

70-6
5075a

Д. А. КАУШАНСКИЙ

ГАММА-УСТАНОВКА
ДЛЯ РАДИАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ РХ-Г-30



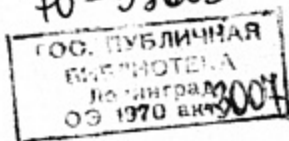
АТОМИЗДАТ
МОСКВА 1970

КОНДЕРВЕРД

Гамма-установка для радиационных исследований
РХ-γ-30. Д. А. Каушанский. Атомиздат, 1970.

Описывается γ-установка для радиационных исследований РХ-γ-30. Установка обладает широкими экспериментальными возможностями, удобна для проведения экспериментов, проста, надежна и безопасна в работе. Приводятся экспериментальные данные по изучению полей доз в рабочей камере, результаты исследований по радиационной безопасности, практические рекомендации по эксплуатации и ремонту установки. Брошюра полезна для широкого круга лиц, проводящих радиационно-химические и медико-биологические исследования, а также разработчикам и конструкторам, специализирующимся в области радиационной техники. Библиография 9 назв., 4 табл., 15 рис. 31 стр.

3-3-15
1970



Практическое применение изотопов и источников ядерных излучений в химии, биологии, физике, медицине, пищевой промышленности и сельском хозяйстве позволило разработать новые прогрессивные технологические процессы. Решение задач, связанных с практическим использованием атомной энергии в различных областях народного хозяйства требует создания экспериментальной базы, которая позволила бы, с одной стороны, разрабатывать теоретические основы новых процессов, а с другой стороны, получать исходные данные для укрупненных опытно-промышленных и промышленных исследований.

Развитие экспериментальных методов и аппаратуры для радиационных исследований и промышленное внедрение их нельзя рассматривать вне связи с развитием таких наук, как радиационная микробиология, радиационная биохимия, радиационная цитология, радиационная генетика, различные области радиационной химии, медицины и т. д., которые на всех этапах своего развития предъявляли и предъявляют различные требования к радиационной технике для исследований. Одновременно существует и обратная связь — разработанная техника определяет возможности проведения и расширения фронта научно-исследовательских работ и их промышленного осуществления.

Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР через Всесоюзное Объединение «Изотоп» организован серийный выпуск радиационных γ-установок для исследовательских целей. Одной из первых γ-установок, освоенных нашей промышленностью, является «самозащищенная» γ-установка для микробиологических и радиационно-химических исследований МРХ-γ-100 [1, 2].

Дальнейшим развитием единой серии мощных γ-установок для экспериментальных целей служит установка РХ-γ-30, разработанная в 1963—1964 гг. в СКБ Института органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР [2].

Перечень областей применения γ-установок типа РХ-γ-30 широк. Достаточно указать на некоторые: радиационная химия (процессы модификации полимеров; радиационно-химический синтез органических и неорганических веществ; уве-

личение активности и селективности катализаторов; радиационно-каталитические процессы; получение новых типов древесно-пластиковых материалов; процессы привитой сополимеризации; вулканизации каучуков и т. д.), радиационная микробиология и иммунология (стерилизация вакцин, получаемых из микробных клеток; получение вакцин путем радиационной инактивации живых организмов; стерилизация сывороток, стерилизация комплексов микробных антигенов и химических вакцин), медицина (стерилизация рассасывающихся и нерассасывающихся шовных материалов, лекарственных препаратов, в том числе антибиотиков, трансплантантов, изделий медицинского назначения из пластических масс, инструментария и т. д.), сельское хозяйство (радиационная селекция, защита растений, в том числе стерилизация самцов насекомых-вредителей, биохимия и т. д.), физика твердого тела (действие излучений на полупроводники и диэлектрики, исследование природы радиационных дефектов и т. д.), электроника (изучение радиационной стойкости различных элементов электронной аппаратуры), пищевая промышленность (радиационная обработка пищевых продуктов различных видов, радиационная дезинсекция зерна и зернопродуктов, облучение свежих плодов и ягод для удлинения сроков хранения и уменьшения микробиологической порчи и т. д.).

Можно назвать ряд институтов, которые приобрели установки этого типа: Институт биологической физики АН СССР (г. Пущино-на-Оке), Всесоюзный институт древесины АН ЛатвССР (г. Рига), Научно-исследовательский институт шинной промышленности (г. Москва), Институт горючих ископаемых (г. Москва), Политехнический институт (г. Владивосток), Институт физиологии растений АН УССР (г. Киев), Всероссийский институт защиты растений (пос. Рамонь Воронежской области), Институт медико-биологических проблем (г. Москва) и ряд других учреждений и ведомств.

Широкие экспериментальные возможности, удобство проведения экспериментов, хорошая воспроизводимость результатов исследований, простота и надежность в работе, безопасность условия для обслуживающего персонала, возможность размещения в обычном лабораторном помещении, сравнительно невысокая стоимость установки, возможность зарядки и подзарядки источников излучения в лабораторных условиях делают установку необходимым и очень удобным инструментом для проведения различных исследований.

Опытный образец установки РХ-γ-30 был разработан и изготовлен в 1964 г. в СКБ Института органической химии АН СССР [2] и пущен в эксплуатацию во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиационной техники. С 1967 г. установки РХ-γ-30 выпускаются промышленностью серийно и поставляются В/О «Изотоп».

С 1968 г. установки такого типа экспортируются в ГДР, ПНР, ЧССР, НРБ и другие страны.

Ниже приведены основные параметры установки.

Источник излучения (МРТУ 10-62-68)	Со ⁶⁰
Количество источников излучения	36 шт.
Активность одного источника	450 кюри
Общая активность облучателя	16 200 кюри + 20%
Мощность дозы в центре рабочей камеры	(1,3—1,6) · 10 ⁶ р/ч
Равномерность поля доз:	
в радиальном направлении	+10%
в осевом направлении	-25%
Мощности дозы на поверхности установки	менее 2,8 · 10 ⁻³ р/ч
Емкость рабочего объема	4,4 л
Геометрические размеры рабочей камеры:	
высота	240 мм
диаметр	152 мм
Температура термостатирования	18—20° С
Количество коммуникации в пробке рабочей камеры:	
для жидкости — газа	2
для термопары	1
для электропроводов	1
Время опускания (подъема) камеры	30 сек
Интервал срабатывания часового механизма программного управления	От 0,1 до 24 ч
Потребляемая мощность	0,3 кВт
Напряжение питания от сети трехфазного тока с частотой 50 гц	127/220 в
Вес	~ 6,0 т
Габаритные размеры:	
ширина	1260 мм
длина	1400 мм
высота	
без механизма подъема	1600 мм
с механизмом подъема	3200 мм

В зависимости от направления исследовательских работ установка РХ-γ-30 может быть поставлена с облучателем общей активностью до 16 200 кюри (табл. 1).

Таблица 1

Общая активность облучателя, кюри	Число источников излучения	Активность одного источника, кюри	Гамма-эквивалент, г-экв радия	Мощность дозы в центре рабочей камеры, р/ч
3480	27	~128	200	0,25 · 10 ⁶
12 100	27	~450	700	(0,7—0,9) · 10 ⁶
16 200	36	~450	700	(1,3—1,6) · 10 ⁶

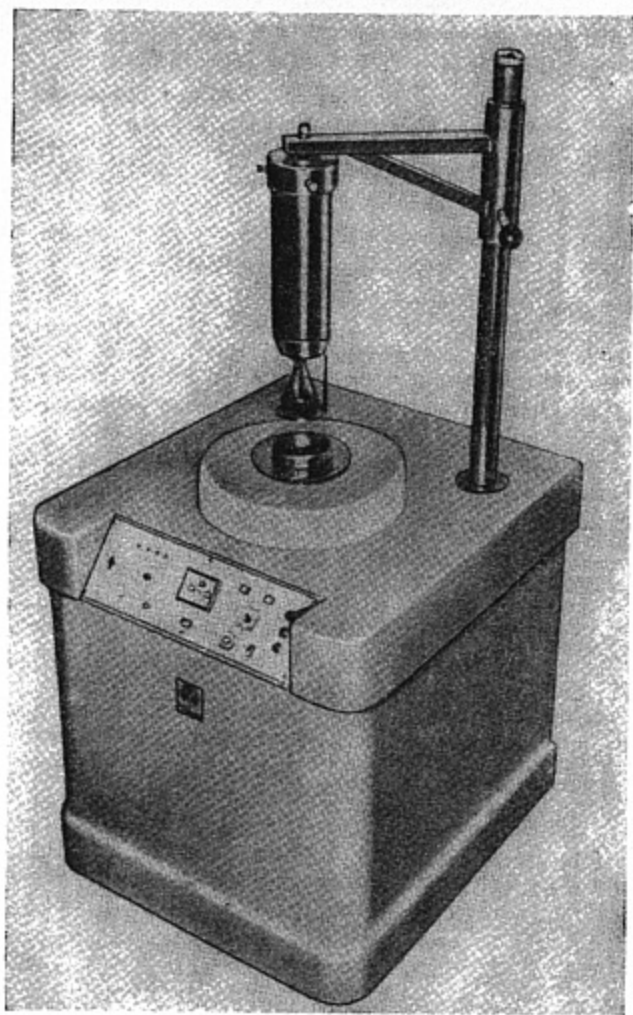


Рис. 1. «Самозащищенная» γ -установка для радиационных исследований РХ- γ -30.

