

22

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
СО АН СССР

УСКОРИТЕЛИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ  
ФИЗИКИ СО АН СССР ДЛЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РАДИАЦИОННО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ПРЕПРИНТ ИЯФ 79 - 29

Новосибирск

УСКОРИТЕЛИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
СО АН СССР ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАДИАЦИОННО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В данном сборнике приведены описание и параметры ускорителей Института ядерной физики СО АН СССР, для изготовления которых в Институте организовано мелкосерийное производство. Помимо своего основного назначения, ускорители, указанные в данном сборнике, могут быть использованы для фундаментальных и прикладных исследований.

## УСКОРИТЕЛИ ТИПА ЭЛВ

Ускорители типа ЭЛВ предназначены для использования в качестве мощных источников радиации в радиационно-технологических процессах промышленного масштаба. Высокий КПД, большая мощность пучка электронов, надежность, проверенная длительной эксплуатацией в заводских условиях — отличительные признаки этих ускорителей.

Области применения: радиационно-химическая технология в различных отраслях промышленности; радиационная дезинсекция зерна; радиационно-химическая очистка и утилизация сточных вод — бытовых, промышленных заводских и животноводческих комплексов; радиационная стерилизация медицинских препаратов; исследования в области радиационных процессов.

Ускорители типа ЭЛВ являются ускорителями выпрямительного типа и имеют непрерывный режим работы. Серия ускорителей типа ЭЛВ охватывает диапазон энергий ускоренных электронов от 0,4 до 1,5 МэВ и имеет мощность в пучке от 20 до 50 кВт.

Генератором ускоряющего напряжения служит повышающий трансформатор без железного сердечника, вторичная обмотка которого состоит из секций. Переменное напряжение каждой секции преобразуется в постоянное по схеме с удвоением напряжения. Ускорительная трубка встроена в колонну из выпрямительных секций, фокусировка электронного пучка — магнитная. Генератор и трубка помещены в котел, заполненный сжатым элегазом. Предусмотрена регулировка с пульта выходных параметров ускорителя в широком диапазоне энергии и тока, а также контроль и стабилизация этих параметров.

Выпускное устройство ускорителя выполняется в двух вариантах: с выпуском пучка в атмосферу через фольгу и линейной разверткой пучка по всей площади выпускного окна (линейная развертка, рис.1) и с выпуском пучка через систему диафрагм с отверстиями (концентрированный выпуск рис.2). Первый из вариантов выпуска, дополненный специальным магнитом, позволяет преобразовать "линейную систему" в "кольцевую".

Электропитание ускорителей осуществляется от сети 220/380 В с частотой 50 герц через преобразователь с частотой 400 герц.

Ускорители выполнены в вертикальном варианте, но по особому заказу можно обеспечить горизонтальный выпуск пучка или горизонтальную компоновку ускорителей. Ускорители серии ЭЛВ имеют одни и те же габариты и практически одинаковый состав оборудования, отличаются высокой степенью унификации узлов, что облегчает обслуживание и ремонт разных вариантов этих ускорителей.

Режим эксплуатации ускорителя—круглосуточный, с исключением всех систем на выходные дни. Время ввода в режим после кратковременного выключения — 5 мин; после длительного — 1 час; после остановки, требующей напуска атмосферы — 3 часа. Время регламентных работ — не более 10% календарного времени.

Возможный план размещения оборудования ускорителей серии ЭЛВ показан на рис.3.

#### Ускоритель ЭЛВ-1

Ускоритель ЭЛВ-1 предназначен для использования в качестве мощного источника радиации в высокоэффективных промышленных установках для радиационной обработки изделий с толщиной облучаемого слоя ориентировочно до 0,35 г/см<sup>2</sup> при одностороннем облучении и высокой скорости подачи материала.

Ускоритель успешно используется в заводских условиях на предприятиях Минэлектротехпрома для облучения кабельных изделий.

Ускоритель имеет 24 выпрямительных секции, обеспечивающие ускорение электронов до энергии 1 МэВ. Выпуск электронов осуществляется через фольгу.

