^{18}F_2$ Протон	3% F_2 + He	15	>300
	Ar	20	>1000
	$^{18}O_2$	4,5	>200
Все за исключением $^{18}F^-$ Nb 27 само-экранирующий (охлаждение)	He	15	>2000
^{68}Ga	He	15	>1000

1 Оценочный расчет основан на размерах баллона, указанных в таблице 5-9.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 5-14: Оценочное использование. Технологические газы

Химическая система	Газ	Номинальное давление в баллоне, МПа	Приблизительное количество производственных циклов до замены баллона[1]
^{11}C, ^{15}O	N_2	15	>500
^{11}C, ^{15}O	H_2	15	>500
^{11}C	NH_3	0,7	>200

1 Оценочный расчет основан на размерах баллона, указанных в таблице 5-10.

5-14-4 Поставляемые заказчиком регуляторы газа

Заказчик отвечает за установку газовых баллонов и регуляторов. Подлежат применению федеральные, местные нормативные акты или нормативные акты штата. В таблице 5-15 изложены рекомендации в отношении регуляторов газа.

Таблица 5-15: Рекомендации в отношении регуляторов газа

Параметр	Значение/описание
Тип/материал	Должен соответствовать типу и качеству газа
Максимальное первичное давление	200 бар
Диапазон вторичного давления	Согласно требованиям, предъявляемым к области применения (см. таблицу 5-8 — таблицу 5-10)
Макс. расход	155 л/мин, Cv = 0,02
Стабильность	+0,04 бар в сек при перв. давл. - 7 бар

5-14-5 Поставляемые заказчиком газовые трубопроводы

Заказчик отвечает за поставку и установку газовых трубопроводов, которые не входят в комплект поставки циклотрона. В таблице 5-16 приведены рекомендации в отношении газовых трубопроводов

Таблица 5-16: Рекомендации в отношении газовых трубопроводов

Параметр	Значение
Материал	Хроматографический класс, внутр. диам. 0,085 дюйм., нержав. сталь 316
Качество / класс	Термопара очищена и закрыта
Размер	Макс. нар. диам. 1/4 дюйм. нар. диам. 1/8 дюйм. для газов-источников ионов

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

- По возможности следует использовать бесшовные трубы со сварными соединениями
- Не допускаются механические соединения трубной разводки или прокладка трубопроводов в недоступной зоне
- Каждый трубопровод должен быть опломбирован, герметизирован клейкой лентой или согнут и обжат в целях предотвращения загрязнения внутренней поверхности.
- На каждый конец каждого трубопровода наносится четкая маркировка, которая позволяет однозначно идентифицировать трубопровод (несмываемый маркер, рельефная маркировка)
- Минимальный радиус изгиба трубопровода составляет 50 мм. Трубопровод, на котором имеется петля, подлежит замене.

5-15 *Вибрации*

Вибрация в здании обычно не является проблемой. Вес и габаритные размеры оборудования требуют жесткой установки, которая по определению снижает вибрацию до удовлетворительного уровня.

5-16 *Системы безопасности*

В состав конструкции циклотронной системы входит несколько систем блокировок, которые гарантируют безопасность эксплуатации. Указанные блокировки защищают только циклотрон; заказчик должен предусмотреть установку дополнительных систем безопасности, таких как вентиляционная система и система противопожарной защиты.

5-16-1 Сетевая распределительная панель (СРП)

Поставляемая заказчиком сетевая распределительная панель (СРП) может содержать несколько аварийных выключателей. Обеспечьте по меньшей мере один аварийный выключатель в зоне циклотрона и в «горячей» лаборатории, установленный в соответствии со всеми применимыми федеральными, государственными и местными требованиями электротехнических норм и правил. Конструкция указанной системы безопасности должна предусматривать возможность ручного сброса активированной нажимной кнопки в целях восстановления энергоснабжения системы.

Персонал, ответственный за техническое обслуживание, должен обладать соответствующими знаниями и быть наделен возможностью проведения процедур блокировки и опломбировки всех отдельных выходных линий сетевого распределения, чтобы предотвратить случайное поражение электрическим током.

Для получения дополнительных сведений относительно СРП, см. главу 6 «Требования к электроснабжению» данного руководства.

5-16-2 Блок сопряжения заказчика (БСЗ)

Циклотронная система наделена аппаратно реализованной функцией предоставления некоторой информации о состоянии через гальванически изолированные релейные контакты, имеющиеся в блоке сопряжения с заказчиком (БСЗ). Как правило, БСЗ крепится к стене в электрощитовой. Конструктор может воспользоваться указанными контактами для подвода питания к световой аварийной сигнализации, предупреждающим знакам или другим защитным устройствам. Максимальное напряжение и сила тока реле составляют 220 В и 10 А соответственно.

Релейные контакты обеспечивают передачу следующей информации о статусе:

- **Магнит ВКЛ** — Контакт между клеммами 21 и 22 замкнут, когда подается питание к главной обмотке (PSMC).
- **РЧ ВКЛ** — Контакт между клеммами 23 и 24 замкнут, когда работе РЧ-генератор (RFPG).
- **Радиация ВКЛ** — Контакт между клеммами 25 и 26 замкнут, когда подводится питание к источнику ионов (PSARC).

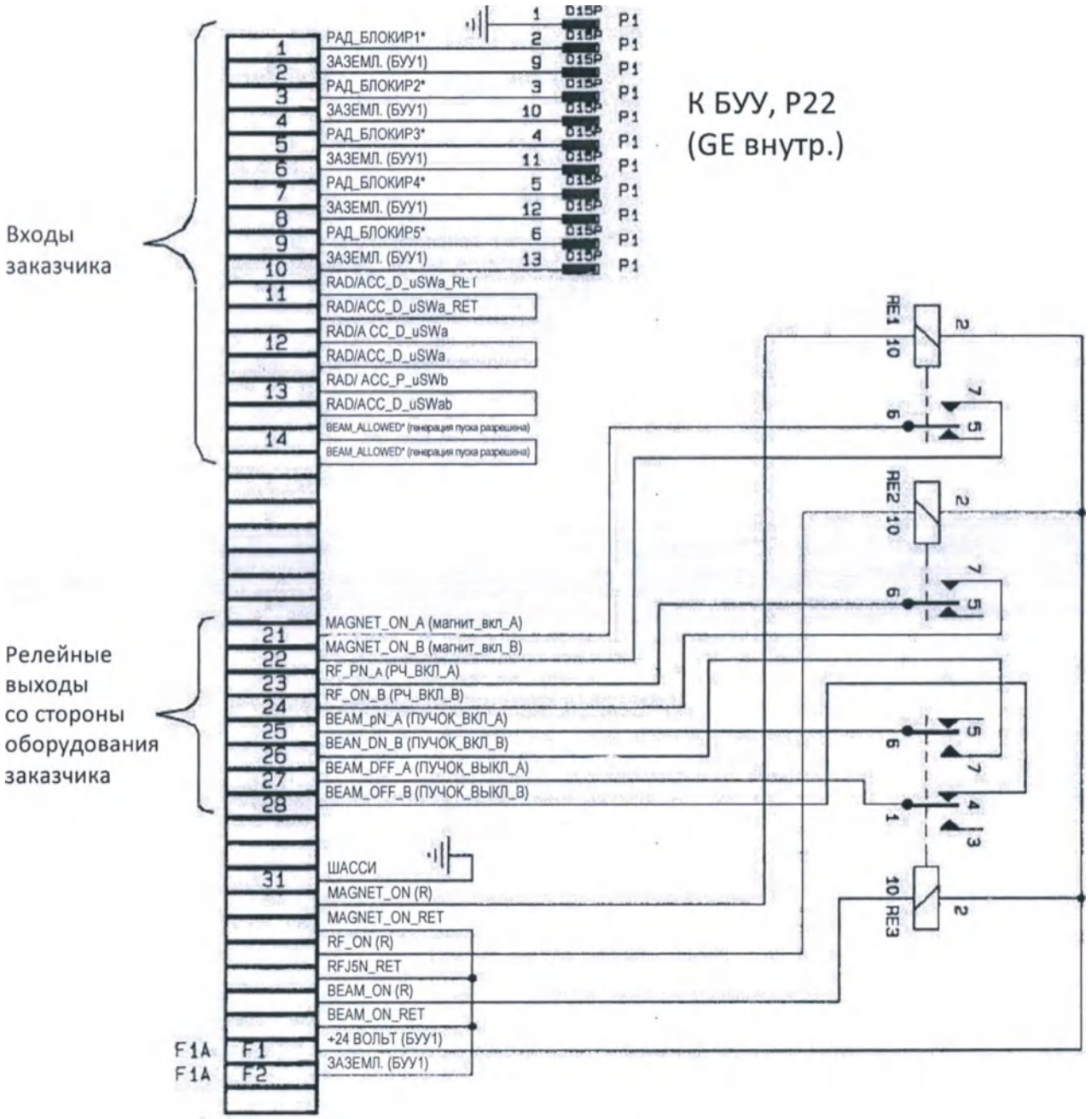
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Проектировщик объекта также наделяется правом доступа к двум проводным входным контурам блокировки циклотронной системы. Эти два контура должны быть независимы друг от друга и являться беспотенциальными. Первый контур подсоединяется между клеммами 11 и 12, а второй — между клеммами 13 и 14 на клеммной колодке БСЗ. Входы блокировки, как правило, подсоединяются к выключателям двери защитной камеры и системе обнаружения радиационного излучения. Размыкание одного из указанных контуров приводит к незамедлительному останову процесса генерации пучка.

Проектировщик объекта также наделен правом доступа к пяти входам статуса безопасности. Информация о статусе отображается на консолях оператора. Входы не отправляют сигналы останова процесса генерация пучка и не прерывают процесс доставки мишени, но они могут направлять сигнал, предотвращающий запуск доставки. Используйте указанные входы статуса безопасности для контроля уровня радиации. Все пять входов всегда должны быть *независимыми* и *гальванически развязанными*. Входы подключаются к клеммам 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8, 9 и 10 БСЗ.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 5-2: Подключения блока сопряжения заказчика



Используйте только пронумерованные клеммы

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

5-16-3 Защитные системы, которые не входят в комплект поставки циклотронной системы

Поскольку нормативно-правовые нормы в разных странах могут отличаться, специалисты компании GE не могут рекомендовать универсальные системы безопасности. На большинстве объектов ПЭТ устанавливаются следующие системы безопасности.

5-16-3-1 Система зазоров

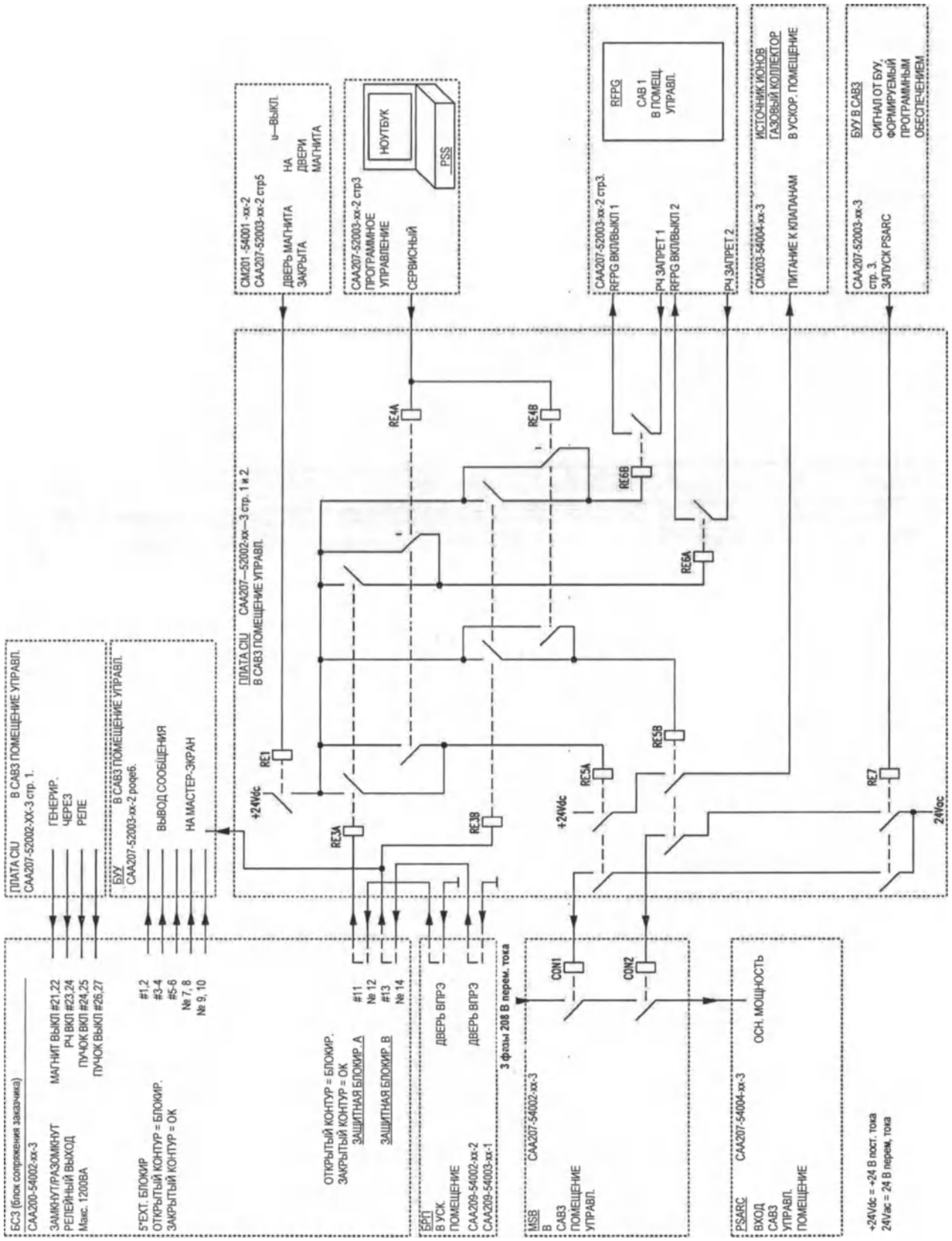
Как правило, в состав системы зазоров входит система, конфигурируемая реле с нажимными кнопками, расположенная в защитной камере циклотрона. При любом открытии двери защитной камеры указанная система требует, что внутрь камеры зашел оператор и нажал на две кнопки, а затем покинул защитную камеру и закрыл дверь в течение заданного периода времени. Назначение системы зазоров состоит в том, чтобы заставить оператора зайти в защитную камеру и убедиться в отсутствии в ней людей до запуска циклотрона. Оператор не сможет запустить работу циклотрона до тех пор, пока кнопки не будут нажаты в правильной последовательности в течение заданного периода времени.

5-16-3-2 Система контроля уровня радиации

Система контроля уровня радиации, как правило, состоит из нескольких датчиков, установленных на разных участках и предназначенных для измерения уровня радиации. Если согласно показаниям датчика уровень радиации превышает предопределенные безопасные значения, срабатывает звуковая и/или световая сигнализация. Датчики могут располагаться в зоне химической обработки, в защитной камере циклотрона и в вентиляционных системах, подсоединяемых к защитной камере циклотрона и зоны химической обработки.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 5-3: Защитная блокировка и другие сигналы БСЗ



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПИТАНИЮ

6-1 Введение

6-1-1 Общее распределение электропитания

Для оборудования циклотронной системы заказчику необходимо предусмотреть сетевую распределительную панель (СРП), отвечающую требованиям GE, чтобы обеспечить энергоснабжение следующих системных шкафов:

1 Радиочастотный генератор (RFPG)

2 Блок питания электромагнита (PSMC)

3 Система управления ускорителем (CAB 3)

4 Блок распределения питания, поставляемый GE (БРП)

5 Блок вторичного водяного охлаждения

6 Компрессор радиационного экранирования (RSC) (дополн. оборуд.)

Радиочастотный генератор (RFPG) обеспечивает питание следующих подсистем:

1 Блок лампового усилителя (TAU)

2 Блок питания для экранирующей сетки (GSPU)

3 Предоконечный усилитель (DPA)

4 Блок питания предоконечного усилителя (DPSU)

5 Блок источника и управления (SCU)

Система управления ускорителем (CAB 3) является источником питания следующих подсистем:

1 Блок управления ускорителем (БУУ)

2 Блок регулирования вакуума (БРВ)

3 Питание источника ионизации (PSARC)

4 Блок сопряжения средств контроля (CIU)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

БРП является источником питания следующих подсистем:

1 Модуль управления химическим составом (МУХС)

2 Электронный блок модуля управления химическим составом (БУ МУХС)

3 Система вакуума

4 Система охлаждения гелием

5 Станина магнита

6 Приводная система противорадиационного экрана

Характеристики и условия прокладки всех силовых кабелей, идущих ко входам переменного тока всех шкафов GE, должны соответствовать применимым требованиям всех федеральных и местных электротехнических норм, а также норм штата.

При проектировании объекта ПЭТ следует обстоятельным образом проанализировать преимущества и недостатки фальшпола, трубной разводки, подпольных каналов и располагаемых на поверхности коробов для прокладки кабелей, а также требования федеральных и местных электротехнических норм, а также норм штата. Если на объекте предусматривается использование кабелепроводов, то следует выбирать кабелепроводы достаточно большого диаметра, чтобы гарантировать возможность протягивания кабеля вместе с соединителем, когда в кабелепроводе уже имеются все остальные кабели с соединителями. (Для получения более подробной информации, см. главу 2 «Планирование пространства» выше).

Сетевую распределительную панель (СРП) следует располагать в непосредственной близости к источникам питания. Чтобы уменьшить регулирование напряжения и затраты на проводку, уменьшите длину кабеля между основным источником питания и трансформатором системы. При прокладке кабелей все фазные проводники и средства заземления контура должны проходить через один сквозной канал. Когда это возможно, силовые кабели следует располагать отдельно от сигнальных кабелей и кабелей передачи данных.

