

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТАТРОНОВ  
В ДЕФЕКТΟΣКОПИИ**

В. А. БЕРДОНОСОВ, В. А. ВОРОБЬЕВ, В. И. ГОРБУНОВ, А. В. ПОКРОВСКИЙ

Использование бетатронов как источников излучения в практике радиационной дефектоскопии [1, 2, 7] требует рационального выбора типов бетатронов для различных диапазонов толщин контролируемых материалов, что может быть сделано только на основе комплексного исследования эффективности использования установок этого типа для целей просвечивания.

В основу оценки эффективности нами положены следующие основные показатели: чувствительность, производительность контроля и затраты на просвечивание. Кроме того, учитываются: степень механизации и автоматизации процесса контроля, вес, габариты, конструкция бетатронов и дефектоскопов, надежность работы и простота обслуживания, специфика контроля.

Данные по чувствительности просвечивания стали излучением от бетатронов 9,15 и 25 Мэв при искусственных дефектах и виде прямоугольных канавок, обращенных в пленке, взятые за основу при выборе диапазонов толщин, исходя из заданного уровня чувствительности, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Толщина стали, <i>мм</i>	Тип бетатронов		
	Б-9	Б-15	Б-25
50	1,1	1,25	1,4
100	0,89	0,95	1,12
150	0,9	0,85	0,92
200	1,08	0,93	0,83

Производительность контроля определяется отношением проконтролированной площади к полному времени просвечивания:

$$W_p = \frac{S}{T_{пр}}, \quad (1)$$

$$T_{пр} = t_{всп.} + t_3, \quad (2)$$

где  $t_3$  — время экспозиции, а вспомогательное время является суммой:

$$t_{всп.} = \sum_{i=1}^7 t_i, \quad (3)$$

где  $t_1$  — время установки и съема изделия,  
 $t_2$  — время, необходимое для подготовки реактивов,  
 $t_3$  — время, необходимое для обработки одного снимка,  
 $t_4$  — время установки и съема рентгенокассет и дефектометров,

$t_5$  — время, необходимое для оценки снимка,  
 $t_6$  — время, необходимое для перемещения изделия (источника излучения) для производства нового снимка,  
 $t_7$  — время подготовки бетатрона для просвечивания.

Если на контроль изделия требуется  $n$  экспозиций, то выражение (2) можно записать в виде:

$$T_{\text{пр}} = T_1 + [t_3 + (t_4 + t_5) \cdot \kappa + t_6] \cdot n, \quad (4)$$

где  $\kappa$  — число снимков на экспозицию.

Учитывая, что не все слагаемые формулы (3) зависят от процесса контроля и некоторые операции проводятся параллельно, можно записать:

$$T_1 = t_1 + t_2 + 2t_3 + t_7. \quad (5)$$

Согласно опыту просвечивания на одном из котельных заводов  $T_1 = 26 \div 28$  мин;  $t_4 + t_5 + t_6$  при  $\kappa = 1$  составляет  $10 \div 12$  мин. Тогда выражение для производительности контроля можно записать:

$$W_p = \frac{S}{(26 \div 28) + [t_3 + (10 \div 12)] \cdot n}; \quad (6)$$

при  $n = 1$ :

$$W_p = \frac{S}{(26 \div 28) + [t_3 + (10 \div 12)]}. \quad (7)$$

Для определения производительности по формуле (7) рассчитаны фокусные расстояния, обеспечивающие максимум производительности радиографического контроля для плоских изделий, когда контроль ведется по площади (производительность пропорциональна квадрату фокусного расстояния), и для случая, когда изделия контролируются в одном направлении (швы сварных соединений), при этом производительность пропорциональна фокусному расстоянию.

Результаты расчета приведены на рис. 1 (контроль плоских изделий) и рис. 2 (контроль сварных швов). Как видно на рис. 1, для всех бетатронов на малых толщинах наблюдается быстрый рост производительности, объясняющийся незначительным на этих толщинах временем экспозиции,  $t_{\text{всп}} = \text{const}$  и ростом поля облучения пропорционально квадрату фокусного расстояния. С увеличением фокусного расстояния наблюдается стремление производительности к насыщению, причем, чем выше энергия излучения, тем при больших фокусных расстояниях наблюдается максимум производительности.

Представленные на рис. 2 зависимости производительности контроля от фокусного расстояния  $W_p = f(F)$  для бетатронов 9,15 и 25 Мэв имеют явно выраженный максимум, определяющий для данной толщины стали и энергии бетатрона оптимальное фокусное расстояние. В табл. 2 приведены для двух указанных случаев просвечивания оптимальные фокусы.

Наряду с производительностью контроля при анализе эффективности нами проведен расчет стоимости контроля  $1 \text{ м}^2$  для радиографии при использовании указанных бетатронов [8].