#### Основное оборудование ускорителя

Оборудование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Собственно ускоритель	1320 x 2400	3500
Система электропитания:		
— преобразователь типа ВПЛ-50	1450x660x755	1200
— щит питания к ВПЛ-50	1500x330x560	100
Система управления:		
— силовой шкаф	535x565x1300	150
— пульт управления	1040x1370x1340	250
— блок питания насосов типа БП-150 (2 шт.)	428x530x360(2шт.)	70(2шт.)
Вакуумная система:		
— магнитозарядные насосы с переходником	540x1610x445	250
— форвакуумный агрегат АВМ-50-1	700x495x800	225
Газовая система	810x860x1480	450
Батарея конденсаторная	750x1555x750	300
Выпускное устройство для выпуска пучка через фольгу	260x1000x1180	110

#### Технические характеристики

Энергия ускоренных электронов, МэВ	0,4 + 1,0
Пульсация ускоряющего напряжения, %, не более	2,5
Номинальная мощность пучка электронов во всем диапазоне энергий, кВт	20

Напряжение питающей сети, В	220/380
Потребляемая мощность, кВт, не более	26
Промышленный КПД ускорителя, %	75
Размеры окна выпускного устройства, мм	75x980
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	1,2
Расход охлаждающего воздуха, м <sup>3</sup> /ч, не более	200
Давление элегаза, ати	5

#### Ускоритель ЭЛВ-2

Ускоритель ЭЛВ-2 предназначен для использования в качестве мощного источника радиации в высокоэффективных промышленных установках для радиационной обработки изделий с толщиной облучаемого слоя до 0,5 г/см<sup>2</sup> при одностороннем облучении.

Ускоритель ЭЛВ-2 отличается от ЭЛВ-1 тем, что при тех же внешних размерах он имеет в 1,5 раза больше выпрямительных секций, ускорительную трубку большей длины и повышенную до 1,5 МэВ энергию электронов в пучке. Давление элегаза в котле 11 ати. Ускоритель может комплектоваться, в зависимости от потребности заказчика, выпускным устройством типа линейной развертки или концентрированного выпуска.

#### Основные технические характеристики

Энергия ускоренных электронов, МэВ	0,8+1,5
Номинальная мощность пучка электронов во всем диапазоне энергий, кВт	20
Потребляемая мощность, кВт, не более	27
Удельная мощность при концентрированном выпуске электронов, кВт/мм <sup>2</sup> (при отверстии 1,5 мм)	10

Угол раствора пучка, град	3
Размеры окна выпускного устройства, мм	75x980

#### Габаритные размеры и масса системы концентрированного выпуска пучка

Оборудование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Выпускное устройство	500x500x750	200
Агрегат многоступенчатой откачки	1050x1560x1500	600
Блок питания и управления	540x570x1300	200

Остальные технические характеристики и состав оборудования ускорителя типа ЭЛВ-2 такие же, как и у ускорителя типа ЭЛВ-1.

#### Ускоритель ЭЛВ-3

Ускоритель ЭЛВ-3 предназначен для использования в качестве мощного источника радиации в высокоэффективных промышленных установках для радиационной обработки изделий, требующих повышенной дозы радиации, при толщине облучаемого слоя до 0,25 г/см<sup>2</sup>.

Прототипом ускорителя ЭЛВ-3 является ускоритель ЭЛВ-1, от которого он отличается улучшением нагрузочных характеристик трансформатора, что достигается в основном за счет параллельного подсоединения к ускорительной трубке двух выпрямительных колонн, собранных в том же котле. Выпуск электронов осуществляется через фольгу, с длиной выпускного окна 1500 мм.

Ускоритель требует для питания двух преобразователей ВПЛ-50 или одного ВПЛ-200.

#### Основные технические характеристики

Энергия ускоренных электронов, МэВ	0,4-0,7
Номинальная мощность пучка электронов во всем диапазоне энергий, кВт	50

Потребляемая мощность, кВт, не более	60
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	1,2

Габаритные размеры и масса дополнительного оборудования

Оборудование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Выпускное устройство для выпуска пучка через фольгу	260x1500x1600	250
Система электропитания:		
- преобразователь ВПЛ-200	2500x1130x1100	4900
- щит питания к ВПЛ-200	840x640x1650	250

Остальные технические характеристики и состав оборудования такие же, как и у ускорителя ЭЛВ-1.

Ускоритель ЭЛВ-4

Ускоритель ЭЛВ-4 предназначен для использования в качестве мощного источника радиации в высокоэффективных промышленных установках для радиационной обработки изделий, требующих повышенной дозы радиации, при толщине облучаемого слоя до 0,5 г/см<sup>2</sup> при одностороннем облучении.