Таблица 6-1: Распределение электропитания

Суммарное энергопотребление	75 кВт
Установленная мощность	109 кВА
Проводная система	3 фазы 5 проводов
Разброс значений номинального напряжения на линии	+10%, -5%
Максимально допустимое значение суммарного коэффициента гармонических искажений	5%

6-1-2 Блокировки и опломбировка (LOTO)

Комментарий
Конструкция всех предохранителей сетевого распределителя должна предусматривать возможность блокировки и опломбировки.

Это означает, что конструкция автомата защиты (CB1–CB6 на рисунке 6-4 — рисунке 6-6) должна предусматривать возможность блокировки в положении ВЫКЛ с запиранием или блокировкой (см. рисунок 6-1 ниже).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-1: Петли для навесного замка и замковые множители LOTO

6-1-3 Однофазные розетки

На объекте должны иметься по меньшей мере четыре однофазные розетки сети электропитания, предназначенные для подключения мастер-станции и дополнительных принадлежностей (сервисного ПК и т. д.).

Рекомендуется, чтобы на стенах помещения циклотрона и электрощитовой для обслуживания и тестирования оборудования были установлены розетки однофазного тока.

6-1-4 Аварийное питание осветительных приборов объекта

Для аварийного освещения объекта рекомендуется аварийное питание.

6-2 Технические требования к системе электропитания

Циклотрон может работать при сетевом напряжении 380 В перем. тока, 415 В перем. тока и 480 В перем. тока (при этом допуск значения напряжения составляет +10 %, -5 %) в 3-фазной 5-проводной системе с частотой 50/60 Гц.

Заказчик несет ответственность за подвод электропитания к сетевой распределительной панели (СРП). Чтобы обеспечить соблюдение национальных нормативных требований, специалисты компании GE для каждого конкретного объекта ПЭТ указывают размерные характеристики силовых кабелей. Максимальный допустимый перепад напряжения между СРП и подсистемами циклотрона составляет 1 %.

Используйте данные из столбца «Установленная мощность» таблицы 6-2, чтобы определить размерные характеристики входных силовых кабелей для стандартной системы. В таблице 6-3 представлены доли в суммарном значении, принадлежащие различным дополнительным системам.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 6-2: Сетевая входная мощность (стандартная система)

Подсистема	Установленная мощность, кВА	Суммарная потребляемая мощность при работе, кВт
PSMC	61	75
RFPG	28	
CAB 3	7	
Трансформатор БРП	10	
Система охлаждения	2,5	
Главная станция	0,4	
Служебный ноутбук	0,2	

Таблица 6-3: Сетевая входная мощность (дополнительные системы)

Вариант	Установленная мощность, кВА	Потребляемая мощность при работе, кВт
Компрессор противорадиационного экрана[1] (только при открытии дверей экрана)	14	11
Линейная система генерации пучка	19	15
Системы обработки газа	2,5	<2
$^{18}F_2$ система мишени протона	0,2	<0,2
Станция заказчика	0,2	<0,2

1 Перегрузочное реле 32 А (автомат защиты двигателя), предназначенное для ограничения мощности компрессора GA11 противорадиационного экрана, должно иметь термомагнитную характеристику D.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-3 *Рекомендованная система распределения электроэнергии*

6-3-1 Входное напряжение

Входные трансформаторы, используемые для главных подсистем циклотрона, должны быть настроены на обработку тока различного напряжения. Из представленного ниже перечня следует выбрать тот чертеж распределения сетевого питания, который соответствует параметрам вашего проекта. На чертежах также определены зоны ответственности заказчика и компании GE в отношении подвода сетевого питания к циклотронной системе и важная информация о настройках PSMC циклотрона (шкаф 1), автоматического выключателя дифференциального тока (RCCB) (см. раздел 6-5 «Автоматический выключатель дифференциального тока (RCCB)» на стр. 121).

- CAA209 56003: 380 В перем. тока, см. рисунок 6-4.
- CAA209 56004: 415 В перем. тока, см. рисунок 6-5.
- CAA209 56005: 480 В перем. тока, см. рисунок 6-6.

Комментарий
Некоторые незначительные элементы системы являются уникальными, при этом их конструкция должна отвечать местным требованиям к значениям напряжения и частоты. Эти элементы указываются при размещении заказа.

Комментарий
При установке в Японии, где используется сеть 415 В перем. тока/60 Гц, для обеспечения работы системы водяного охлажденияустанавливается автоматический трансформатор. Трансформатор должен предусматривать возможность работы с полезной выходной мощностью 2,0 кВт.

6-3-1-1 Преобразование других вариантов сетевого напряжения

Система распределения электроэнергии на объекте может быть изменена с помощью трансформаторов:

- На некоторых объектах возникает необходимость повышения или понижения напряжения, чтобы обеспечить соответствие любому из указанных значений входного напряжения.
- Объекты, на которых предусмотрена 4-проводная система (L1, L2, L3 и PE), подлежит преобразованию в 5-проводную систему (L1, L2, L3, N и PE).

Комментарий
Важно использовать трансформатор правильного типа. Смотрите инструкцию ниже.

Повышение или понижение напряжения 5-проводной системы объекта

Используйте автотрансформатор «звезда-треугольник» для подвода питания ко всем подсистемам, кроме PSMC. Для подвода питания к PSMC необходимо установить отдельный трансформатор.

Повышение или понижение напряжения 4-проводной системы объекта

Используйте полный трансформатор «треугольник — звезда» для формирования 5-проводной системы, обеспечивающей питание всех подсистем, кроме PSMC. Для PSMC следует предусмотреть питание от 4-проводной системы через выделенный автотрансформатор.

Только для генерации 5-проводной системы.

Используйте полный трансформатор «треугольник — звезда» для формирования 5-проводной системы, обеспечивающей питание всех подсистем, кроме PSMC. Подключите PSMC напрямую к 4-проводной системе.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

6-3-2 Аварийные остановы

Заказчик должен предоставить и установить, руководствуясь всеми применимыми требованиями электротехнических федеральных и местных кодексов, а также кодексов штата, защитное отключающее устройство для низкого напряжения и низкой мощности, конструкция которого предусматривает возможность локального и многоточечного (по меньшей мере одна точка в помещении для циклотрона и одна в электрощитовой) удаленного управления в целях отсечения подачи электроэнергии к сетевой распределительной панели, см. чертежи на рисунках с рисунок 6-4 по рисунок 6-6.

На чертежах, представленных на рисунках с рисунка 6-4 по рисунок 6-6, также определены зоны ответственности заказчика и компании GE в отношении сетевого электропитания циклотронной системы.

Комментарий
Чертежи могут оказаться репрезентативными не для всех объектов. Заказчик отвечает за соответствие напряжения аварийных контуров всем применимым требованиям федеральных и местных электротехнических кодексов, а также кодексов штата.

6-4 ИБП (источник бесперебойного питания)

Является возможным подключение циклотрона к источнику бесперебойного питания (ИБП). Если выбран этот альтернативный способ, то следует использовать сетевой ИБП, обеспечивающий непрерывность производственного процесса. ИБП устанавливается не только для защиты от ситуаций «отключения питания», но также рекомендуется для объектов, где происходят колебания напряжения и/или частоты в основной распределительной сети. Если в зоне размещения объекта регистрировались провалы напряжения или другие колебания значений напряжения/частоты энергораспределительной системы, то установка ИБП является отличным способом поддержания стабильного линейного напряжения для циклотронной системы. Согласно рекомендациям производителей ИБП постоянная нагрузка на ИБП должна составлять 0,8-0,9 (80-90%) от его максимальной производительности.

Комментарий
Чтобы не прерывать технологический процесс при отключении энергоснабжения, все периферийные системы, подключаемые к циклотронной системе, должны функционировать в полном соответствии с заданными техническими требованиями. Помимо прочего, к указанным система относятся главная станция, внешняя охлаждающая установка для системы водяного охлаждения, система подачи сжатого воздуха и система кондиционирования воздуха.

Мы настоятельно рекомендуем установить ИБП небольшого размера для обеспечения работы главной станции и компьютерного оборудования.

Компания GE рекомендует и предлагает провести анализ энергоснабжения до установки циклотронной системы.

Комментарий
*Данные, представленные в таблице 6-4, основываются на данных для стандартной системы, которые представлены в таблице 6-2. Необходимо добавить нужные опции из таблицы 6-3. Представленные сведения **НЕ** учитывают все периферийные подсистемы, подключаемые к циклотронной системе, например, внешнюю охлаждающую установку и т. д. Данные, относящиеся к мастер-станции,**НЕ** учитывают принтеры или другие единицы периферийного компьютерного оборудования.*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 6-4: Рекомендованные характеристики ИБП

Система	Потребляемая мощность при работе, кВт	Рекомендуемые характеристики ИБП, кВА [1]
Циклотрон	75	120
Главная станция	0,4	1

1 Коэффициент мощности циклотрона составляет 0,8–0,85.

6-5 *Автоматический выключатель дифференциального тока (RCCB)*

Используемый автоматический выключатель дифференциального тока (RCCB) (если таковой предусмотрен) должен быть предназначен для работы при следующих значениям тока утечки (см. рисунок 6-4–рисунок 6-6):

- CB1: ток утечки свыше 300 мА
- CB2–CB6: ток утечки не менее 100 мА

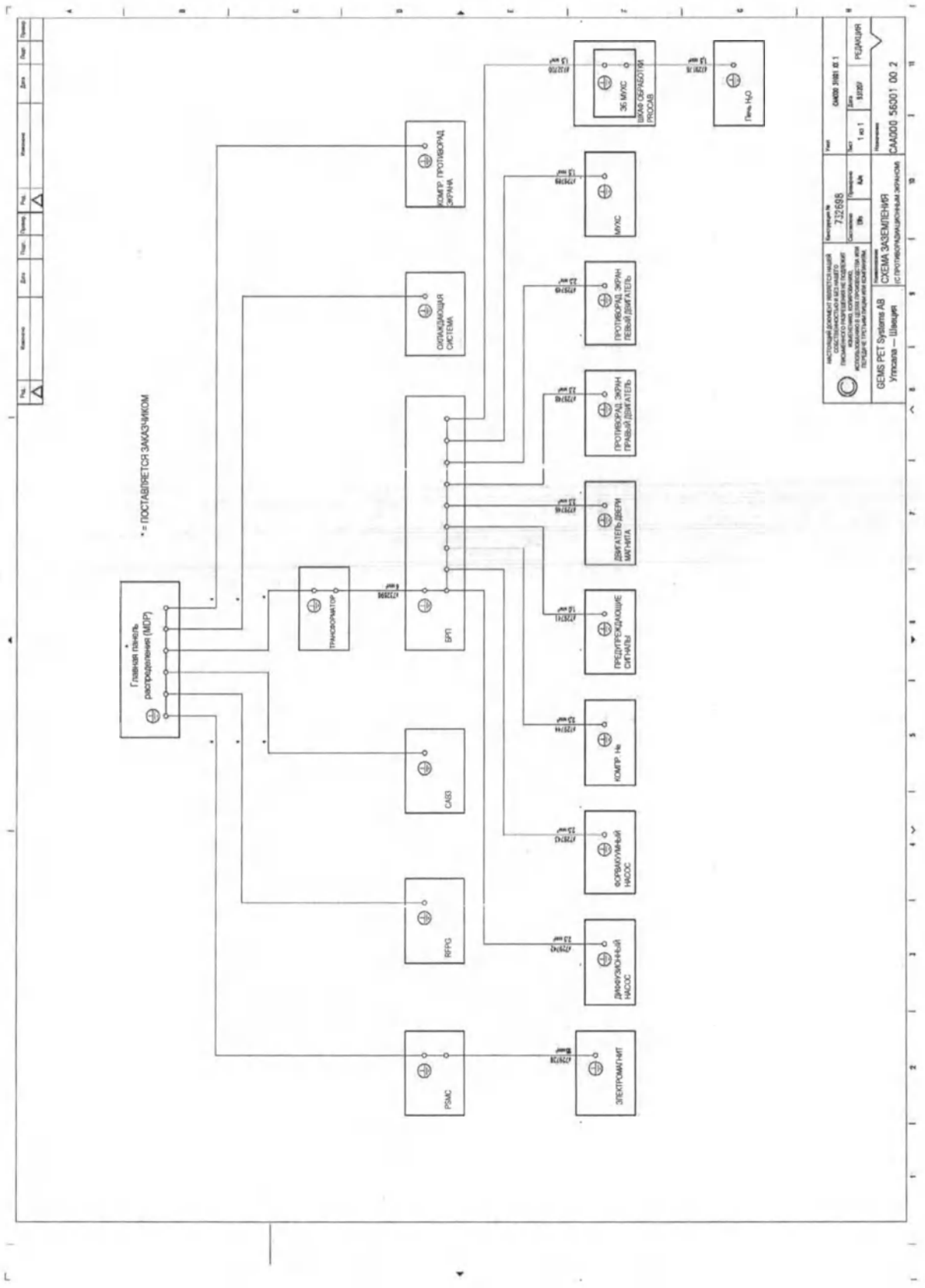
6-6 *Заземление системы*

Чертеж CAA000-56001 иллюстрирует схему защитного заземления циклотронной системы со встроенным противорадиационным экраном, а на чертеже CAA000-56002 представлена схема заземления неэкранированного циклотрона. Схема заземления предназначена для сведения к минимуму контуров заземления и предотвращения помех от сигналов низкого уровня.

Поставляемые заказчиком элементы системы заземления должны отвечать требованиям всех применимых федеральных и местных электротехнических кодексов, а также кодексов штата. Любые изменения в схеме заземления могут повлиять на производительность и безопасность системы циклотрона.

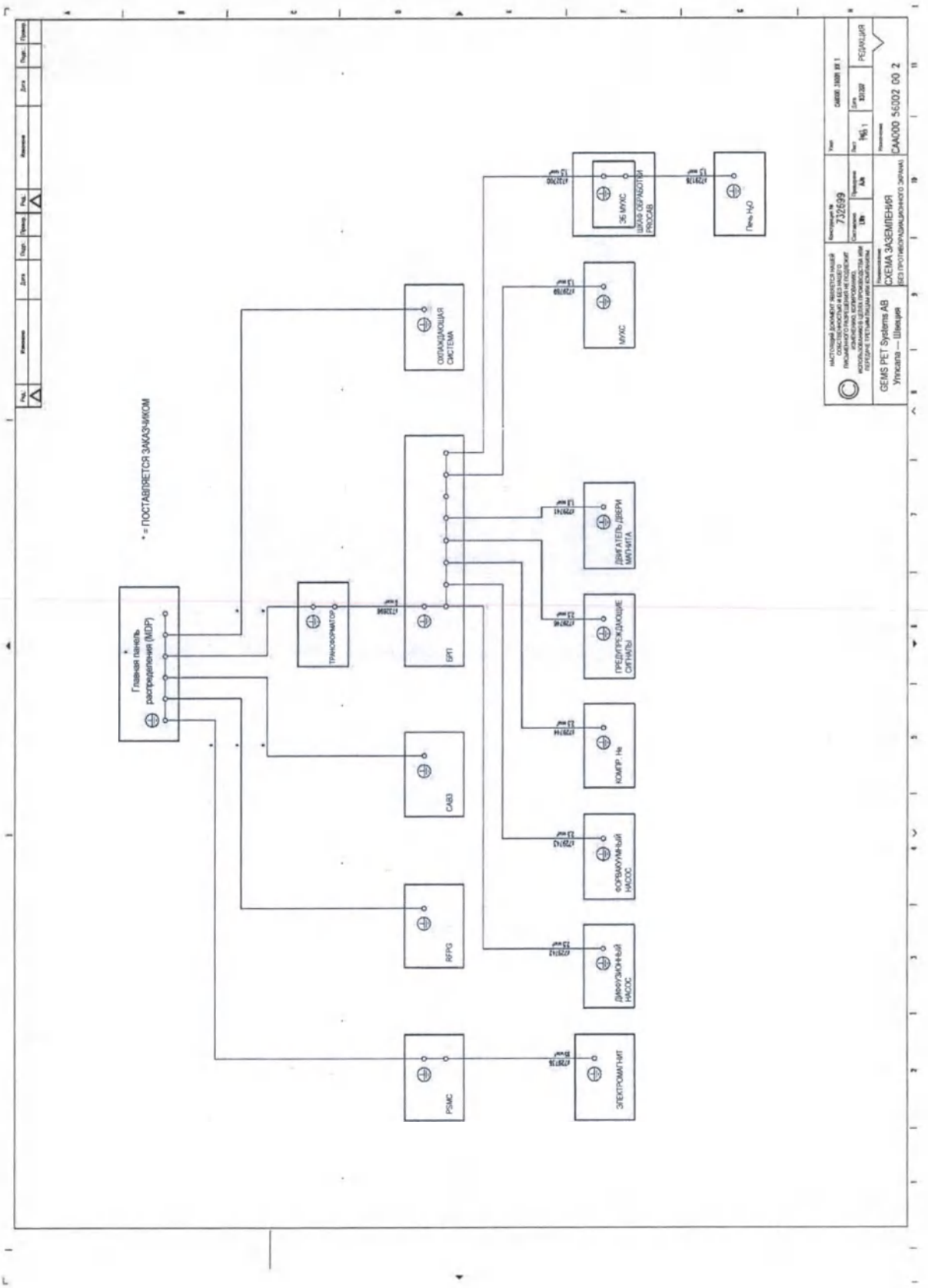
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-2: Схема заземления при наличии противорадиационного экрана, CAA000-56001



