

**Тема**

**Погрешность контроля  
нейтронной мощности  
и периода**

## Содержание

1. Параметры, обеспечивающие безопасность при пуске ЯР
2. Погрешность импульсного и токового канала пусковой аппаратуры
3. Погрешность на энергетических уровнях мощности
4. Формирование сигнала периода увеличения мощности импульсной и токовой аппаратурой
5. Роль инерционного звена в канале вычисления периода. Псевдо установившийся период

Погрешность канала контроля  
нейтронной мощности ЯР  $\delta_N =$

$$\pm \sqrt{\sum \delta_i^2}$$

**ПИК:**  $\delta_{ТИ} = \pm 10 \%$ ,  $\delta_{ат} = \pm 10 \%$

По ТУ на ПИК-63  $\delta_{ик} = \pm 20 \%$

относительно чувствительности,  
указанной в паспорте!!!

$$\delta_{\text{ст}} = \pm 100/\sqrt{F}$$

$\delta_{\text{апп}} = ?$  % с дискриминацией

$\delta_{t \text{ осл}} = f(t^\circ)$ ,  $\delta_{t \text{ макс осл}} = 100$  %;

$\delta_{\text{осл расч}} = \pm 30$  %

$\delta_{\phi}$  -  $\delta$  в месте размещения ИК

$\delta_N$  -  $\delta$  контроля N в ЯР

## ПД 1, влияние F на $\delta_N$

Мощность %N <sub>ном</sub>	Без БПХ-98		ТУ	ТЗ [6]	
	F ИМП./с	$\delta_{ст}$ %	$\delta_N$ %	$\delta_N$ %	
$10^{-7}$	0,15	258	280	$10^{*1}$	$20^{*1}$
$10^{-6}$	1,5	82	137	$10^{*1}$	$20^{*1}$
$10^{-5}$	15	26	113	$10^{*1}$	$5^{*1}$
$10^{-4}$	150	8,2	111	$10^{*1}$	$5^{*1}$
$10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^4$	0,8	110	$10^{*1}$	$2^{*1}$

## Влияние БПХ на на $\delta_\phi$ и $\delta_N$

N,	Без БПХ	БПХ	ТУ
$\%N_{\text{НОМ}}$	$\delta_N$	$\delta_N$	$\delta$
$10^{-7}$	280	456	10
$10^{-5}$	113	133	10
$10^{-2}$	110	111	10

Погрешности **без учёта** влияния БПХ  
на качество сигнала детектора

Диапазыны	N	Погрешность, %			ТУ
		Без БПХ	$\delta_{\text{СТ}}$	с БПХ	
РД1	$10^{-3}$	$20^{*1}$	129	130	10
	0,1	$20^{*1}$	12,9	23,8	10
	150	$\sim 2^{*2}$	0,33	$\sim 2^{*2}$	1
РД2	1	$20^{*1}$	4,8	20,5	1
	10	$20^{*1}$	1,29	$20^{*1}$	1
	150	$\sim 2^{*2}$	0,3	$\sim 2^{*2}$	1

Если **БПХ** уменьшает влияние статистического характера импульсов детектора на сигнал контроля, то может **исключить АЗ** по периоду, т.к. внесёт запаздывание и погрешность в сигналы периода и реактивности, исключит влияние мгновенных нейтронов на сигнал контроля, **Корректировать** сигнал пускового канала **нельзя**.



$N_{\text{мин АЗ}}$ , обеспечивающая АЗ при  $\Phi_{\text{Д}}$  в месте размещения ИК при  $100\%N_{\text{НОМ}}$ .

$\Phi_{\text{Д}}$ , нейтрон/см с			$10^8$	$10^{10}$	$10^{12}$
При $100\%N_{\text{НОМ}}$					
$N$	КНК	Импульс-	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$
$\%N_{\text{НОМ}}$	15-1	ный канал			
		Токовый	10	0,1	$10^{-3}$
		канал			
	КНК		$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-6}$
	53М				

Постоянная времени инерционного звена  $T$  и минимальная частота импульсов  $F_{\text{мин}}$ , обеспечивающие необходимое качество АР и быстроедействие АЗ по периоду:

АР,  $T=(5-10)$  с.;

АЗ,  $T=(4-8)$  с.;

$F_{\text{мин}} = 4 \cdot 10^3$  импульс/с.

Рис. 1.  $T_{из} = 0,1$  сек.

