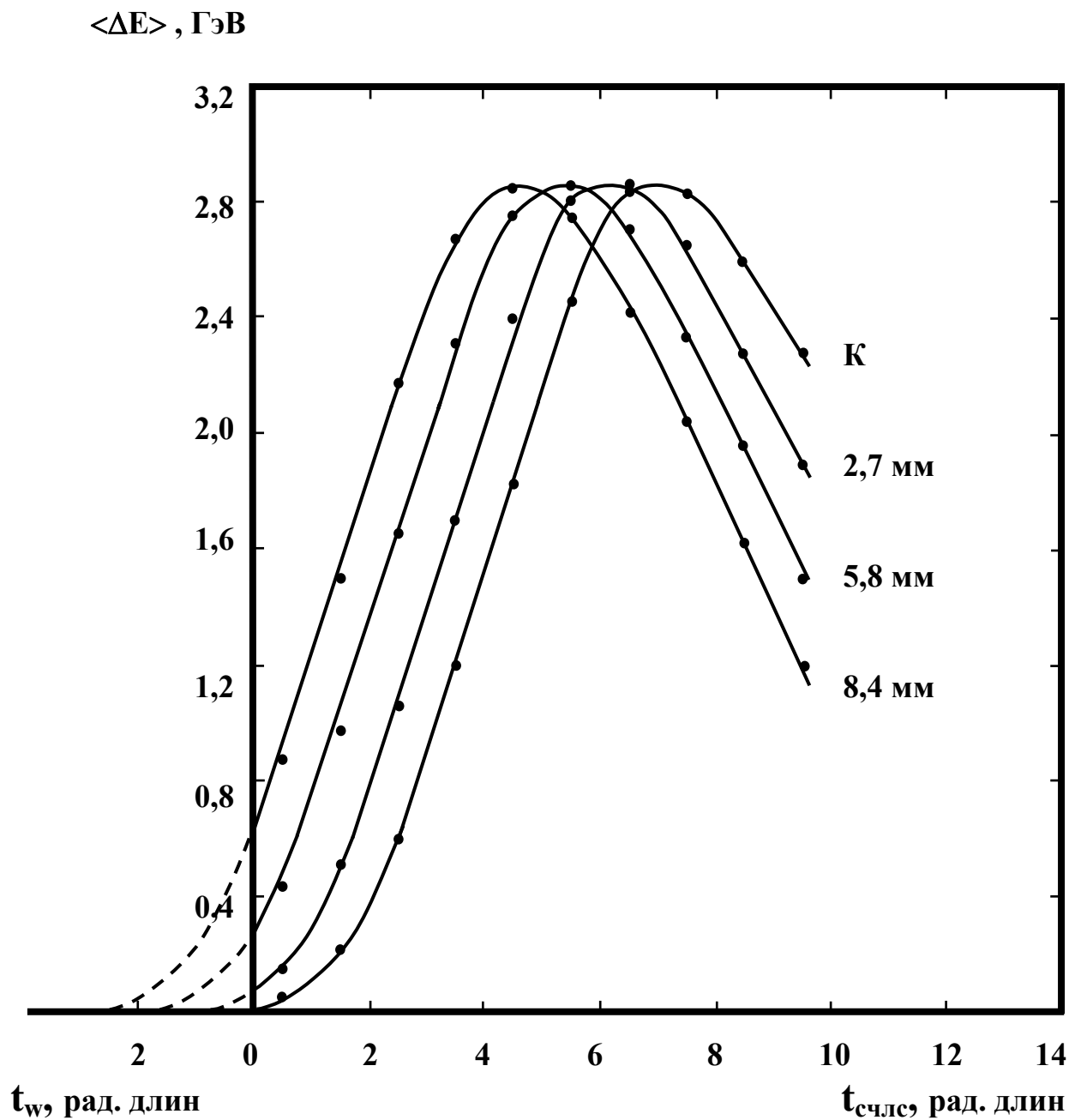
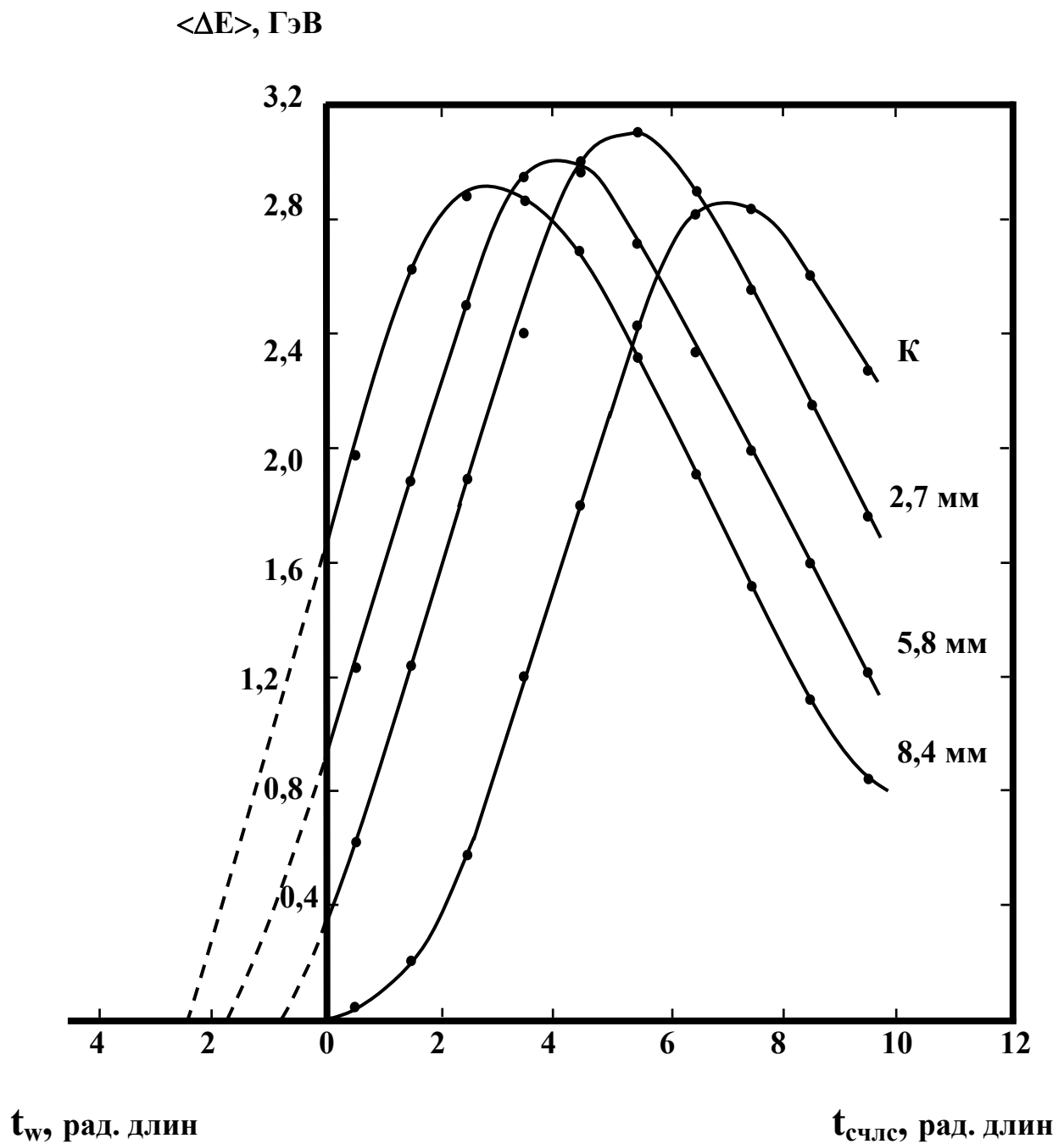


**Рис. 1** Схема экспериментальной установки “Каскад”.

А1 - А3 и С1 - С6 – сцинтилляционные счетчики;  
 ПК1 - ПК3 – пучковые пропорциональные камеры;  
 Р – радиатор; ММ – магнит системы мечения фотонов;  
 Г – гониометр; М – кристаллическая конвертор;  
 Т – сцинтилляционный счетчик регистрации заряженных  
 частиц ливня; СЧЛС – составной черенковский ливневой  
 спектрометр; ЧС – черенковский спектрометр.