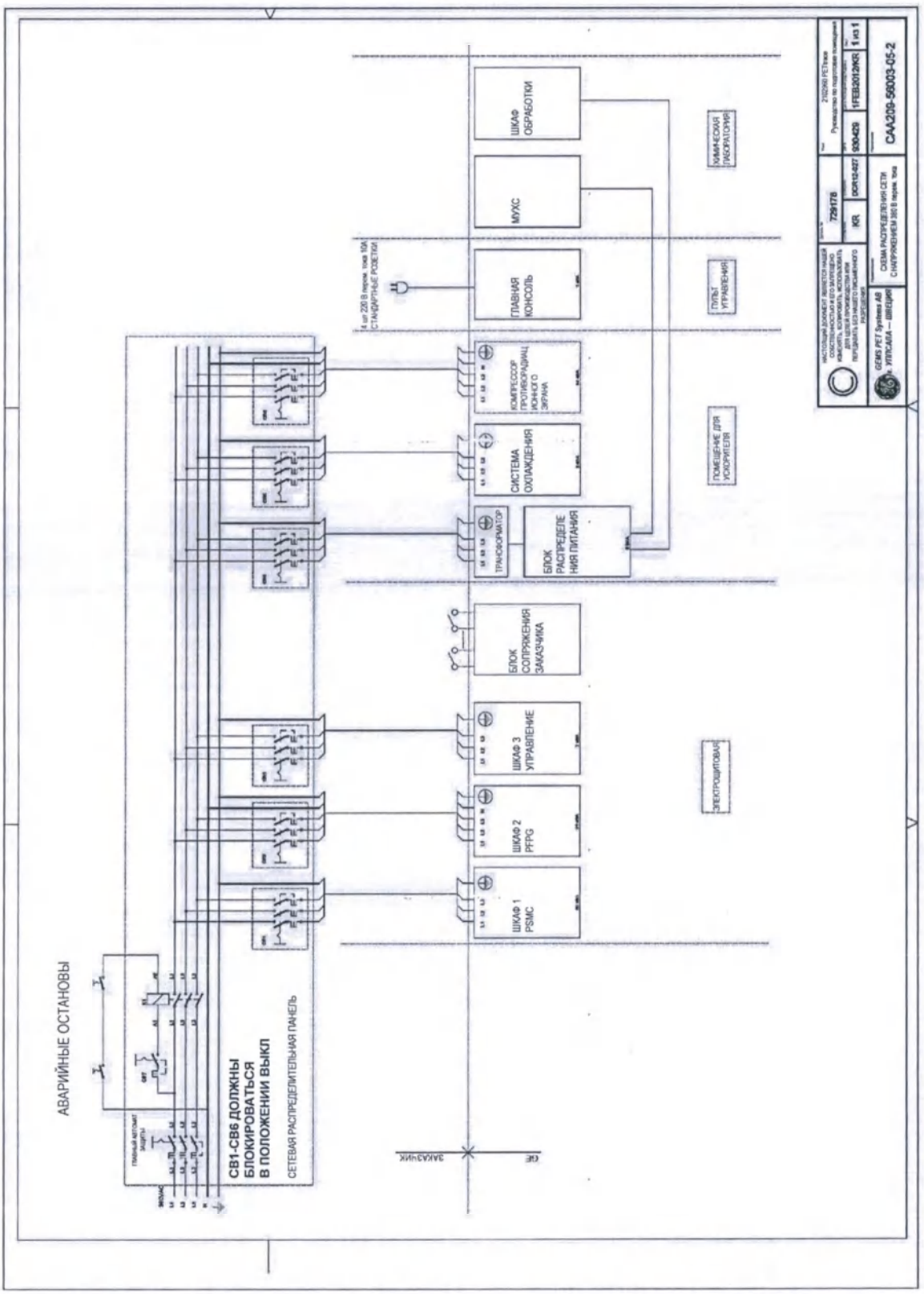
ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-3: Схема заземления с противорадиационным экраном, CAA000-56002



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-4: Схема распределения сети с напряжением 380 В перем. тока, CAA209-56003



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-5: Схема распределения сети с напряжением 415 В перем. тока, CAA209-56004

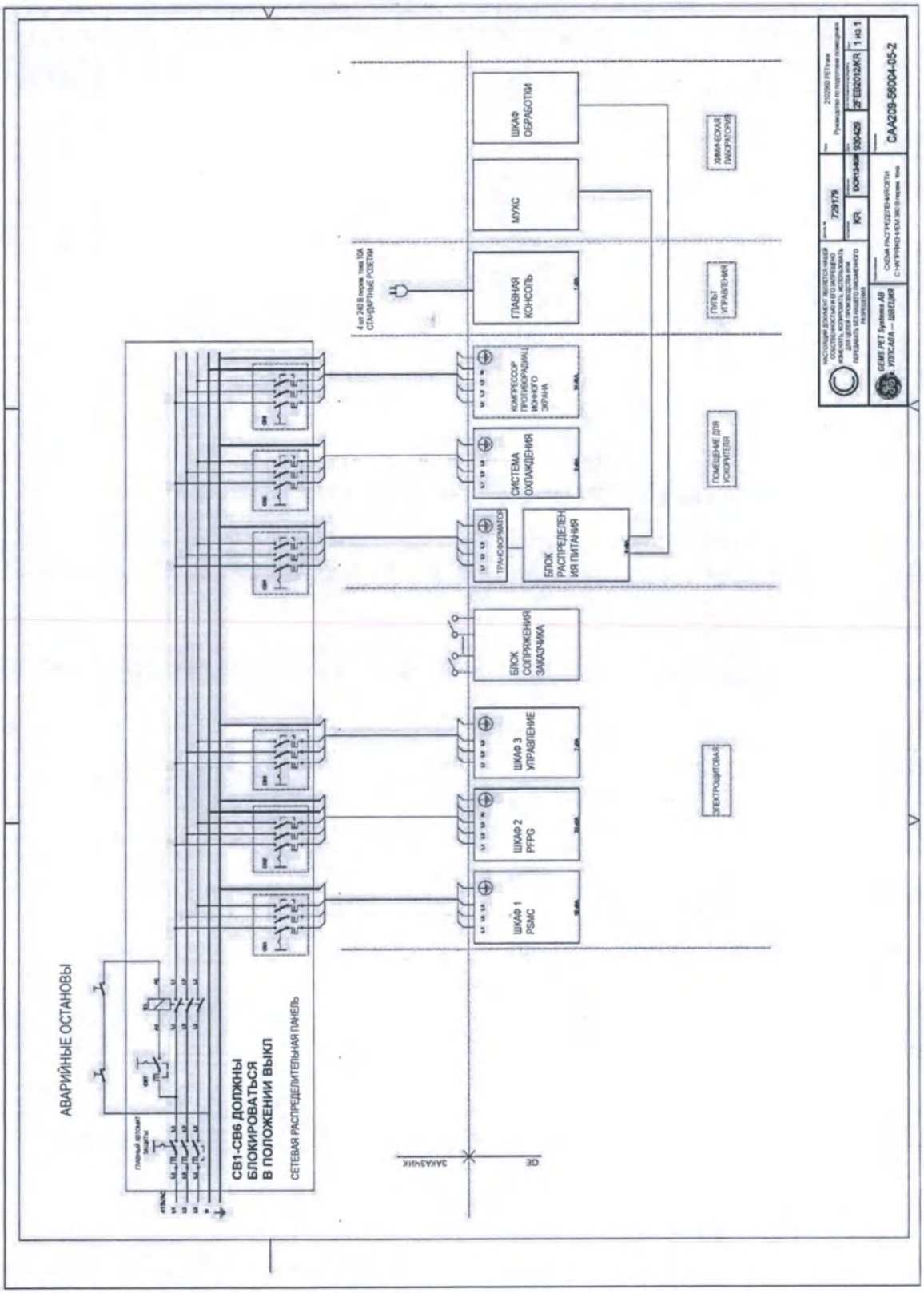
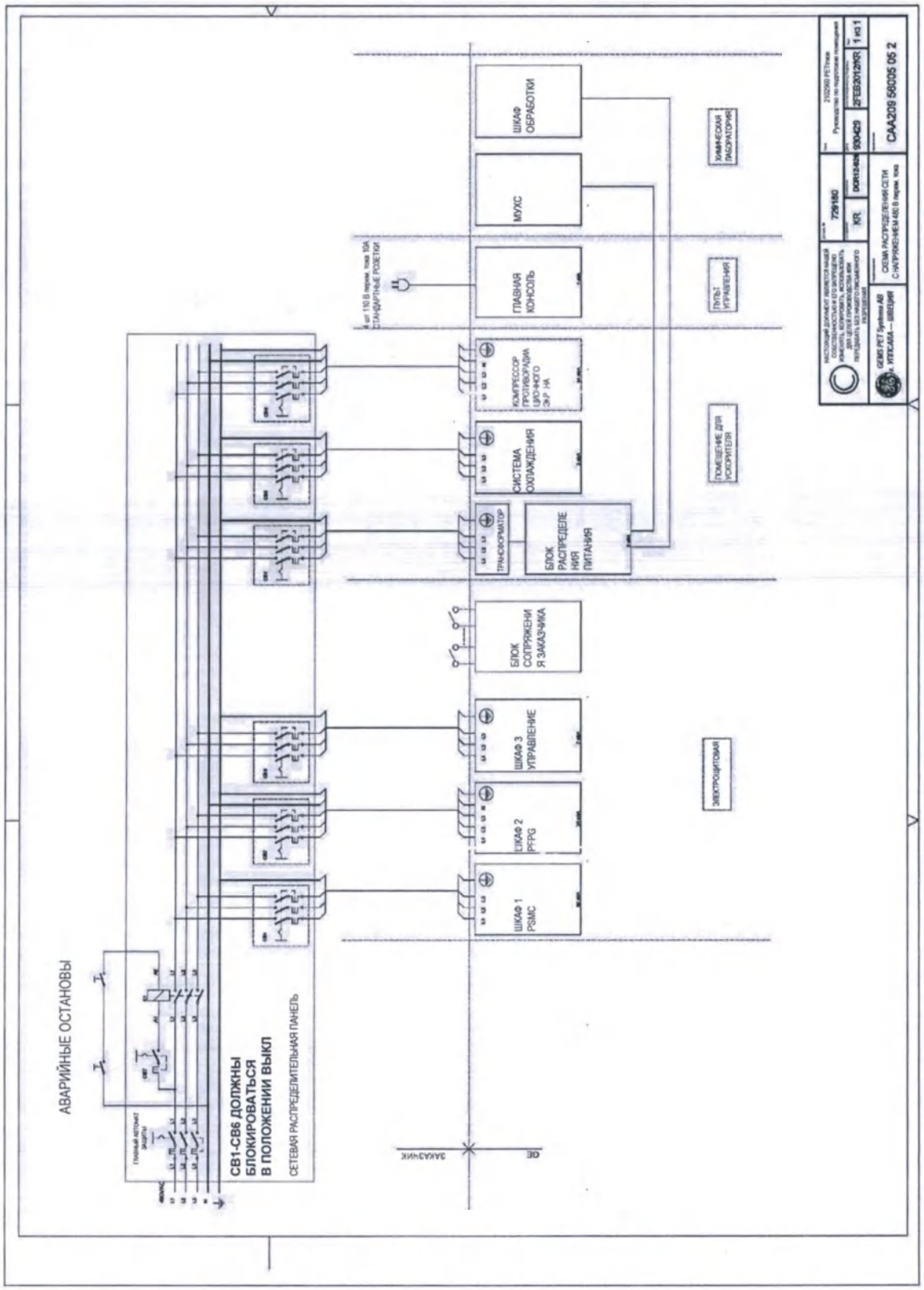


СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТИ С НАПРЯЖЕНИЕМ 415 В перем. тока

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 6-6: Схема распределения сети с напряжением 480 В перем. тока, CAA209-56005



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7 ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

7-1 Введение

В данной главе представлено описание межсистемных соединений кабельной, газопроводной систем и системы водяного охлаждения. В состав данной главы входят следующие разделы:

- Введение: Содержит перечень обозначений, используемых для идентификации оборудования циклотрона
- Кабельные соединения
- Соединения водопроводов
- Соединения газопроводов

7-1-1 Обозначения узлов и деталей

Компания GE для идентификации узлов и деталей циклотрона применяет систему обозначения узлов и деталей. Всем шкафам и элементам подсистемы присваиваются обозначения, указанные на схемах и в таблицах данного раздела. В таблице 7-1 представлены обозначения узлов и деталей циклотрона

7-1-2 Групповые соединения

Рисунок 7-1 иллюстрирует схему групповых кабельных соединений стандартной циклотронной системы. Каждая группа содержит один или несколько кабелей. Для прочтения данной схемы следует воспользоваться таблицей соединений, которая содержится в данной главе.

Рисунок 7-2 иллюстрирует схему групповых соединений системы водяного охлаждения стандартной циклотронной системы. В состав каждой группы входят один или несколько шлангов или трубопроводов подачи охлаждающей воды. Для прочтения данной схемы следует воспользоваться таблицей соединений водопроводов, которая представлена в данной главе.

Рисунок 7-4 иллюстрирует схему групповых соединений газопроводов стандартной циклотронной системы. В состав каждой группы входят один или несколько газопроводов. Для прочтения данной схемы следует воспользоваться таблицей соединений газопроводов, которая представлена в данной главе.

Таблица 7-1: Обозначения узлов и деталей

Обозначение	Описание
Система циклотрона	
УСК	Ускоритель (циклотрон включая вакуумную систему и систему мишени)
PSMC	Шкаф 1, Источник питания магнита (главная обмотка)
RFPG	Шкаф 2, генератор РЧ мощности
CAB3	Шкаф 3, Система управления ускорителем
MCS	Главная система (система управления)
АХС	Анализатор химического состава
ЭБ МУХС	Электронный блок анализатора хим. состава
CWU	Блоу ытиричного водяного охлаждения (модуль водяного охлаждения)
CWM	Коллектор охлаждающей воды

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Обозначение	Описание
БРП	Блок распределения питания
ISGM	Коллектор газа-источника ионов
БСЗ	Блок сопряжения заказчика
WLAA	Сигнальная лампа и звуковая сигнализация (для магнита и дверей противорадиационного экрана)
OWPS	Модуль обработки H_20 (система обработки воды $^{15}0$)
NAPS	Система обработки аммиака (^{13}N-NH_3)
NAEU	Клеммная коробка системы обработки аммиака (Блок электронного управления системы обработки аммиака)
PDUT	Трансформатор БРП
PCAB	Шкаф обработки (панели обработки ^{11}C и ^{15}O)
Только соединения газопроводов	
CPP	Панель продукта углерод-11
OPP	Панель продукта кислород-15
LPP	Панель жидкого продукта
WGU	Модуль отработанного газа
WGP	Панель отработанного газа
Сервисное оборудование GE	
PSS	Сервисная система PETtrace 800 (сервисный ноутбук)
Опции циклотронной системы	
PRS	Противорадиационный экран циклотрона
RSC	Компрессор противорадиационного экрана (с ресивером)
RSM	Коллектор сжатого воздуха противорадиационного экрана
БРП экранированной системы	Блок распределения питания (для экранированной циклотронной системы — заменяет БРП)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-2 Кабельные соединения

Подсоединение трех шкафов электронного оборудования и блоков питания, расположенных в электрощитовой, к циклотрону реализовано посредством силовых и сигнальных кабелей. Система водяного охлаждения подключается к системе управления ускорителем (СУУ) с помощью сигнальных кабелей.

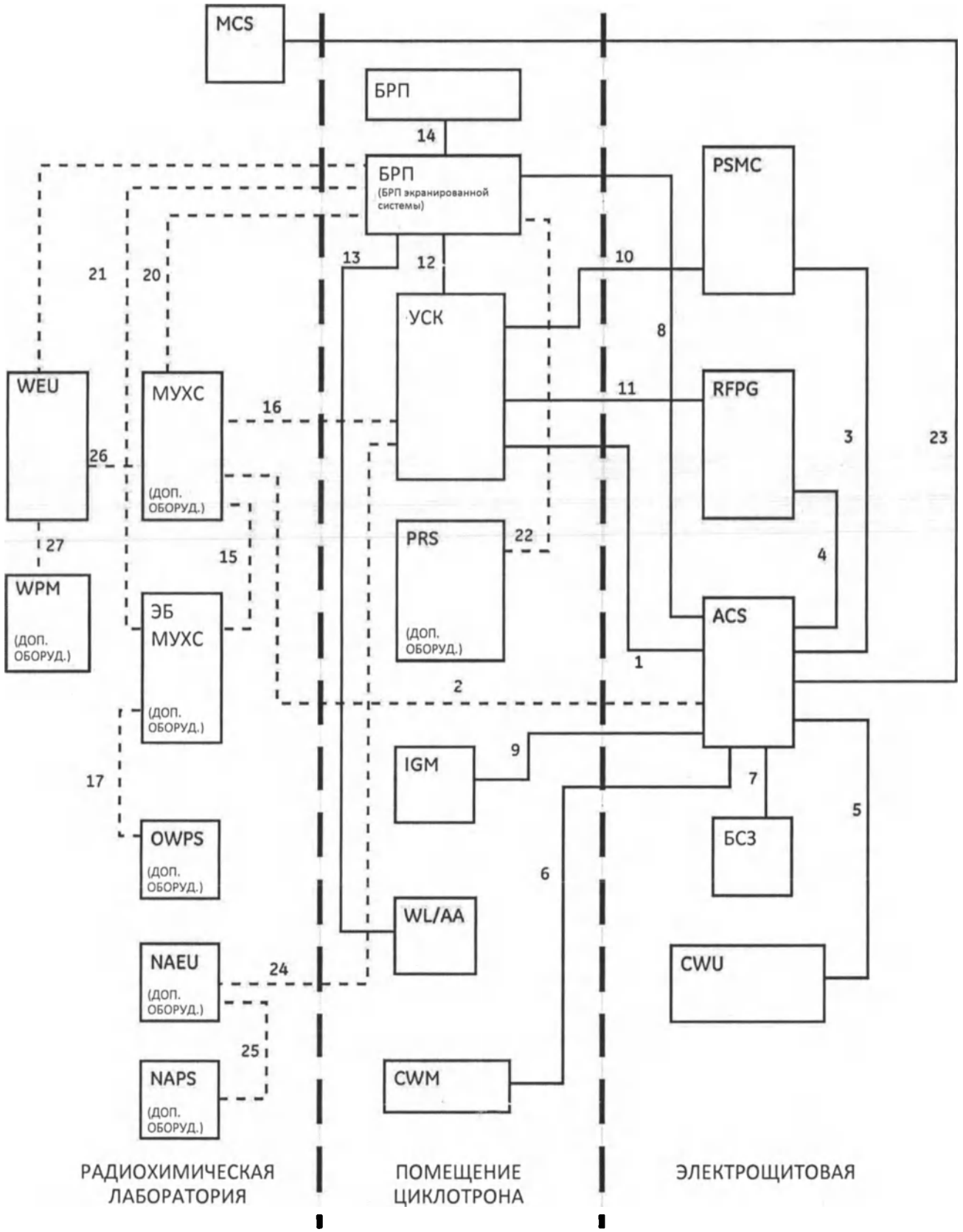
Рисунок 7-1 иллюстрирует схему групповых кабельных соединений стандартной циклотронной системы. Каждая группа содержит один или несколько кабелей.