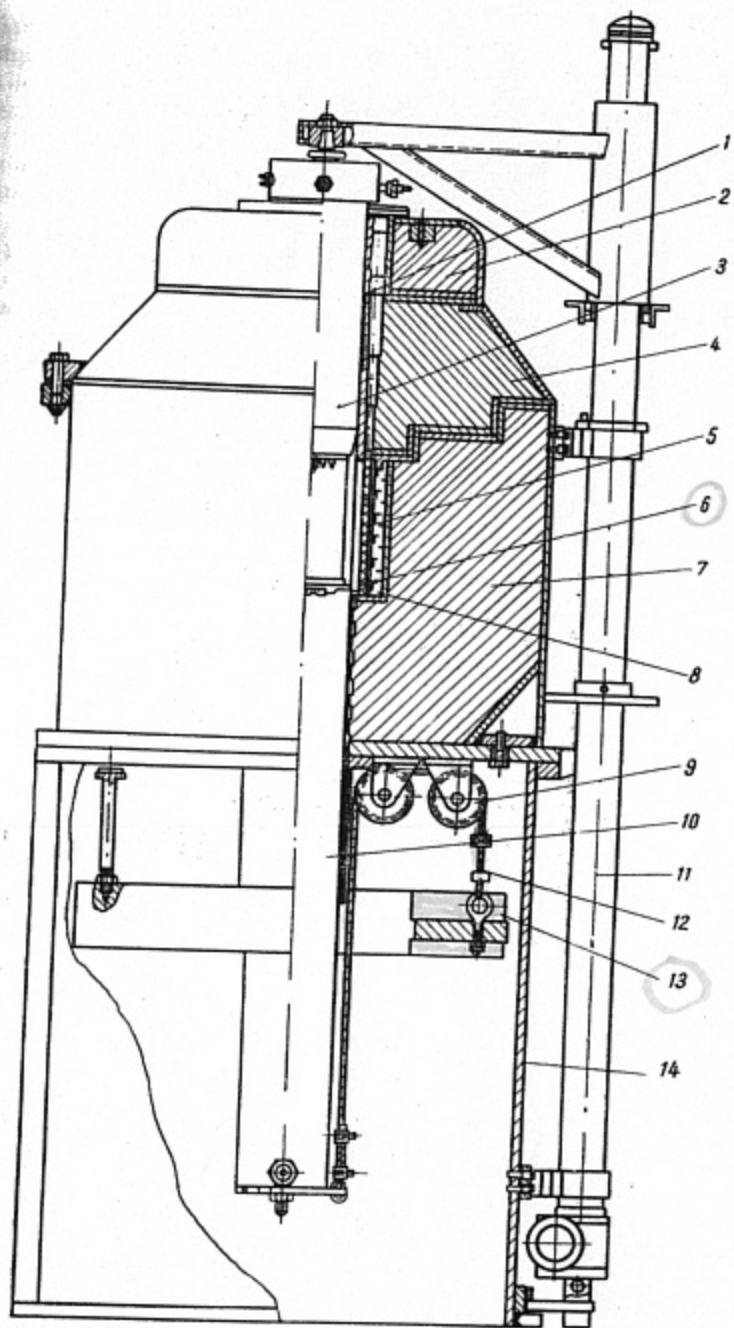


Рис. 2. Установка РХ- γ -30 (разрез)

К лабораторной установке, предназначенной для научных исследований, предъявляются жесткие требования по воспроизводимости эксперимента, по ее экспериментальным возможностям, по удобству в работе и по внешнему оформлению.

Следует отметить, что требования, связанные с радиационной безопасностью, весьма жестки и требуют обеспечения полной надежности.

Одно из основных требований — высокая воспроизводимость результатов — обеспечивается, с одной стороны, равномерностью поля доз, а с другой — точной фиксацией объек-

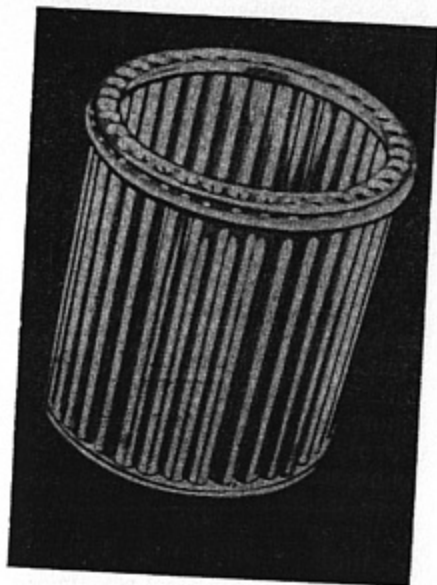


Рис. 3. Кассета облучателя

та облучения в равномерном поле доз. Как показали расчеты и дальнейшие экспериментальные исследования, облучатель в виде полого цилиндра обеспечивает внутри цилиндра поле γ -излучения, удовлетворяющее поставленным требованиям.

На рис. 1 показан общий вид установки.

Основной частью установки (рис. 2) является цилиндрический облучатель. Облучатель представляет собой кассету с источниками излучения 6. Кассета облучателя (рис. 3) состоит из 36 трубчатых ячеек, расположенных по окружности и скрепленных жестко между собой. Кассета может вращаться во время зарядки источниками излучения. В процес-

се эксплуатации кассета неподвижна. В каждую трубчатую ячейку кассеты помещается по три источника Co^{60} . Характеристики стандартных источников излучения Co^{60} в двойной оболочке из нержавеющей стали [4] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер	Наружные размеры источника, мм	Мощность экспозиционной дозы γ -излучения, создаваемая источником на расстоянии 1 м, р/сек	Гамма-эквивалент, г-экв радия
1	11×81,5	$4,66 \cdot 10^{-2}$	200
2	11×81,5	$1,63 \cdot 10^{-1}$	700

С 1 июля 1967 г. на источники Co^{60} № 2 (см. табл. 2) предусмотрена скидка цены на 15% при заказе от 5100 до 26 000 кюри.

Конструкция облучателя обеспечивает не только высокую степень равномерности поля доз и возможность зарядки и смены источников излучения в лабораторных и заводских условиях, но и длительный срок амортизации стандартных источников излучения Co^{60} . Через каждые пять лет, загрузив облучатель дополнительной порцией источников излучения, можно получить первоначальную мощность дозы при минимальных затратах. Для первоначальной загрузки источников излучения принят 10—15-летний срок амортизации.

Облучатель размещен в центре контейнера, состоящего из двух частей — крышки 4 и корпуса 7 (см. рис. 2). Ввиду того что при большой активности облучателя происходит выделение тепла за счет поглощения излучений в самих источниках, деталях конструкции кассеты облучателя и защиты, для снижения температуры в корпусе контейнера предусмотрена «водяная рубашка» в виде двухстороннего металлического кожуха 8. Выделение тепла в источнике составляет ~ 15 вт на 1000 кюри. Для исключения «прострелов» γ -излучения ввод и вывод системы охлаждения выполнены в виде спиральных трубок, проходящих в толще свинцовой защиты.

Мощность дозы на поверхности контейнера, выполняющего роль биологической защиты, не превышает 2,8 мр/ч. По оси контейнера в направляющей трубе перемещается шток с термостатированным объемом 10 и рабочей камерой с пробкой 3. Высота рабочей камеры 240 мм, диаметр 152 мм.