В основу конструкции ЭЛВ-4 заложены принципы ускорителя ЭЛВ-2. Повышение мощности достигнуто увеличением числа фильтрующих конденсаторов в выпрямительной секции и применением первичной обмотки с переменным шагом намотки витков, что улучшило нагрузочные характеристики трансформатора. Выпускные устройства типа линейной развертки или концентрированного выпуска.

Ускоритель требует для питания двух преобразователей ВПЛ-50 или одного ВПЛ-200.

Основные технические характеристики

Энергия ускоренных электронов, МэВ	1-1,5
Номинальная мощность пучка электронов во всем диапазоне энергий, кВт	50
Потребляемая мощность, кВт	60

Остальные технические характеристики и состав оборудования - такие же, как и у ускорителей ЭЛВ-1.

Высокочастотный ускоритель ИЛУ-6

Ускорители типа ИЛУ-6 предназначены для использования в качестве мощных источников радиации в радиационно-химических процессах промышленного масштаба. Широкий диапазон изменения энергии электронов при высокой мощности пучка, простота конструкции собственно ускорителя, легкость обслуживания - отличительные особенности ускорителей этого типа.

Области применения: радиационно-химическая технология, в частности, радиационная обработка труб и шлангов; утилизация и очистка сточных вод промышленных и животноводческих комплексов; исследования в области радиационных процессов.

Ускоритель ИЛУ-6 является однорезонаторным высокочастотным ускорителем, работающим в импульсном режиме. Источником ускоряющего напряжения служит вакуумный тороидальный резонатор, возбуждаемый генератором на промышленной генераторной лампе. Управление ускорителем и контроль режимов работы ведется с пульта. Переход от диапазона энергии 0,5-1,4 МэВ к диапазону 1,5-2 МэВ осуществляется изменением величины ускоряющего зазора резонатора посредством специальных вставок.

Выпускное устройство ускорителя выполняется в двух вариантах: в виде линейной развертки и в виде квазиколецевой развертки, состоящей из трех раструбов, (рис.4). Время замены катода и тренировки ускоряющего зазора резонатора - не более 8 час.

Охлаждение ускорителя осуществляется от специальной замкнутой системы обессоленной (дистиллированной) воды, не входящей в комплект поставки.

Основное оборудование ускорителя

Оборудование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Собственно ускоритель	1200x1900	2000
Модулятор	900x900x2200 (3 шт.)	1000 (3 шт.)
Шкаф управления	900x900x2200	500
Блок питания вакуумных насосов	520x500x680 (4 шт.)	150 (4 шт.)
Форвакуумный агрегат типа АВМ-50-1	700x495x800	225
Выпускное устройство с линейной разверткой	260x1000x1180	110
Выпускное устройство с квазиколецевой разверткой	1500x1100x500	200

Технические характеристики

Энергия ускоренных электронов, МэВ	0,5 + 2
Максимальная средняя мощность пучка, кВт	20
Напряжение питающей сети, В	220/380
Потребляемая мощность, кВт, не более	120
Промышленный КПД ускорителя, %	16,5
Размер выпускного окна линейной развертки, мм	75 x 980

Диаметр зоны облучения при квазиколецевой развертке, мм 10 + 80

Расход охлаждающей воды, м<sup>3</sup>/ч:

- дистиллированной 4

- технической 1

Расход охлаждающего воздуха, м<sup>3</sup>/ч 200

Срок службы катода, ч, не менее 1000

Возможный план размещения оборудования ускорителя ИЛУ-6 показан на рис.5.

С В О Д К А

технических характеристик ускорителей ИЯФ  
СО АН СССР для промышленных радиационно-  
технологических процессов

Технические ха- рактеристики	Ускорители типа ЭЛВ				Высоко- частот- ный ус- коритель ИЛУ-6
	ЭЛВ-1	ЭЛВ-2	ЭЛВ-3	ЭЛВ-4	
Тип ускоряе- мых частиц	e <sup>-</sup>	e <sup>-</sup>	e <sup>-</sup>	e <sup>-</sup>	e <sup>-</sup>
Энергия частиц, МэВ	0,4-1,0	0,8-1,5	0,5-0,7	1,0-1,5	0,5-2,0
Средняя мощ- ность пучка, кВт	20	20	50	50	20
Средний ток пуч- ка, мА	50	25	100	50	40
Пульсация уско- ряющего напря- жения, %	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±10
Длительность импульса, мкс	пост	пост	пост	пост	до 700
Частота повто- рения импуль- сов, Гц	-	-	-	-	до 300
Потребляемая мощность, кВт	26	27	60	60	120
Промышленный КПД, %	77	75	80	80	17
Размеры окна выпускного уст- ройства, мм	75x980	75x980	75x1500	75x980	75x980
Давление элега- за, ати	5	11	5	11	-

