

# ОПРОБОВАНИЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Автоматическая система аналитического контроля АСАК-РИВС  
как основа рентгеноспектральной экспресс-лаборатории для  
горно-обогатительных предприятий

# СТРУКТУРА АНАЛИТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Сектор методико-математических исследований

Сектор опытно-конструкторских работ

Сектор системотехники

Сектор программирования

Сектор проектирования

Сектор технического сопровождения разработок

Исследовательская лаборатория



Тестовая лаборатория



Испытательно-демонстрационная лаборатория



# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

---

01

Проведение НИР, ОКР и аудита для ГОКов в области опробования и аналитического контроля технологических процессов

02

Создание и развитие Автоматической Системы Аналитического Контроля (АСАК): **Современной, Безопасной, Эффективной**, как актуальное направление деятельности АЦ в рамках стратегии НПО РИВС по проектированию и вводу в эксплуатацию ГОКов «под ключ».

03

Проектирование, поставка, шеф-монтаж, пуско-наладка и внедрение оборудования с обучением эксплуатационного персонала предприятий-заказчиков

04

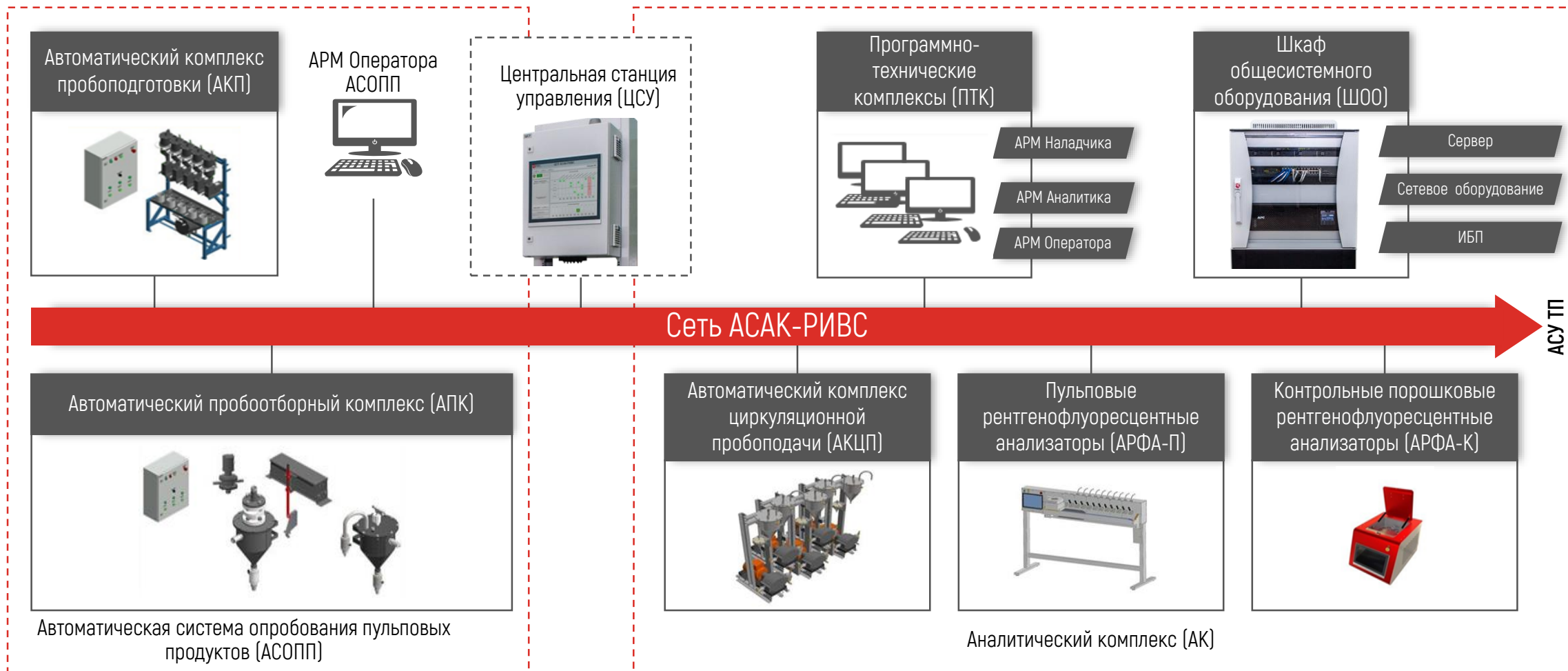
Гарантийное и постгарантийное обслуживание поставляемого оборудования