Для получения информации о силовых сетевых соединения и проводке для аварийного отсечения см. Главу 6 «Требования к системе электроснабжения».

На этапе строительства объекта заказчик выполняет установку трубопроводов и подпольных каналов, кабельных траншей, кабельных коробов и/или утопленных в полу каналов согласно конструкторской спецификации проекта. При установке циклотрона представители сервисной службы компании GE осуществляют прокладку поставляемых GE кабелей через выделенные кабельные проходы и подсоединение к оборудованию и источникам сред.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 7-1: Схема групповых кабельных соединений



Для получения информации о кабельных соединениях между всеми элементами циклотронной системы см. *PETtrace 800 series Installation Manual (инстр. 2131771-100).*

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-3 Межсоединения водопроводов

Система водяного охлаждения забирает большую часть тепловой энергии, выделяемой циклотронной системой. В указанной системе в качестве охлаждающей среды используется замкнутый контур, заполненный деионизированной водой; система предназначена для охлаждения циклотрона и соответствующих источников питания.

Проект объекта должен предусматривать размещение двух модулей главной системы водяного охлаждения:

1 Блок вторичного водяного охлаждения с насосом и теплообменником.

2 Два водяных коллектора для распределения водяных контуров между подсистемами.

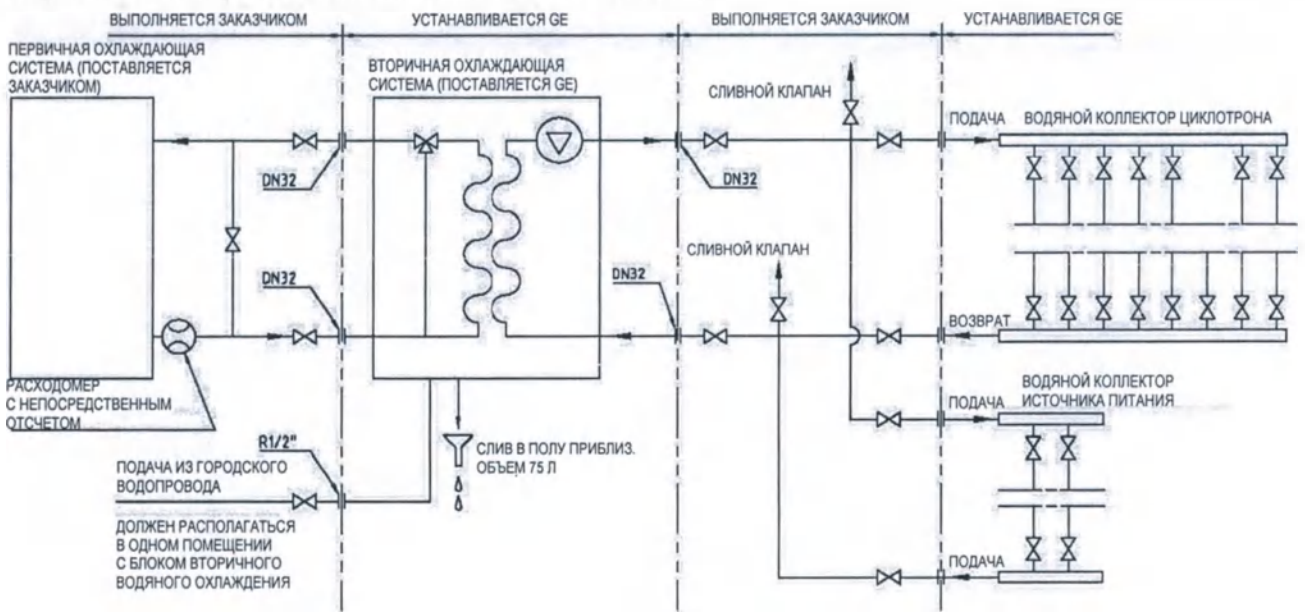
Схема системы водяного охлаждения представлена на рисунке 7-2.

Система водяного охлаждения в целом образована вторичным охладителем и водяными коллекторами (изделия поставки GE). За поставку трубопроводов, соединяющих модули, и водяных шлангов, идущих к подсистемам, отвечает заказчик.

Заказчик также несет ответственность за то, чтобы подаваемая к блоку вторичного водяного охлаждения первичная воды имела нужную температуру и соблюдался заданный расход:

- Расход: > 120 л/мин
- Температура: 10–15°C (50–59°F)
- Падение давления в трубопроводных соединениях водяной системы при штатной работе (120 л/мин): < 130 кПа

Рисунок 7-2: Схема системы водяного охлаждения циклотрона



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-3-1 Блок вторичного водяного охлаждения

Блок вторичного водяного охлаждения может устанавливаться в отдельном помещении или в электрощитовой. Если это является абсолютно необходимым, можно разместить блок вторичного водяного охлаждения в защитной камере циклотрона, но при этом контроль уровней радиации становится затрудненным.

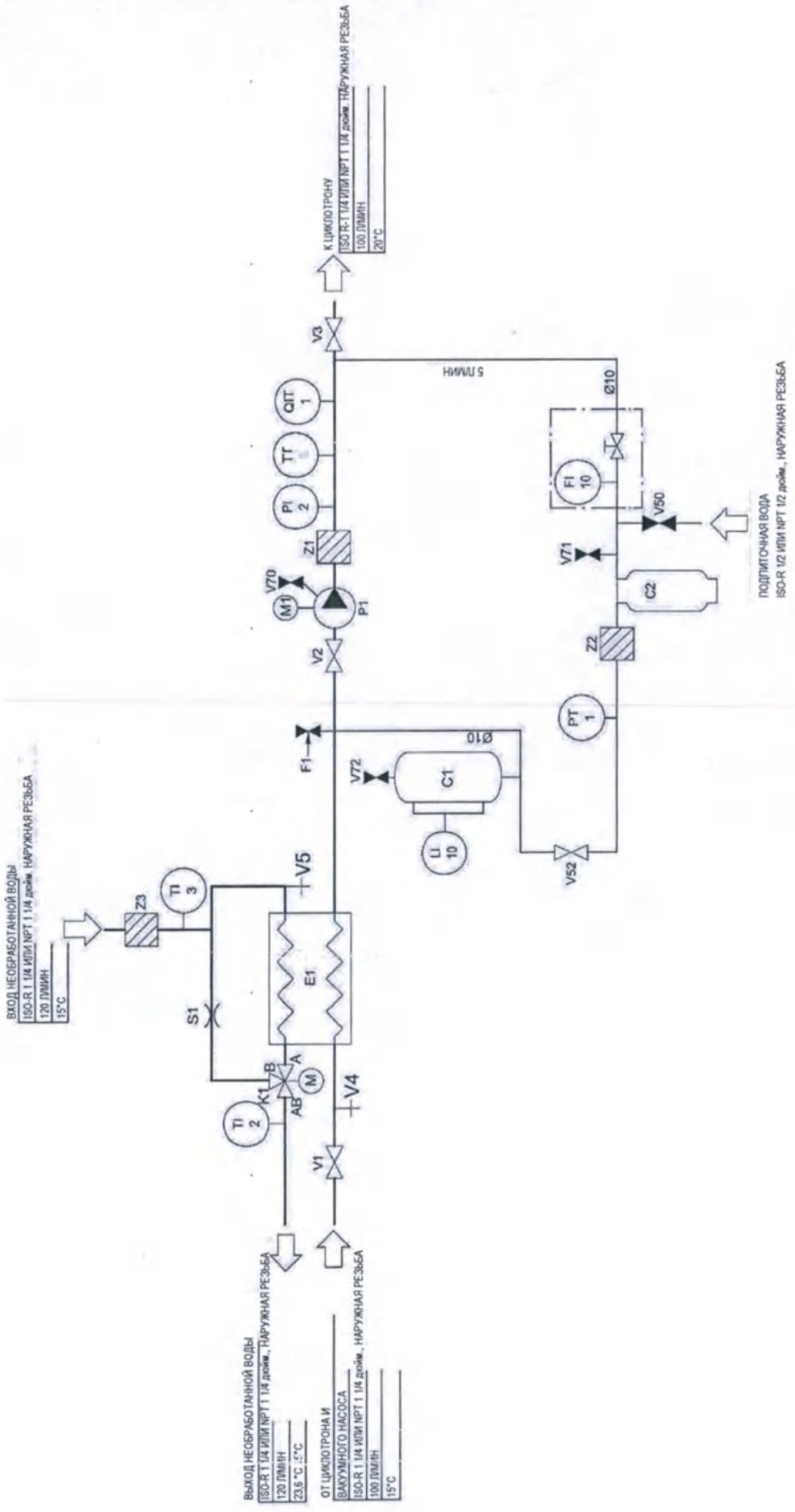
Комментарий
Не следует использовать трубопроводы/шланги с изгибами под острым углом и необходимо свести к минимуму количество изгибов между блоком *вторичного водяного охлаждения и водяным коллектором 1*.

Блок-схема блока вторичного водяного охлаждения представлена на рисунке 7-3.

Сведения о размерах блока вторичного водяного охлаждения содержатся в разделе 2-2-4 «Система охлаждения» на стр. 33.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 7-3: Блок вторичного водяного охлаждения, блок-схема



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-3-2 Водяные коллекторы

В состав циклотронной системы входят два водяных коллектора. Оба коллектора представлены на рисунке 7-2.

Водяной коллектор 1 монтируется на стену Модуль предназначен для подачи охлаждающей воды к ускорителю через резиновые шланги. Входящие подающие и возвратные водопроводы из ПВХ подсоединяются к главному водяному контуру через DN32.

Комментарий
Чтобы свести к минимуму риск недостаточного объема подаваемой к циклотрону охлаждающей воды, убедитесь в том, что водяной коллектор 1 располагается таким образом, чтобы длина водяных шлангов не превышала 7 метров.

Следует избегать образования на шлангах изгибов под острым углом, а также свести к минимуму количество изгибов на участке между коллектором и циклотроном, а также между коллектором и блоком вторичного водяного охлаждения.

Таблица 7-2: Резиновые шланги, водяной коллектор 1

Оборудование	Количество шлангов	Наружный диаметр
Главная обмотка	2	1/2 дюйм.
РЧ резонатор 1	2	3/8 дюйм.
РЧ резонатор 2	2	3/8 дюйм.
РЧ резонатор 3	2	3/8 дюйм.
Источник ионов	2	3/8 дюйм.
Мишени пр.	1	3/8 дюйм.
Мишени верхние	1	3/8 дюйм.
Мишени нижние	1	3/8 дюйм.
Вакуумная система	1	1/2 дюйм.
Вакуумная система	1	3/8 дюйм.

Допускается располагать водяной коллектор выходами вверх или вниз. Это обеспечивает технологическую гибкость прокладки резиновых шлангов.

От коллектора шланги можно проложить по потолочной реечной эстакаде или по подпольному каналу. Реечная эстакада или подпольный канал должны подсоединяться к стандартной циклотронной шахте, описание которой приведено в разделе 2-5-3 «Шахта циклотрона» на стр. 41.

Проект стандартной циклотронной шахты предусматривает достаточное пространство для размещения всех необходимых водяных шлангов, газопроводов и кабелей.

Как правило, водопроводы и шланги прокладываются отдельно от кабелей всех других типов.

Водяной коллектор 2 не обязательно должен монтироваться на стене. Он может располагаться на реечной эстакаде или под фальшполом максимально близко к PSMC и RFPG. Указанный водяной коллектор разделен на две части, предназначенные для подачи и возврата воды соответственно.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Комментарий
Водяные коллекторы должны располагаться над чувствительными электронными или электрическими компонентами.

Водяной коллектор 2 вклеивается в трубопроводы из ПВХ с подсоединением DN32. Он может устанавливаться в качестве оконечного устройства на трубопроводы из ПВХ или в качестве Т-образного соединителя.

Таблица 7-3: Резиновые шланги, водяной коллектор 2

Оборудование	Количество шлангов	Наружный диаметр
RFPG	2	1/2 дюйм.
PSMC	2	1/2 дюйм.

Первичная вода, подача которой обеспечивается заказчиком, подсоединяется к циклотронной системе в верхней части блока вторичного охлаждения. Стандарт DN32 применяется ко всем трубопроводам из ПВХ, используемым для первичной воды, так и для вторичной. Кроме того, один трубопровод DN15 соединяет блок вторичного охлаждения и водяной коллектор 1. Трубопровод возврата воды от вакуумной системы, как правило, подсоединяется к главному возвратному трубопроводу (DN32). Все соединения, и наружные и внутренние, входят в комплект поставки.

Таблица 7-4: Размеры трубопроводов из ПВХ

Водяной контур	Тип соединения	Соответствующий диаметр трубопровода, мм
Первичная / вторичная вода	DN32	40

7-4 *Межсоединения газопроводов*

На объекте устанавливается отвечающая требованиям система трубопроводов:

1 Между газовыми регуляторами заказчика и циклотроном

2 Между циклотроном и модулями химической обработки

Чтобы обеспечить соблюдение технических требований, предъявляемых к уровням радиохимической чистоты, высококачественные трубопроводы подлежат продувке в соответствии со специальными процедурами очистки. Важно исключить вероятность загрязнения другими средами, отличными от сред, рекомендованных GE.

Для трубопроводной системы предусмотрены соединения Swagelok стандартных размеров.

К установке газовых баллонов и регуляторов и соединительных газопроводов могут применяться федеральные и местные нормативные требования, а также требования, утвержденные на уровне штата. Заказчик несет ответственность за проектирование данной части системы и за установку.

Чтобы не откладывать запуск системы, важно обеспечить наличие всех необходимых газов к моменту ввода в работу циклотронной установки.

Рисунок 7-4 иллюстрирует все соединения, включенные в комплект поставки GE. За исключением трубопроводов, соединяющих газовые баллоны и газовые регуляторы со стороны заказчика, все трубопроводы для перекачки газа и жидкости и все соединительные элементы, указанные на рисунке, входят в комплект поставки GE.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Комментарий
Заказчик должен предоставить трубопроводы, соединяющие газовые баллоны и регуляторы со стороны заказчика. *См. раздел 1-4-8 «Распределение газов и жидких сред» на стр. 20.*

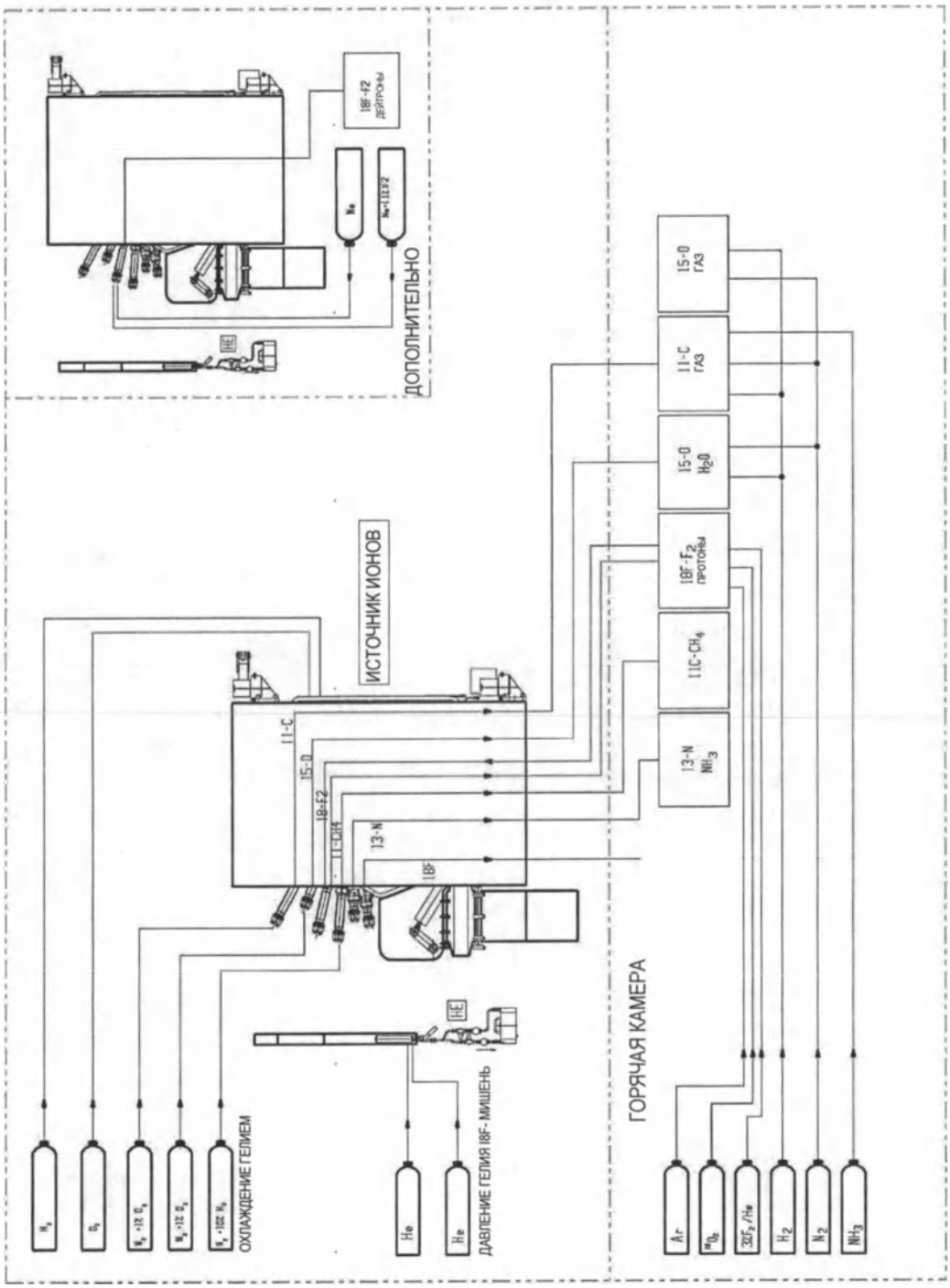
Пунктирными линиями обозначены дополнительные газопроводы, установка которых является необходимой только если в помещении для сканера предусматривается наличие системы администрирования газа.