Из зависимости чувствительности (табл. 1) и производительности контроля (рис. 1, 2), [8], а также затрат на просвечивание, учитывая габариты и вес бетатронов, надежность и простоту обслуживания, можно рекомендовать при радиографировании следующие бетатроны в диапазонах толщин по стали: 9 Мэв ( $70 \div 160 \text{ мм}$ ), 15 Мэв ( $100 \div 130 \text{ мм}$ ), 25 Мэв ( $120 \div 220 \text{ мм}$ ).

В заключение следует указать, что вопросы эффективности, рассмотренные в данной статье, позволяют выработать рекомендации

по комплексному выбору типов бетатронов, методов и средств радиационного контроля в различных отраслях промышленности, хотя еще

Таблица 2

Эффективность применения бетатронов в дефектоскопии

Максимальная энергия тормозного излучения, Мэв	Толщина стали, мм							Примечание
	50	100	150	200	250	300	350	
9	3,4	2,9	2,1	1,5	0,9			Контроль ведется по площади
15	3,7	3,7	3,2	2,8	2,3	1,3		
25	6,5	6,5	6,5	5,5	4,5	2,8	1,7	
9	1,6	1,1	0,6	0,6				Контроль сварных швов
15	2,9	2,4	1,6	1,3	0,9	0,9		
25	5,5	5,5	3,7	2,8	2,2	1,5	1,0	

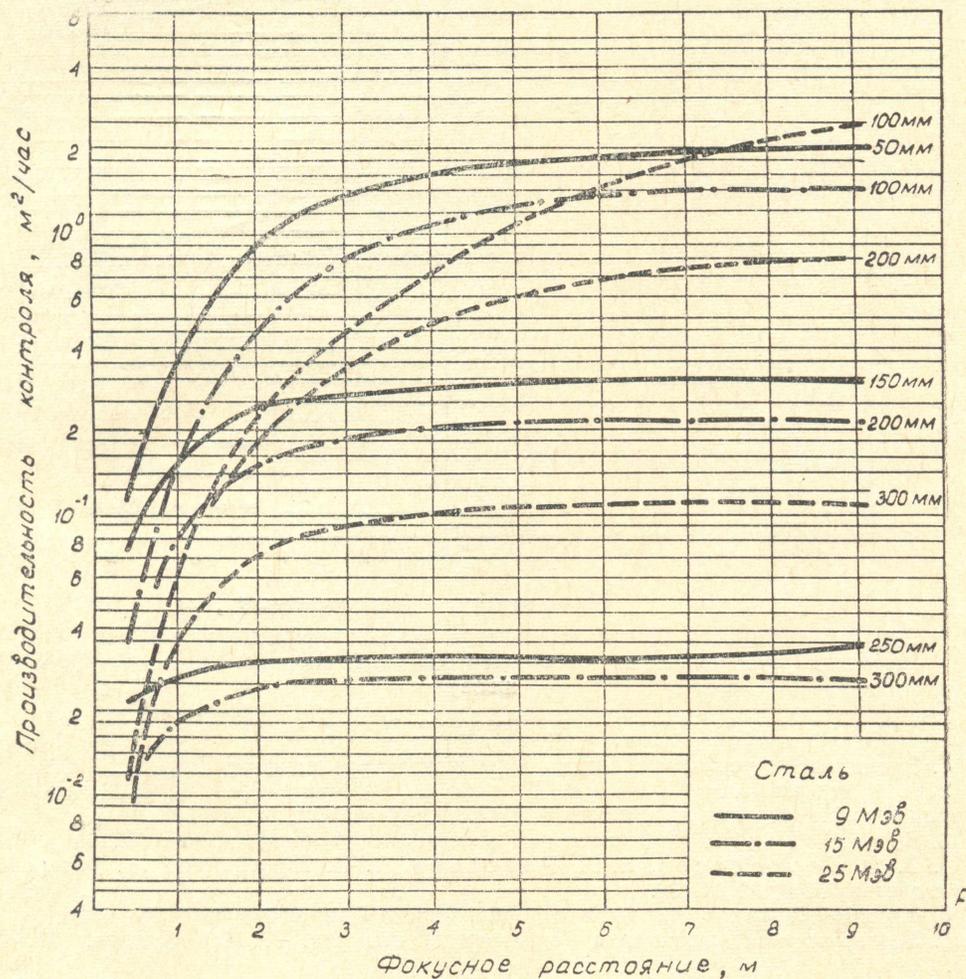


Рис. 1. Зависимость производительности радиационного контроля от фокусного расстояния для бетатронов 9, 15 и 25 Мэв (контроль плоских изделий).

не учитывают эффективность от ликвидации последствий аварий при эксплуатации продукции. Эта задача в настоящее время решается нами применительно к продукции энергомашиностроения.