05

Разработка на основе аналитической информации экспертных систем управления технологическими процессами различного типа, в том числе с использованием разработанных способов автоматической экспрессной идентификации сортов перерабатываемых руд и нейронных сетей с их обучением на данных Заказчика



# АСАК PIBC = АСОПП + АК

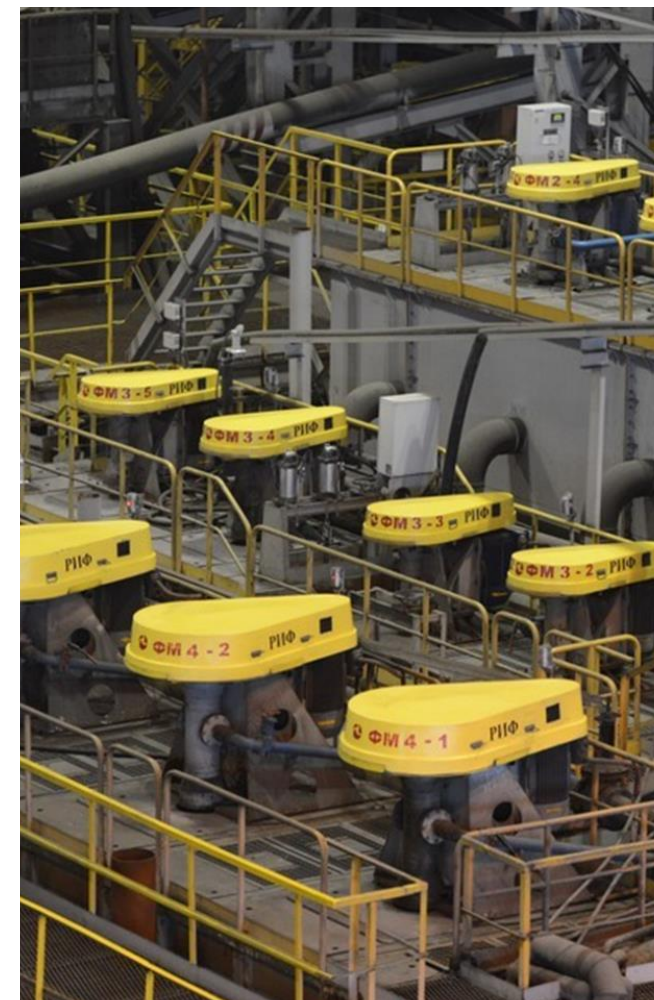


# НАЗНАЧЕНИЕ АСОПП

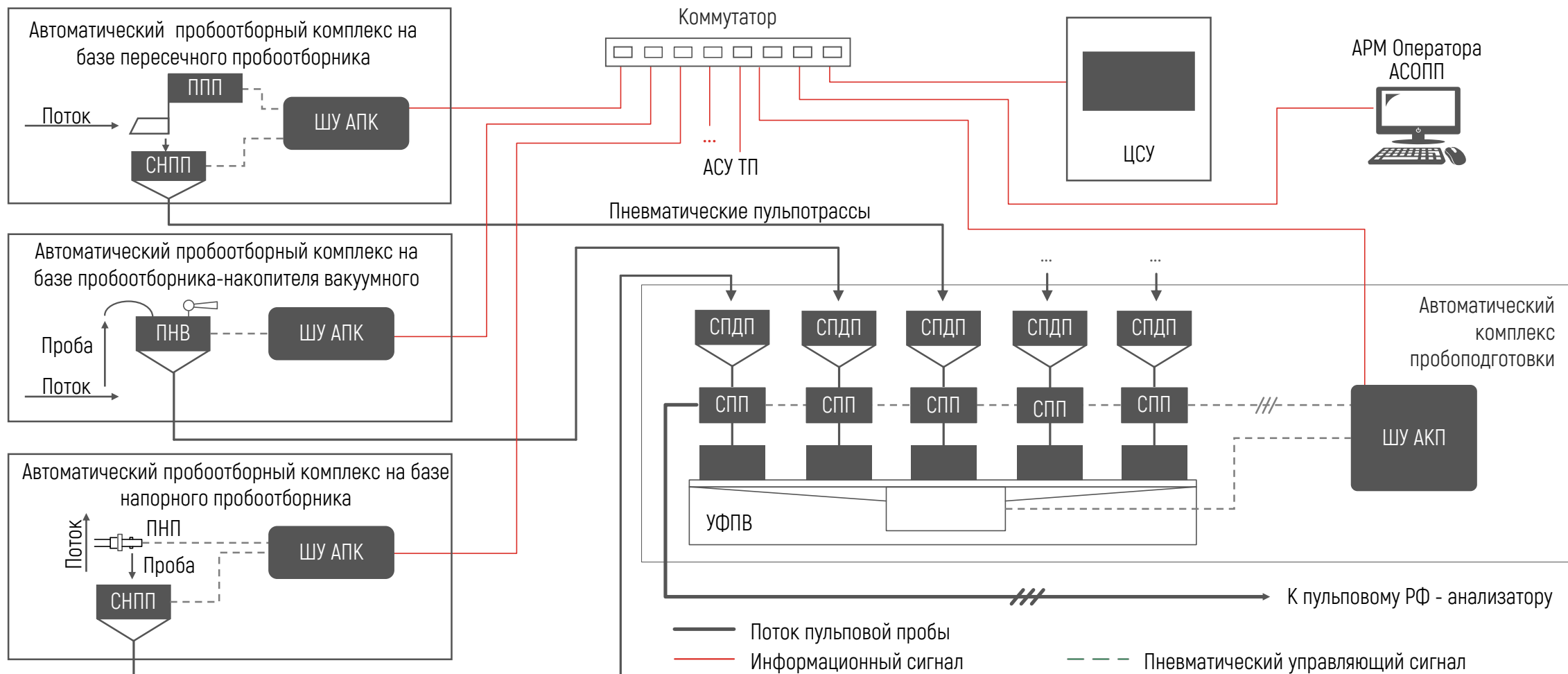
Автоматическая система опробования пульповых продуктов (АСОПП) предназначена для решения задач отбора представительных пульповых проб в различных точках технологического процесса флотации, их пневматической транспортировки по пульпотрассам к месту пробоподготовки, включающей прием и деаэрацию, представительное сокращение и обезвоживание оперативных, контрольных, часовых, сменных и балансовых проб для их дальнейшего анализа.