1					
Расход дистил- лированной во- ды, м <sup>3</sup> /ч	-	-	-	-	4,0
Расход техни- ческой воды м <sup>3</sup> /ч	1,2	1,2	1,5	1,5	1,0
Расход охлаж- дающего возду- ха, м <sup>3</sup> /ч	200	200	200	200	200
Общий вес обо- рудования, кг	6675	6675	8200	8200	6650
Вес собственно ускорителя, кг	3500	3700	3700	3700	2000

ПРИМЕЧАНИЕ: Общий вес ускорителей ЭЛВ-3 и ЭЛВ-4  
приведен для случая использования в их  
энергопитании 2-х преобразователей типа  
ВПЛ-50.



## СВЕДЕНИЯ О ПАТЕНТОВАНИИ

### Ускоритель ЭЛВ

Авторское свидетельство № 589698.

Опубликовано в "Бюллетене изобретений", №3, 1978 г.  
Запатентовано в США, Англии, Франции, Швейцарии. Номера патентов: США - № 4016499; Англия - № 1454985; Франция - № 7530830; Швейцария - № 590599.

Патентуется в ФРГ, Японии, ГДР.

### Ускоритель ИЛУ-6

Авторское свидетельство № 527112.

Патентуется в США, ФРГ, Японии, Швеции, Канаде, Швейцарии, Англии.

Получен патент ГДР № 131707.

Патент США № 4140942.

## ЛИТЕРАТУРА

### Ускорители ЭЛВ

- 1) В.Л.Ауслендер, Р.А.Салимов "Ускорители электронов Института ядерной физики СО АН СССР для народного хозяйства". "Атомная энергия", т.44, № 5, 1978 г.
- 2) Г.И.Будкер и др. "Промышленные ускорители электронов типа ЭЛВ". Препринт ИЯФ № 76-108.
- 3) Г.И.Будкер и др. "Ускоритель электронов ЭЛВ-1 для промышленного использования". Атомная энергия", т.40, вып.3, 1976г.

### Ускоритель ИЛУ-6

- 1) В.Л.Ауслендер, Р.А.Салимов "Ускорители электронов Института ядерной физики СО АН СССР для народного хозяйства". "Атомная энергия", т.44, № 5, 1978 г.
- 2) Г.И.Будкер "Ускорители заряженных частиц Института ядерной физики СО АН СССР (Новосибирск) для народного хозяйства". Доклады Второго Всесоюзного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в народном хозяйстве (Ленинград, 1-3 октября 1975 г.), т.1 Л., НИИЭФА, 1976г.