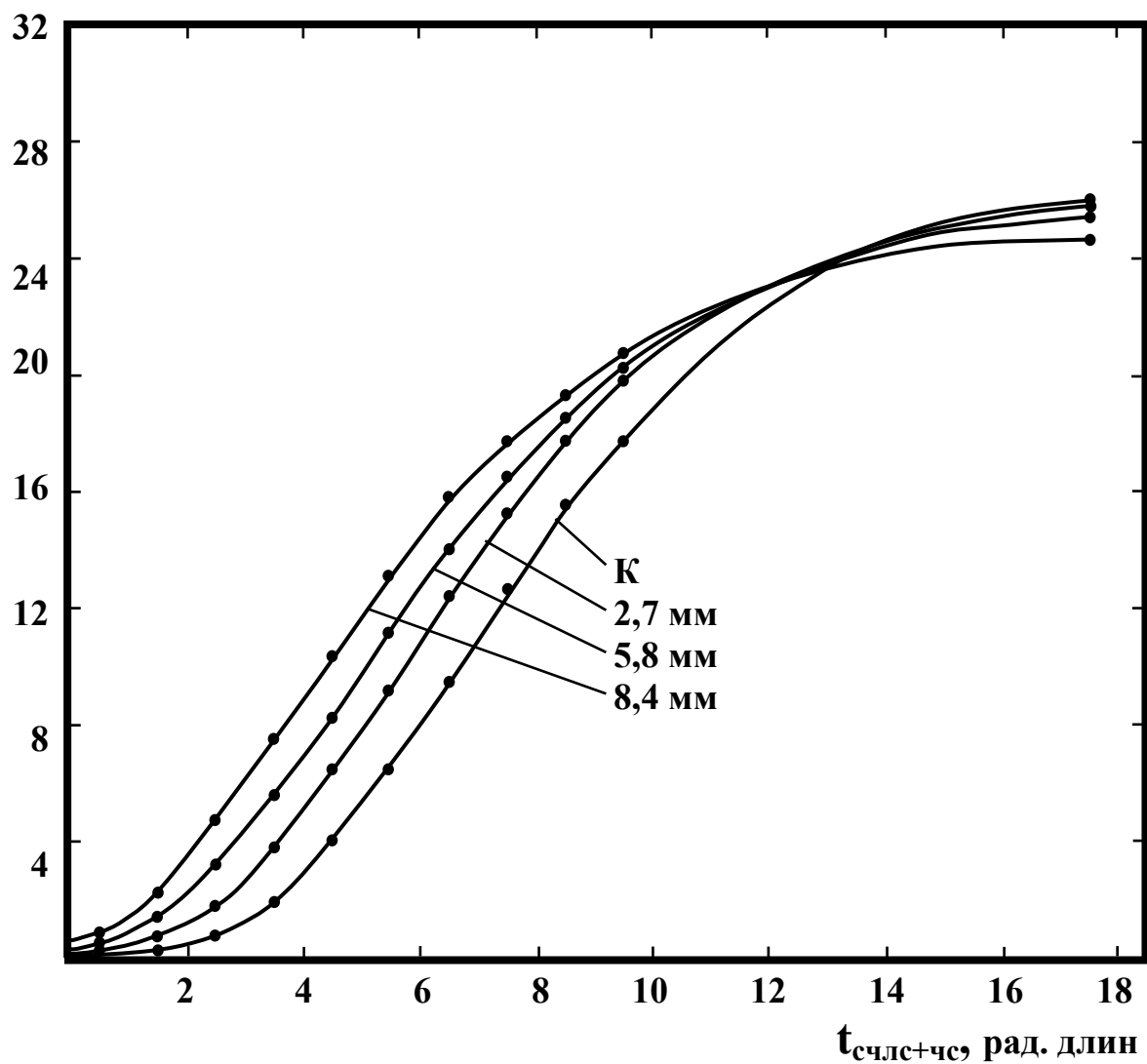


**Рис. 2а** Каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах разориентированных кристаллов вольфрама перед спектрометром (К – калибровка (кристалл перед СЧЛС отсутствует);  $\langle \Delta E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в каждом счетчике СЧЛС).



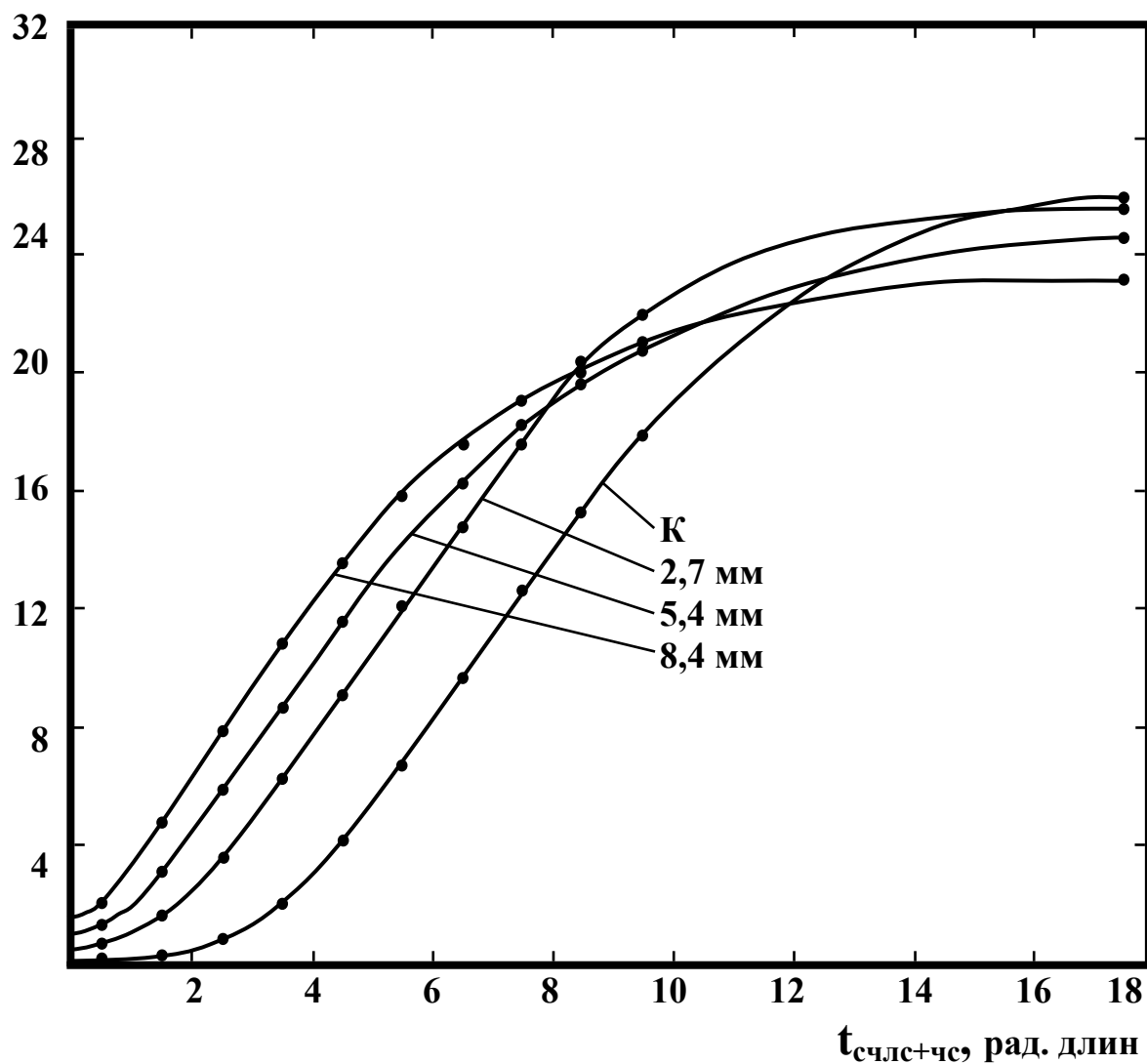
**Рис. 26** Каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах ориентированных кристаллов вольфрама перед спектрометром (К – калибровка (кристалл перед СЧЛС отсутствует);  $\langle \Delta E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в каждом счетчике СЧЛС).