## Преимущества

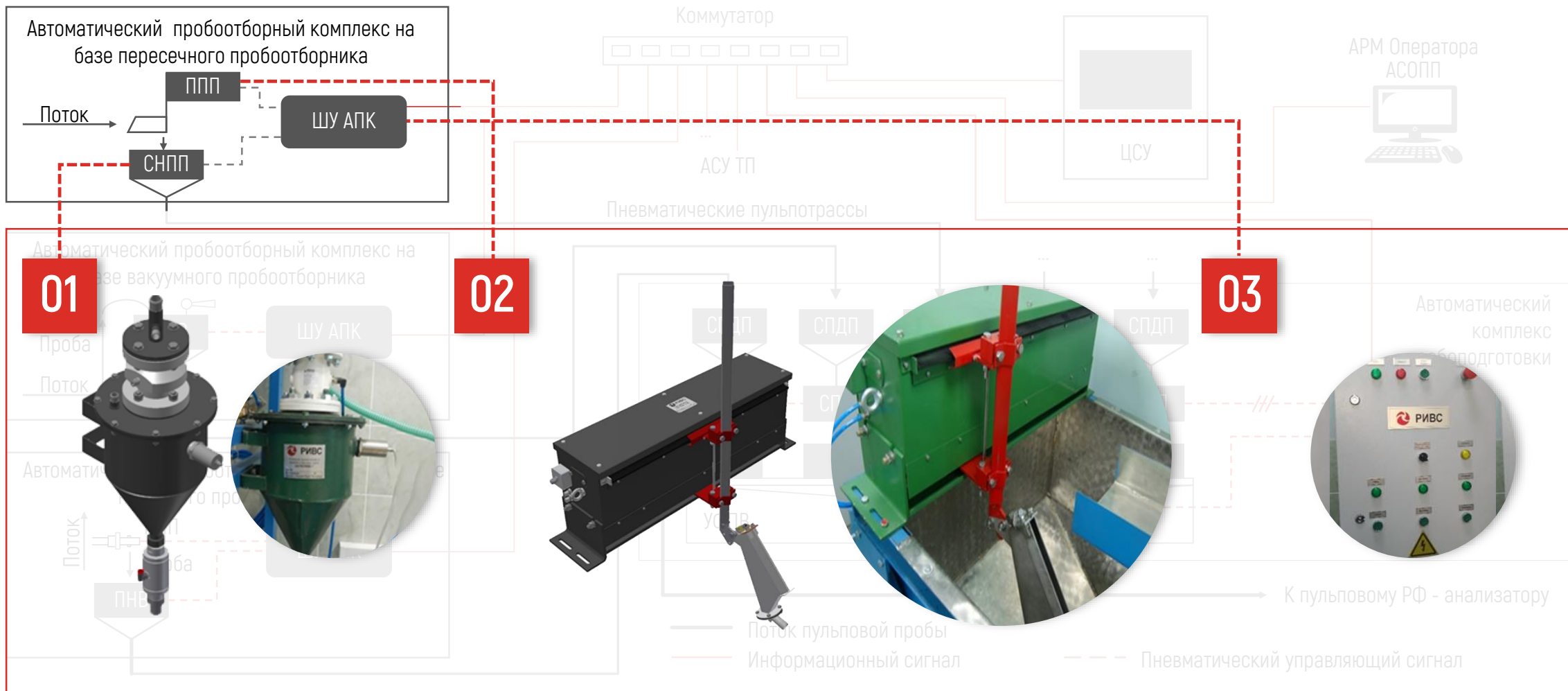
- 01 Простая и надежная конструкция, обеспечивающая длительную работоспособность без технического обслуживания
- 02 Возможность работы как автономно, так и в составе автоматической системы аналитического контроля (АСАК)
- 03 Возможность поставки и внедрения как системы в целом, так и составляющих ее комплексов



# АСОПП = АПК + АКП



# АПК НА ОСНОВЕ ПЕРЕСЕЧНОГО ПРОБООТБОРНИКА



# МОДИФИКАЦИИ ПЕРЕСЕЧНОГО ПРОБООТБОРНИКА

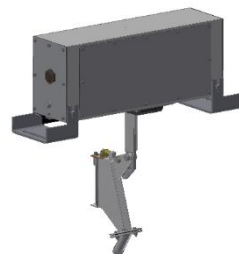
ППП-100 (10 м³/ч)

01



ППП-250 (100 м³/ч)

02



ППП-500 (250 м³/ч)

03



ППП-1000 (650 м³/ч)

04



ППП-1500 (1050 м³/ч)

05



ППП-2000 (1450 м³/ч)