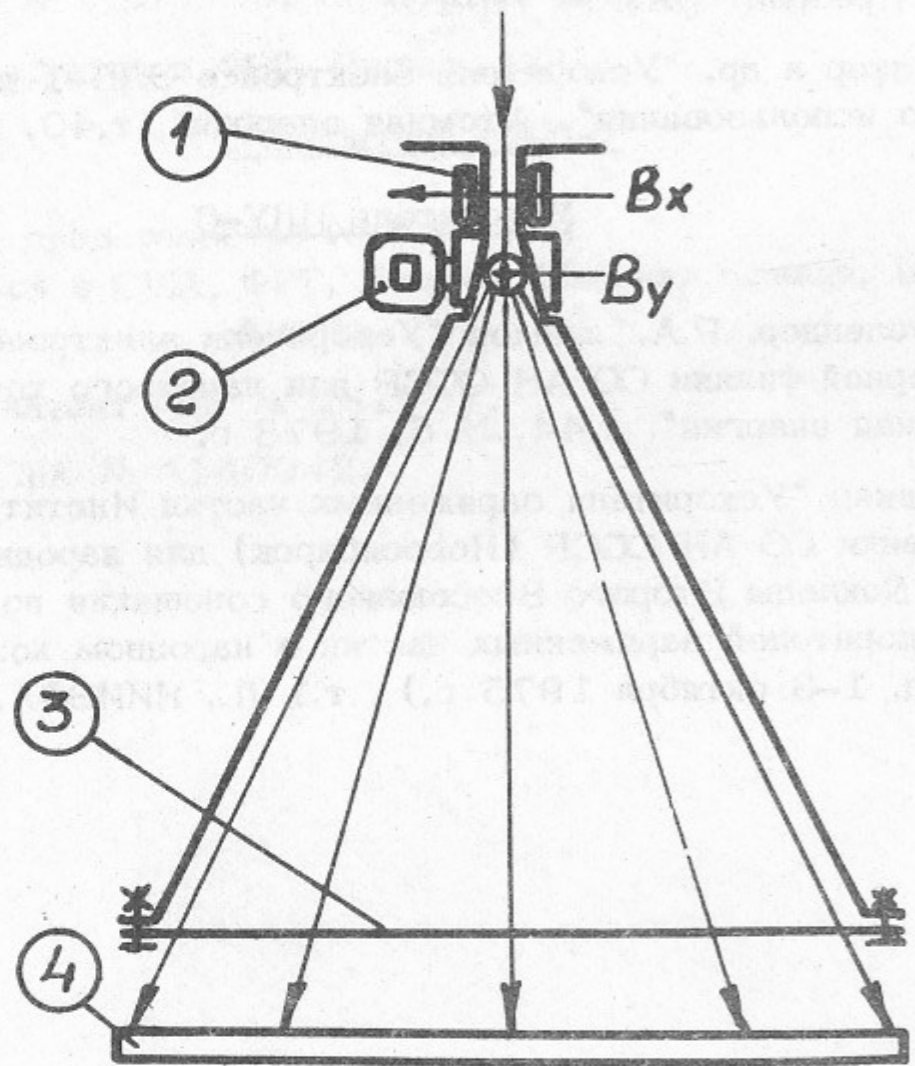


Рис.1. Выпускное устройство "линейная развертка"  
 1,2 - электромагниты поперечной ( $B_x$ ) и продольной ( $B_y$ ) разверток  
 3 - фольга выпускного окна; 4 - облучаемое изделие.