Максимальная длина трубопроводов между мишенями и горячей камерой / шкафом управления составляет 40 метров.

Для получения сведений относительно размеров канала, предназначенного для прокладки трубопроводов для перекачки газов и жидких сред, см. раздел 2-5-3 «Шахта циклотрона» на стр. 41.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 7-4: Соединения газовой системы



ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

7-5 *Узлы и детали, поставляемые заказчиком*

В данном разделе приведен перечень узлов и деталей, поставляемых заказчиком, а также подробные сведения относительно их подсоединения к циклотронной системе.

Таблица 7-5: Электрические компоненты и проводка, поставляемые заказчиком

Сопутствующее оборудование	Материал и услуги, предоставляемые заказчиком
Главный распределительный щит	Предоставление и установка сетевой распределительной панели (СРП) с блокируемыми автоматами защиты. Установить кабели сетевого питания между ГРЩ и подсистемами циклотрона.
Кнопки аварийного отключения	Предоставление и установка аварийных выключателей нажимной кнопки с обозначением АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМЫ, оборудованной средствами защиты от неумышленного срабатывания. Аварийные выключатели должны располагаться рядом с каждым выходом из помещения для циклотрона и электрощитовой. См. Глава 6 Требования к питанию. (См. местные нормативные требования для получения подробной информации об установке аварийных выключателей).
Защитное отключающее устройство	Предоставление и установка защитного отключающего устройства для низкого напряжения и низкой мощности, конструкция которого предусматривает возможность локального и многоточечного удаленного управления. (Три полюса, 600 В перем. тока, соответствующая настройка срабатывания автомата защиты) См. Глава 6 Требования к питанию.
Питание главной системы	Предоставление и установка силовых розеток для главной системы и принтера (если таковые предусмотрены). *Комментарий Принтер не входит в объем поставки системы.*
Защитные блокировки	Предоставление компонентов защитной блокировки и проводки. Выключатели дверей, системные блокировки световой и звуковой сигнализации объекта и т. д. согласно требованиям федеральных и местных нормативных актов, а также нормативных актов, утвержденных на уровне штата.

Таблица 7-6: Предоставляемые заказчиков узлы, детали и трубопроводы системы охлаждения

Сопутствующее оборудование	Материал и услуги, предоставляемые заказчиком
Трубопроводы системы водяного охлаждения	Предоставление всех трубопроводов соединения первичного водяного охлаждения с блоком вторичного водяного охлаждения. Предоставление трубопровода перекачки вторичной (деионизированной) охлаждающей воды между блоком вторичного водяного охлаждения и водяными коллекторами. Обеспечение трубопроводов для подпиточной водопроводной воды к блоку вторичного охлаждения.
Подача воды к противоадиационному экрану	Оборудование устройств подачи и слива воды на максимальном приближении к противорадиационному экрану. Объем подаваемой воды составляет 200 л/мин (50 гал/мин) Стандартный водослив в полу 4 дюйм.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 7-7: Предоставляемые заказчиком узлы и детали газопроводной системы

Сопутствующее оборудование	Материал и услуги, предоставляемые заказчиком
Регуляторы газа	Предоставление регуляторов газа для всех газов, необходимых для работы циклотрона. См. раздел 5-14-4 «Предоставляемые заказчиком газовые регуляторы» на стр. 108.
Газовые трубы	Предоставление газовых трубопроводов, соединяющих газовые баллоны и регуляторы. См. раздел 5-14-5 «Предоставляемые заказчиком газовые трубопроводы» на стр. 108.
Подача сжатого воздуха	Чистый сухой воздух под давлением 0,6 МПа, расход 10 л/мин.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8 ДАННЫЕ ОБ ОТГРУЗКЕ И ДОСТАВКЕ

8-1 Требования к хранению

Если в течение некоторого времени необходимо хранение системы, то ее следует поместить на склад. Следует предусмотреть защиту от погодных факторов. Допустимый температурный диапазон хранения составляет от 5°C до 40 °C (от 41 °F до 104 °F) при относительной влажности от 30 % до 60 % без образования конденсата.

Для неэкранированной системы площадь поверхности хранения составляет 25 квадратных метров. Если в состав поставляемого комплекта оборудования входит встроенный противорадиационный экран, то требуемая площадь участка хранения удваивается до 50 квадратных метров.

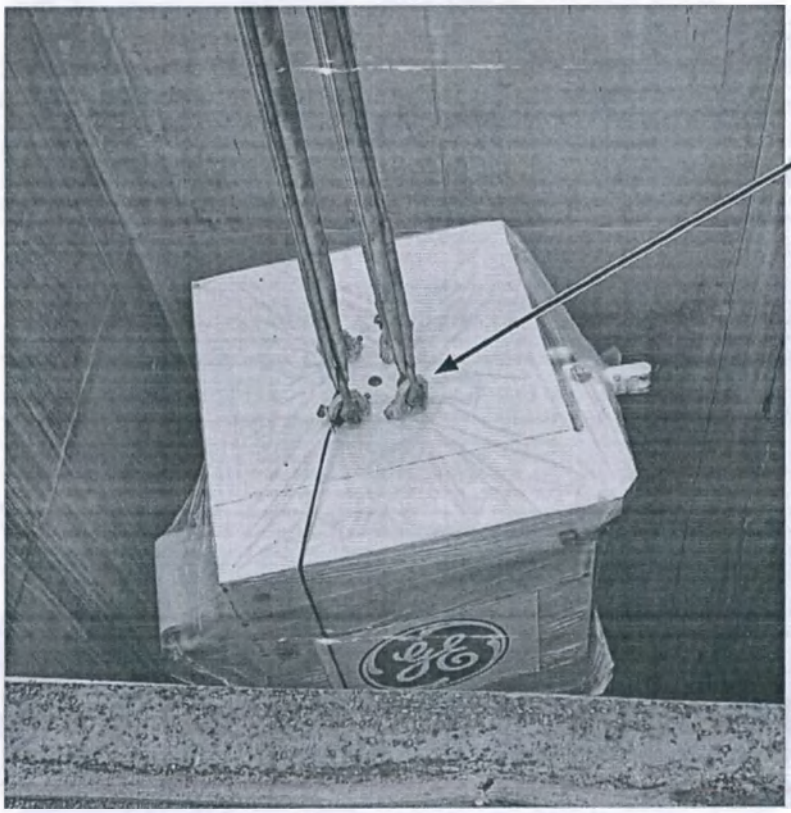
8-2 Требования к подъемно-транспортным операциям

За исключением вакуумной системы, противорадиационного экрана и панели мишени циклотрон и шкафы подсистем поставляются в полностью собранном состоянии. Необходимо нанять опытного инженера-монтажника, задачей которого станет планирование операций по разгрузке системы и осуществление надзора за выполнением указанных действий. Оптимальным методом разгрузки циклотрона является использование подвижного крана большой грузоподъемности. При транспортировании магнит ускорителя располагается в вертикальном положении, и в комплект поставки входят четыре рым-болта, которые крепятся к раме. Для разгрузки остальных ящиков следует воспользоваться краном, вилочным погрузчиком или погрузчиком с бортовым поворотом.

Такелажные ремни, используемые для разгрузки тяжелых деталей, должны соответствовать требованиям, указанным на этикетках, размещенных на верхней поверхности деталей. Крепление шарнирных рым-болтов должно быть проверено перед разгрузкой. Более подробная информация представлена в Разделе 8-2-1 Такелажные ремни и рым-болты на странице 142).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 8-1: Магнит ускорителя с установленными рым-болтами



По возможности следует выбирать прямолинейный маршрут доставки оборудования на участок установки от входа на объект, так как прохождение угловых участков может представлять сложность. Также при планировании маршрута следует учитывать не только вес самого магнита, но и вес подъемно-транспортного оборудования. Следует нанять инженера-строителя, задачей которого станет анализ маршрута перемещения магнита в помещении для циклотрона и определение допустимой нагрузки. Вдоль маршрута перемещения магнита может потребоваться армирование конструкции. При монтаже подъемные приспособления увеличивают высоту циклотрона приблизительно на 300 мм.

Самый тяжелый шкаф управления (дополнительно устанавливаемый ProCab) является вторым по весу оборудованием (3570 кг). Шкаф оборудован рым-болтами, предназначенными для подъема с использованием крана (необходимы подъемные стропы длиной ≥2 м) или же допускается его перемещение на поставляемый поддон с помощью вилочного погрузчика (грузоподъемностью ≥3600 кг/8000 фунтов)

ВНИМАНИЕ! Опасность опрокидывания

Вес шкафа обработки сосредоточен в его верхней части.

Защитные опорные ножки **запрещено** снимать до окончательного завершения процесса позиционирования шкафа и надлежащего крепления к стене в отличии от предварительного подъема, например, в целях обеспечения доступа через дверные проемы.

На иллюстрации в конце главы 2 «Планирование пространства» указан центр тяжести системных компонентов.

Дополнительный модуль отработанного газа весит приблизительно 1500 кг.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

8-2-1 Такелажные ремни и рым-болты

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Опасность ущемления

Используйте такелажные ремни, соответствующие техническим требованиям, указанных на этикетках тяжелых деталей.

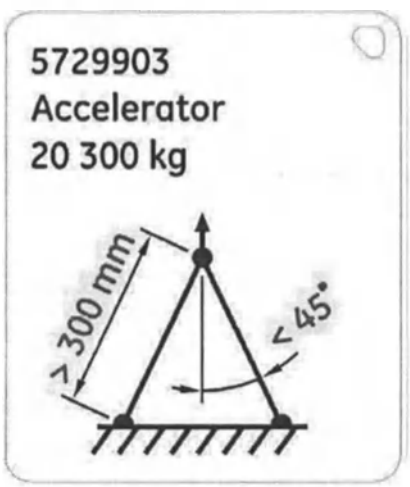
Крепление шарнирных рым-болтов осуществляется в соответствии с инструкциями.

Не поднимайте тяжелую деталь из горизонтального положения. Рым-болты должны быть направлены вверх.

Для обеспечения безопасного подъема тяжелых деталей длина и грузоподъемность такелажных ремней должны соответствовать указанным требованиям.
Кроме того, тяжелые детали снабжены шарнирными рым-болтами, которые необходимо правильно затянуть.

Этикетки тяжелых деталей
Каждая тяжелая деталь снабжена этикеткой с техническими характеристиками подъема, расположенной рядом с местоположением рым-болта (см. пример на Рисунке 8-2). На этикетке указан вес детали и, если у деталь имеется несколько рым-болтов, минимальная длина такелажного ремня между рым-болтом и крюком и максимальный угол.

Рисунок 8-2: Этикетка тяжелой детали (пример)



Accelerator	Ускоритель
20 300 kg	20300 кг
>300 mm	>300 мм

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

В таблице ниже показаны технические характеристики подъема тяжелых деталей системы.

Таблица 8-1. Технические требования для такелажного ремня – PETtrace 800

Деталь (количество болтов)	Вес (кг)	Минимальная длина ремня между болтом и крюком [мм]
Ускоритель (4)	20300	300
Шкаф RFPG (4)	750	960
Шкаф PSMC (4)	700	660
Шкаф 3 (CAB 3) (4)	240	590
Целевая приборная панель (1)	700	Н/П
Панель проводников 1-5 (5 шт.) (1)	925-1760	Н/П
ProCab[1] (4)	3570	760
Хранилище отработанного газа[1] (2)	1500	410
Шкаф Beamline[1] (4)	400	590
Quadropole[1] (2)	400	290
Бак защиты 1-8[1] (8 баков) (3)	285-580	720-1540

[1] Опционально

При выборе такелажных ремней для тяжелой детали соблюдайте следующие правила:

- Грузоподъемность должна соответствовать общепринятой практике, соответствующей техническим требованиям на этикетках.
- Минимальная длина между рым-болтами и крюком должна соответствовать техническим требованиям, указанным на этикетках, чтобы не допустить превышения допустимого угла.

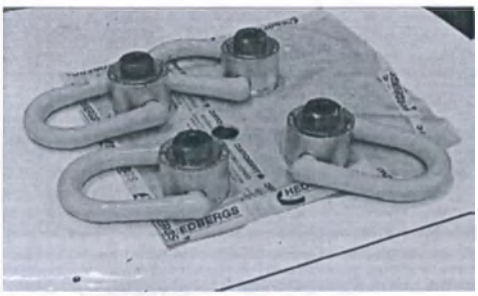
Шарнирный рым-болт

Все тяжелые детали оснащены шарнирными рым-болтами (см. Рисунок 8-3). рым-болты данного типа поворачиваются в направлении подъема груза, и потому предел рабочей нагрузки всегда рассчитывается в направлении нагрузки. Тем самым устраняется риск

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

искривления проушин или чрезмерного затягивания, которое может вызвать ненужную нагрузку на шток.

Рисунок 8-3: Шарнирные рым-болты



Рым-болты PETtrace 800 с ускорителем

Для закрепления шарнирного рым-болта:

1. Введите ключ-звездочку полностью в головку болта.

2. Хорошо затяните болт вручную.
3. Извлеките ключ-звездочку.

8-3 Минимальные требования к доступу

8-3-1 Размеры контейнера

Большая часть оборудования упаковывается в деревянные ящики. При транспортировании ящики, как правило, загружаются в 20-футовые контейнеры. Чтобы облегчить подъемные операции, магнит упаковывается в контейнер, который открывается с одной стороны. В таблице 8-2 указаны размеры ящика для неэкранированной циклотронной системы

Таблица 8-2: Размеры контейнера для неэкранированного циклотрона

Содержимое	Размеры ШхГхВ, см	Размеры, дюймы Ш x Г x В	Вес, кг	Вес, фунты
Водяной коллектор, панель мишени	109 × 180 × 108	43 × 71 × 42,5	400	880
Вакуумный насос, Мастер-станция	109 × 180 × 108	43 × 71 × 42,5	510	1122
Передняя рама панели мишени (1)	200 × 80 × 40	79 × 32 × 16	725	1595

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Содержимое	Размеры ШхГхВ, см	Размеры, дюймы Ш x Г x В	Вес, кг	Вес, фунты
Шкаф 1, PSMC	97 × 72 × 205	38 × 28,5 × 81	755	1661
Шкаф 3, ACS	90 × 98 × 210	35,5 × 38,5 × 83	350	770
Система водяного охлаждения	150 × 86 × 186	59 × 34 × 73	500	1110
Шкаф 2, RFPG	95 × 135 × 207	37,5 × 53 x 81,5	612	1346
РЧ-кабель	170 × 30 × 170	67 × 12 × 67	40	88
Кабель	120 x 80 x 60	47,5 x 32 × 24	385	847
Электромагнит	200 × 135 × 225	79 × 53 x 88,5	20300	44660
Кабельный канал, пластмассовая шайба	250 × 20 × 20	98,5 × 8 × 8	40	88
Противорадиац. экран мишени VG-TTB/30-GE	70 × 40 × 70	27,6 × 16 × 27,6	250	550
Установочная коробка (инструментальный ящик)	160 × 85 × 90	63 × 33,5 × 35,5	400	880
Панель обработки 150, C11 ProCab с панелями	60 × 80 × 73 100 × 110 × 225	24 × 32 × 28,7 39,4 × 43,3 × 88,5	3570	7870
Хранение отработанного газа	120 × 80 × 110	47,5 × 32 × 43,3	1500	3300

Когда в комплект поставки входит встраиваемый противорадиационный экран, полезный объем контейнера удваивается.

В таблице 8-3 указаны размеры ящика, предназначенного для противорадиационного экрана.