$\langle E \rangle$ , ГэВ



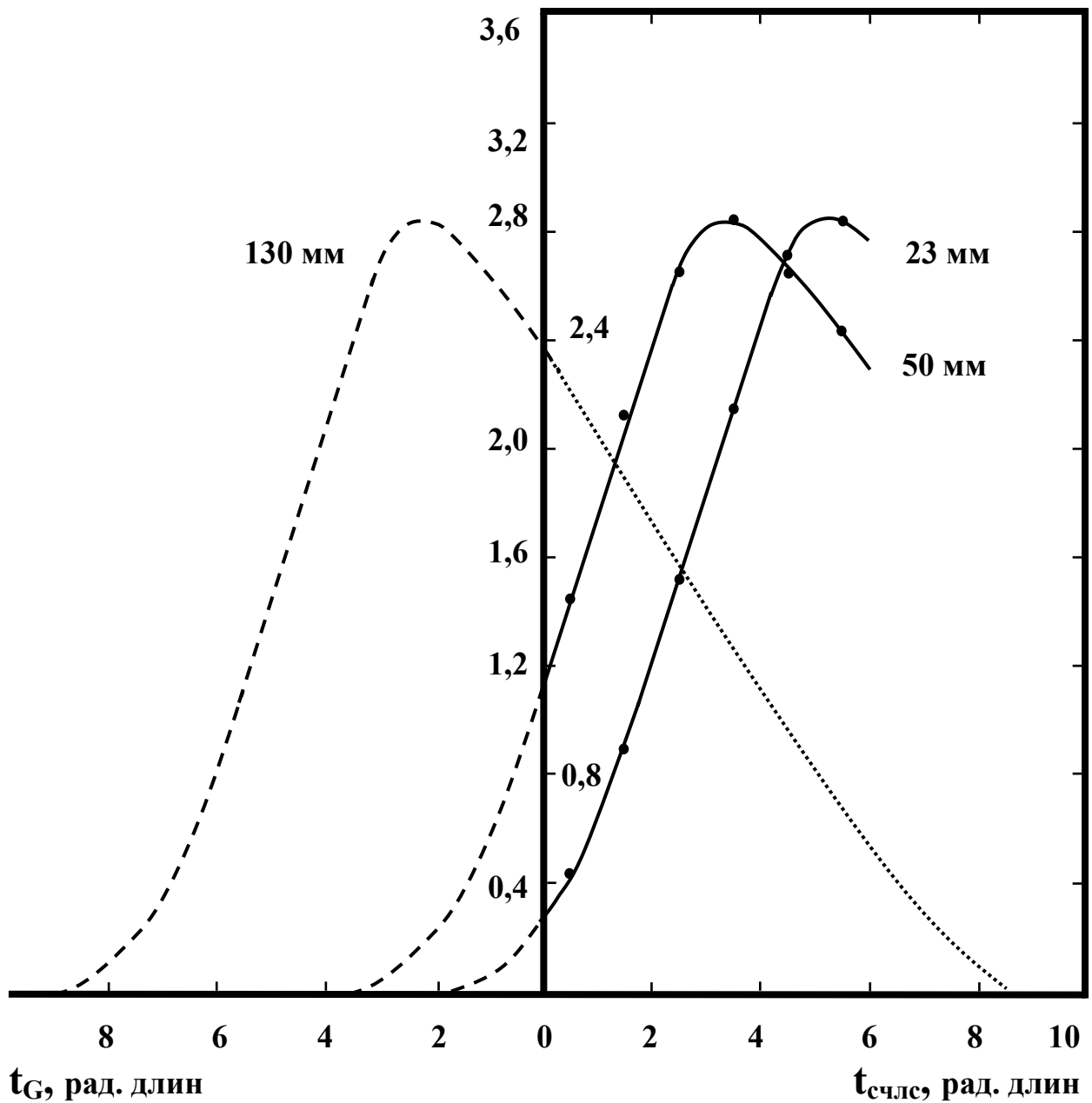
**Рис. 3а** Интегральные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС и ЧС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах разориентированных кристаллов вольфрама перед спектрометром ( $\langle E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в спектрометре соответствующей толщины).

$\langle E \rangle$ , ГэВ

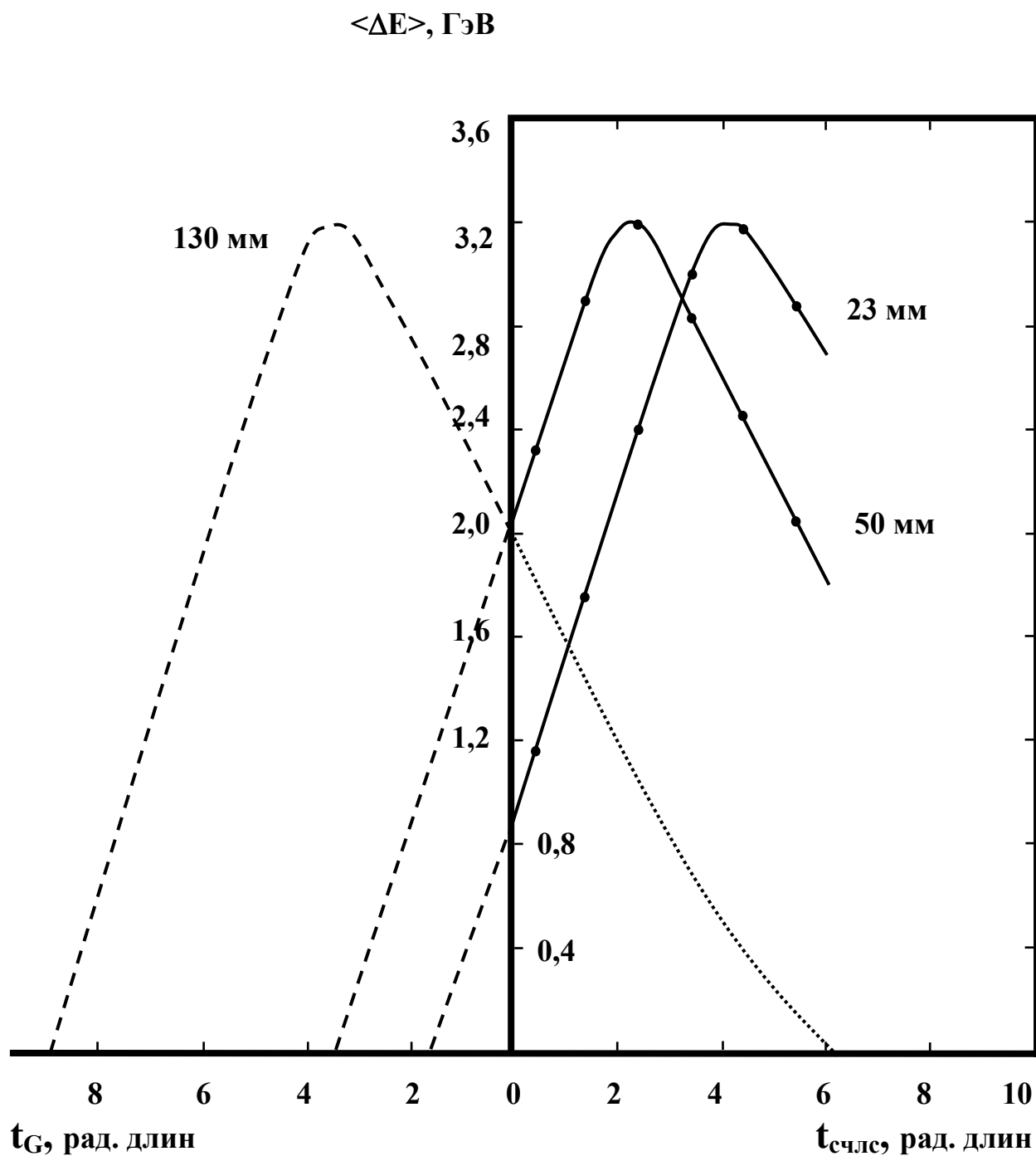


**Рис. 36** Интегральные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС и ЧС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах ориентированных кристаллов вольфрама перед спектрометром ( $\langle E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в спектрометре соответствующей толщины, ось ориентации  $\langle 111 \rangle$ ).