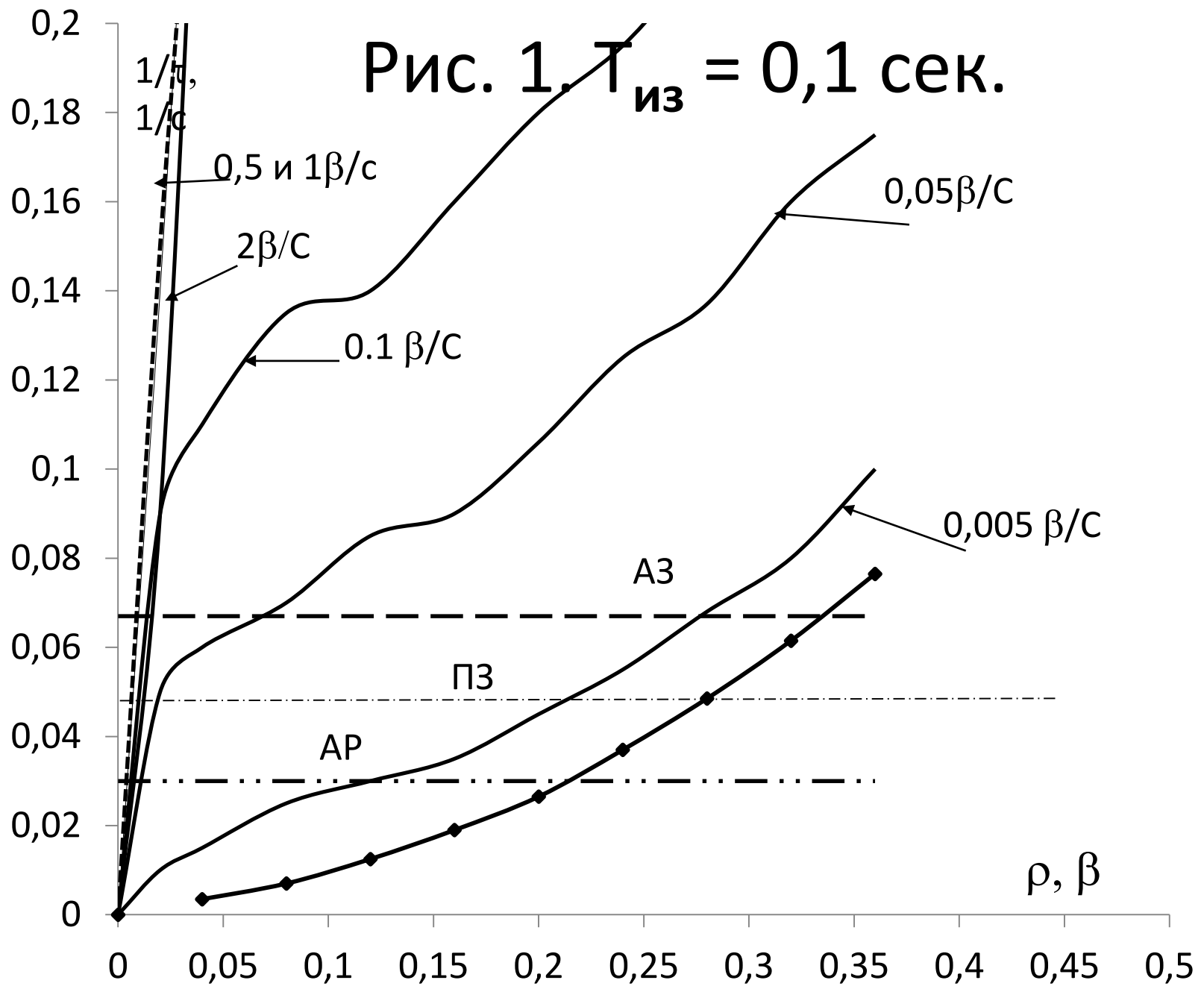
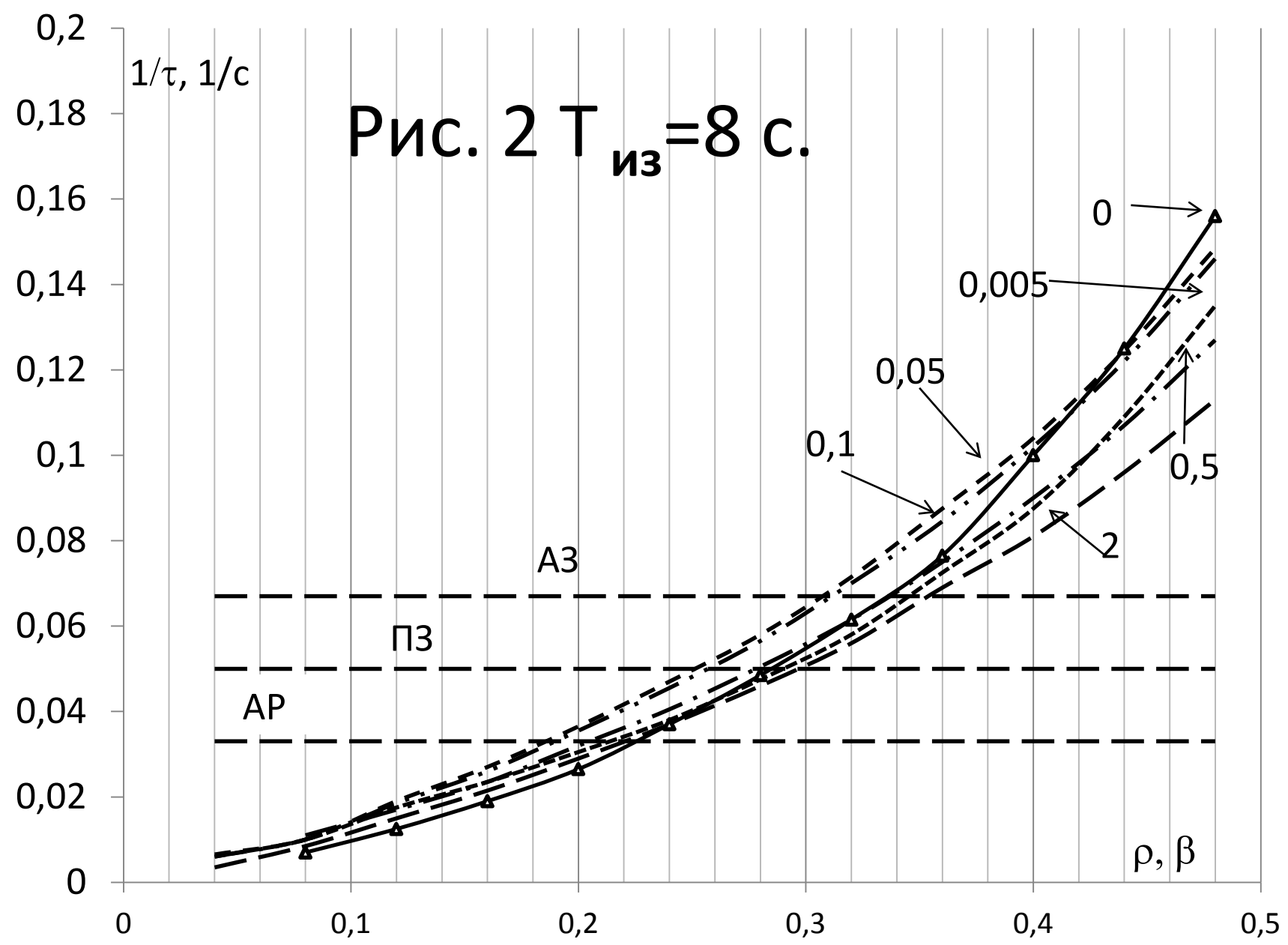


Рис. 2  $T_{из} = 8$  с.



Из рис. 1 и 2 следует: переходном режиме АР и АЗ вычисленный сигнал периода не соответствует действующему периоду ЯР. При надкритичности  $0,05\beta$  вычисленный период с  $T=0,1$  с. и  $T=8$  с., будет равен, соответственно, **8,5** с. и **140** с, а при надкритичности  $0,2\beta$  – **5,6** с и **28** с. Откуда следует, что в зависимости от  $T_{из}$  при одинаковой надкритичности

вычисленный сигнал периода отличается в разы. При оптимальной  $T$  для уставок АР и АЗ вычисленный сигнал периода отображает период установившийся, соответствующий введённой реактивности. Это период не ЯР и не установившийся, который наступит через десятки секунд после остановки изменения реактивности. Это **псевдо** установившийся период.

## **Причины недостатков :**

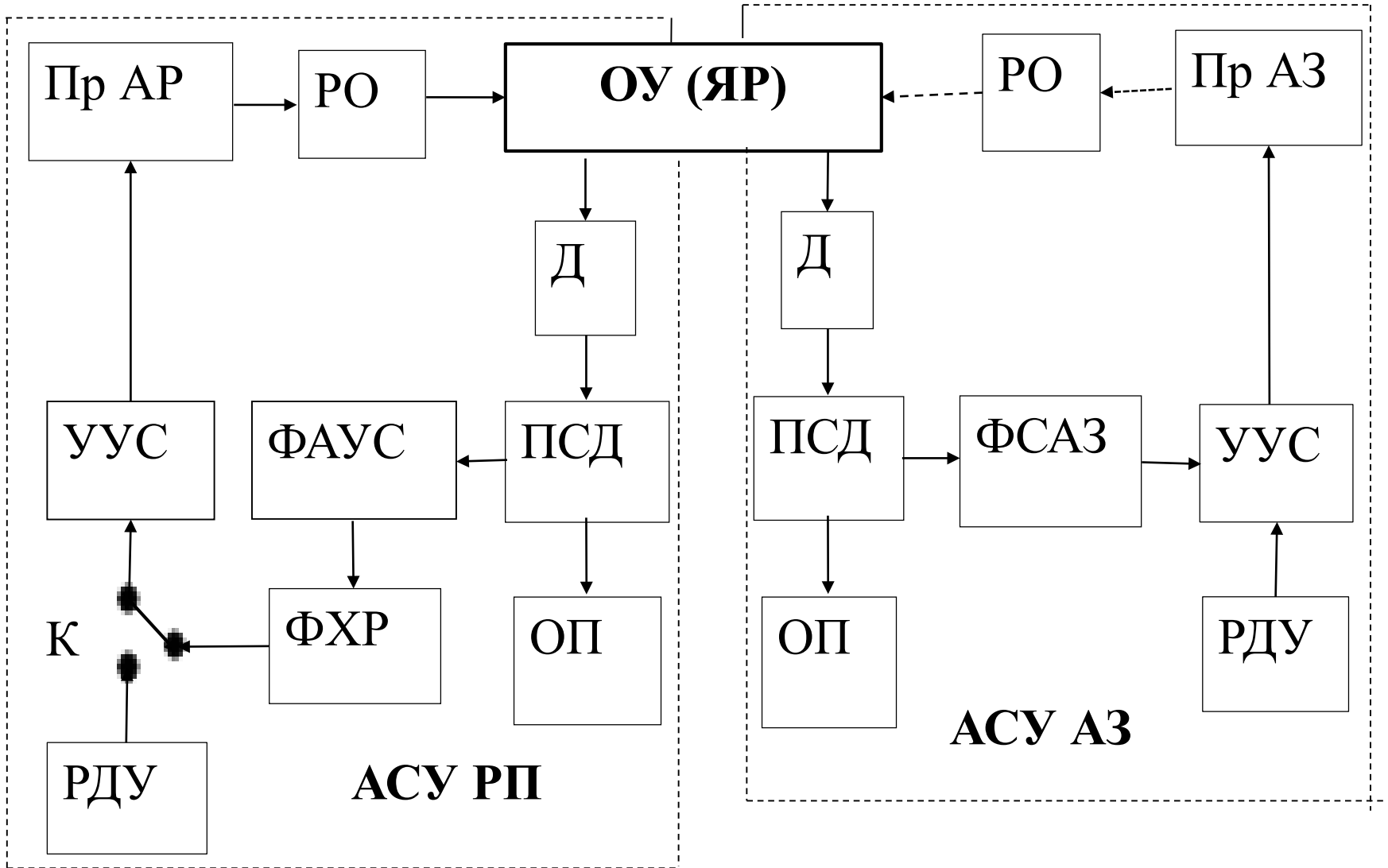
- 1) ошибки в ГОСТах на СУЗ, ПБЯ РУ АС в ГОСТ серии 34, на АСУ. (ЦВТ способна только вычислять и не может управлять);
- 2) неоднозначность понимания состава и функций АСУ ЯР, РУ и СУЗ. Главной ошибкой служит несоответствие состава и функций СУЗ, а также отсутствие определения, состава и функций основной составляющей системы управления РУ АС, системы автоматического регулирования РУ, САР РУ;

- 3) отсутствие разработки АСУ и технической документации на неё, рис. 3, как следствие ошибок по пунктам 1) и 2), а также специалистов по разработке АСУ;
- 4) отсутствие методик аттестации каналов контроля и управления, включая АЗ.



Погрешность контроля  
мощности  $(10-100) \% N_{\text{ном}}$  с  
корректировкой по сигналам  
**внутриреакторных** детекторов  
не менее **15 %** (см. выше  $\delta_{\text{ик}}$ )  
**без учёта** разброса их  
чувствительности по паспортам.

**Рис. 3 АСУ ЯР**



1. **Зайдель А.Н.** Элементарные оценки ошибок измерений. Л.: Наука, 1967
2. Испытания макетного образца измерительного канала ЛКМ с различными параметрами алгоритма вычислителя периода. Протокол 12.236. инв. № Пр 120-0393 ГУП НИКИЭТ, 2001.
3. **Правила** ядерной безопасности реакторных установок атомных станций, (ПБЯ РУ АС-2001). НП-15-2001 (ПНАЭГ-01-024-001).
4. **Юркевич Г.П.** Системы управления ядерными реакторами. Принципы работы и создания. Под ред. акад. РАН Н.С. Хлопкина. М.: «Элекс-КМ», 2009.
5. **Юркевич Г.П.** Законы управления. М.: «Вариант», 2015