Таблица 8-3: Размеры ящика для противорадиационного экрана

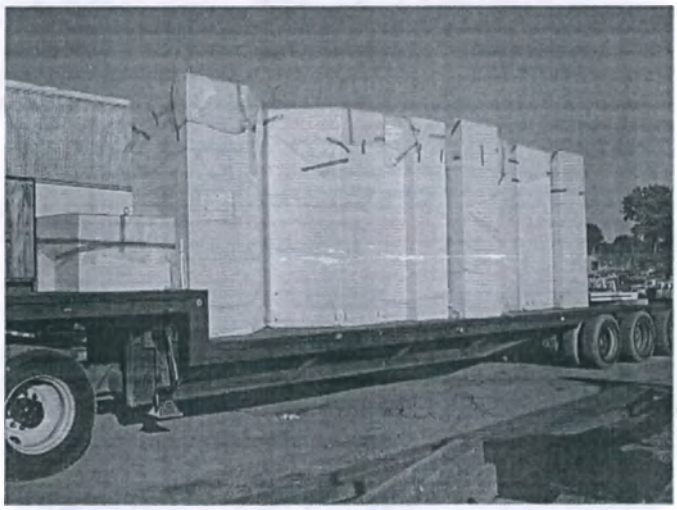
Содержимое	Размер, см Ш x Г x В	Размеры Ш x Г x В, дюймы	Вес, кг	Вес, фунты
Воздушный компрессор	145 × 80 × 97	57,2 × 32 × 38,2	215	473
Задняя рама (поз. 2)	210 x 80 x 34	83 × 32 × 13,4	1295	2849
Рама двери (поз. 3)	200 × 80 × 47	79 × 32 × 18,5	1385	3047
Откидная сторона рамы (поз. 6)	170 × 80 x45	67 × 32 × 17,7	1090	2398
Рама экрана (поз. 7)	170 × 87 × 27	67 × 34,3 × 10,6	1670	3674
Дополнительные материалы противорад. экрана	60 × 80 × 130	24 × 32 × 51,2	250	550
Дополнительные материалы противорад. экрана	60 × 80 × 170	24 × 32 × 67	570	1254
Песок, возд. коллектор противорад. экрана	60 × 80 × 98	24 × 32 × 38,6	460	1012
Кабельный лоток лестничного типа	600 × 40 × 5	236 × 16 × 2	18	40
Свинцовая пластина N, O, P, X, Y	120 × 80 × 32	48 × 32 × 12,6	780	1716
Свинцовая пластина 0	120 × 80 × 38	48 × 32 × 15	1160	2552
Свинцовая пластина M, Z	120 × 80 × 30	48 × 32 × 12	760	1672
Свинцовые кирпичи ~69 шт. (4 поддона)	120 × 80 × 29	48 × 32 × 11,4	800	1760

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Содержимое	Размер, см Ш x Г x В	Размеры Ш x Г x В, дюймы	Вес, кг	Вес, фунты
Свинцовые кирпичи 66 шт., свинцовые шайбы	120 × 80 × 28	48 × 32 × 11	800	1760
Установочные материалы	120 × 80 × 113	48 × 32 × 44,5	220	484
Резервуар для смешивания	150 × 315 × 220	59 × 124 × 86,6	500	1100
Пятиводный бур (4 поддона)	122 × 80 × 135	48 × 32 × 53,2	1000	2200
Борная кислота (4 поддона)	126 × 80 × 135	49,6 × 32 × 53,2	1000	2200
Резервуар 1 экрана	270 × 170 × 114	106,5 × 67 × 45	477	1050
Резервуар 2 экрана	270 × 115 × 80	106,5 × 45,5 × 32	333	735
Резервуар 3 экрана	270 × 100 × 95	106,5 × 39,5 × 37,5	360	800
Резервуар 4 экрана	270 × 167 × 135	106,5 × 66 × 53	555	1225
Резервуар 5 экрана	270 × 147 × 135	106,5 × 58 × 53	514	1135
Резервуар 6 экрана	270 × 211 × 99	106,5 × 83 × 39	585	1290
Резервуар 7 экрана	270 × 147 × 114	106,5 × 58 × 45	441	975
Резервуар 8 экрана	209 × 131 × 70	82,5 × 51,5 × 27,5	261	575
Нижняя правая пластина	228 × 166 × 5	90 × 65,5 × 2	800	1760
Нижняя левая пластина	228 × 166 × 5	90 × 65,5 × 2	800	1760
Защитное ограждение	170 × 80 × 50	67 × 32 × 20	140	310

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Рисунок 8-4: Поставка экрана



8-3-2 Требования к доступу для системы без тары

В таблице 8-4 изложены минимальные требования к зазорам, которые должны быть обеспечены для дверей и проходов. В таблице 8-5 указаны минимальные размеры люка в потолке, которые необходимо предусмотреть для доставки ускорителя и противорадиационных экранов краном.

Таблица 8-4: Минимальные размеры прохода и двери

Узел или деталь	Минимальная ширина прохода / дверного проема, мм (дюймы)	Минимальная высота прохода / дверного проема, мм (дюймы)
Электромагнит	2000 (79)	2300 (91)
RFPG	900 (36)	1900 (75)
PSMC	700 (28)	1900 (75)
Шкаф управления	700 (28)	1900 (75)
Шкаф обработки (ProCab)	700 (28)	2100 (83)
Встроенный экран для защиты от радиации	1800 (71)	2300 (91)
Система водяного охлаждения	900 (36)	1900 (75)

Таблица 8-5: Минимальный размер потолочного люка

Узел или деталь	Минимальные размеры люка, мм × м (дюймов × дюйм)
Циклотрон	2200 × 1600 (87 × 63)
Экран для защиты от радиации	2300x 1800 (91 × 71)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Таблица 8-6: Размеры заменяемого компонента

Узел или деталь	Приблизительный вес, кг (фунты)	Габаритные размеры Ш × Г × В, мм	Габаритные размеры Ш × Г × В, дюймы
Главные обмотки	900 (1980)	230 × 1300 × 1300	9 × 51 × 51
Узлы и детали вакуумного насоса	60 (132)	600 × 600 × 1000	24 × 24 × 39,5
Вакуумная камера	400 (880)	1150 × 1700 × 300	45,5 × 67 × 12

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

9 ГОТОВНОСТЬ ОБЪЕКТА

Комментарий
Все работы должны проводиться в полном соответствии с применимыми правилами техники безопасности, утвержденными на федеральном или местном уровне, а также на уровне штата.

Готовность объекта для каждого комплекса монтажных работ должна подтверждаться специалистами компании GE по итогам проведения инспекции на объекте. Инспектор GE должен заполнить *Контрольный лист запроса на поставку и установку циклотрона*(см. следующие страницы в данном разделе) и направить его вместе с сопроводительной документацией, цифровыми фотографиями и письменными формами в соответствующий TCM и руководителю монтажных работ RP.

означает, что должны быть предоставлены фотографии. Размер каждой фотографии должен быть менее 0,5 Мб.

График поставки оборудования и выполнения работ должен быть составлен после подтверждения готовности объекта.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Запрос на поставку и установку циклотрона ред. E	
Информация об объекте	**Контактная информация руководителя проекта со стороны GE на объекте**
Название объекта: **Город:** **Адрес:**	**Фамилия:** **Мобильный телефон:** **Эл. почта:**
Информация о заказе	**Контактная информация о представителе на объекте (инженер по эксплуатации, распределитель)**
GON: **Расчетный счет / номер заказа:** **Договор о финансировании:**	**Фамилия:** **Мобильный телефон:** **Эл. почта:**
Как добраться	**Контактные сведения**
Ближайший аэропорт: **Рекомендованные отели (уровень GE):** **Транспорт до объекта заказчика:** Такси / общественный транспорт / аренда машины	**Фамилия:** **Мобильный телефон:** **Эл. почта:**
Общие указания	**Контактная информация представителя по вопросам ОТ,ПБ и ООС**
	Фамилия: **Мобильный телефон:** **Эл. почта:**

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Готовность производства (P)	#	Проверено дата	Комментарии
Готовность объекта для будущего производства	**P1**		
1. Проверка однозначного понимания представителями объекта (инженером по эксплуатации или заказчиком) *порядка размещения заказа на детали и дополнительные принадлежности* для будущего производства.		1.	1.
2. Проверка однозначного понимания представителями объекта (инженером по эксплуатации или заказчиком) *порядка обращения в организацию по обслуживанию и подачи и рассмотрения жалоб,* когда это необходимо.		2.	2.
Примечание. Для обслуживания и поставки запасных частей воздушного компрессора Atlas Copco (только самоэкранированные системы PETtrace 800) обратитесь напрямую к представителю компании Atlas Copco.			

Наливной эпоксидный пол (только самоэкранированные системы PETtrace 800) (E)	#	Проверено дата	Комментарии
Готовность напольного покрытия к нанесению слоя эпоксидной смолы 1. Бетонный пол чистый и сухой	**E1**	1.	1.
2. Все допуски напольного покрытия соответствуют техническим требованиям. Предоставление в составе пакета документации соответствующего отчета.		2.	2.
3. Обеспечены условия окружающей среды на площадке: 20-27°C (градусов Цельсия) за 72 часа до заливки. Работают все осветительные приборы, обеспечиваются энергоснабжение и надлежащий воздухообмен.		3.	3.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПЕРВЫЙ ЭТАП: Отгрузка и поставка (D)	#	Проверено дата	Комментарии
DI: На объекте предусмотрены средства защиты от хищения или повреждения поставленного оборудования, инструмента и испытательного оборудования компании GE.	**D1**		
1. Наличие *запираемого безопасного помещения* (рекомендованная площадь 15+ м²) для временного хранения распакованных, неустановленных изделий и инструмента.		1.	1.
D2: Строительные требования перед поставкой оборудования, предъявляемые к помещению для магнита циклотрона / защитной камере и электрощитовой, соблюдены.	**D2**		
1. Потолочная плитка и решетки не установлены. На этапе реализации механических монтажных работ должен быть обеспечен доступ к кабельным каналам и реечным эстакадам.		1.	1.
2. Все работы, сопровождающие образованием пыли, должны быть завершены до поставки системы. Это является гарантией, как и вопросы, связанные с ОТ, ПБ и ООС.		2.	2.
3. Осуществляется контроль*температуры и влажности*: Относит. влажность 30-60% / 18-25°C (градусов Цельсия).		3.	3. Влажность [%]:_____ Темп. [Градусы Цельсия]:_____
4. Завершены окончательная обработка, очистка, сушка всех *бетонных поверхностей*, включая полы, траншеи, шахты и стены, при этом параметры указанных поверхностей соответствуют техническим требованиям. **Примечание.** Размеры шахты для циклотрона имеют крайне важной значение для самоэкранированной системы.		4.	4.
5. После того, как оборудование прибывает на объект собственника, именно к собственнику переходит ответственность за обеспечение *защиты оборудования от хищения и повреждения.* Рекомендуется укрыть оборудование и нанести на него маркировку: «Ломкое! Не использовать в качестве рабочей поверхности» до полного завершения монтажа.		5.	5.
D3: Командой собственника обеспечено соответствие всем проектным критериям, предъявляемым к зданию	**D3**		
1. Проведите обзор комплекта чертежей GE и предоставляемых собственником строительных чертежей, чтобы убедиться в том, что все детали, имеющиеся на чертеже GE, учтены в конструкции. Помимо прочего, это относится к размерам шахты и траншей, высоте потолков, расположению каналов и т. д.		1.	1. Расходомер на первичной стороне: ☐ да ☐ нет
2. В комплекте с этим документом должны предоставляться копии исполнительных чертежей.		2.	2.
D4: Выделенное пространство для сортировочного и промежуточного оборудования, используемого на этапе поставки и выполнения механических монтажных работ.	**D4**		
1. Для осуществления поставки самоэкранированной системы PETtrace 800 (SSPT) необходима площадь 100+ м² (квадратных метров). Пространство может быть выделено внутри здания или за его пределами при условии соблюдения все требований к безопасности.		1.	1.
2. *Маршрут поставки* оборудования подлежит определению и утверждению инженерной службой собственника. Маршрут должен полностью отвечать требований, предъявляемым к зазорам и максимальному весу. См. раздел «Минимальные требования к доступу» данного руководства.		2.	2.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПЕРВЫЙ ЭТАП: Отгрузка и поставка (D)	#	Проверено дата	Комментарии
3. **На этапе механических монтажных работ для самоэкранированного циклотрона PETtrace 800 требуется *выделенное пространство для хранения*** и смешивания водного раствора бора. В зоне установки резервуара для перемешивания необходимо обеспечить надлежащие зазоры для поставки резервуара и его демонтажа, а для процесса перемешивания необходим подвод требуемой мощности и больших объемов нагретой воды. *Уклоны* необходимы для прокладки наполнительных шлангов. *Желоба* необходимы для сбора любых разливов из соединений шлангов, которые могут произойти при заполнении резервуаров из заправочного бака.		3.	3.
4. Имеется выделенное пространство для хранения отходов (приблиз. 15–20 м² (квадратных метров)). Имеются указания относительно сортировки и упаковывания отходов в соответствии с законами и нормативными актами штата и/или местных властей. См. раздел «Очистка и отходы» данного руководства.		4.	4.
D5: Соблюдение правил ОТ, ПБ и ООС	**D5**		
1. В наличии имеются соответствующие средства индивидуальной защиты (СИЗ), а также инструмент для доставки и разгрузки оборудования. (Минимальные требования к СИЗ и инструменту указаны в *PETtrace 800 series Installation Manual. (инстр 2131771-100).*		1.	1.
2. Персоналу, задействованному в доставке и разгрузке оборудования, выданы рабочие инструкции и представлена информация о безопасных методах работы в соответствии с *PETtrace 800 series Installation Manual (инстр. 2131771-100).*		2.	2.
D6: Наличие копии лицензий собственника	**D6**		
В зависимости от местоположения объекта могут отличаться требования к лицензиям и разрешениям. Может требоваться лицензия или разрешение на доставку оборудования, установку оборудования, производства радиоактивных веществ в циклотроне, перемещение изотопов в горячую камеру и т. д.			
1. У членов локальной команды GE должно иметься четкое и подробное понимание требований к лицензированию, применимых к конкретному проекту.		1.	1.
2. Копия(и) требуемой(ых) лицензии(й) и/или разрешений, оформляемых в рамках реализации каждого этапа данного проекта должны предоставляться вместе с этим документом до начал работ, которые входят в состав следующего этапа.		2.	2.

ВТОРОЙ ЭТАП: Механические монтажные работы (M)	#	Проверено дата	Комментарии
M1: Объект отвечает требованиям к ОТ, ПБ и ООС (обеспечена чистота и безопасность рабочей среды)	**M1**		
1. Сухой *пол*; надлежащее*освещение* для мелкой работы; воздух без содержания пыли, отсутствие оголенных электрических проводов; контроль температуры и влажности^ *ограниченное количество рабочих-строителей* на участке установки любых единиц оборудования GE /в рабочих зонах; бункер, внутренние поверхности *каналов и траншей* чистые и сухие; *туалеты* имеются; *устройства для мытья рук* имеются, например, после работы со свинцом для самоэкранированного циклотрона PETtrace 800, и т. д.		1.	1.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ВТОРОЙ ЭТАП: Механические монтажные работы (М)	#	Проверено дата	Комментарии
2. Только самоэкранированные системы PETtrace 800: Готовы к работе персонал и оборудование (грузоподъемность не менее 200 кг; высота подъема по меньшей мере 3 м), необходимые для перемещения свинцовых пластин и свинцовых кирпичей на участок установки. См. *PETtrace 800 series Radiation Shield Installation Manual* (инстр. 2169053-100).		2.	2.
3. Все спорные вопросы должны быть решены до прибытия сотрудников компании GE на объект.		3.	3.
4. В разделе примечаний в данном столбце укажите фамилию и номер мобильного телефона сотрудника, ответственного за ОТ, ПБ и ООС.		4.	4. Фамилия:_____ Номер моб. телефона: _____
М2: Строительные работы после поставки в помещении для магнита циклотрона / защитной камере и в помещении для установки электронных деталей выполнены на 100% согласно чертежам компании GE и строительным чертежам, предоставленным собственником.	**М2**		
1. За исключением: Потолочных плит; сетевых силовых соединений к шкафам электронного оборудования и БРП; окончательные водопроводные соединения с блоком водяного охлаждения (SwedeWater) и водяными коллекторами GE,		1.	1.
2. *Маршруты доставки* оборудования и точки доступа закрыты и закончены.		2.	2.
3. Выполнены подключение, промывка и испытания на герметичность *водоохлаждающей установки* циклотрона.		3.	3.
4. *Подвод подпиточной воды* подготовлен к эксплуатации и располагается рядом с блоком водяного охлаждения.		4.	4.
5. Система ОВКВ полностью готова к работе, включая надлежащую настройку фаз с последующим подключением сетевого питания к *СРП*.		5.	5.
М3: Необходимые для работы системы газовые баллоны и система сжатого воздуха + регуляторы установлены в соответствии с нормативными требованиями, применимыми к взрывоопасным и токсичным газам.	**М3**		
1. Предоставляемая собственником *система сжатого воздуха* (автономная) установлена и готова к подаче чистого / сухого / безмасляного воздуха (6-8 бар).		1.	1.
2. *Пространство для хранения газа* подготовлено (конкретные требования к хранению могут отличаться в зависимости от участка и типа используемых на конкретном объекте газов), *газовый трубопровод* установлен и продут инертным газом; все необходимые *газовые баллоны* и *регуляторы* доставлены на объект и установлены (см. раздел *Требования к инженерной инфраструктуре* данного руководства).		2.	2.
М4: Выполнен механической монтаж и приемка на объекте вспомогательного оборудования циклотронной системы, предоставляемого собственником (указанное вспомогательное оборудование полностью готово к работе)	**М4**		
1. *Система выброса радиоактивных отходов,* включая все фильтры, установлена и полностью готова к работе.		1.	1.
2. Все *горячие камеры*, включая выпускную и дополнительные, установлены и полностью готовы к работе.		2.	2.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ВТОРОЙ ЭТАП: Механические монтажные работы (M)	#	Проверено дата	Комментарии
3. *Системы защитных блокировок* для циклотрона, горячих камер, дверей и т. д. установлены и полностью готовы к работе.		3.	3.

ВТОРОЙ ЭТАП: Механические монтажные работы (M)	#	Проверено дата	Комментарии
M5: SI на изделия подлежит заполнению до или в процессе реализации этапа механического монтажа на объекте	**M5**		
1. Слесарь-трубопроводчик и электрик компании-собственника должны окончательно подготовить все соединения и выполнить проверку электрической, водопроводной систем и системы сжатого воздуха в течение первых 5 дней пребывания на объекте специалистов команды механического монтажа компании GE. Компания GE предоставит рекомендации и указания относительно точек подсоединения.		1.	1.

ТРЕТИЙ ЭТАП: Запуск и калибровка (S)	#	Проверено дата	Комментарии
S1: Строительные работы выполнены в полном объеме, включая действия, указанные в «перечне замечаний».	**S1**		
1. Потолочные панели и *стационарные осветительные приборы* установлены на всех участках объекта установки циклотронной системы.		1.	1.
2. **Завершены работы по установке *трубопроводов подачи охлаждающей воды циклотрона*** (блок вторичного водяного охлаждения — коллекторы GE), выполнены испытания на герметичность (12 бар) и все утечки устранены.		2.	2. Тестовое давление, бар:_____ Время испытания, ч: _____
3. *Источник сжатого воздуха* подсоединен к поставляемому GE коллектору сжатого воздуха.		3.	3.
4. Постоянное сетевое питание подключено к *БРП* и всем *поставляемым компанией GE шкафам электронного оборудования.*		4.	4.
5. Выполнена проверка заземления всех единиц оборудования в соответствии с *Указаниями по непрерывности испытания на заземление (DOC1653524).* (Сопротивление не должно превышать 0,2 Ом)		5.	5. Приложите к данному контрольному листу протокол выполненного испытания.
S2: Убедитесь в том, что все требования к лицензированию для собственника и компании GE соблюдены	**S2**		
1. Подтверждено разрешение на производство радиоизотопов и их перемещение в горячие камеры.		1.	1.
2. Зона контролируемого уровня радиации обозначена, непрерывно контролируется и усиливается собственником. Выполнена установка, калибровка и обеспечена полная готовность к работе *системы мониторинга уровня радиации* .		2.	2.
3. Система защитной блокировки введена в эксплуатацию и подключена к *БСЗ.*		3.	3.
4. Все узлы и детали *противорадиационного экрана* установлены (технологические линии, траншеи, линии транзита в горячие камеры, выпускные фильтры и т. д.).		4.	4.
5. Горячие камеры полностью введены в эксплуатацию.		5.	5.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ТРЕТИЙ ЭТАП: Запуск и калибровка (S)	#	Проверено дата	Комментарии
S3: Откалиброванный калибратор дозы установлен в соответствующей горячей камере или экранированной среде.	S3		
1. Поставщик: _____		1.	1. Укажите поставщика
2. Диапазон измерения активности: _____(Ки/ГБк)		2.	2. Укажите диапазон активности
3. Дата проведения калибровки: _____		3.	3. Укажите дату проведения калибровки
S4: Имеющееся в наличии лабораторное оборудование и источники	S4		
1. *Весы* для взвешивания доставляемых доз мишеней имеются в наличии.		1.	1.
2. В наличии имеются вода-мишень O^{16} и *этанол*.		2.	2.
S5: Главная станция управления	S5		
1. *Контакт RJ45* установлен для удаленного подключения к сети интернет (InSite).		1.	1.
2. *Принтер* для главной системы установлен. (принтер не входит в комплект поставки) **Примечание.** Рекомендованные принтеры: Hewlett Packard™ (LaserJet™ или аналогичная модель).		2.	2. Модель принтера:
S6: Назначено должностное лицо по вопросам радиационной безопасности и имеются дозиметры	S6		
1. В разделе примечаний в данном столбце укажите фамилию и номер мобильного телефона ответственного по вопросам радиационной безопасности, который будет руководить действиями монтажной команды и осуществлять надзор за их работой в целях обеспечения соответствия правилам радиационной безопасности и выполнения соответствующих испытаний членами монтажной команды.		1.	1. Фамилия:_____ Номер мобильного телефона: _____
2. Наличие переносных радиационных дозиметров.		2.	2. Переносной радиационный дозиметр имеется в наличии: ☐ да ☐ нет

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

10 ИНСТРУМЕНТ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

10-1 Введение

В следующем разделе перечислен инструмент и испытательное оборудование, необходимое для установки и калибровки системы циклотрона.

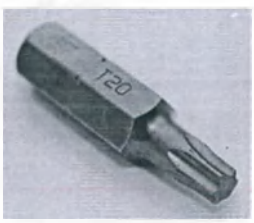
10-2 Оборудование, предоставляемое специалистом по подготовке грузов/клиентом

1 Кран с достаточной грузоподъемностью и длиной стрелы для выгрузки магнита из грузовика и установки в конечной точке применения.

2 Стальные напольные плиты, предназначенные для защиты пола при транспортировании магнита, 36 × 12 × 0,25 дюйма

3 Деревянные блоки разных размеров.

4 Беспроводной шуруповерт, оснащенный битами T20 Torx для разборки упаковочных материалов.



5 Домкраты и дополнительные принадлежности для подъема магнита, грузоподъемность 20 тонн (45 000 фунтов).

6 Оборудование для выгрузки и перемещения ящиков (например, вилочный погрузчик, ручные тележки и т. д.).

7 Такелажные ремни достаточной длины и грузоподъемности (см. Раздел 8-2-1 Такелажные ремни и рым-болты на странице 142).

8 Подъемники панелей для фальшпола.

9 Желоба для прохода между шлангами при заполнении резервуаров противорадиационного экрана.

10 Канал для сбора любых разливов из соединений шлангов, которые могут произойти при заполнении резервуаров противорадиационного экрана из заправочного бака

10-3 Монтажное оборудование

Для получения сведений относительно монтажного оборудования, см. *PETtrace 800 series Installation Manual* (инстр. 2131771-100).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИСПЫТАНИЙ

11-1 Введение

На объекте должна располагаться оборудованная химическая лаборатория, предназначенная для анализа мощности, радионуклидной чистоты и химической чистоты радиоизотопов. Поскольку химический анализ входит в состав комплекса приемочных испытаний объекта, в лаборатории в горячей камере должно быть установлено аналитическое оборудование, при этом его калибровка должны быть выполнена до завершения установки циклотронной системы. В штате сотрудников объекта должны быть квалифицированные специалисты, обеспечивающие работу химической лаборатории. Персонал лаборатории должен присутствовать при проведении анализа в рамках приемочных испытаний.

Все химические реагенты, необходимые для работы циклотронной системы, должны быть предоставлены заказчиком. Поставщики и формулировки могут отличаться в зависимости от страны.

11-2 Химические реагенты, необходимые для проведения испытаний

Для получения сведений относительно химических реагентов, которые должны иметься в наличии при проведении испытаний циклотронной системы, пожалуйста, обратитесь к специалистам GEMS PET Systems AB в г. Уппсала, Швеция.

11-3 Химические реагенты, участвующие в технологическом процессе

Для получения сведений относительно химических реагентов, которые должны иметься в наличии для производства в циклотроне радиоактивных индикаторов, обратитесь к специалистам GEMS PET Systems AB в г. Уппсала, Швеция.

11-4 Другие химические реагенты

Следующие химические реагенты необходимы для проведения очистки:

- Ацетон
- Диэтиловый эфир
- Дистиллированная, деионизированная или наночистая вода (для очистки системы обработки аммиака)
- Этанол или метанол
- 2-пропанол

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

11-5 Оборудование для анализа

В таблице 11-1 представлен перечень единиц аналитического оборудования См. подробное описание каждого конкретного проекта.

Таблица 11-1: Оборудование для анализа

Поз.
Оборудование для тонкослойной хроматографии, включая:
Сканер для тонкослойной хроматографии (рекомендуется BIOSCAN AC Scan)
Источник пластмассовых или стеклянных пластин для тонкослойной хроматографии
Камера для проявления пластин
Микропипетка или микрошприцы или капиллярные трубки
Стол для разрезки пластин
Лабораторная посуда для подготовки раствора
Вытяжной шкаф или хорошо вентилируемая зона
Оборудование для газовой хроматографии, включая:
Газовый хроматограф
Нагреваемый инжектор
Детектор по теплопроводности
Пламенно-ионизационный детектор
Детектор радиоактивности
Колонки: Молекулярные сита, Carbosphere 80/100, Porapak Q 80/100 (все колонки должны быть набивными, а не капиллярными)
Источники газов (гелий, азот) и растворители
Герметичные микрошприцы объемом 1-10 микролитров
Арматура, трубки из нержавеющей стали, дополнительные принадлежности
Дозкалибратор для измерения активности в диапазоне от 10 мкКи до 5 Ки (Рекомендуется использовать дозкалибратор Capintec)
Система высокоэффективной жидкостной хроматографии (не является обязательной, но может оказаться полезной), включая:

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Ультрафиолетовый детектор
Детектор радиоактивности
Высоконапорный кран-дозатор
Колонка амино-производного кремния и колонка для обращённо-фазовой хроматографии
Фильтры предколонки
Программируемый насос для градиента растворителя
Станция подготовки растворителя
Шприцы для высокоэффективной жидкостной хроматографии
Принадлежности: дополнительные трубки, арматура, инструменты
Компьютер с принтером для хранения данных и формирования отчета

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРИЛОЖЕНИЕ A ГЛОССАРИЙ

Глоссарий терминов, аббревиатур и сокращений

В приложении A приведен перечень общих терминов, аббревиатур и сокращений, которые использованы в различных руководствах по циклотронной системе. Как правило, расшифровка сокращений также приводится при первом появлении термина в тексте каждой главы.

A

AI	Панель аналогового входа
AO	Панель аналогового выхода
ACSIP	Система управления ускорителем — производство изотопов
ATCP	Программа испытания и настройки конфигурации ускорителя

B

B	Обратный / оборотный клапан в технологическом выходе
BCA	Панель анализатора силы тока пучка
BEV	Выпускной клапан пучка
BV	Оборотный клапан

C

c	Колонка
CB	Автомат защиты
CC	Колонка в химической системе ^{11}C
CCS	Система управления химическим составом
CIU	Интерфейсный блок управления
CO	Колонка в химической системе ^{15}O
CPU	Центральный блок управления
CWM	Коллектор охлаждающей воды

D

DCM	Сервоплата двигателя пост. тока
DIO	Панель цифрового входа/выхода
DP	Диффузионный насос (глубокий вакуум)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

DPA	Усилитель мощности привода (RFPG)
DPC	Подвесной пульт управления двери
DPSU	Блок питания привода (RFPG)
E	
EOB	Завершение бомбардировки
EOP	Завершение процесса
EOS	Завершение синтеза
F	
F	Регулятор расхода
FWD, FWD PWR	Мощность в прямом направлении (RF)
G	
GSPU	Блок питания экрана из сетки (RFPG)
L	
L1-L3	Сетевое напряжение, фазы с 1-й по 3-ю
LPP	Панель жидкого продукта
LTF	Наполнитель жидкостной мишени
M	
M	Точный измерительный клапан
MCS	Главная система (система управления)
MSB	Главная коммутаторная коробка
N	
N	Сетевое напряжение, нейтральный провод
NAEU	Клеммная коробка системы обработки аммиака (Блок электронного управления системы обработки аммиака)
NAPS	Система обработки аммиака (^{13}N-NH_3)
O	
O	Печь
OC	Печь, химическая система ^{11}C
OO	Печь, химическая система ^{15}O

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

OPP	Панель продукта Кислород-15
OWPS	Модуль обработки H_2O (система обработки ^{15}O-воды)
P	
PE	Защитное заземление
PEN	Вакуумметр Пеннинга
PIR	Вакуумметр Пирани
PRS	Противорадиационный экран PETtrace
PSARC	Источник питания для источника ионов (дуга)
PSMC	Источник питания магнита (главная обмотка)
PSS	Система обслуживания PETtrace 800
PWR	Электропитание
R	
RCAV	РЧ резонатор
REFL, REFL PWR	Отраженная мощность (РЧ)
RFPG	Генератор РЧ-мощности
RP	Ротационный насос (форвакуумный)
RSC	Компрессор противорадиационного экрана (с ресивером)
RSM	Коллектор сжатого воздуха противорадиационного экрана
RV	Клапан предварительной откачки
S	
SCS	Стандартная химическая система
SCU	Источник и блок управления (RFPG)
SK	Розетка (RFPG)
SM	Плата шагового двигателя
SSS	Стандартная вспомогательная система
STS	Стандартная система мишени
T	
TAU	Блок усилителя трубки (RFPG)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ТВ	Клеммная коробка
ТР	Точка испытания
TPSU	Блок питания трубки (RFPG)
TS	Клеммная рейка
U	
ULSI	Ультранизкое содержание стандартных примесей
V	
V	Клапан
VC	Клапан химической системы ^{11}C
VCU	Блок управления вакуумом
VMEbus	Объединяющая шина для использования в микрокомпьютерной системе
VO	Клапан химической системы ^{15}O
W	
WCU	Блок вторичного водяного охлаждения
WGU	Модуль отработанного газа
WGP	Панель отработанного газа
WLAA	Сигнальная лампа и звуковая сигнализация (для магнита и дверей противорадиационного экрана)
Б	
БРП	Блок распределения питания
БРП экранированной системы	Блок распределения питания (для экранированной циклотронной системы — заменяет БРП)
БСЗ	Блок сопряжения заказчика
БУУ	Блок управления ускорителем
В	
ВВК	Высоковакуумный клапан
ВПРЭ	Встроенный экран для защиты от радиации
Г	

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Главная панель распределения (MDP)	Главный распределительный щит
И	
ИИ	Источник ионов
К	
КГИИ	Коллектор газа-источника ионов
М	
МУХС	Анализатор химического состава
О	
ОВКВ	Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
П	
Перем. ток	Переменный ток
Пост. ток	Постоянный ток
ПП	Печатная плата
ПЭТ	Позитронно-эмиссионная томография
Р	
РЧ	Радиочастота
С	
СУУ	Система управления ускорителем
Т	
ТБРП	Трансформатор БРП
У	
УСК	Ускоритель
Ш	
Шкаф 1	PSMC
Шкаф 2	РЧ Система
Шкаф 3	БУУ, PSARC, БРВ
ШКАФ ОБРАБОТКИ PROCAB	Шкаф управления ^{11}C, ^{15}O

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Э

ЭБ МУХС	Электронный блок Анализатора химического состава

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Для получения контактной информации местного офиса посетите
www.gehealthcare.com/en/about/contact-us

GEMS PET Systems AB
Box 15024, Husbyborg
SE-750 15 Uppsala
Швеция

www.gehealthcare.com

GE, GE Monogram, Imagination at work, GENtrace, MINItrace, PETtrace и FASTlab являются товарными знаками компании General Electric.

Все товарные знаки третьих сторон являются собственностью их соответствующих владельцев.

© General Electric Company, 2019. Все права защищены.

Все товары и услуги продаются в соответствии с условиями продажи входящей в группу GE Healthcare компании, которая их поставляет. Копия этих условий доступна по запросу. Свяжитесь с представителем компании GE Healthcare для получения наиболее актуальной информации.

Компания GEMS PET Systems AB, выступающая на рынке под маркой GE Healthcare

imagination at work

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод с английского языка на русский язык

GE Healthcare / ДжиИ Хэлскеа

Карин Гранат
Генеральный директор
/Подпись/
21 октября 2022 г.

Штамп: GE / ДжиИ
GEMS PET Systems AB / ДЖиИ ЭмЭс ПЭТ Системз АБ
Гамла Бёрйевэген 4
752 28 г. Упсала
Швеция

GE / ДжиИ

Перевод со шведского языка на русский язык

Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод с английского языка на русский язык

Штамп:
Настоящим я подтверждаю, что эта фотокопия является точной копией оригинального документа, предоставленного мне.

Г. Упсала, Швеция, 19 октября 2022 г.
По долгу службы
/Подпись/
Ева Густафссон, публичный нотариус

Штамп нотариуса: Публичный нотариус в г. Упсала
Ваксалагатан 6
SE-753 20 г. Упсала, Швеция
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

Перевод со шведского языка на русский язык

Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС
Г. УПСАЛА ШВЕЦИЯ

Перевод с английского языка на русский язык

Апостиль
(Гаагская Конвенция от 5 октября 1961 года)

1. Страна: Швеция
   Настоящий официальный документ
2. был подписан Евой Густафссон
3. выступающей в качестве публичного нотариуса
4. Скреплен печатью /штампом публичного нотариуса, г. Упсала

Заверено

5. в г. Упсала, Швеция 6. 19 октября 2022 г.

7. Петером Нордстром
   публичным нотариусом, Упсала, Швеция
8. за номером: 3094
9. Печать: Публичный нотариус г. Упсала
10. Подпись: (/Подпись/ Петер Нордстром)

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод данного текста выполнен переводчиком Бушенковым Иваном Витальевичем.

_____

Российская Федерация
Город Москва
Второго декабря две тысячи двадцать второго года

Я, Юракова Диана Шевкетовна, временно исполняющая обязанности нотариуса города Москвы Корсик Марии Александровны, свидетельствую подлинность подписи переводчика Бушенкова Ивана Витальевича.
Подпись сделана в моем присутствии.
Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № **77/2139-н/77-2022-** 53-1666
Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.

Д. Ш. Юракова

Всего прошнуровано, пронумеровано
и скреплено печатью 87 лист(а)(ов)

ВРИО нотариуса

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

GE Healthcare

Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800, варианты исполнения: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880, PETtrace 890

Приложение к Руководству оператора

5847953-145
Редакция 1

GEMS PET Systems AB
Gamla Börjevägen 4
752 28 Uppsala
Sweden

«Approved»
Karin Granath, General Manager
GEMS PET Systems Aktiebolag
Husbyborg 75228 Uppsala, Sweden

Karin Granath / 7 Dec / 2021

NOTARIUS PUBLICUS I UPPSALA

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

It is hereby certified that Karin Granath
has/have personally signed this document.

Uppsala, Sweden / December 7, 2021
Ex officio:

Eva Gustafsson, Notary Public

Notarius Publicus i Uppsala
Vaksalagatan 6
SE-753 20 Uppsala, Sweden
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

НАИ
Цик
прин
I. Со
1. Ц
2. Ус
3. Ус
4. Бл
5. Ко
5.1.
5.2.
5.3.
5.4.
6. Бл
7. Пр
8. Ру
9. Ка
10.
11.
12.

При
1. Бл
2. Ус
3. Ус
4. Те
5. Ус
6. Те
7. Ус
8. Те
9. Ус
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
18.
18.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
бол
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
31.
32.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

НАИМЕНОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями: варианты исполнения: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880, PETtrace 890.

I. Состав:

1. Циклотрон.
2. Устройство мишенное (не более 10 шт.).
3. Устройство усиления протонного пучка.
4. Блок охлаждения.
5. Консоль управления (при необходимости) (не более 2 шт.).:
5.1. Системный блок.
5.2. Монитор.
5.3. Клавиатура.
5.4. Мышь.
6. Блок управления ускорителем (не более 5 шт.).
7. Программный пакет для работы циклотрона (не более 10 шт.).
8. Руководство оператора (не более 10 шт.).
9. Кабели питания (не более 10 шт.).
10. Силовой распределительный блок (не более 2 шт.).
11. Консоль оператора для управления циклотроном (при необходимости) (не более 2 шт.).
12. Станция управления работой циклотрона сервисная (при необходимости) (не более 2 шт.).

Принадлежности:

1. Блок управления химическими процессами.
2. Устройство усиления дейтронного пучка.
3. Устройство мишенное для производства C-11 с высоким давлением (не более 8 шт.).
4. Тело мишени для производства C-11 с высоким давлением (не более 4 шт.).
5. Устройство мишенное для производства C-11 в форме CO2 (не более 8 шт.).
6. Тело мишени для производства C-11 в форме CO2 (не более 4 шт.).
7. Устройство мишенное для производства C-11 в форме CH4 (не более 8 шт.).
8. Тело мишени для производства C-11 в форме CH4 (не более 4 шт.).
9. Устройство для обработки газов, содержащих C11.
10. Устройство мишенное для производства N-13 (не более 8 шт.).
11. Тело мишени для производства N-13 (не более 4 шт.).
12. Устройство мишенное для производства O-15 (не более 10 шт.).
13. Тело мишени для производства O-15 (не более 4 шт.).
14. Устройство для обработки газов, содержащих O15.
15. Устройство мишенное для производства F-18 (не более 10 шт.).
16. Устройство мишенное для производства 18F2 (не более 10 шт).
17. Тело мишени для производства 18F2 (не более 4 шт.).
18. Устройство для заливки жидкости в тело мишени:
18.1. Корпус.
18.2. Соединительный контур.
18.3. Сосуды (не более 5 шт.).
19. Переключатель мишеней.
20. Контейнер для хранения мишеней (не более 20 шт.).
21. Челноки для твердотельной мишени (не более 10 шт.).
22. Блоки охлаждения твердотельной мишени (не более 10 шт.).
23. Универсальные многоцелевые модули для радиоактивного мечения твердотельных мишеней (не более 10 шт.).
24. Модули очистки йода испарением (не более 10 шт.).
25. Электрохимические очистительные модули для транспортировки мишенных шаттлов (не более 10 шт.).
26. Модули технологической очистки для твердотельных мишеней (не более 10 шт.).
27. Радиационная защита.
28. Контейнер для защиты циклотрона (не более 200 шт.).
29. Контейнер транспортировочный (не более 2 шт.).
30. Контейнер с эпоксидной смолой (не более 2 шт.).
31. Контейнер для газообразных отходов (не более 20 шт.).
32. Программный пакет для модернизации циклотрона (не более 10 шт.).

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

33. Программный пакет для увеличения тока пучка циклотрона (не более 10 шт.).
34. Программный пакет для работы с твердотельными мишенями (не более 10 шт.).
35. Тело мишени самоэкранирующей (не более 4 шт.).
36. Тело мишени для производства F-18 (не более 4 шт.).
37. Устройство мишенное для производства Ga-68 (не более 10 шт.).
38. Тело мишени для производства Ga-68 (не более 4 шт.).
39. Мишень твердотельная (не более 8 шт.).
40. Панели соединительные для циклотрона (не более 10 шт.).
41. Устройство для обслуживания мишеней (не более 6 шт.)
42. Устройство для обработки воды, содержащей O15.
43. Линия транспортировки пучка.
44. Источник бесперебойного питания.
45. Стойка для установки циклотрона.
46. Отсек для обработки, экранированный.
47. Устройства для радиационного мониторинга (не более 30 шт.).
48. Ширмы защитные (не более 4 шт.).
49. Контейнеры защитные транспортировочные для РФП (не более 45 шт.).
50. Сейфы защитные (не более 30 шт.).
51. Устройства фасовки РФП автоматические (не более 10 шт.).
52. Горячие камеры для модулей синтеза (не более 30 шт.).
53. Горячие камеры для генераторных РФП (не более 10 шт.).
54. Горячие камеры для оборудования контроля качества РФП (не более 10 шт.).
55. Горячие камеры для системы фасовки РФП автоматической (не более 4 шт.).
56. Горячие камеры вытяжные (не более 10 шт.).
57. Горячие камеры с ламинарным потоком (не более 10 шт.).
58. Горячие камеры для фасовщиков РФП (не более 30 шт.).
59. Горячие камеры вытяжные с ламинарным потоком защитные (не более 30 шт.).
60. Тележки экранированные (не более 4 шт.).
61. Контейнеры для хранения отходов (не более 45 шт.).
62. Окна передаточные (не более 4 шт.).
63. Устройства фасовки РФП в шприцы (не более 10 шт.).
64. Устройства закрытия вентиляции для защитных шкафов (не более 10 шт.).
65. Станции сбора газов (не более 3 шт.).
66. Шипцы-манипуляторы (не более 30 шт.).
67. Генераторы пара для защитного шкафа (не более 30 шт.).
68. Шкафы для хранения реактивов (не более 10 шт.).
69. Блоки для экранировки (не более 100 шт.).
70. Хроматографы ВЭЖХ (не более 20 шт.).
71. Гамма-спектрометры (не более 3 шт.).
72. Осмометры (не более 4 шт.).
73. Компьютеры персональные (не более 10 шт.).
74. Устройства для проверки на пирогенность (не более 3 шт.).
75. Хроматографы тонкослойные (не более 3 шт.).
76. Фильтры для очистки препарата (не более 30 шт.).
77. Устройства для проверки целостности фильтра (не более 3 шт.).
78. Устройства для очистки воды (не более 3 шт.).
79. Дозкалибраторы (не менее 10 шт.).
80. Хроматографы газовые (не более 6 шт.).
81. Весы лабораторные (не более 4 шт.).
82. Спектрофотометры (не более 3 шт.).
83. pH-метры (не более 4 шт.).
84. Трансформаторы (не более 5 шт.).
85. Коллектор газа-источника ионов.
86. Насосы механические (не более 5 шт.).
87. Блок сопряжения.
88. Компрессор (не более 5 шт.).
89. Коллектор сжатого воздуха.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ

Производитель / разработчик / место производства изделия:
GEMS PET Systems Aktiebolag ("ДжиИ ЭмЭс ПЭТ Системз Актиеболаг"), Швеция
Husbyborg, 75228 Uppsala, Sweden

УПОЛНОМОЧЕННЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ООО «ДжиИ Хэлскеа», Российская Федерация, 123112, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Пресненский, наб. Пресненская, д. 10, помещ. I, этаж 14, ком. 30
Тел. сервисной службы: 8 800 333 6967,
Тел. офиса: +7 495 739 6931, Факс: +7 495 739 6932,
88003336967@ge.com, http://www3.gehealthcare.ru/

НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ С УКАЗАНИЕМ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Циклотрон PETtrace представляет собой единую систему для производства радионуклидов для ПЭТ.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ, ОЖИДАЕМЫЕ И ПРЕДСКАЗУЕМЫЕ ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗДЕЛИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Показания и противопоказания к применению изделия
Не применимо.

Ожидаемые и предсказуемые побочные эффекты, связанные с применением изделия по назначению
Не выявлены ожидаемые и предсказуемые побочные эффекты при использовании изделия в рамках предполагаемого клинического применения, согласно эксплуатационной документации производителя.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЯ

Параметр	Значение
Условия эксплуатации изделия	
Температура	18°C — 25°C
Влажность	30% — 60%
Атмосферное давление	нет влияния, которое необходимо контролировать или учитывать
Условия хранения и транспортирования	
Температура	5°C — 40°C
Влажность	30% — 60% (без конденсации)
Атмосферное давление	не влияния, которое необходимо контролировать или учитывать
Физические характеристики изделия	
Габаритные размеры циклотрона (Д x Ш x В), мм	(1900 x 1700 x 2100) ± 10 %
Вес циклотрона, кг	20 000 ± 10 %
Уровень звукового давления	менее 80 дБА
Требования системы к электропитанию	
Рабочий режим (макс.), кВт Режим ожидания, кВт	75 ± 10 % 4 ± 10 %
Установленная мощность	109 кВА
Напряжение, В	3 фазное 400 ± 10 %
Частота, Гц	50/60 ± 10 %
Характеристики циклотрона	
Число портов мишеней	6
Энергия ускорения протонов, МэВ	16,5 ± 10 %
Энергия ускорения дейтронов, МэВ	8,4 ± 10 %
Тепловыделение, кВт	80 ± 10 %
Расход воды, л / мин	80± 10 %
Температура на выходе, ° С	20 ± 10 %

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Температурный перепад, ° С	± 1,0
Магнит (часть циклотрона)	
Габаритные размеры магнита, мм	(1250 x1200 x 1910) ± 10 %
Вес магнита, кг	19 600 ± 10 %
Диаметр магнитного полюса, м	0,83 ± 10 %
Радиус экстракции магнита, м	0,42 ± 10 %
Количество секторов магнита	3
Средняя величина магнитного поля (при экстракции), Тл	1,8 ± 10 %
Радиочастотная система (часть циклотрона)	
Габаритные размеры генератора ВЧ-энергии (Д x Ш x В), мм	(1180 x 800 x 1800) ± 10 %
Вес генератора ВЧ-энергии, кг	750 ± 10 %
Количество дуантов	2
Угол между дуантами	75^0 ± 10 %
Апертура дуантов, мм	17 ± 10 %
Напряжение на дуантах, кВ	35 ± 5 кВ
Частота РФ-системы (протоны), МГц	27,2 ± 10 %
Частота РФ-системы (дейтроны), МГц	27,8 ± 10 %
Ионный источник (часть циклотрона)	
Тип	с холодным катодом (PIG)
Напряжение дуги (максимальное), кВ	3 (0,5 при нормальной эксплуатации) ± 10 %
Ток дуги (максимальный), В	1.3 ± 10 %

	Максимальный ток пучка	Выход на конец облучения, Ки/ ГБк	Время облучения
PETtrace 840	60 мкА	6.5 / 240	120 минут (одинарный пучок)
PETtrace 860	100 мкА	10.9 / 403	120 минут (двойной пучок)
PETtrace 880	130 мкА	14.2 / 525	120 минут (двойной пучок)
PETtrace 890	160 мкА	17.5 / 648	120 минут (двойной пучок)

Система мишеней (часть циклотрона)

Система может быть сконфигурирована с различными мишенями и системами обработки для получения широко используемых в ПЭТ радиоизотопов. ПЭТ-изотопы, которые могут быть произведены циклотроном PETtrace, включают кислород-15, азот-13, углерод-11, фтор-18, галлий-68 и другие, а также ряд изотопов (например, йод-123, йод-124, медь-64, цирконий-89), получаемых при облучении твердотельных мишеней. Эти изотопы автоматически передаются в технологическую систему химической обработки (модули синтеза) для эффективного преобразования в готовые ПЭТ-трейсеры

Геометрия	фиксированная
Число мишеней	6
Производство радионуклидов, протоны	[18F]F-, 13N, 11C, [18F]F2, 68Ga
Производство радионуклидов, дейтроны	15O, [18F]F2
Производство радионуклидов, твердотельные мишени	64Cu, 89Zr, 123I, 124I, 68Ga

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Установки и удаления мишеней	Без разгерметизации вакуума
Одновременное облучение двух мишеней	Да
Система экстракции (часть циклотрона)	
Число выходов пучка (окон экстракции)	6
Число экстракционных фольг	2 держателя по 6 фольг

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ, ВКЛЮЧАЯ, УСТАНОВКУ, НАСТРОЙКУ, КАЛИБРОВКУ, РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ ИМИ.

Техническое обслуживание и ремонт изделия производится строго в соответствии с последней версией документацией производителя изделия.

Техническое обслуживание проводится при условии, что изделие находится в рабочем состоянии.

Техническое обслуживание и ремонт изделия должны проводиться с применением оригинальных расходных материалов, запасных частей, программного обеспечения, и других средств диагностики, контроля и непосредственного производства работ, разрешенных и рекомендованных производителем изделия, необходимых для оказания услуг согласно эксплуатационной документации. При оказании технического обслуживания и ремонта должны соблюдаться права правообладателя на применяемое программное обеспечение.

Оригинальными расходными материалами, запасными частями, программным обеспечением и другими средствами диагностики являются расходные материалы, запасные части, программное обеспечение и средства диагностики и контроля, рекомендованные производителем. Актуальные каталожные номера оригинальных расходных материалов, запасных частей, программного обеспечения и других средств диагностики и контроля можно получить у производителя, либо у официального представителя производителя на территории РФ ООО "ДжиИ Хэлскеа".

Производитель не гарантирует нормальную работу и безопасность изделия, если при техническом обслуживании и ремонте используются неоригинальные расходные материалы, запасные части, программное обеспечение. Использование неоригинальных расходных материалов, запасных частей и программного обеспечения не отвечает стандартам качества производителя и может привести к возникновению целого ряда рисков для пациентов и медицинского персонала, а также к получению недостоверных клинических результатов.

Техническое обслуживание и ремонт должны проводиться квалифицированным персоналом, обученным проведению технического обслуживания и ремонта данного изделия по стандартам производителя на предприятии-производителе. Техническое обслуживание и ремонт изделия должны выполняться квалифицированным персоналом, нанятым производителем, представителем производителя на территории РФ или одним из их партнеров, уполномоченных на выполнение этих услуг. Другие лица, которые не уполномочены производителем или представителем производителя на территории РФ, должны обратиться к представителю производителя на территории РФ, прежде чем осуществлять техническое обслуживание и ремонт изделия.

Инженеры, допущенные производителем, представителем производителя на территории РФ к техническому обслуживанию и ремонту изделия, должны иметь все предусмотренные действующим законодательством разрешения, допуски и лицензии для выполнения технического обслуживания и ремонта изделия на территории РФ.

Для проведения технического обслуживания и ремонта изделия должны использоваться только оригинальные ключи и пароли доступа к программному обеспечению. Оригинальными ключами и паролями доступа к программному обеспечению обладают производитель, представитель производителя и лица, уполномоченные правообладателем. Актуальную информацию об оригинальных ключах и паролях доступа к программному обеспечению можно получить у производителя, либо у официального представителя производителя на территории РФ ООО "ДжиИ Хэлскеа".

Все действия, связанные с установкой, сборкой, настройкой, калибровкой, техническим обслуживанием, ремонтом и другими действиями, могут выполняться только квалифицированным персоналом, прошедшим обучение по стандартам производителя (если применимо).

В случае несоблюдения данных требований производитель не несет ответственность за качество и безопасность изделия и не производит гарантийное техническое обслуживание.

В случае возникновения вопросов, обратитесь к уполномоченному представителю производителя на территории Российской Федерации.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Третьи лица не имеют права, без предварительного письменного разрешения производителя, либо его уполномоченного представителя, вносить какие бы то ни было дополнения, изменения, поправки и модификации в изделия, их конфигурацию, программное обеспечение.

ПРИМЕЧАНИЯ:

Если требования к медицинским/немедицинским изделиям, использующимся вместе с изделием «Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, варианты исполнения: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880, PETtrace 890», не указаны в эксплуатационной или другой сопроводительной документации, необходимо обратиться к производителю изделия или его уполномоченному представителю перед эксплуатацией изделия с такими изделиями для получения соответствующих требований. Также применение изделия «Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, варианты исполнения: PETtrace 840, PETtrace 860, PETtrace 880, PETtrace 890» с другими медицинскими изделиями и изделиями, не являющиеся медицинскими, регулируется всеми применимыми требованиями Российской Федерации.

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Гарантийные обязательства распространяются на изделие только в случае соблюдения всех требований, указанных в эксплуатационной и другой сопроводительной документации.

Гарантийный срок составляет 12 месяцев с даты подписания Акта ввода в эксплуатацию Оборудования, но не более 24 месяцев со дня поставки первому покупателю, если иное не указано в контракте или другой сопроводительной документации.

Срок гарантии определяется индивидуально для каждого пользователя изделия, а также в соответствии с законодательством Российской Федерации.

ОЖИДАЕМЫЙ СРОК СЛУЖБЫ ИЗДЕЛИЯ

Ожидаемый срок службы не менее 20 лет при условии эксплуатации изделия согласно документации производителя.

ПОРЯДОК И УСЛОВИЯ УТИЛИЗАЦИИ ИЛИ УНИЧТОЖЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Изделие должно быть утилизировано в соответствии с законодательством стран, в которых оно обращается.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О НАИМЕНОВАНИИ ИЗДЕЛИЯ

Символ / обозначение варианта исполнения	Описание
PETtrace 840	Полное наименование изделия: Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, вариант исполнения: PETtrace 840.
PETtrace 860	Полное наименование изделия: Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, вариант исполнения: PETtrace 860.
PETtrace 880	Полное наименование изделия: Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, вариант исполнения: PETtrace 880.
PETtrace 890	Полное наименование изделия: Циклотрон для получения радионуклидов для производства радиофармпрепаратов PETtrace серии 800 с принадлежностями, вариант исполнения: PETtrace 890.

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод с английского языка на русский язык

GE Healthcare / ДжиИ Хэлскеа

GE / ДжиИ

«Утверждаю»
Карин Гранат, генеральный директор
GEMS PET Systems Aktiebolag/ ДжиИ ЭмЭс ПЭТ Системз Актиеболаг
Хусбиборг 75228 г. Упсала, Швеция
/Подпись/ 7 декабря 2021 г.

GE / ДжиИ
GEMS PET Systems AB / ДжиИ ЭмЭс ПЭТ Системз АБ
Гамла Бёрйевэген 4
752 28 г. Упсала
Швеция

/Подпись/
Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Штамп:
Настоящим я подтверждаю, что Карин Гранат лично подписала настоящий документ.
Г. Упсала, Швеция, 7 декабря 2021 г.
По долгу службы
/Подпись/
Ева Густафссон, публичный нотариус

Штамп нотариуса: Публичный нотариус в г. Упсала
Ваксалагатан 6
SE-753 20 г. Упсала, Швеция
+46 (0)18-60 72 80
E-mail: adv.eva.gustafsson@telia.com

Печать: ПУБЛИЧНЫЙ НОТАРИУС В Г. УПСАЛА

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU

Перевод данного текста выполнен переводчиком Шоинбодовой Мархабо Пайшанбеевной.

Российская Федерация

Город Москва

Двадцать третьего декабря две тысячи двадцать первого года

Я, Моисеева Лилия Владимировна, нотариус города Москвы, свидетельствую подлинность подписи переводчика Шоинбодовой Мархабо Пайшанбеевны.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № **50/995-н/77-2021-** 23- 3517

Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.

Л.В.Моисеева

Всего прошнуровано, пронумеровано и скреплено печатью 9 лист(-а,-ов).

Л.В.Моисеева

ООО ЦИРМИ INFO@CIRMI.RU WWW.GOSZDRAVNADZOR.RU