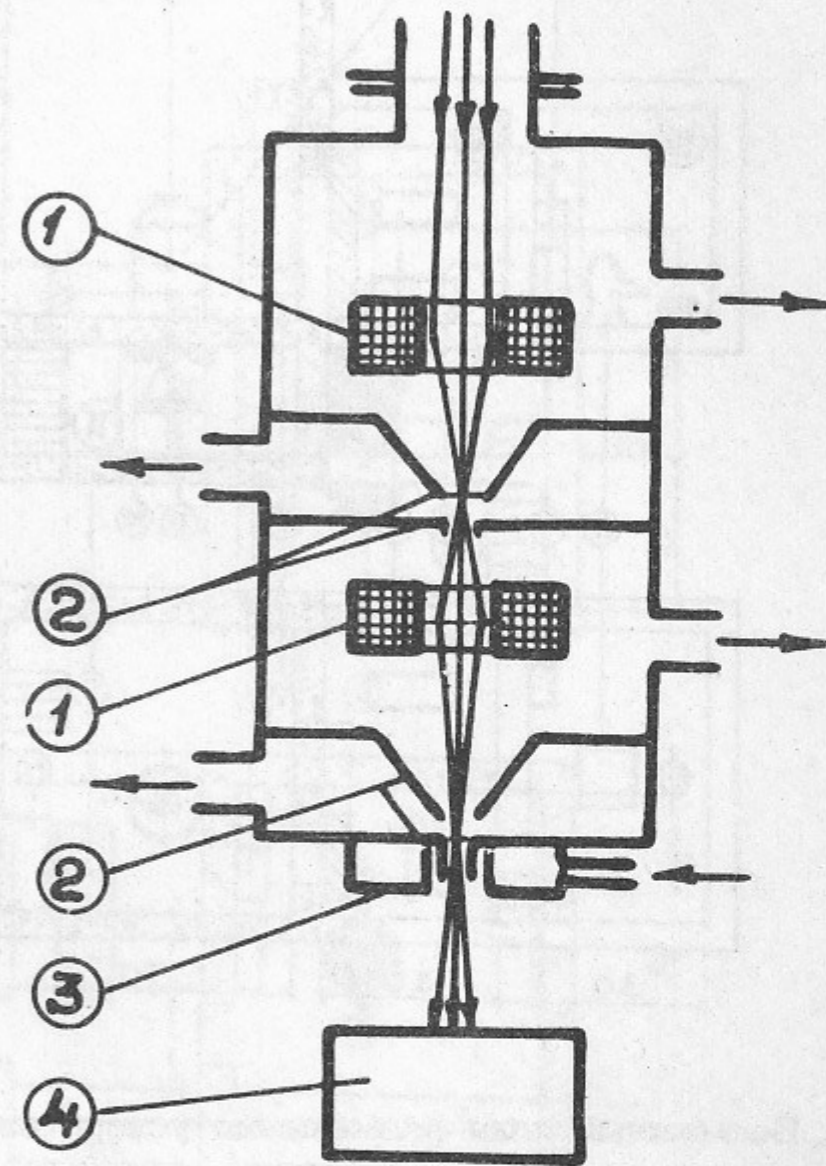


Рис.2. Выпускное устройство "концентрированный пучок"  
 1 - линза, 2 - диафрагма, 3 - сопло обдува, 4 - облучаемое изделие

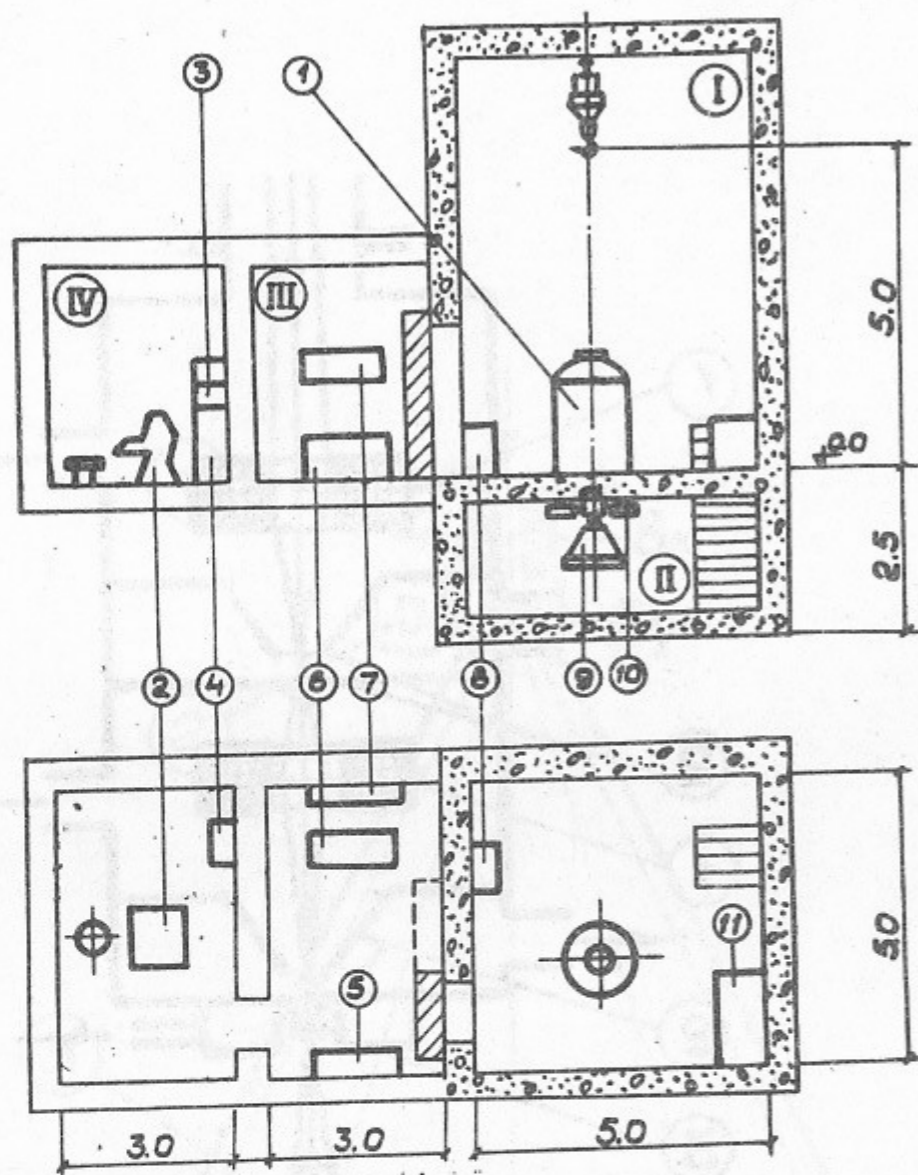


Рис.3. Возможный план размещения ускорителей серии ЭЛВ

1. Ускорительный зал. П. Технологический зал. Ш. Электромашинный зал. 1У. Пультная.