Облучение целого ряда объектов (например, белковых препаратов) необходимо проводить при комнатной температуре. С этой целью рабочий объем штока снабжен водяной рубашкой типа «труба в трубе» (рис. 4) с верхним переливом. Конструктивно шток выполнен в виде стакана из нержавеющей стали, в котором проходят спиральные трубы для подвода и отвода охлаждающей воды для термостатированного объема.

Рабочая камера с пробкой (рис. 5) представляет собой цилиндрическую полость емкостью 4,4 л, примыкающую к защитной пробке. Пробка выполнена в виде стакана из нержавеющей стали, залитого свинцом. В толще свинца размещены четыре коммуникации: ввод-вывод газа-жидкости, ввод электропроводов и ввод термопары. Верхняя часть пробки выполнена с козырьком, который предназначен для размещения вводов и выводов коммуникации, для размещения тягового шарнира, посредством которого пробка присоединяется к Т-образному ползуну механизма подъема. Благодаря наличию резьбы на шарнире пробка может быть легко заменена. Это позволяет иметь набор пробок с коммуникациями, рассчитанными на различные давления.

В верхней части контейнера установлен неразъемный воротник 2 с устройством для радиационной защиты кольцевых щелей 1 (см. рис. 2) (противолучевой затвор, показанный на рис. 6 и 7), который обеспечивает постоянную биологическую защиту во время движения рабочей камеры и в конечных положениях. Устройство для защиты кольцевых щелей от прострелов γ -излучения (противолучевой затвор) представляет собой набор секторов из материала высокой плотности (например, бронзы типа С-30 с удельным весом $9,6 \text{ г/см}^3$), которые прижимаются к поверхностям штока-пробки специальной кольцевой пружиной. Сектора размещены в кассетах, которые смещены друг относительно друга в осевом и радиальном направлениях, исключая таким образом возможный зазор в какой-либо части противолучевого затвора. Набор кассет заключен в корпус, который позволяет легко осуществлять монтаж и демонтаж всего устройства.

Перемещение рабочей камеры (штока с пробкой) осуществляется механизмом подъема и поворота 11. Механизм подъема и поворота крепится непосредственно к корпусу контейнера 7 и станине 14. Кронштейн механизма подъема соединен посредством тягового шарнира с пробкой 3 и представляет собой единое целое во время работы. При перемещении в положение «Объект на облучении» или «Объект вне облучения» пробки 3 соединяется со штоком 10 в единое целое посредством двух стопорных винтов, которые играют роль механической блокировки в дополнение к электрической.

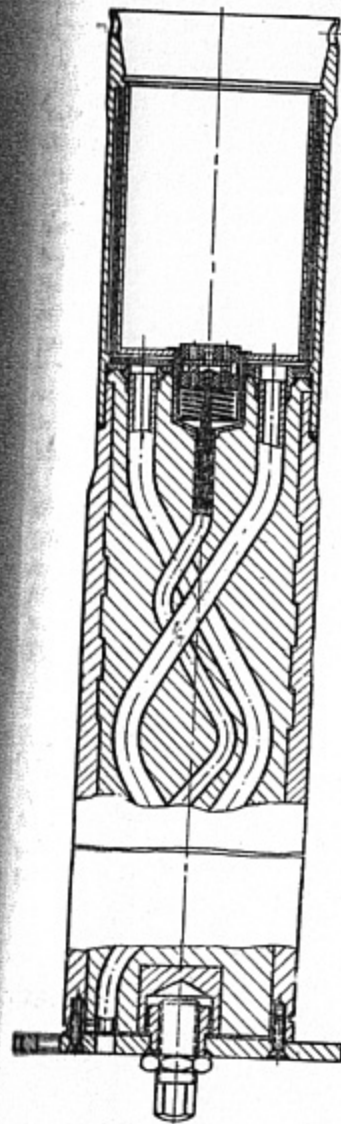


Рис. 4. Шток

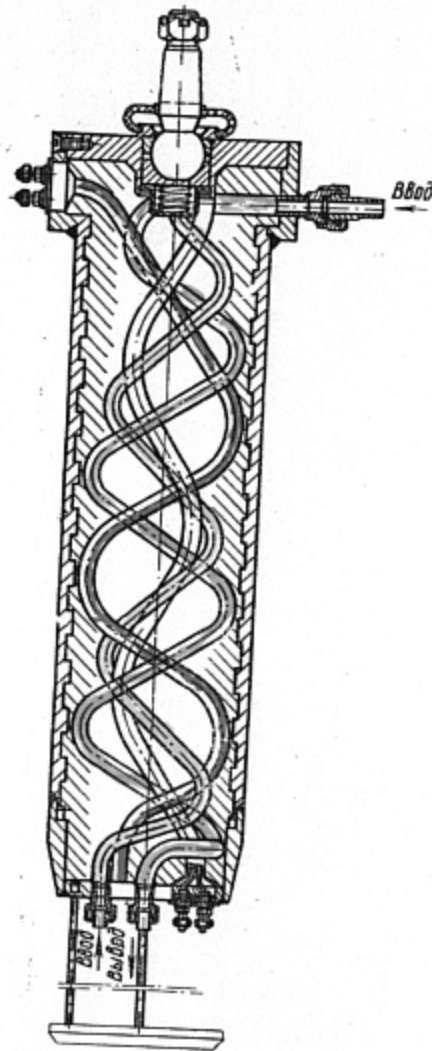


Рис. 5. Рабочая камера с пробкой

Шток в нижней части посредством трех стальных тросов 12 через блоки 9 соединен с противовесом 13. Для создания равномерности натяжения тросов противовес снабжен регу-

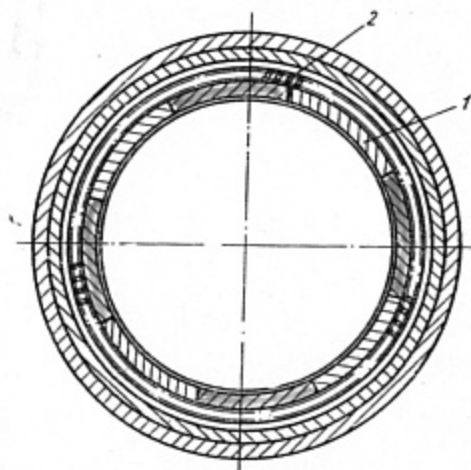
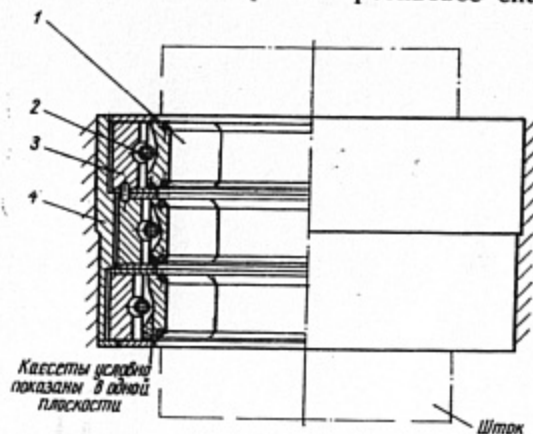


Рис. 6. Устройство для защиты кольцевых щелей от прострелов γ -излучения (противолучевой затвор):

1 — сектор; 2 — кольцевая пружина; 3 — кассета; 4 — корпус противолучевого затвора

лируемыми рым-болтами. Вес противовеса больше веса штока, но меньше суммы весов штока и пробки, что позволяет выбрать электродвигатель минимальной мощности и обеспечить самоблокировку установки, так как шток в этом случае всегда стремится занять верхнее положение.

Для точной фиксации положения рабочей камеры относительно облучателя, а также чтобы обеспечить надежность в работе и облегчить работу оператора, в установке используются сдублированные концевые выключатели, которые автоматически осуществляют остановку рабочей камеры в необходимом положении с точностью ± 1 мм. Чтобы облегчить управление установкой в систему управления введен часовой механизм программного управления (реле времени), который автоматизирует операцию включения привода после истечения заданного времени проведения опыта и посредством концевых выключателей также автоматически останавливает рабочую камеру в положении «Объект вне облучения».