$\langle \Delta E \rangle$ , ГэВ

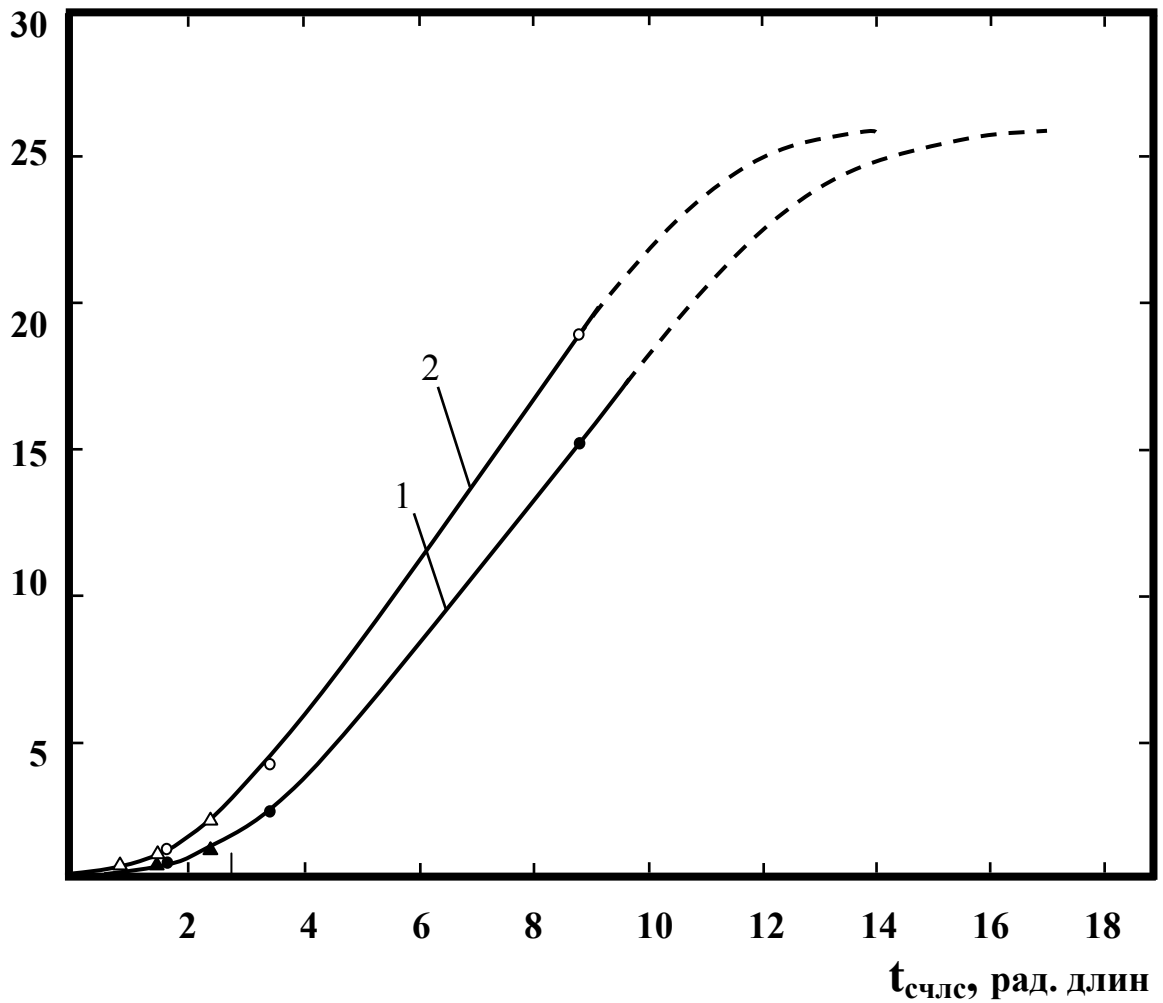


**Рис. 4а** Каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах разориентированных кристаллов граната перед спектрометром ( $\langle \Delta E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в каждом счетчике СЧЛС; - - - и ..... - экстраполяция).



**Рис. 46** Каскадные кривые развития электромагнитного ливня в СЧЛС от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ при разных толщинах ориентированных кристаллов граната перед спектрометром ( $\langle \Delta E \rangle$  - средняя энергия ливня, выделившаяся в каждом счетчике СЧЛС; - - - и ..... - экстраполяция).

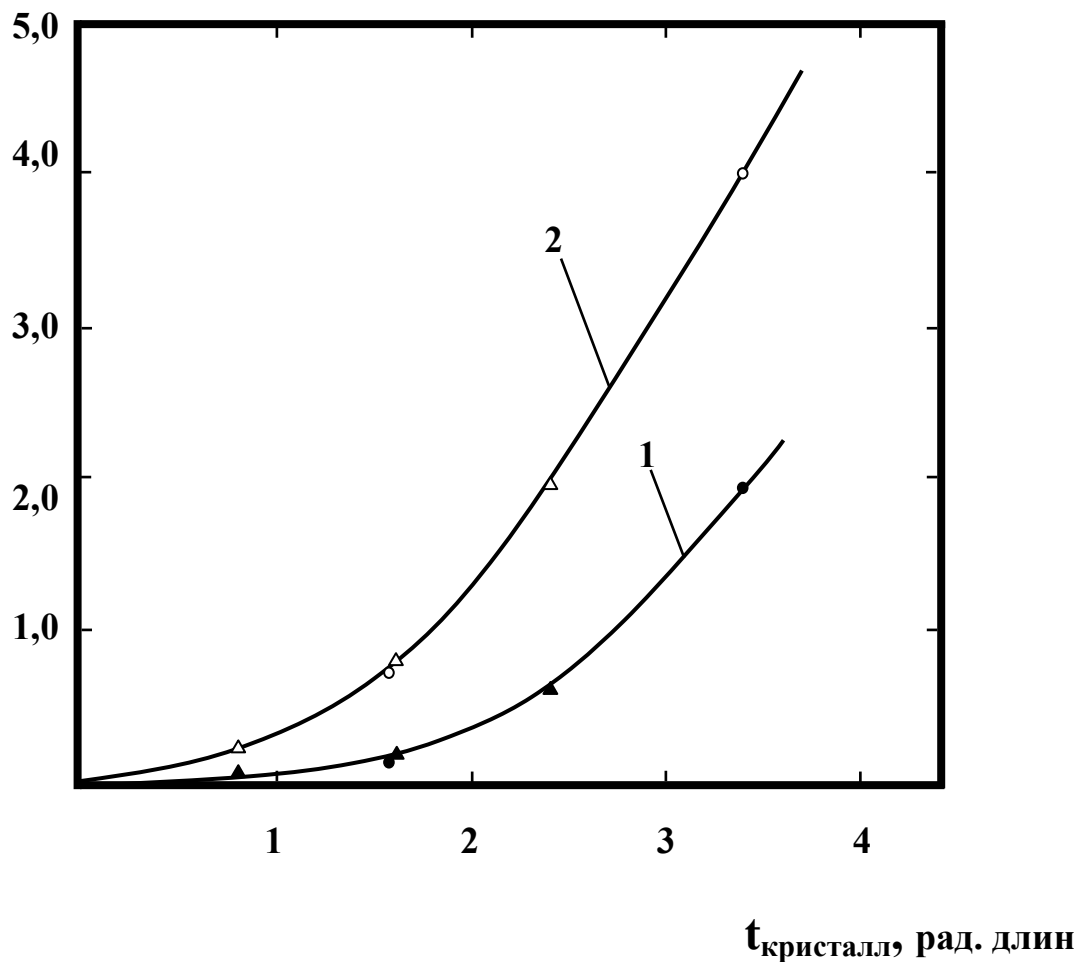
**E, ГэВ**



**Рис. 5а** Интегральные кривые развития электромагнитного ливня в кристаллах граната (•, ◦) и вольфрама (▲, △) от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ.  
1 – кристаллы разориентированы (аморфное вещество - •, ▲);  
2 – кристаллы ориентированы вдоль оси  $\langle 111 \rangle$  (◦, △);  
- - - - экстраполяция.