06





# ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕСЕЧНЫХ ПРОБООТБОРНИКОВ

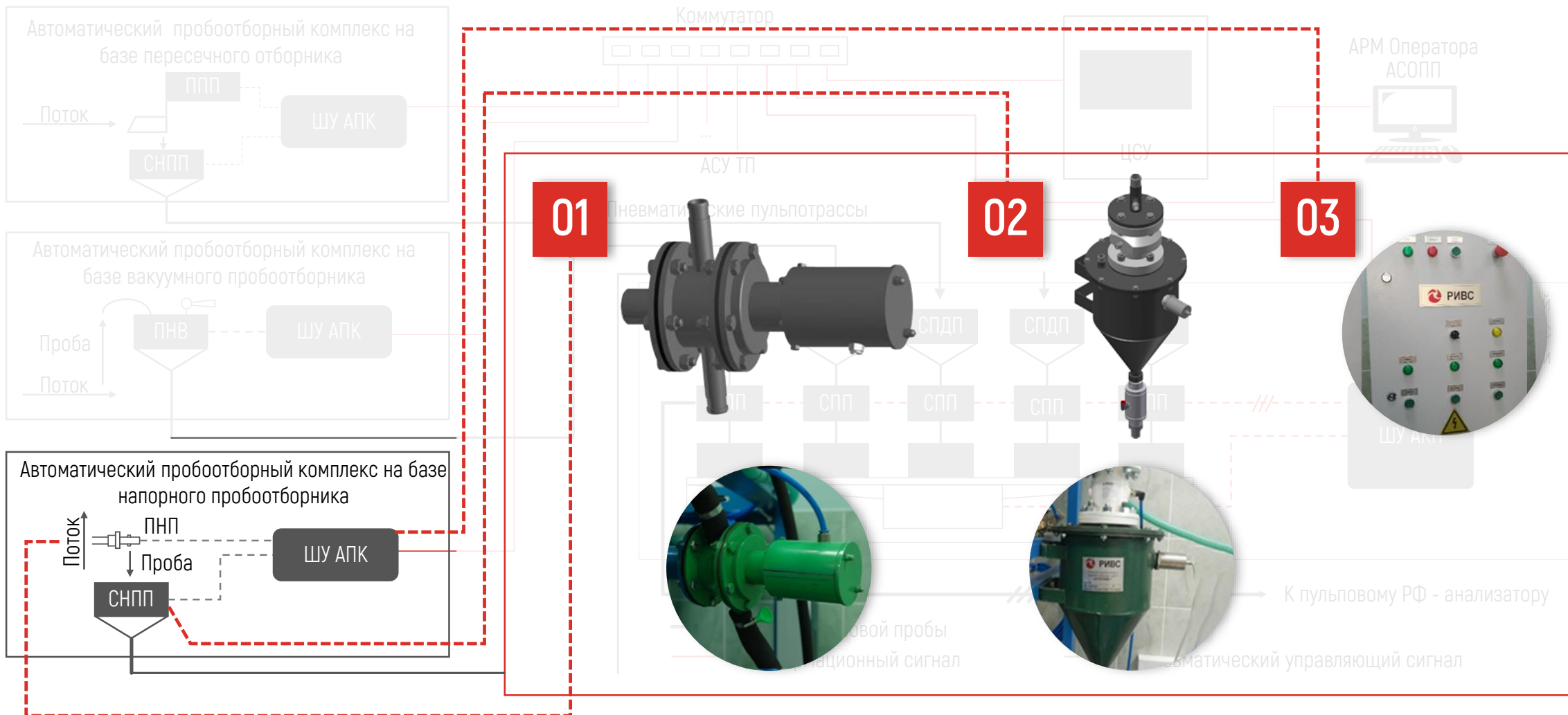
Тип пробоотборника	ППП-РИФ-1-100	ППП-РИФ-1-250	ППП-РИФ-1-500	ППП-РИФ-1-1000	ППП-РИФ-1-1500	ППП-РИФ-1-2000
Расход опробуемого технологического потока пульпы, м <sup>3</sup> /ч, не более	10	100	250	650	1050	1450
Ширина опробуемого потока пульпы, мм, не более	-	150	300	800	1200	1700

Тип пробоотборника	ППП-РИФ-1-100	ППП-РИФ-1-250	ППП-РИФ-1-500	ППП-РИФ-1-1000	ППП-РИФ-1-1500	ППП-РИФ-1-2000
Рабочий ход ножа (регулируемый), мм	Ход трубки 0-104	От 50 до 150	от 100 до 500	от 100 до 1000	от 100 до 1500	от 100 до 2000
Габаритные размеры без ножа и штанги:						
длина, мм	486	760	1079	1579	2079	2579
ширина, мм	446	298	360	360	360	360
высота, мм	196	203	373	373	373	373
Масса, кг не более	7,3	38	90	110	130	150