Удобство эксплуатации установки обеспечивается также ее внешним оформлением, а белый цвет окраски, на фоне которой легко обнаружить пыль и грязь, создает, как показывает опыт, лучшую обстановку в лабораторном помещении и уменьшает утомляемость оператора.

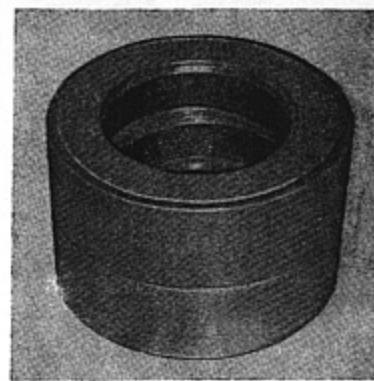


Рис. 7. Противолучевой затвор (общий вид)

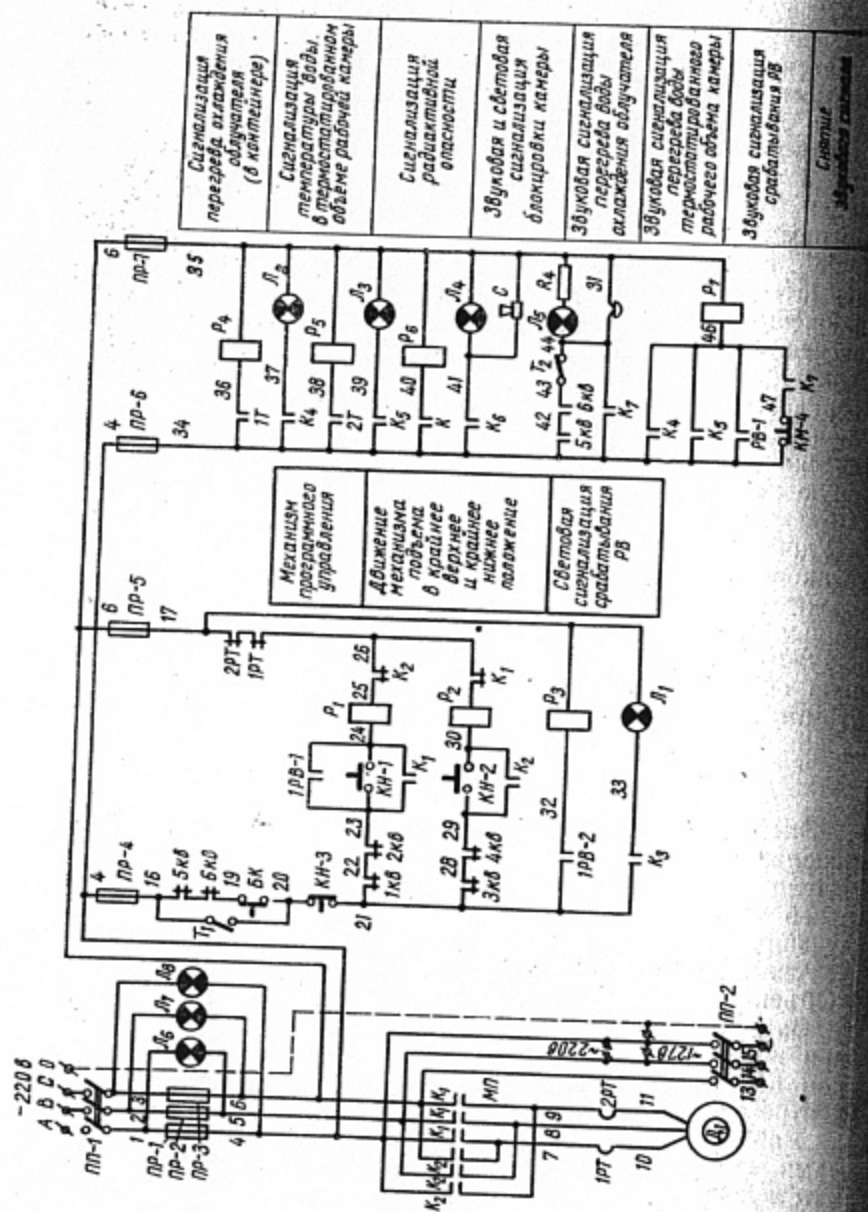
СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Электрическая схема управления (рис. 8) выполнена с использованием концевых выключателей. Концевые выключатели 1кв и 2кв фиксируют крайнее верхнее положение рабочей камеры с пробкой — положение «Монтаж объекта облучения», 3кв и 4кв — крайнее нижнее положение — «Объект на облучении», а 5кв и 6кв — промежуточное положение — «Объект вне облучения».

За рабочее положение установки принимается положение, при котором рабочая камера с пробкой находится в крайнем нижнем положении, т. е. рабочая камера находится в центре облучателя («Объект на облучении»).

Работа схемы состоит из двух циклов. Управление циклами может осуществляться вручную путем замыкания соответствующих кнопок или автоматически при замыкании контактов реле времени.

Первый цикл. При нажатии на кнопку КН-1 через нормально замкнутые контакты концевых выключателей 1кв,



Сигнализация перегрева облучателя (в континьере)
Сигнализация температуры воды в термостатированном объеме рабочей камеры
Сигнализация радиоактивной опасности
Звуковая и световая сигнализация облучившейся рабочей камеры
Звуковая сигнализация перегрева воды облучившейся рабочей камеры
Звуковая сигнализация срабатывания РВ
Система звуковой сигнализации

Механизм прозрачного управления
 Движение механизма подъема в крайнее верхнее или крайнее нижнее положение
 Световая сигнализация срабатывания РВ

Ука, бка, бкв, через K_2 и БК ток протекает по катушке P_1 реверсивного пускателя МП, через контакты K_1 которого подается электропитание на электродвигатель D_1 , вращение двигателя соответствует движению механизма подъема из нижнего положения вверх. Рабочая камера из положения «Объект на облучении» переходит в промежуточное положение «Объект вне облучения», при котором противовес размыкает контакты концевых выключателей $5кв$ и $6кв$ — двигатель останавливается. Далее вывинчиваются винты механической блокировки и тумблер T_1 переключается в положение «вкл». При движении пробки вверх контакты БК замыкаются.

Второй цикл. Вновь нажимается кнопка КН-1, механизм подъема с пробкой и рабочей камерой достигает крайнего верхнего положения, замыкаются контакты концевых выключателей $1кв$ и $2кв$ — двигатель останавливается.

Перевод рабочей камеры в положение «Монтаж объекта облучения» осуществляется вручную путем поворота пробки в положение над монтажным столиком.

Обратный переход, т. е. опускание смонтированного объекта на облучение, происходит в принципе выполнением всех операций в обратном порядке с использованием рабочей кнопки КН-2. Подробней обратный переход описан в разделе «Эксплуатация установки».

Электрическая схема установки включает в себя сигнализации перегрева в системах охлаждения облучателя, повышения температуры в термостатированном объеме рабочей камеры, «Радиоактивной опасности», завершения облучения («Облучение закончено»). Сигнализации перегрева систем охлаждения выполнены с использованием регулируемых контактных термометров с температурной шкалой от 0 до 70°С.

Все управление установкой осуществляется с пульта управления, размещенного на лицевой части установки. На пульт управления вынесена вся информация о режиме работы установки. Зрительная информация дополнена звуковой сигнализацией, которая может быть сразу снята, за исключением сигнализации о радиоактивной опасности.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА И ЗАРЯДКИ УСТАНОВКИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Монтаж установки осуществляется непосредственно в лабораторных условиях специализированной организацией в соответствии с инструкцией на проведение монтажных работ.