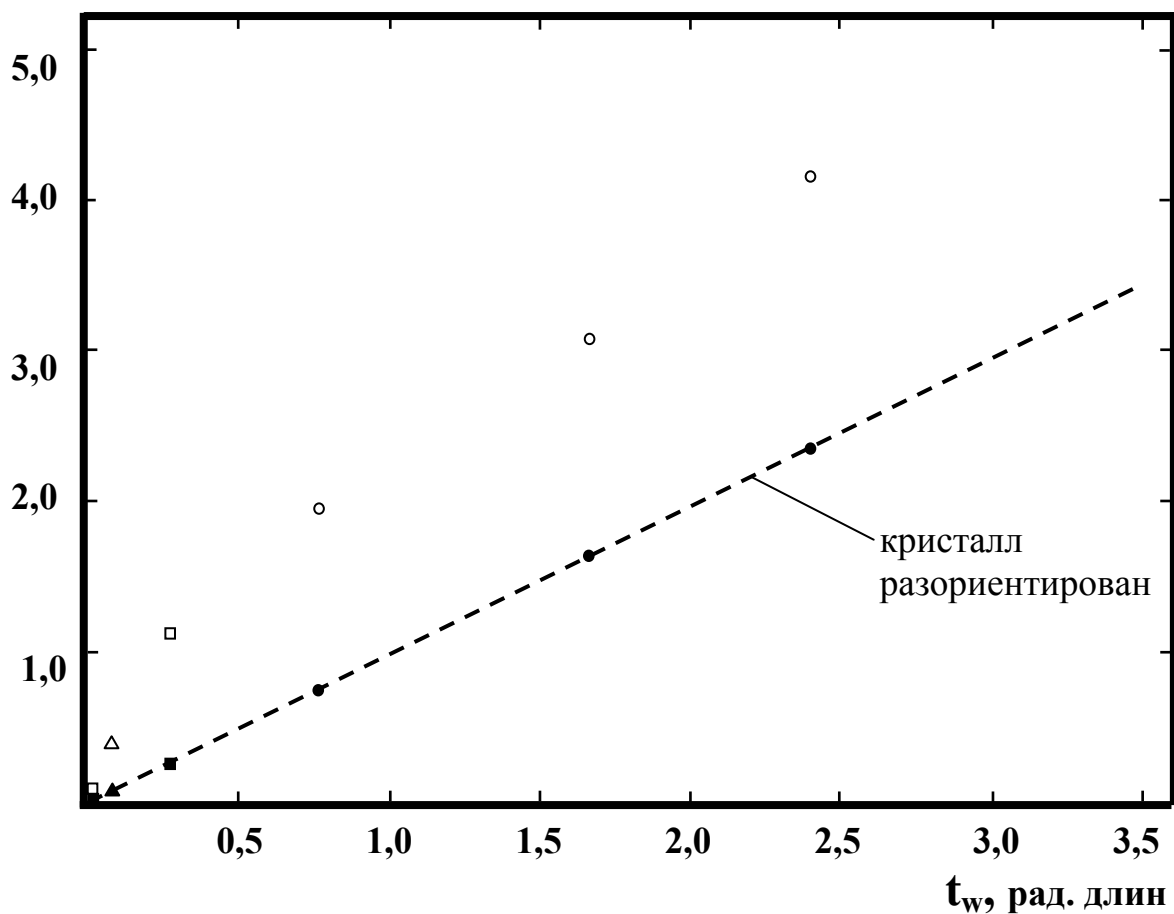


$E$ , ГэВ



**Рис. 56** Интегральные кривые начальной стадии развития электромагнитного ливня в кристаллах граната ( $\bullet$ ,  $\circ$ ) и вольфрама ( $\blacktriangle$ ,  $\triangle$ ) от электронов с энергией  $E_e = 26$  ГэВ ( $t_{\text{кристалл}} < 4$  рад. длин).  
1 – кристаллы разориентированы (аморфное вещество -  $\bullet$ ,  $\blacktriangle$ );  
2 – кристаллы ориентированы вдоль оси  $\langle 111 \rangle$  ( $\circ$ ,  $\triangle$ ).

$t_{w\text{эфф.}}$ , рад. длин



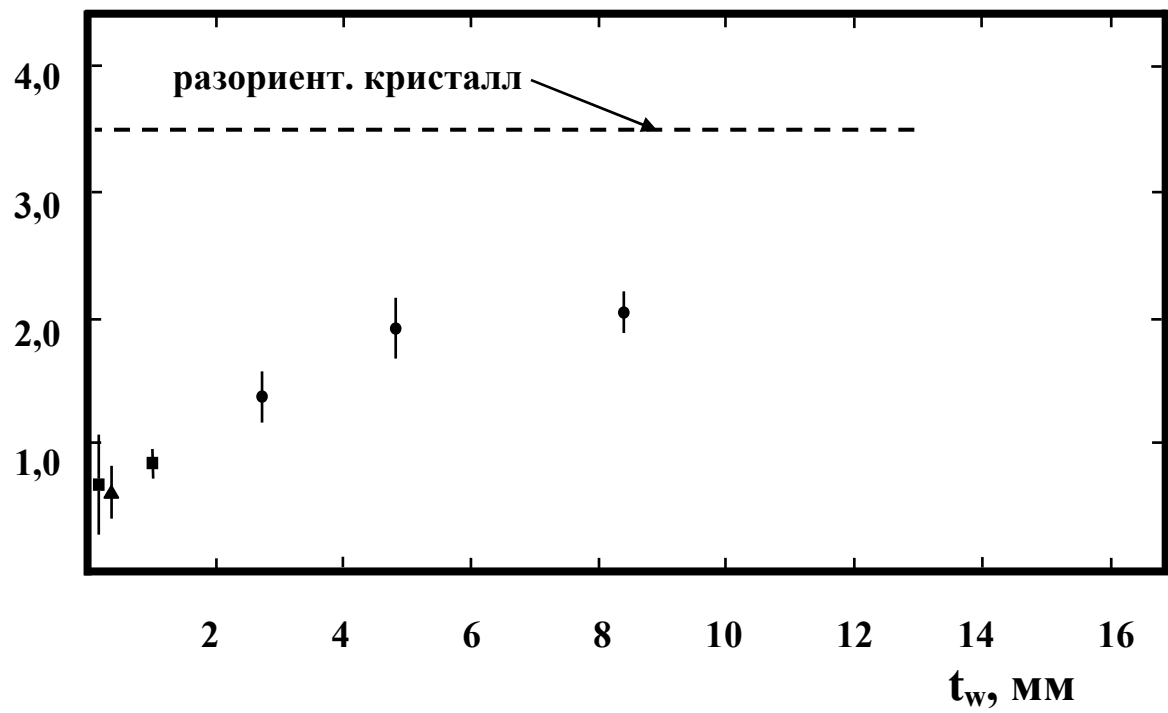
**Рис. 6** Зависимость “эффективной” толщины ориентированного кристалла вольфрама от толщины разориентированного кристалла.

Ось ориентации  $\langle 111 \rangle$ .

$\circ, \bullet$  -  $E_e = 26$  ГэВ;  $\square, \blacksquare, \triangle, \blacktriangle$  -  $E_e = 28$  ГэВ;

$\circ, \bullet, \triangle, \blacktriangle$  -  $T = 293$  К;  $\square, \blacksquare$  -  $T = 77$  К.

$X_0$ , мм



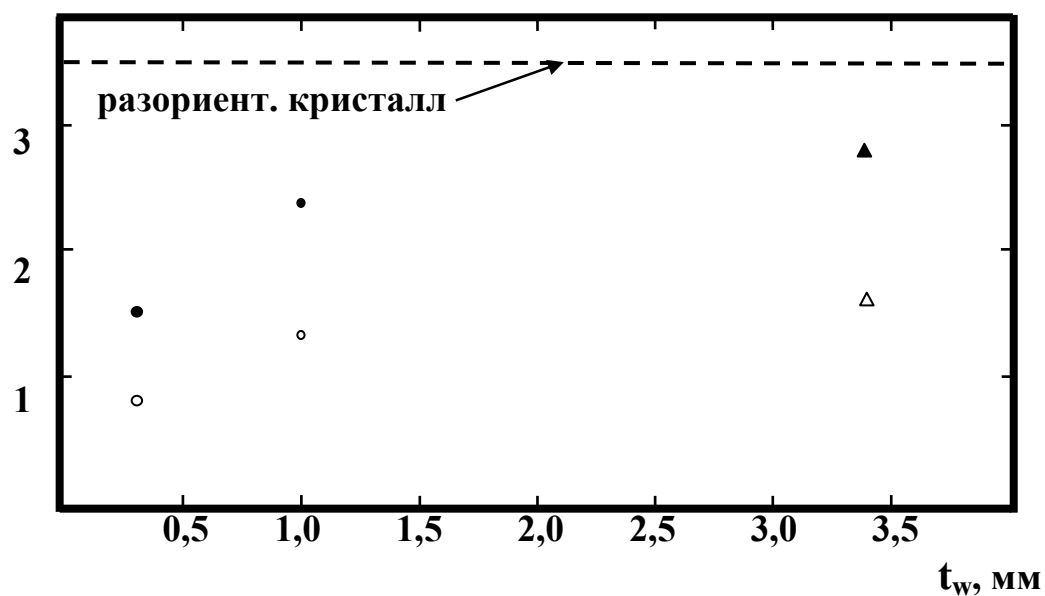
**Рис. 7** Зависимость радиационной длины ориентированного кристалла вольфрама от толщины разориентированного кристалла.

Ось ориентации  $\langle 111 \rangle$ .