1 - Генератор ускоряющего напряжения; 2 - Пульт управления; 3 - Блоки питания насосов; 4 - Силовой шкаф; 5 - Газовая система; 6 - Преобразователь частоты ВПЛ-50 или ВПЛ-200; 7 - Блок преобразователя ВПЛ-50; 8 - Форвакуумный агрегат АВМ-50-1; 9 - Линейное выпускное устройство; 10 - Магнито-разрядный насос; 11 - Конденсаторная батарея.

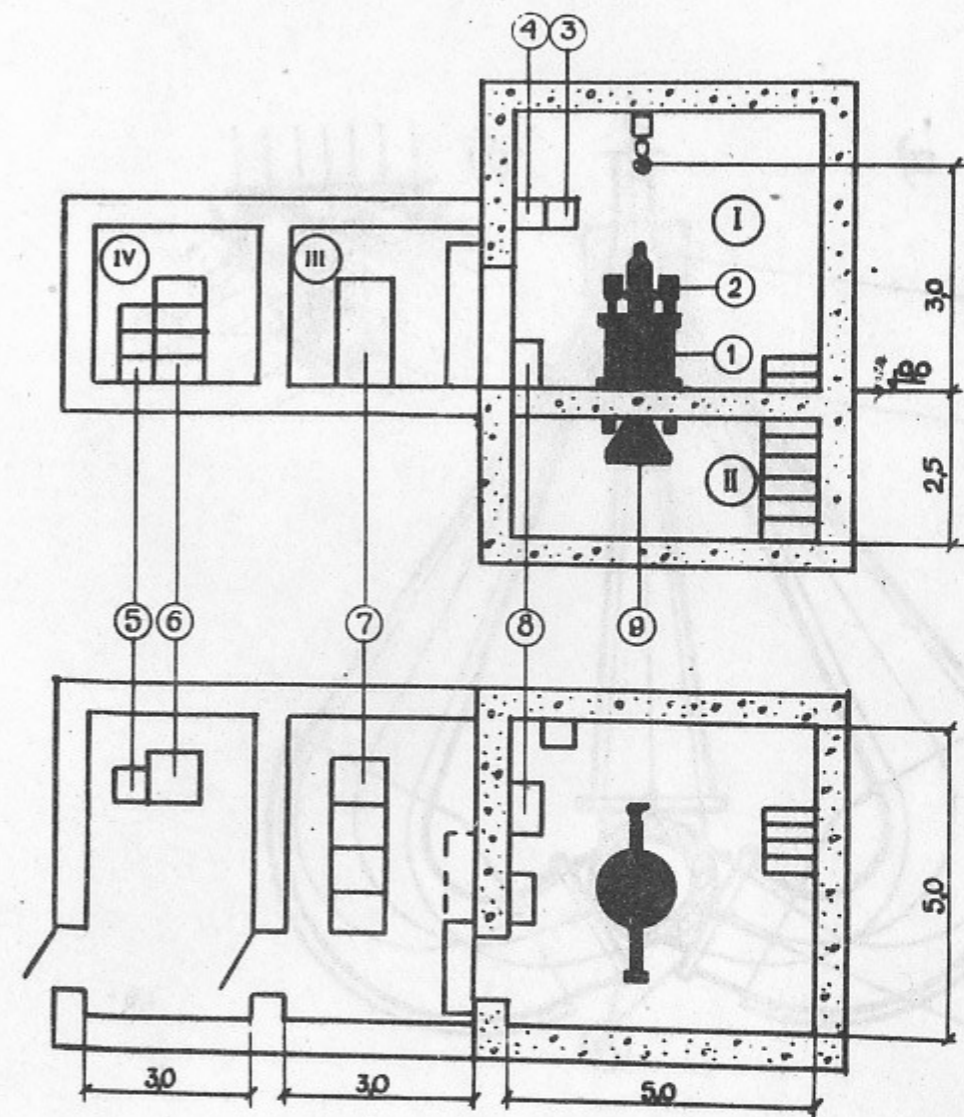


Рис.5. Возможный план размещения ускорителя типа ИЛУ-6

1. Ускорительный зал. П. Технологический зал. Ш. Модуляторный зал. 1У. Пультная.