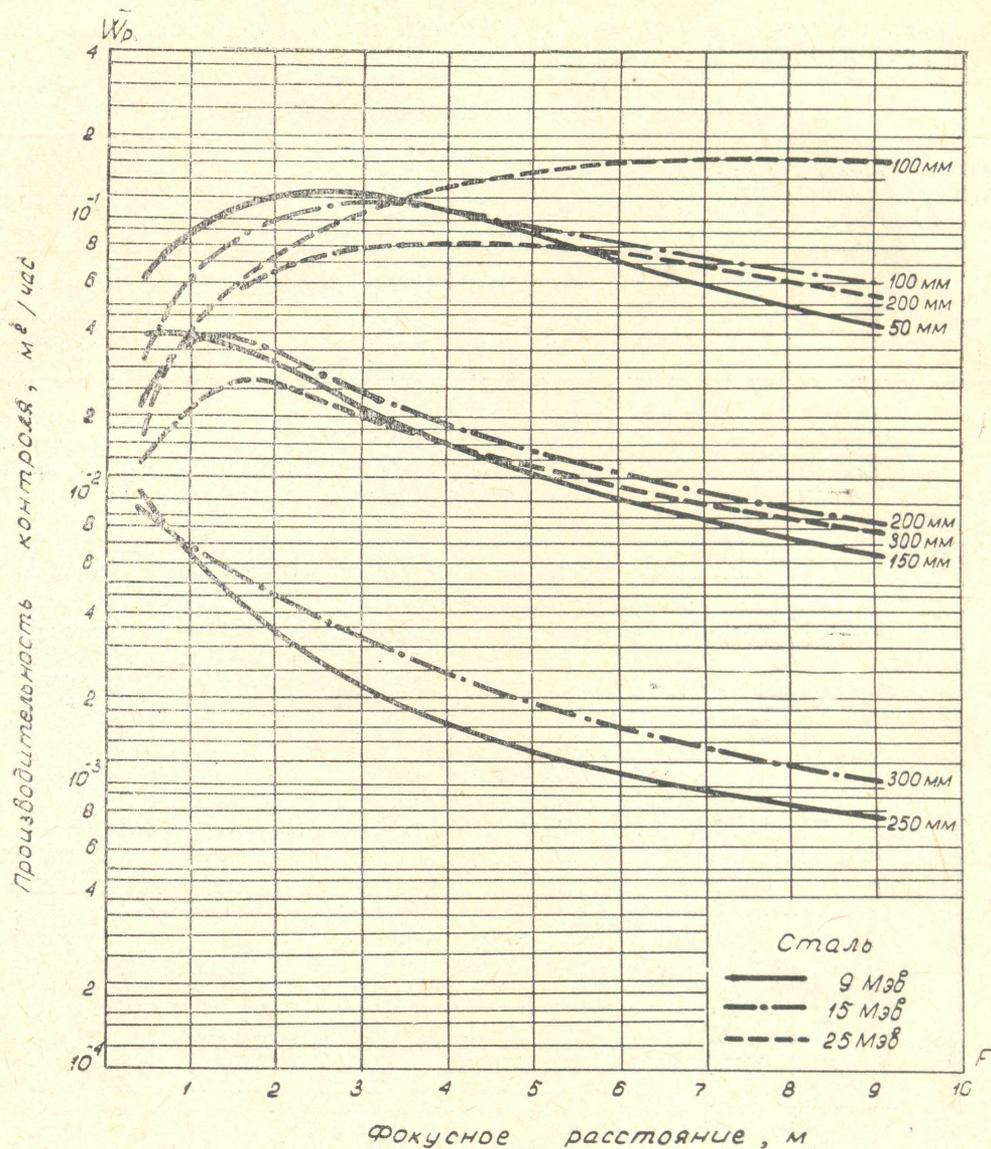


Рис. 2. Зависимость производительности радиографического контроля от фокусного расстояния для бетатронов 9,15 и 25 МэВ (контроль сварных швов)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Электронные усилители. Труды V межвузовской конференции, М., 1966.
2. А. А. Воробьев, В. И. Горбунов, В. А. Воробьев, Г. В. Титов. Бетатронная дефектоскопия материалов и изделий, Атомиздат, М., 1965.
3. В. С. Соколов. Дефектоскопия материалов. Госэнергоиздат, М., 1961.
4. В. А. Бердоносков, В. А. Воробьев, А. В. Покровский. Сварочное производство, 1968, № 11, 32.
5. Промышленная радиография под ред. Уайтшайра, Атомиздат, М., 1960.
6. Неразрушающие испытания (справочник) под ред. Р. Мак-Мастера, М.—Л., 1965.
7. Неразрушающие методы контроля материалов и изделий, ОНТИПРИБОР, М., 1964.
8. В. А. Воробьев, В. И. Горбунов, А. В. Покровский. Дефектоскопия, 1967, № 1, 93.
9. В. И. Постников. Методика определения эффективности применения радиоактивных изотопов, М., Атомиздат, 1964.
10. В. А. Бердоносков, О. Ф. Булаев, В. И. Горбунов, Г. В. Титов. Труды 1-й межвузовской конференции по радиационным методам контроля, ОНТИПРИБОР (в печати).