Монтаж установки обычно не встречает трудностей. Инструкция по проведению монтажных работ предусматривает применение специальных приспособлений для обеспечения

монтажа наиболее важных узлов на высоком техническом уровне, особенно для обеспечения соосности и параллельности колонны механизма подъема и отверстия контейнера и

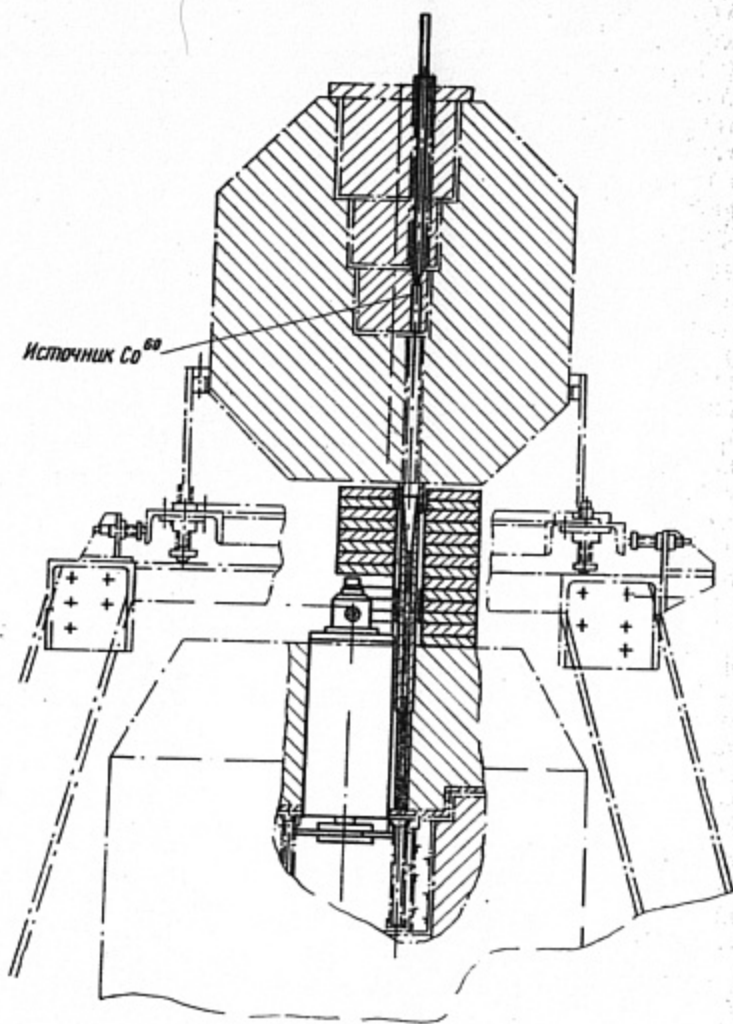


Рис. 9. Схема зарядки установки источниками излучения

оосности посадочных мест под противолучевой затвор оротника и штока.

Зарядка, подзарядка и смена источников излучения проводится также непосредственно в лабораторных условиях «сухим» способом (рис. 9). Транспортный контейнер

КТВ-26-12 краном ставится на специальную тележку и по рельсам перемещается в положение над контейнером установки. Предварительно в отверстие контейнера вместо пробки с рабочей камерой вставляется специальное устройство для поворота кассеты облучателя во время зарядки. Затем посредством домкратов и ограничителей тележки, которые позволяют «выставить» контейнер в трех измерениях, совмещается разгрузочное отверстие транспортного контейнера, отверстия направляющей трубки и ячейки кассеты облучателя. Устанавливаются защитные блоки (см. рис. 9).

После поворота барабана с источниками в транспортном контейнере под источником оказывается отверстие, через которое он под действием собственного веса попадает в кассету облучателя. В одну ячейку сбрасывается три источника и затем в соответствии со схемой зарядки кассета облучателя поворачивается на определенный угол, проверяется соосность отверстий калиброванным штоком и ячейки кассеты загружаются аналогично описанному выше. После зарядки транспортный контейнер увозится, защитные блоки с направляющей трубкой снимаются, а в отверстие контейнера вставляется пробка-заглушка.

Длительность замены направляющей трубки на пробку-заглушку составляет не более 3 сек. Замена производится дистанционно манипулятором. Проведенные измерения показали, что отраженное излучение в момент замены трубки на пробку-заглушку не вносит существенного вклада в суммарную дозу облучения для работающих, т. е. не является источником переоблучения.

Зарядка облучателя источниками излучения проводится под постоянным дозиметрическим контролем. Дозиметрия полей γ -излучения осуществляется после сброса первых трех источников, после полной загрузки первого, второго и третьего транспортных контейнеров.

Время загрузки источников излучения из транспортных контейнеров в облучатель установки вместе с контролем занимает не более 1 ч. Дозиметрические измерения, проведенные во время процесса зарядки ряда установок РХ- γ -30, показали, что персонал, проводящий зарядку, не подвергается радиационной опасности и интегральные дозы ниже предельно допустимых норм [5] и составляют 5—10 мр за рабочий день.

Описанный способ «сухой» зарядки позволяет проводить зарядку, подзарядку и разрядку установок типа РХ в обычных лабораторных условиях; удобен и занимает мало времени; механизм зарядки рассчитан на зарядку большого количества установок, т. е. экономически эффективен; вполне удовлетворяет требованиям радиационной безопасности [6].

ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВКИ, ВИДЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Рассмотрим условия эксплуатации установок РХ-γ-30, характер воздействия различных факторов на работу установки и меры, которые необходимо принимать для борьбы с нежелательными воздействиями.

Нормально установка эксплуатируется в обычном лабораторном помещении биологического или химического профиля, в котором обеспечен чистый воздух с температурой от 10 до 25°С с 50—70%-ной влажностью и давлением от 720 до 780 мм рт. ст., где отсутствуют механические воздействия.

Реальные условия эксплуатации могут отличаться от нормальных условий в зависимости от климатической зоны (от тропиков до Арктики).

В условиях химических лабораторий или в промышленных районах в воздухе появляются такие газы, как сернистый хлор, пары кислот, щелочей, твердые частицы пыли и т. д. Появление в воздухе твердых частиц пыли, грязи и т. п. повышает трение в движущихся деталях установки и меняет посадочные размеры.

Необходимо отметить, что часть узлов установки (источники излучения, кассета облучателя, пробка с рабочей камерой, шток) находится в условиях воздействия мощных потоков ионизирующей радиации в течение длительного времени. Все эти узлы изготовлены из нержавеющей стали Х18Н10Т и их конструктивное оформление обеспечивает длительную работоспособность.

Рассмотрим конкретные мероприятия по эксплуатации установок РХ-γ-30.

ПОДГОТОВКА УСТАНОВКИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

После проведения монтажа и зарядки установки источниками излучения необходимо провести дозиметрическое обследование и составить дозную карту помещения. Постоянный дозиметрический контроль помещения осуществляется приборами УСИТ-2 или «Кактус».

Администрация организации назначает ответственного за помещение и эксплуатацию установки. Ответственный обязан ежедневно осуществлять индивидуальный дозиметрический контроль, используя дозиметры ДК-0,2 или КИД.

Интенсивность работы (сменность) установки может быть увеличена в зависимости от производственной необходимости.

Установка обслуживается одним оператором. Оператор допускается к работе на установке только после того, как он прошел медицинский осмотр и ознакомлен с инструкцией по эксплуатации и технике безопасности.

Перед началом работы ответственный за установку ежедневно производит внешний осмотр. При внешнем осмотре особое внимание необходимо уделить состоянию трущихся поверхностей пробки и штока — они должны быть чистыми, недопустимы задиры и риски. Не следует забывать протереть эти поверхности фланелью. Винт и направляющая часть колонны должны быть смазаны смазкой УС-2 (солидол), смазку производить один раз в неделю.

Затем необходимо проверить крепление тросов к противовесу, крепление опорных подшипников механизма подъема, крепления рымов противовеса, крепления концевых выключателей. Особое внимание должно быть уделено состоянию тросов подвески противовеса — механические повреждения тросов недопустимы. Троса с механическими повреждениями немедленно подлежат замене. Рекомендуется периодически смазывать троса смазкой УС-2. Периодически не реже одного раза в месяц следует проверять уровень масла в редукторе. В случае понижения уровня необходимо долить масло. Не реже одного раза в месяц в верхний подшипник колонны механизма подъема набивается смазка УС-2.

ПОРЯДОК РАБОТЫ ОПЕРАТОРА

1. Поставить переключатель сети на электросиловом щите в положение «Вкл» (вертикально), при этом загорается сигнальный фонарь.

2. Нажать верхнюю кнопку «Камера» на щите управления установки. Механизм подъема переводит пробку и шток с рабочей камерой из положения «Объект на облучении» в промежуточное положение «Объект вне облучения». Остановка механизма подъема в промежуточном положении происходит автоматически посредством спаренных концевых выключателей, установленных на станине. Тумблер блокировки находится в положении «Вкл».

Ток в цепи электродвигателя механизма подъема проходит через блок-контакт, находящийся внутри рабочей камеры штока.

3. Вывернуть два стопорных винта, соединяющих шток с пробкой.

4. Поставить тумблер блокировки в положение «Вкл». Нажать верхнюю кнопку «Камера». Механизм подъема переводит пробку с рабочей камерой в крайнее верхнее положение, которое фиксируется концевыми выключателями, расположенными в верхней части колонны механизма подъема.

5. Повернуть с помощью рукоятки пробку с рабочей камерой в крайнее правое положение до упора.

6. В этом положении производится подготовка исследуемого образца для эксперимента. Исследуемый образец не должен выходить за габариты рабочей камеры.

Примечание. Если производится эксперимент с термостатированием объема рабочей камеры при температуре 18—20°С, включается система охлаждения рабочей камеры. Контроль температуры осуществляется посредством контактного термометра. Поддержание необходимой температуры регулируется расходом воды через систему охлаждения. О нарушении температурного режима оператора оповещает световая и звуковая сигнализация.

Ежедневно перед началом эксплуатации установки необходимо включать систему охлаждения на время не менее 15 мин.

В серийных установках при суммарной активности облучателя до 16 200 кюри допускается работа без включения системы охлаждения.

7. Повернуть пробку с исследуемым объектом в крайнее левое положение до упора.

Будь внимателен! Проверь визуально соосность штока и пробки.

8. Нажать нижнюю кнопку «Камера». Механизм подъема опустит пробку в коническое отверстие штока, до совмещения отверстий под винты. Нажимом кнопки «Стоп» выключить электродвигатель механизма подъема.

9. Поставить тумблер блокировки в положение «Вкл». Завернуть стопорные винты заподлицо с поверхностью штока. **Работать без стопорных винтов категорически воспрещается.**

10. Нажать нижнюю кнопку «Камера». Механизм подъема опустит пробку и шток с камерой в положение «Объект на облучении». При этом нижние концевые выключатели автоматически разомкнут цепь и электродвигатель остановится.

11. Установить на часовом механизме программного управления необходимое время облучения, заданное исследователем (при необходимости).

Во время работы установки оператор обязан находиться в помещении, где расположена установка.

12. По окончании опыта программное устройство включает электродвигатель и соответственно механизм подъема, световую сигнализацию (загорится фонарь «Облучение закончено»), а также звуковую сигнализацию. Рабочая камера автоматически остановится в промежуточном положении «Объект вне облучения».

13. Оператор нажимает кнопку «Снятие звукового сигнала» для устранения сигнала.

14. Оператор производит операции, указанные в п. 3—5.

15. После проведения операций, указанных в п. 14, может быть начата подготовка следующего эксперимента.

НЕКОТОРЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ И ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На рис. 10 показана принципиальная схема циркуляционно-статической установки с реактором в поле облучения.

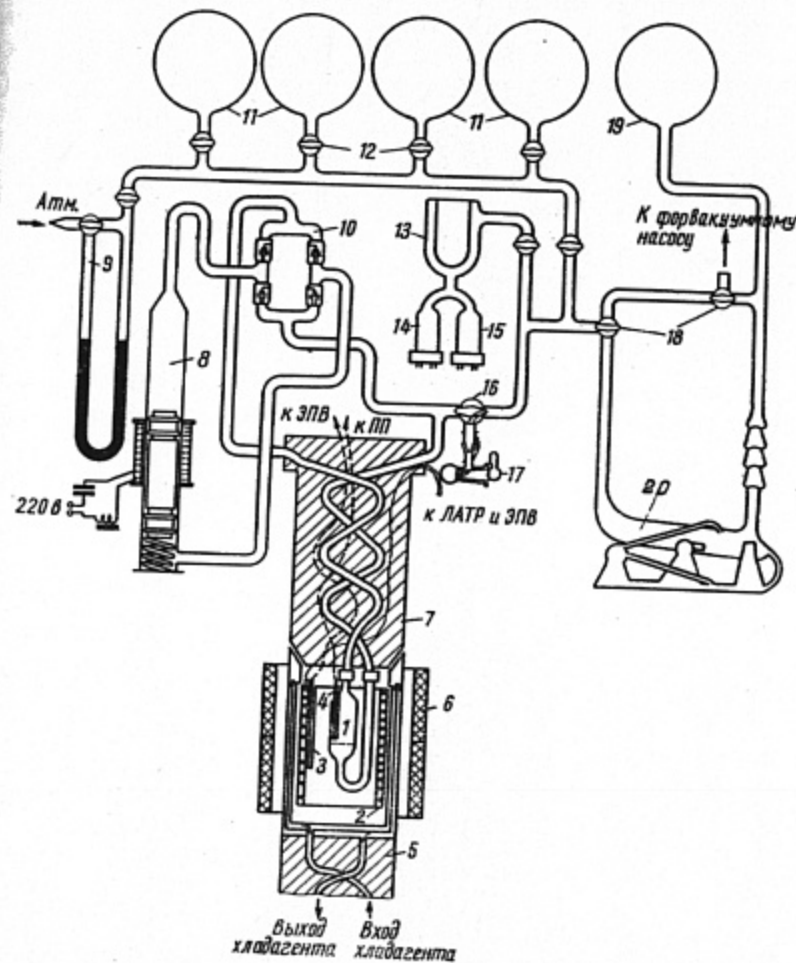


Рис. 10. Схема циркуляционно-статической установки с реактором в поле облучения:

1 — реакционный сосуд; 2 — электрическая печь; 3 — регулирующая терморпара; 4 — измерительная терморпара; 5 — шток с термостатированным рабочим объемом; 6 — цилиндрический облучатель с источниками Со⁶⁰; 7 — защитная пробка с коммуникациями; 8 — циркуляционный насос; 9 — U-образный ртутный манометр; 10 — клапанная коробка; 11 — баллоны для хранения газа; 12 — двухходовые краны; 13 — ловушка; 14 — терморпарная манометрическая лампа ЛТ-2; 15 — манометрическая лампа типа ЛМ-2; 16 — трехходовой кран для отбора проб; 17 — ампула; 18 — трехходовые краны; 19 — форбаллон; 20 — диффузионный насос

Установка разработана в Институте органической химии АН СССР при участии автора. На установке проводятся различные радиационно-каталитические исследования в циркуляционно-статических условиях от 18 до 500°С в вакууме.

На рис. 11 показана разработанная в Институте физической химии АН СССР схема циркуляционной установки для газофазной привитой полимеризации. Установка (рис. 12) представляет собой замкнутую циркуляционную систему, которая позволяет вести процесс с различными модифицирующими материалами и мономерами*.

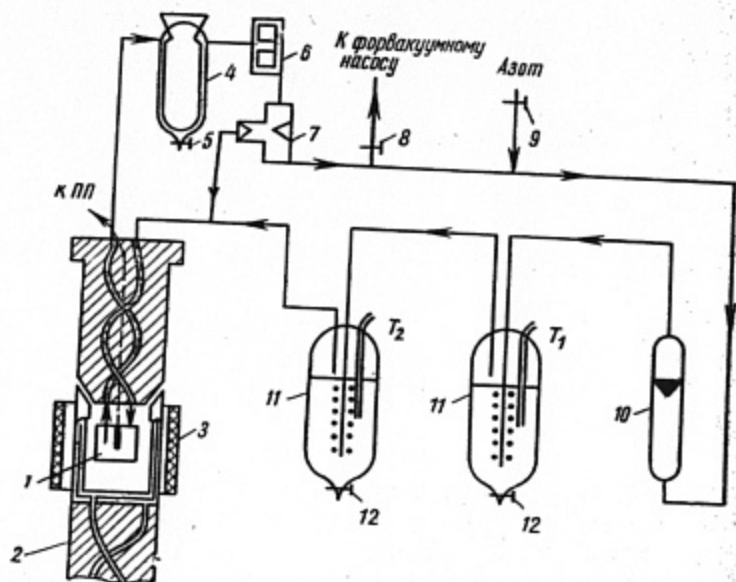


Рис. 11. Схема циркуляционной установки для газофазной привитой полимеризации:

1 — реакционный сосуд; 2 — пробка со штоком; 3 — облучатель; 4 — конденсатор; 5 — сливной вентиль конденсатора; 6 — циркуляционный насос; 7 — трехходовой кран, регулирующий подачу парогазовой смеси; 8 — вентиль форвакуумного насоса; 9 — вентиль системы напуска азота; 10 — ротаметр; 11 — термостатируемые питатели; 12 — сливные вентили питателей

Простота и надежность конструкции обеспечивает долговечность установки и широкие экспериментальные возможности.