1 - Ускоритель с высокочастотным генератором. 2 - Магнито-разрядный насос. 3 - Трансформатор накала лампы; 4 - Вентилятор для охлаждения лампы. 5 - Блоки питания насосов. 6 - Шкаф управления. 7 - Источник питания. 8 - Форвакуумный агрегат АВМ-50-1. 9 - Линейное выпускное устройство.

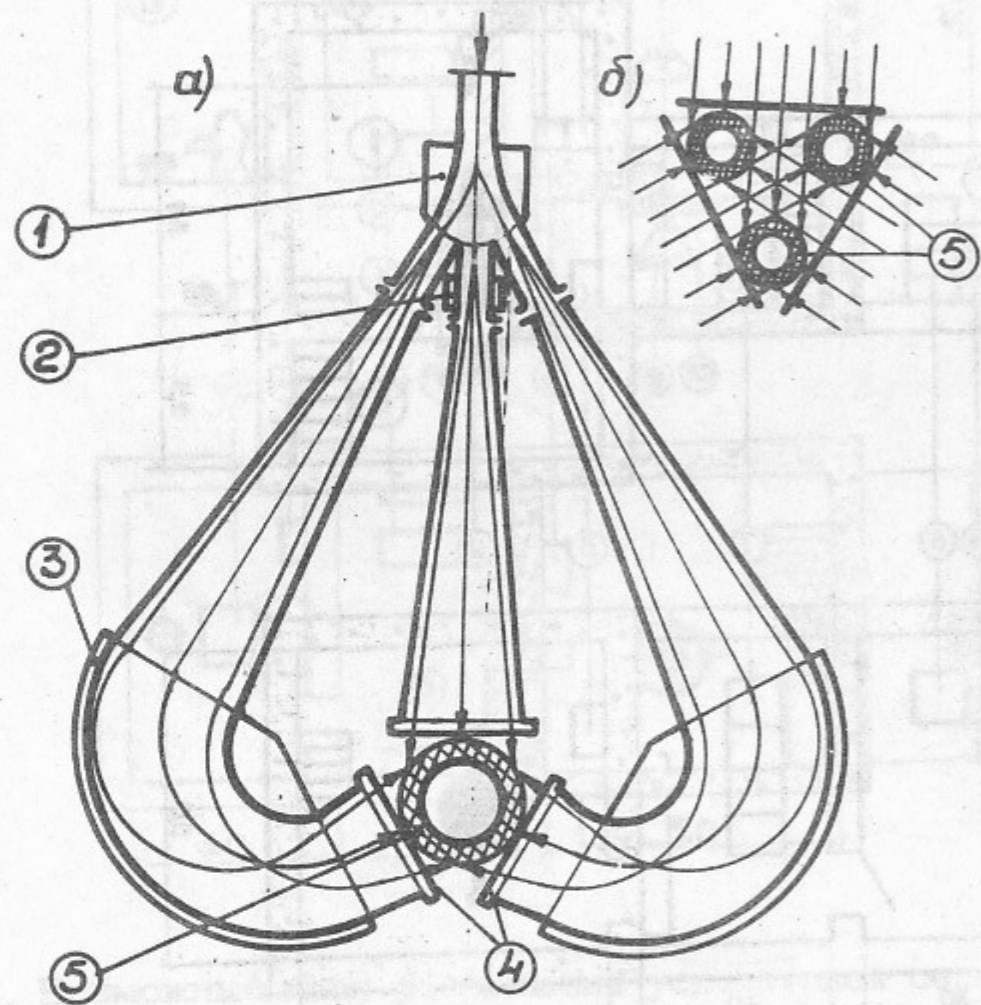


Рис.4. Выпускное устройство "квазиколецевая развертка"

а - устройство для облучения труб; б - вариант облучения трех труб.

1 - переключающий магнит, 2 - развертывающее устройство,

3 - поворотный магнит, 4 - фольга, 5 - облучаемая труба.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ

Подписано к печати 7.05.1979 г. МН 06294

Усл. 1,3 печ.л.,

Тираж 250 экз. Бесплатно

Заказ № 29

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР