

## Малогабаритные линейные ускорители электронов 3–см диапазона

И.С. Щедрин

*Московский государственный инженерно-физический институт  
(технический университет), Россия*

Малогабаритные линейные ускорители электронов разрабатывались и разрабатываются в различных лабораториях и на предприятиях мира, в Малой ускорительной лаборатории в течение последних 30 лет [1]. В США и Японии выполнены разработки по созданию коллайдеров с СВЧ-питанием в 3-см диапазоне длин волн. В данной работе приводятся некоторые результаты разработок МУЛ ЛУЭ 3-см диапазона.

В табл. 1 приведены параметры созданных и разрабатываемых ЛУЭ

Таблица 1.

Параметр	Наименование модели				
	У-30	У-31-18	У-31-33	У-34	У-40
Энергия электронов, МэВ	1,8	1	2	1,5	3
Регулировка энергии, МэВ	0,3-1,8	0,02-1,0	0,6-2,0	0,7-1,5	0,5-3
Средний ток, мкА	15-55	15-40	15-80	10-80	10-80
Длина ускоряющей секции, м	0,95	0,605	0,86	0,5	0,5
Масса, кг	750	500	500	400(100)	350

ЛУЭ У-30 базовая модель, на которой выполнен ряд программ объемом более 20000 часов пучкового времени работы установки. Глубокая регулировка энергии У-31-18 позволила создавать потоки электронов на 6 порядков больше, чем у 40 типов  $\beta$ -изотопов, большая часть которых не выпускается промышленностью. Линейный ускоритель электронов У-34 разрабатывается в передвижном варианте, где масса блоков не должна превышать 100 кг, а общая масса – 400 кг.

В процессе разработки различных моделей большое внимание уделялось отработке различных узлов и систем. Отдельные результаты представлялись на различных совещаниях и конференциях.

Конструктивно линейные ускорители электронов 3-см диапазона выполнены в виде отдельных функциональных блоков и имеют минимальные габариты при максимальной плотности размещения узлов и блоков при свободном доступе ко всем узлам. Конструкции допускают использование фокусирующих систем электромагнитной (ЭМФС) и из постоянных магнитов (МПФС). Вакуумная система на металлических уплотнениях (медь, алюминий, индий) с безмасляными средствами откачки и высоковакуумным разделительным вентилем.

#### Перечислим некоторые узлы:

- система инъекции, рассчитанная на напряжение питания магнетрона с вариантом синхронизации импульсов питания инжектора и магнетрона,
- трансформаторы типа волны ускоряющей секции с симметризованным полем,
- ускоряющие секции выполненные различными технологиями (контактная сборка, пайка серебряным припоем, гальванически наращенная на матрицы из алюминия, сборка на индиевых уплотнениях),
- встроенные в в.в. электроразрядные насосы в вакуумной системе,
- различные типы СВЧ поглощающих нагрузок,
- различные типы управляющих систем,
- различные типы фокусирующих систем (МПФС и ЭМФС).

#### Отличительные особенности ЛУЭ 3-см диапазона:

Малые габариты, компактность, применение МПФС, полупотпаянная вакуумная система, сменность блоков, включая возможность моделирования ускоряющих систем со сверхвысоким темпом ускорения для линейных коллайдеров.

На рис.1 приведена зависимость энергии на выходе модели У-30 от нагрузки током. На рис.2 показана возможность регулировки энергии на выходе У-31-18 за счет перестройки частоты питающего генератора при оптимальной нагрузке током. В экспериментах отлаживались режимы, позволяющие регулировать спектр излучения в диапазоне от 5 до 50% по ширине от максимальной энергии на выходе с неравномерностью интенсивности менее 10%. На рис.3 приведен характерный энергетический спектр ускоренных электронов модели У-31-33.

Модель У-34 находится в стадии отработки и испытания элементов и блоков установки. Осуществляется физический запуск модели У-40. В настоящее время достигнута энергия более 2,5 МэВ, ведется обезгаживание ускоряющей системы и отладка всех систем и узлов, модернизируются измерительные системы.

#### **Литература**

1. И.С. Щедрин. Линейные ускорители электронов трехсантиметрового диапазона. - В кн.: Линейные ускорители электронов сантиметрового диапазона длин волн. Сборник научных трудов. /Под ред. И.С.Щедрина. - М.: МИФИ, 1991 г., с.5-33.

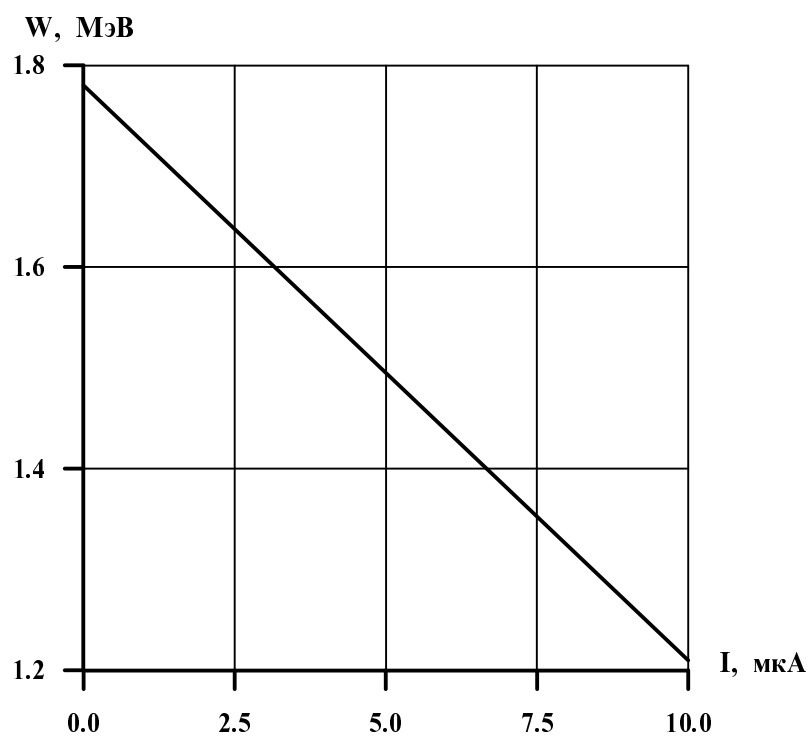


Рис. 1. Зависимость энергии от тока на выходе У-30.

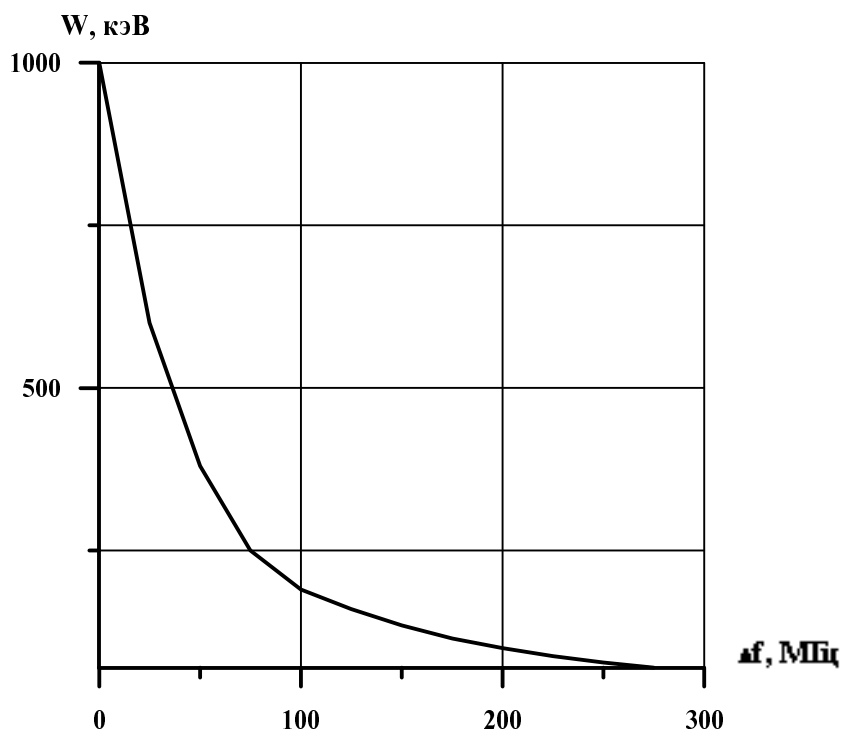


Рис.2. Зависимость энергии электронов У-31-18 от изменения частоты магнетрона.

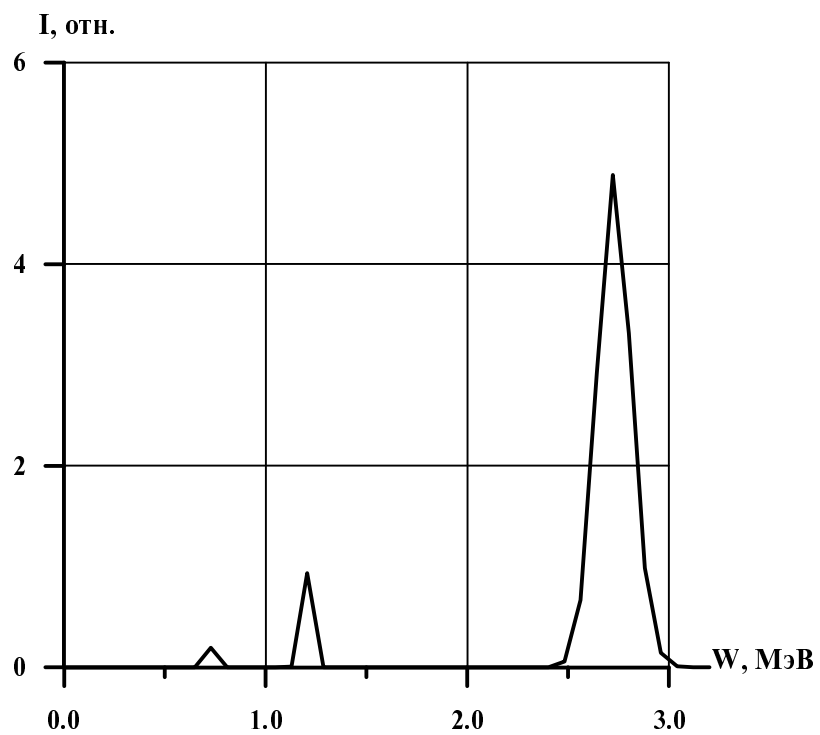


Рис.3. Энергетический спектр ускоренных электронов У-31- 33.