Возникновение неисправностей при эксплуатации возможно вследствие ошибки в обслуживании при эксплуатации или выхода из строя одного из элементов электрической схемы.

* Циркуляционные установки были апробированы на γ -установках МРХ- γ -100. Автор выражает благодарность П. Я. Глазунову и Н. И. Витушкину за любезно предоставленный материал.

Ошибки в обслуживании могут привести к отказу в работе, например при небрежной работе с абразивными или легкополимеризующимися материалами в зоне шток — отвер-

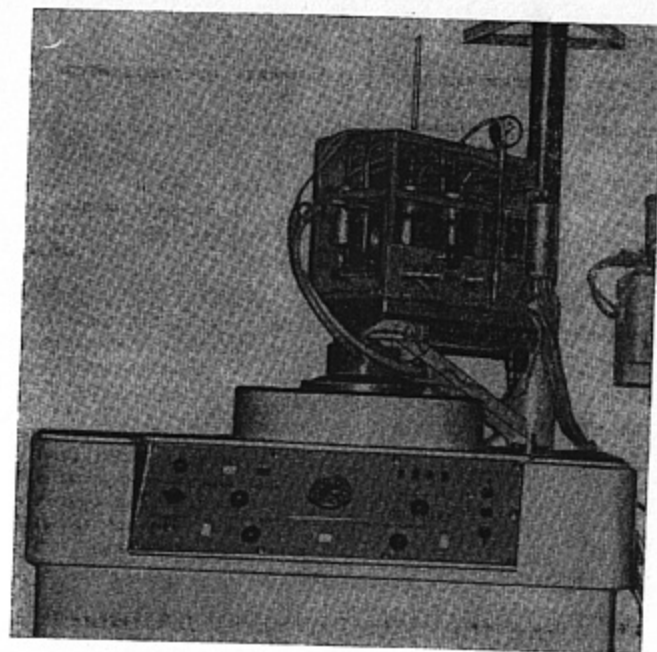


Рис. 12. Общий вид установки для газофазной привитой полимеризации

стие контейнера, или небрежном обращении со стопорными винтами. В табл. 3 приведены некоторые возможные неисправности и нарушения в режиме работы и указаны способы их устранения.

Таблица 3
Возможные неисправности и нарушения в режиме работы установки и способы их устранения

Неисправности	Способ устранения
1. Горит сигнальный фонарь перегрева камеры	Приоткрыть вентиль подачи охлаждения. Отрегулировать расход воды. После достижения нормальной температуры сигнальный фонарь погаснет (см. примечание к п. 6, раздел «Порядок работы оператора»)

Неисправности	Способ устранения
2. Горит сигнальный фонарь перегрева контейнера	См. п. 1
3. При нажатии кнопки «Камера» механизм подъема не работает, горит сигнальная лампочка на электросиловом щите	Заменить предохранитель с плавкой вставкой
4. При нажатии кнопки «Камера» (вверх) появляется звуковой сигнал, горит сигнальный фонарь	При положении камеры «Объект на облучении» включен тумблер блокировки. Выключить тумблер
5. Обнаружена течь масла из редуктора	Проверить состояние сальниковых уплотнений и прокладок. Негодные детали заменить
6. Тумблер блокировки включен	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неисправны концевые выключатели, расположенные на станине. Заменить выключатели 2. Загрязнены контакты или ослабли пружины блок-контакта (шток-пробка). Почистить контакты, заменить пружину

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ γ -УСТАНОВОК РХ- γ -30

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ ДОЗ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ

Данные по изучению распределения мощности дозы в рабочем объеме получены при исследовании опытного образца установки во ВНИИ радиационной техники. При изучении трех-четырех установок РХ- γ -30 серийного производства характер распределения мощности дозы оставался тем же.

Облучатель установки состоит из девяти ячеек, расположенных по окружности диаметром 220 мм. В каждой ячейке помещались по три стандартных источника Co^{60} диаметром 11 и высотой 81 мм. Общая активность препаратов составляла около 10,2 кюри.

Расчет дозного поля производился по известным формулам для полого цилиндрического облучателя, опубликованным в работе [3]. На рис. 13 показано изодозное распределение мощностей доз в рабочей камере.

После изготовления и зарядки источниками излучения Co^{60} опытного образца установки*, была проведена экспериментальная проверка распределения дозного поля методами химической дозиметрии с целью проверки и уточнения полученных данных.

В качестве дозиметрических систем были выбраны раствор сульфата двухвалентного железа в серной кислоте с добавлением хлористого натрия по методике, рекомендуемой А. М. Кабакчи с соавторами [7], и феррокупрумсульфатный по методике Физико-химического института им. Л. Я. Карпова.

Стаканчики из органического стекла объемом 3 мл, заполненные дозиметрическим раствором, помещались в различные точки рабочего объема. Концентрация образующегося при облучении трехвалентного железа измерялась при помощи спектрофотометра СФ-4 при длине волны 304 нм.

Измерения показали, что мощность дозы в центральной горизонтальной плоскости остается на расстоянии до 50 мм от центра практически постоянной, перепад мощности дозы

вдоль диаметра составляет порядка 4%, а в крайних точках в радиальном направлении от центра составляет 10%, что сравнительно хорошо согласуется с расчетными данными. Изменения мощности дозы вдоль окружности практически не наблюдалось. В осевом направлении на расстоянии 100 мм от центра неравномерность дозного поля равнялась 20%.

С помощью ферросульфатного дозиметра можно регистрировать дозы, не превышающие 40 крэд, т. е. время стационарного облучения было сопоставимо со временем спуска и подъема рабочей камеры, поэтому для определения распределения мощности дозы вдоль вертикальной оси рабочей камеры во время облучения необходимо было предварительно измерить ту поглощенную дозу, которую получают в точках, лежащих вдоль вертикальной оси, за время спуска рабочей камеры в облучатель и подъема из облучателя (33 сек в одну сторону).

* Автор приносит благодарность за любезно предоставленные результаты сотрудникам ВНИИРТ В. Б. Осипову и В. Н. Надточню.

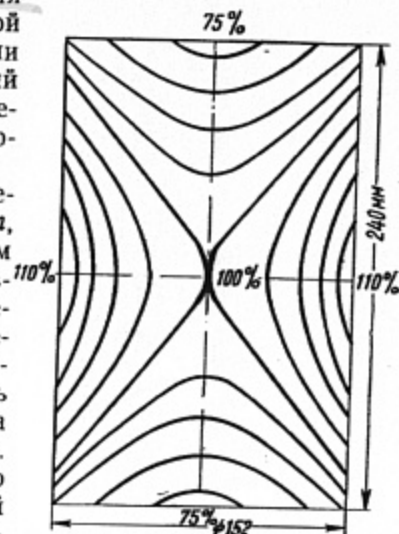


Рис. 13. Расчетное распределение мощности дозы в рабочем объеме

=400 лр

Стаканчики с раствором помещались в трех точках, лежащих на оси контейнера: низ, центр, верх. Производился спуск и подъем без задержки в положении «Объект на облучении».

На рис. 14 показано распределение мощности поглощенной дозы в осевом и радиальном направлениях рабочей камеры. В значение мощности поглощенной дозы внесена поправка на спуск-подъем. Как видно из рис. 14, а, мощность дозы в центре камеры составляет 0,52 Мрад/ч.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Полученные экспериментальные значения равномерности дозного поля цилиндрического облучения активностью порядка 10 ккюри удовлетворительно совпадает с расчетными.

2. При облучении объектов, когда поглощенная доза превышает 100 крад, дозу, получаемую объектом за время

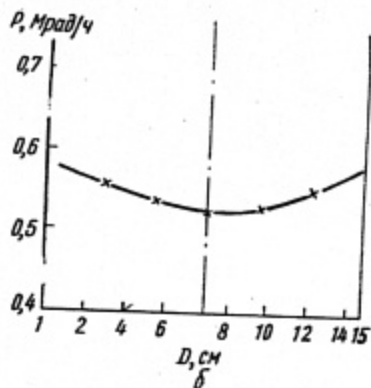
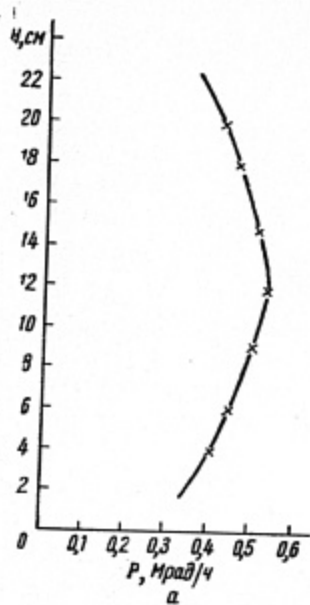


Рис. 14. Экспериментальное распределение мощности дозы в рабочем объеме: а — распределение мощности дозы в осевом направлении рабочей камеры; б — распределение мощности дозы в радиальном направлении

спуск-подъем рабочей камеры, можно не учитывать. Если же доза не превышает 100 крад, то следует вносить поправку.

3. Величина мощности поглощенной дозы в водноэквивалентной среде, помещенной в центре облучателя, составляет 0,522 Мрад/ч по ферросульфатному методу и 0,529 Мрад/ч по феррокупрумсульфатному методу, т. е. результаты совпадают в пределах точности обеих методик.

Для паспортизации мощности дозы в центре рабочего объема в установках серийного производства рекомендуется пользоваться калориметрическим методом, так как он является наиболее прямым для решения поставленной задачи [8].

ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

При эксплуатации γ -установок РХ- γ -30 основным фактором опасности является внешнее облучение, так как благодаря конструктивному оформлению установки разгерметизация

Таблица 4

Местонахождение установки	Активность источника излучения $S_{об}$, кюри	Мощность дозы, mr/h			
		в положении «Объект на облучении» на поверхности установки	в положении «Объект вне облучения» на поверхности установки	у пульта управления	на поверхности противолучевого затвора (на выходе коллекторной щели)
Москва, ВНИИРТ	10 200	0,2	0,1	0,4	1,5
Москва, НИИ шинной промышленности	14 700	0,2	0,25	0,2	1,0

источников и попадание радиоактивного материала в окружающую среду практически исключено. Проведенные измерения на действующих установках РХ- γ -30 (табл. 4) показали, что на поверхности установки, включая пульт управления, мощность дозы находится в пределах 0,2—0,4 mr/h , что ниже предельно допустимой мощности дозы [5]. Измерения внешних полей γ -излучения рекомендуется проводить приборами РУП-1, РК-0,1, СРП-2 («Кристалл»). Индивидуальные дозы облучения работающего персонала рекомендуется определять с помощью ИФК и дозиметров ДК-0,2. У перечисленных приборов, как указывалось выше, практически отсутствует «ход с жесткостью» в энергетическом интервале от 0,2 до 2 Мэв.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ РАДИОЛИЗА ВОЗДУХА В РАБОЧЕМ ПОМЕЩЕНИИ

В результате радиолиза воздуха при эксплуатации мощных γ -установок образуются высокотоксичные продукты: озон и окислы азота. Они относятся к нерадиационным факторам вредного воздействия на организм работающих. Несмотря на то, что в установках типа РХ образование озона и окис-

иов азота возможно лишь в объеме рабочей камеры, для комплексной оценки производственной обстановки при эксплуатации установок такого типа были проведены исследования, целью которых было определение концентраций озона и окислов азота в помещении.

Методика проведения экспериментов описана в работе [9]. Исследования проводились после непрерывной работы установки в течение трех суток при отключенной вентиляции и закрытых дверях. Пробы для определения окислов азота отбирались в трех точках одновременно: у отверстия в штоке установки, у пульта управления и на расстоянии 1 м от пульта управления.

Концентрации озона у всех трех точек были ниже $3,8 \cdot 10^{-5}$ мг/л, а концентрации окислов азота — ниже $1,5 \cdot 10^{-3}$ мг/л. Напомним, что предельно допустимая концентрация озона $1 \cdot 10^{-4}$ мг/л, а окислов азота — $5 \cdot 10^{-3}$ мг/л.

ПОРЯДОК ЗАКАЗА РАДИАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Заказ-заявки на самозащищенные γ -установки РХ- γ -30 следует направлять во Всесоюзное Объединение «Изотоп» или одно из его территориальных отделений в соответствии с формой, приведенной ниже.

**Адреса и телефоны территориальных отделений
Всесоюзного Объединения «Изотоп»**

Всесоюзное Объединение «Изотоп»

Москва, Г-146, 1-я Фрунзенская, За, тел. 242-00-80,
242-09-53 — отдел мощных радиационных установок.

Московское межобластное отделение

Москва, В-261, Ленинский просп., 70/11, тел. 130-51-92 —
начальник конторы (секретариат), 130-12-04 — главный инженер.

Ленинградское межреспубликанское отделение

Ленинград, Ф-2, Загородный просп., 13, тел. 12-64-11.

Киевское межреспубликанское отделение

Киев, Проспект 40 лет Октября, 94/96, тел. 63-61-80.

Свердловское межобластное отделение

Свердловск, 37, ул. Димитрова, 1, тел. 23-46-82.

Ташкентское межреспубликанское отделение

Ташкент, ул. Шота Руставели, 46, тел. 5-11-08.

Для получения γ -установки РХ- γ -30 необходимо представить следующую документацию:

заказ-заявку на установку (2 экз.),

реквизитный лист на источники излучения (4 экз.).

Заявки подаются до 1 июля года, предшествующего заказу. Заявки, поданные позже указанного срока, будут удовлетворяться по мере возможности.

Монтаж, наладку, зарядку и подзарядку γ -установок РХ- γ -30 осуществляет Специализированное управление по монтажу и наладке радиационной техники (СУМНРТ) Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР.

Адреса: Москва, Г-146, 1-я Фрунзенская ул., За, тел. 242-16-98,

Ленинград, М-7, Лиговский проспект, д. 144, тел. 10-00-28,
доб. 731.

ЗАКАЗ-ЗАЯВКА

на поставку радиационной установки РХ-γ-30 на 19 _____ год

на _____
(полное наименование организации)

№	Тип установки	Суммарная активность облучателя установки	Срок поставки по кварталам				Цена	Сумма	Примечание*
			I	II	III	IV			

Итого

* В примечании должно быть указано:

- 1) необходимы ли шеф-монтажные, наладочные и другие работы по пуску установки в эксплуатацию;
- 2) необходимо ли обучение обслуживающего персонала;
- 3) сроки проведения упомянутых работ.

Оплату гарантируем с нашего расчетного счета _____

в _____ отд. Госбанка

м. п. Подпись руководителя организации _____
(фамилия и. о.)

м. п. Подпись гл. бухгалтера _____
(фамилия и. о.)

«Разрешено» Госсанинспектор _____

ЛИТЕРАТУРА

1. Каушанский Д. А. Гамма-установка для микробиологических и радиационно-химических исследований МРХ-γ-100. М., Атомиздат, 1969.
2. Каушанский Д. А. «Атомная энергия», 23, вып. 5, 475 (1967).
3. Бибергаль А. В., Сеницын В. И., Лещинский Н. И. Изотопные гамма-установки. М., Атомиздат, 1960.
4. Информационный справочник «Изотопная продукция». В/О «Изотоп», М., 1967.
5. Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений № 333-60, М., Госатомиздат, 1960.
6. Мальков И. А., Никольский В. В., Каушанский Д. А. Условия труда при зарядке облучателей самозащищенных гамма-установок «сухим» способом. Сб. научных работ института охраны труда ВЦСПС. Вып. 56. М., Профиздат, 1969.
7. Кабакчи А. М., Лаврентович Я. И., Пеньковский В. В. Химическая дозиметрия ионизирующих излучений. Киев, 1963.
8. Брегадзе Ю. И., Васильев О. И., Ратнер Т. Г., Вишневская Т. А., Каушанский Д. А. В сб. «Дозиметрия интенсивных потоков ионизирующих излучений». Изд-во «ФАН» Узб. ССР, 1969.
9. Мальков И. А., Никольский В. В., Каушанский Д. А. Условия труда на мощных γ-установках с неподвижными облучателями. Сб. научных работ института охраны труда ВЦСПС. Вып. 57. М., Профиздат, 1969.