• -  $E_e = 26$  ГэВ; ■, ▲ -  $E_e = 28$  ГэВ;

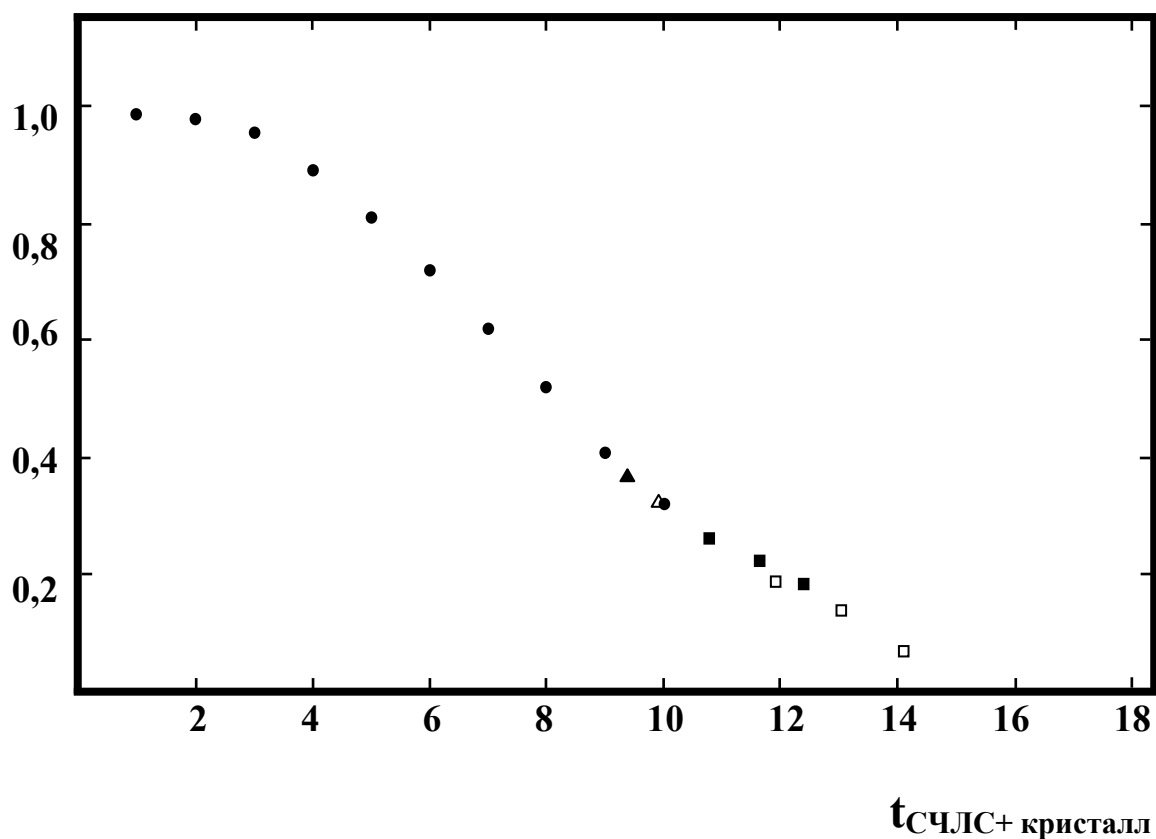
•, ▲ -  $T = 293$  К; ■ -  $T = 77$  К.

$X_0$ , мм



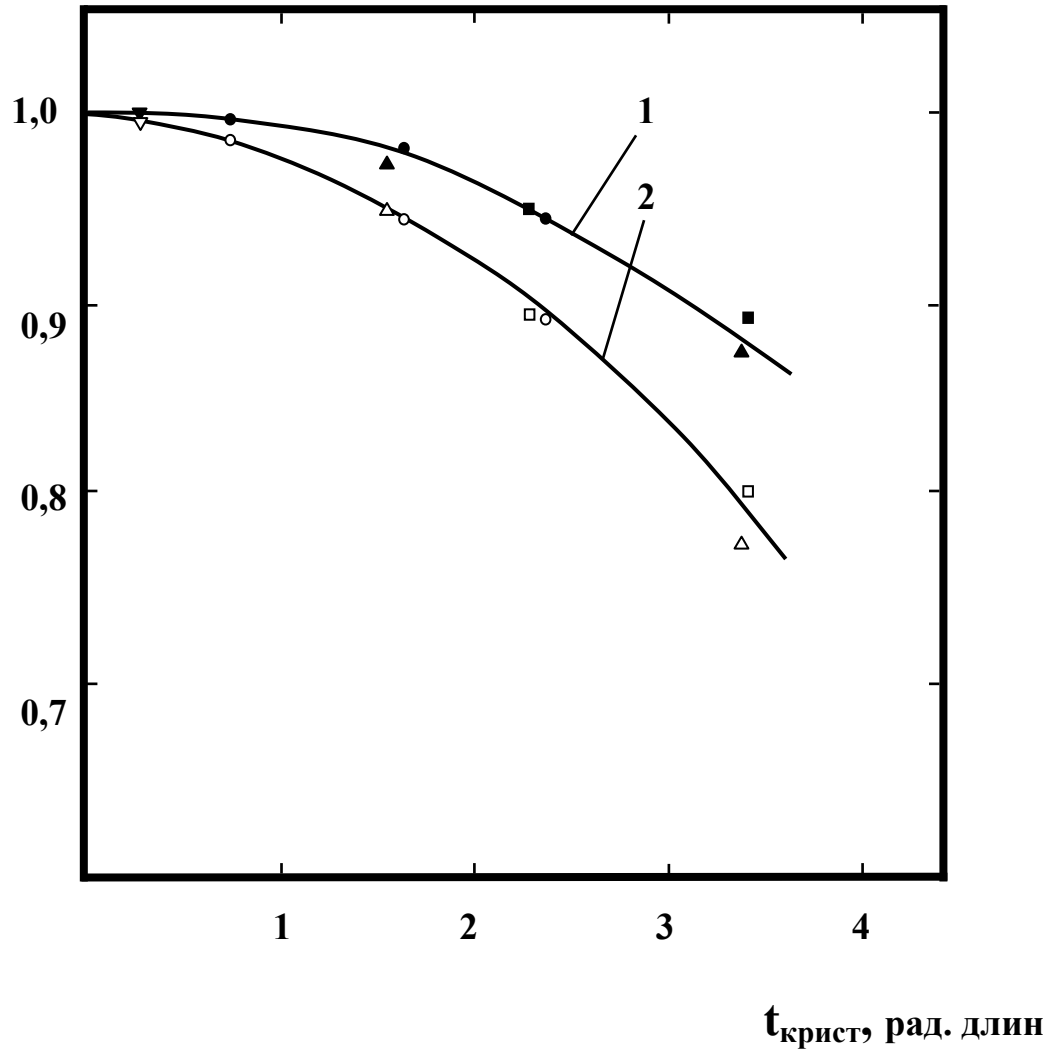
**Рис. 8** Зависимость радиационной длины ориентированного кристалла вольфрама от толщины разориентированного кристалла. Ось ориентации  $\langle 111 \rangle$ . Энергия  $\gamma$ -квантов  $E_\gamma = 5$  ГэВ ( $\bullet$  -  $T = 293^\circ\text{К}$ ,  $\blacktriangle$  -  $T = 100^\circ\text{К}$  [8]) и  $E_\gamma = 25$  ГэВ ( $\circ$  -  $T = 293^\circ\text{К}$ ,  $\triangle$  -  $T = 100^\circ\text{К}$  [8]).

$$\langle E_{\text{ЧС}} \rangle / E_e$$



**Рис. 9** Зависимость отношения энергии, выделившейся в ЧС, к средней энергии электронов в пучке ( $E_e = 26$  ГэВ), от толщины вещества, находящегося перед ним.

• - сборка СЧЛС; ▲, △ - разориентированный и, соответственно, ориентированный кристалл граната толщиной 50 мм (сборка СЧЛС из 6 счетчиков) [5]; ■, □ - разориентированные и, соответственно, ориентированные кристаллы вольфрама толщиной 2,7 мм, 5,8 мм и 8,4 мм (сборка СЧЛС из 10 счетчиков).  
Ось ориентации  $\langle 111 \rangle$ ,  $T = 293^\circ\text{K}$ .

$\beta$ 

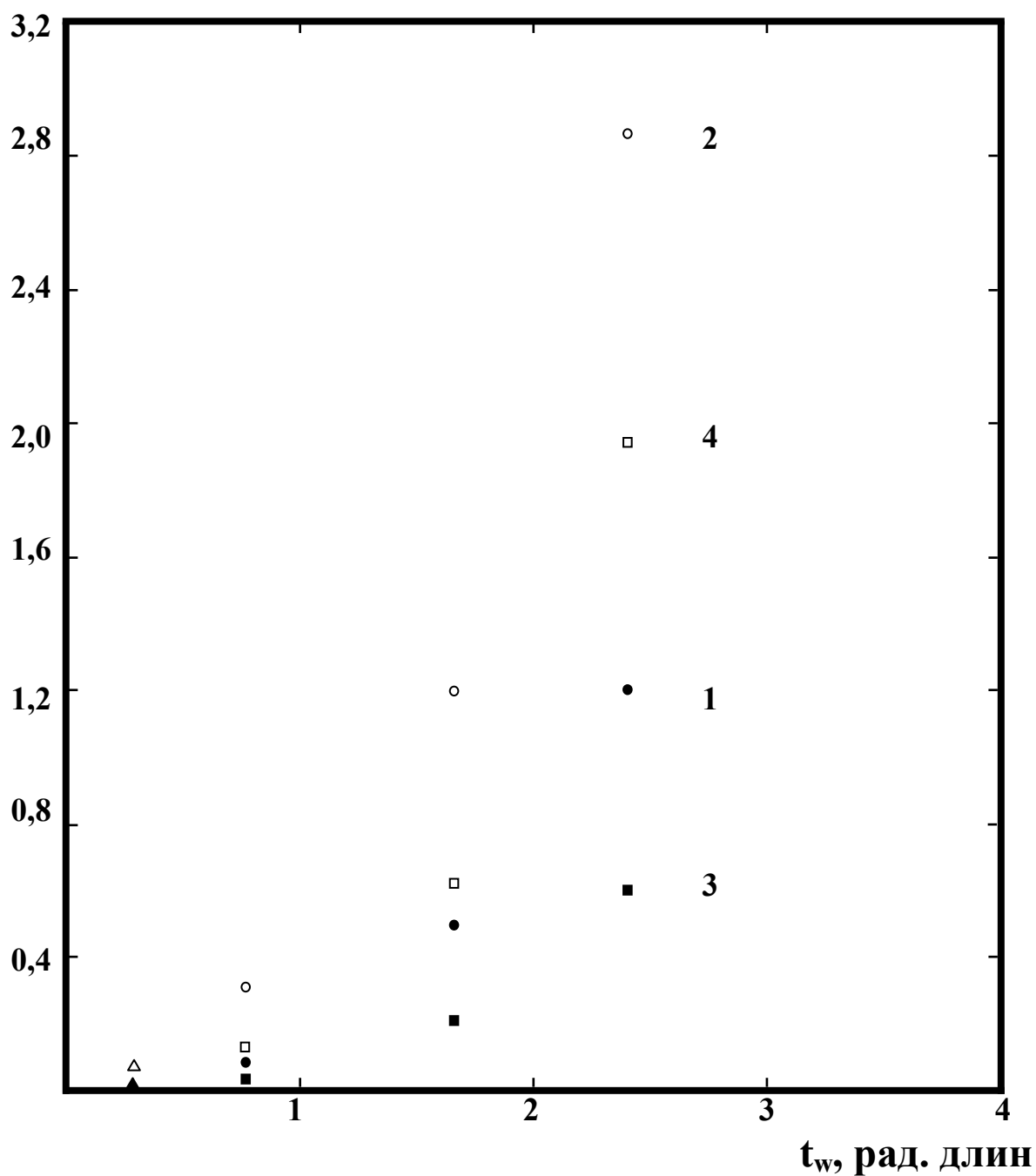
**Рис. 10** Зависимость отношения суммарной энергии, выделившейся в сборке (СЧЛС+ЧС) в присутствии кристалла перед ней к энергии, выделившейся в сборке СЧЛС+ЧС при её калибровке на пучке электронов, относительно толщины кристалла:

$$\beta = (\langle E_{\text{ЧС}} \rangle + \langle E_{\text{СЧЛС}} \rangle + \langle E_{\text{кристалл}} \rangle) / (\langle E_{\text{ЧС}} \rangle + \langle E_{\text{СЧЛС}} \rangle)_{\text{калиб.}}$$

•, ■, ▲ -  $E_e = 26$  ГэВ; ▼ -  $E_e = 28$  ГэВ; ●, ■, ▲, ▼ - кристаллы разориентированы; ○, □, △, ▽ - кристаллы ориентированы вдоль оси  $\langle 111 \rangle$ .

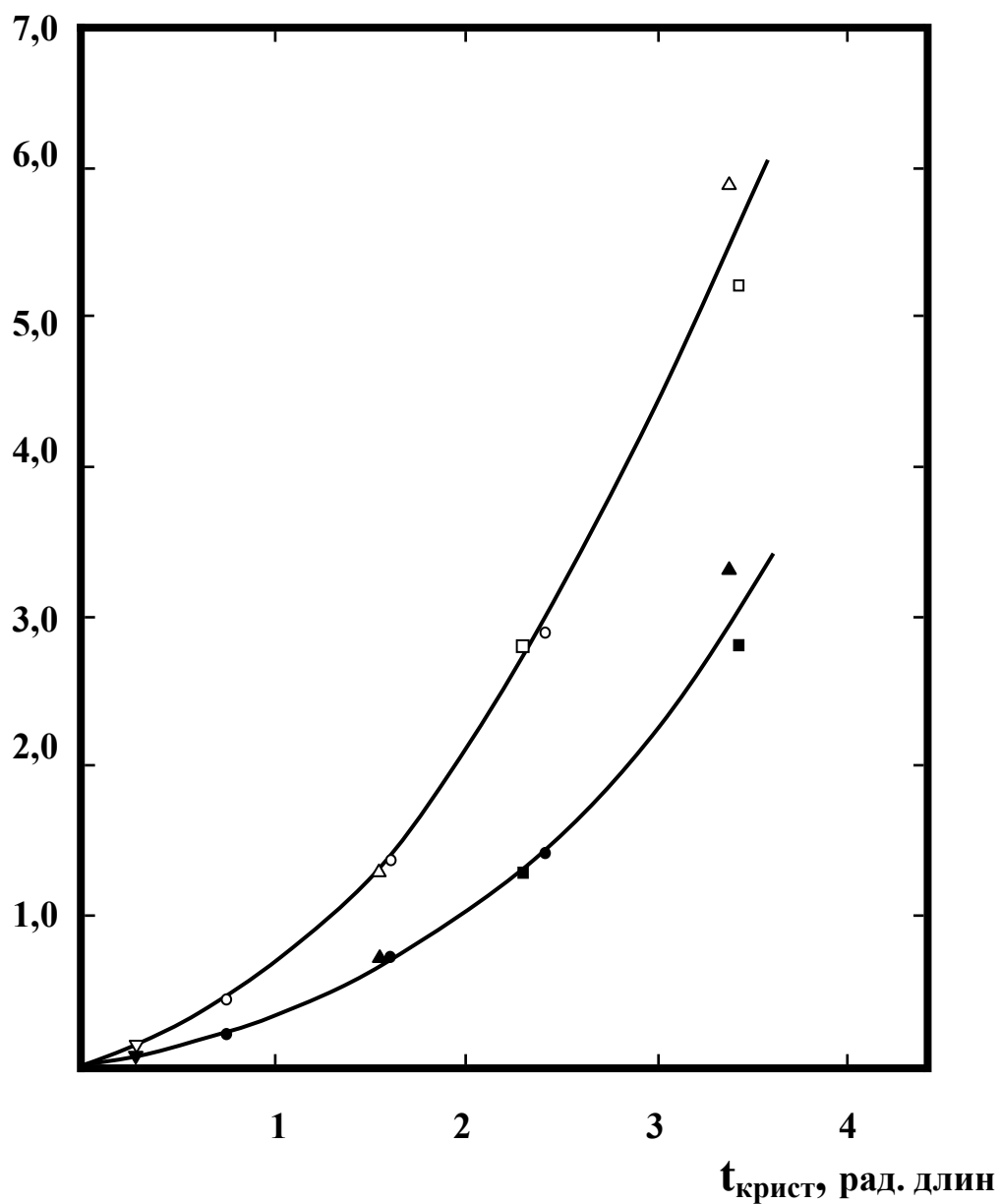
●, ▼ - вольфрам; ■ - вольфрамат; ▲ - гранат.

$\langle \Delta E \rangle$ , ГэВ



**Рис. 11** Зависимость энергии, “недобранной” составным спектрометром СЧЛС+ЧС при разориентированном ( $\blacktriangle, \bullet$ - 1) и ориентированном ( $\triangle, \circ$ - 2) кристаллах вольфрама, и энергии ливня, выделившейся в разориентированном ( $\blacksquare$ - 3) и ориентированном ( $\square$ - 4) кристалле вольфрама.  
 $\bullet, \circ, \blacksquare, \square$  -  $E_e = 26$  ГэВ;  $\blacktriangle, \triangle$  -  $E_e = 28$  ГэВ

$\langle \Delta E_{\text{рассеян}} \rangle$ , ГэВ

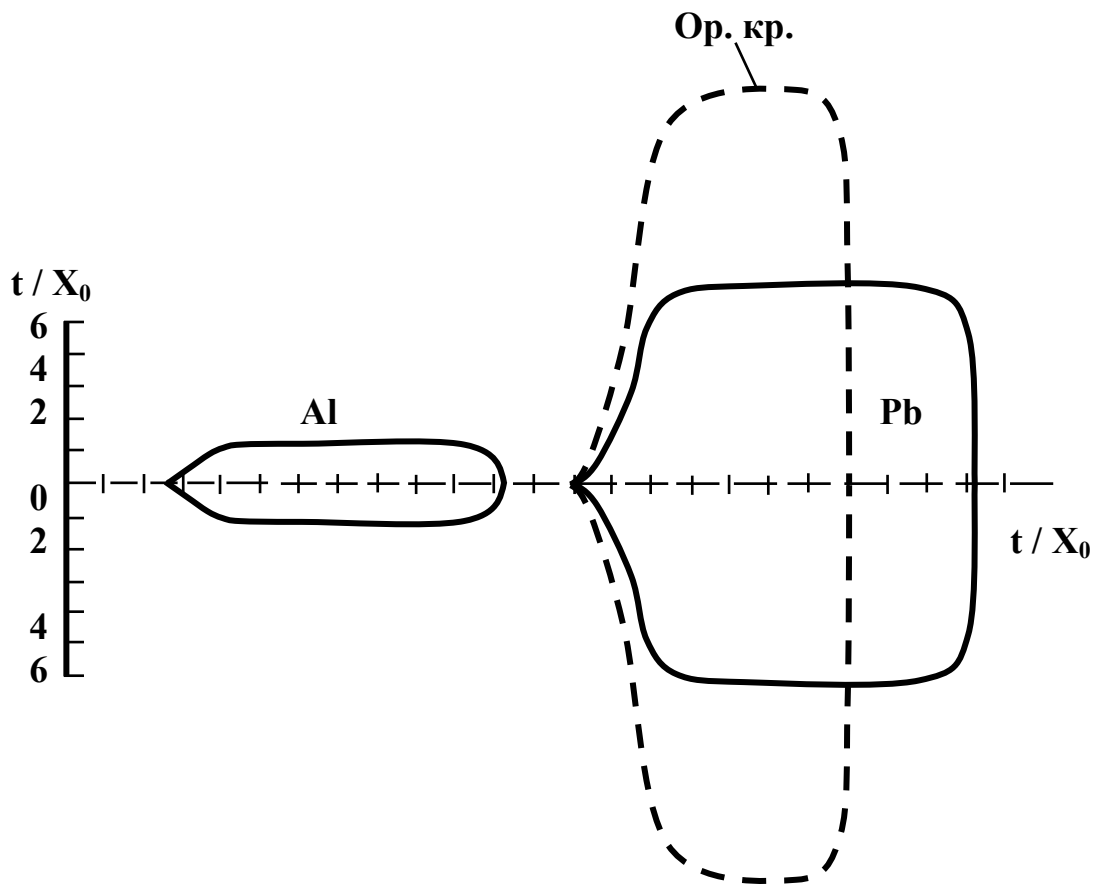


**Рис. 12** Зависимость энергии, рассеянной в промежутке между кристаллом и детектором СЧЛС+ЧС, в зависимости от толщины кристаллов.

•, ■, ▲ -  $E_e = 26$  ГэВ; ▼ -  $E_e = 28$  ГэВ; ●, ■, ▲, ▼ - кристаллы разориентированы; ○, □, △, ▽ - кристаллы ориентированы вдоль оси  $\langle 111 \rangle$ .

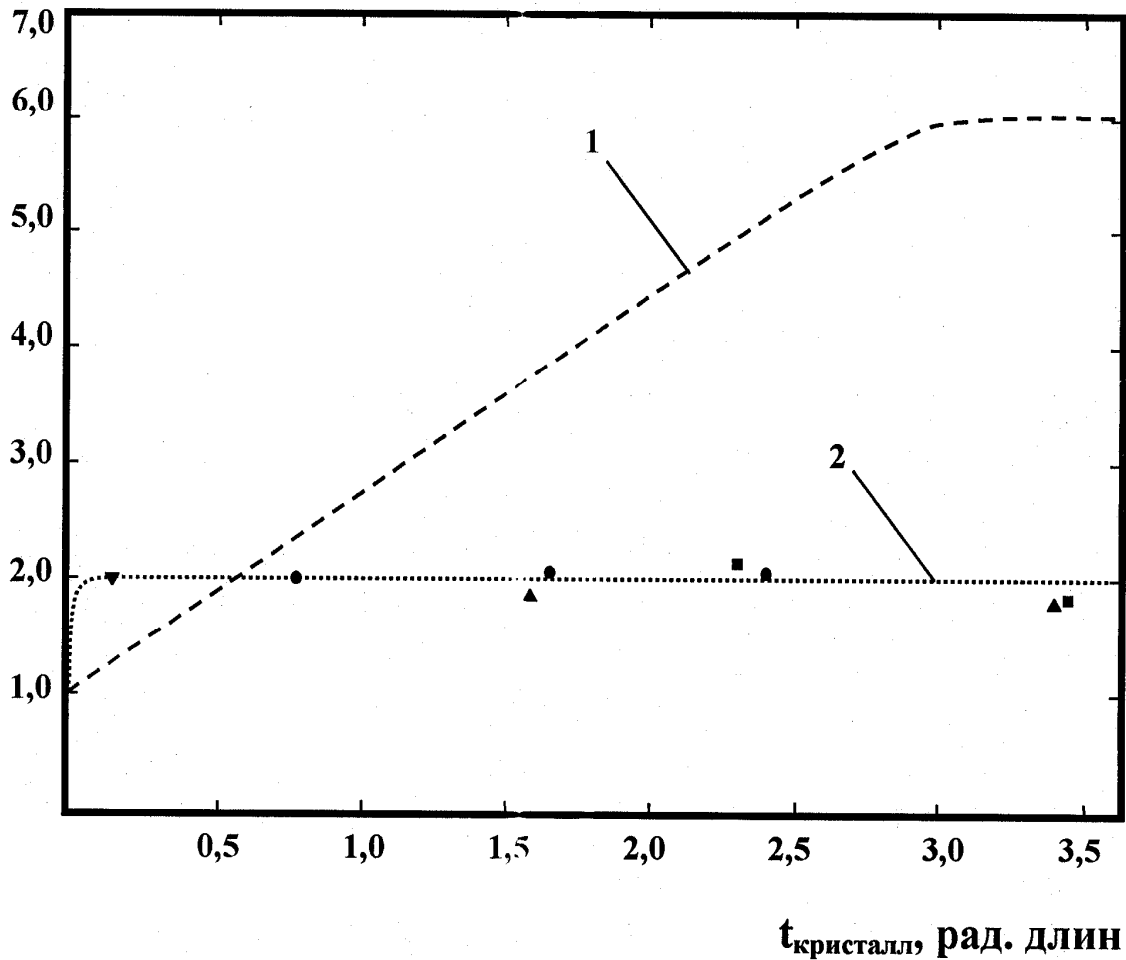
●, ▼ - вольфрам; ■ - вольфрамат; ▲ - гранат.





**Рис. 13** Контуры областей, в которых выделяется 90% энергии электромагнитного ливня при энергиях электронов в десятки ГэВ [13]. **Al** – алюминий; **Pb** – свинец; **Ор. кр.** – ориентированный кристалл.

$$\frac{\langle E_{Pb(ор)} \rangle}{\langle E_{Al(раз)} \rangle}$$



**Рис. 14** Отношение энергии ливня, выделяющейся в контуре эффективной области развития ливня в свинце ( $\langle E_{Pb} \rangle$ ), к энергии, выделяющейся в аналогичном контуре в алюминии ( $\langle E_{Al} \rangle$ ), (кривая 1); отношение энергии ливня, рассеянной в промежутке между ориентированным кристаллом и детектором (ЧЛС+ЧС ( $\langle E_{ор} \rangle$ ), к энергии ливня в случае разориентированного кристалла ( $\langle E_{раз} \rangle$ ) (кривая 2).

- ▼ - W ( $E_e = 28$  ГэВ, 77°К);
- - W ( $E_e = 26$  ГэВ, 293°К);
- ▲ - гранат ( $E_e = 26$  ГэВ, 293°К);
- - вольфрамат ( $E_e = 26$  ГэВ, 293°К);