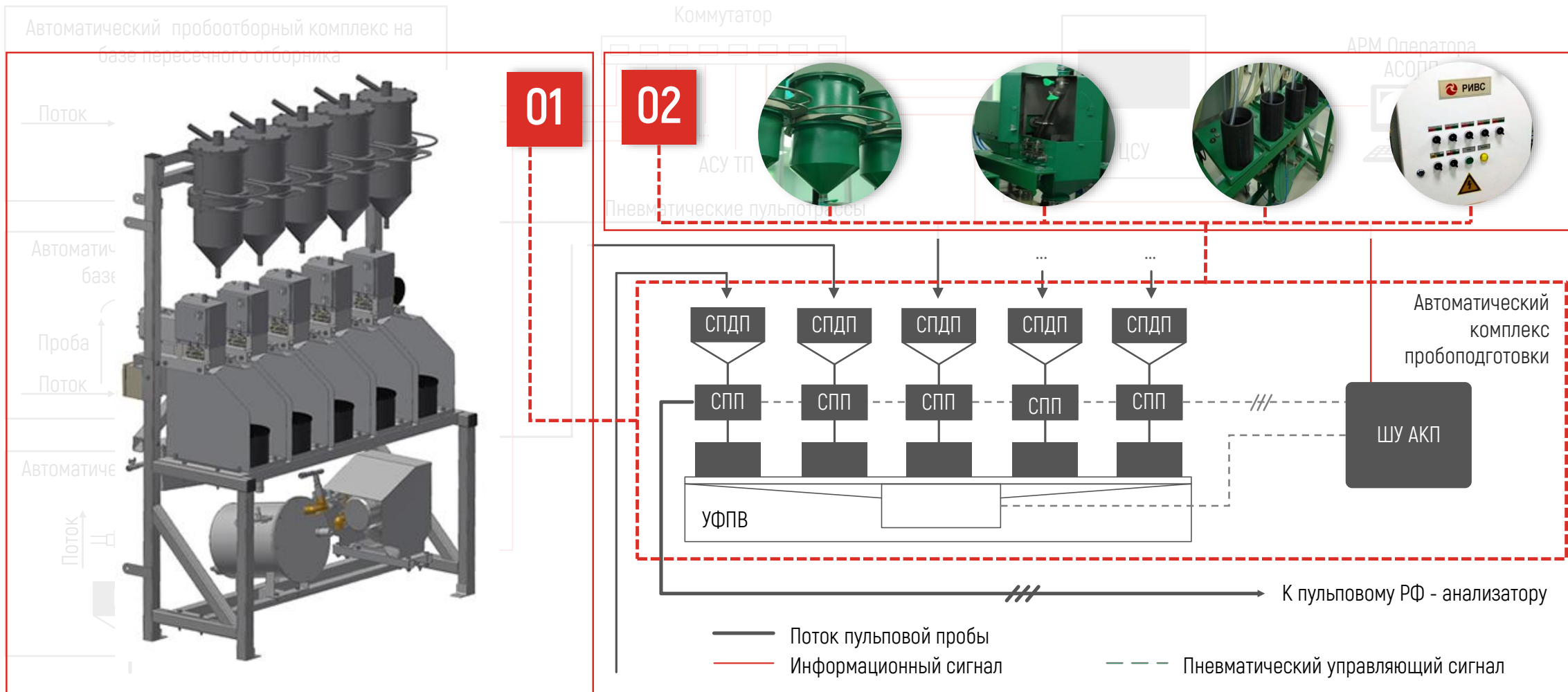
# АПК НА ОСНОВЕ ПРОБООТБОРНИКА-НАКОПИТЕЛЯ ВАКУУМНОГО



# АПК НА ОСНОВЕ НАПОРНОГО ПРОБООТБОРНИКА



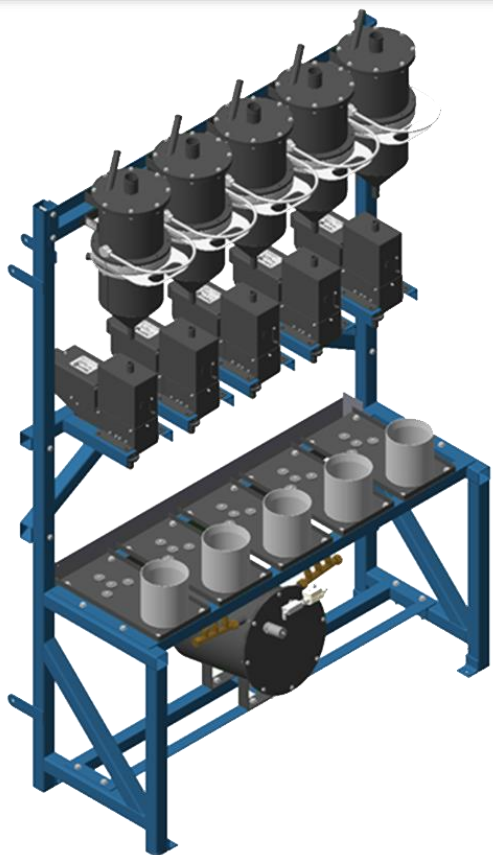
# АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОБОПОДГОТОВКИ





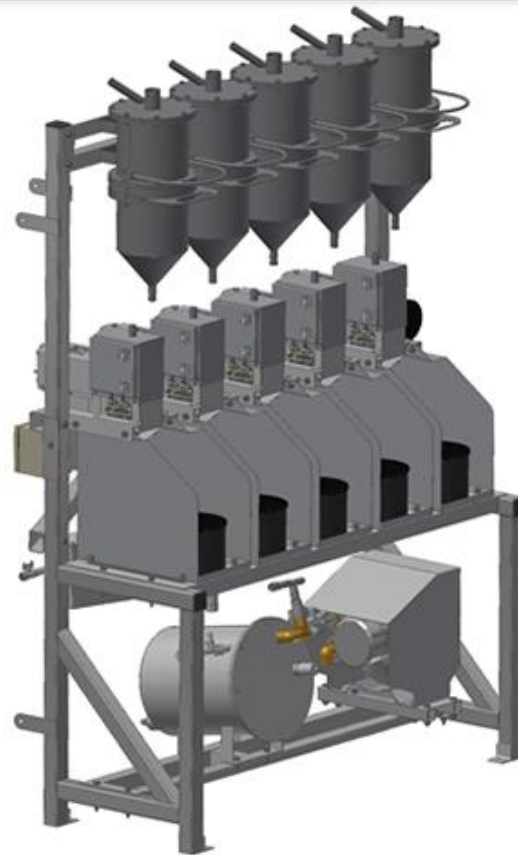
# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АКП

Базовая конструкция



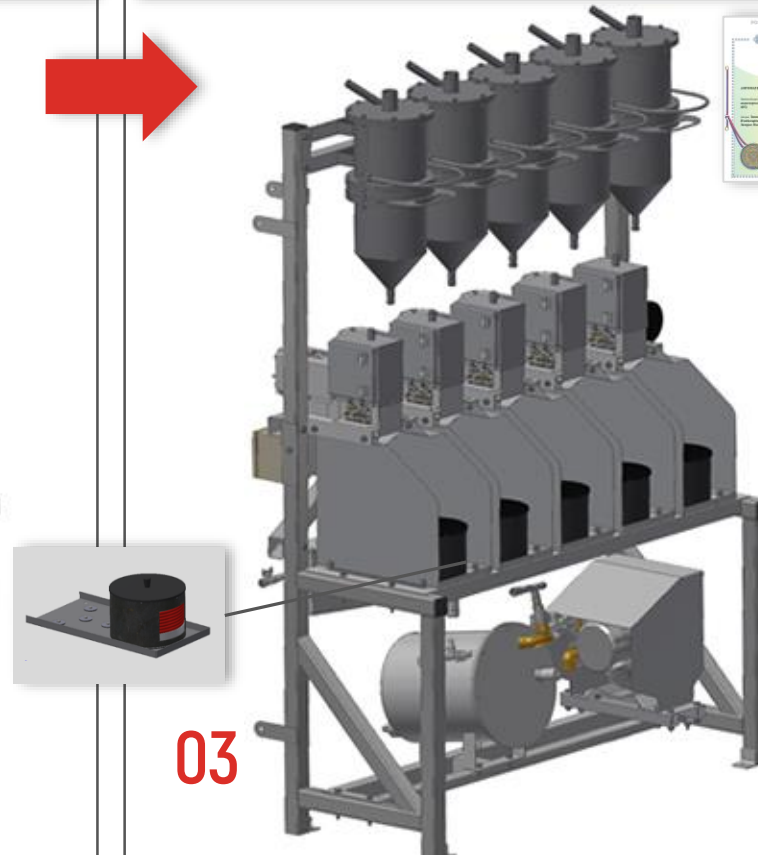
01

Усовершенствованная конструкция



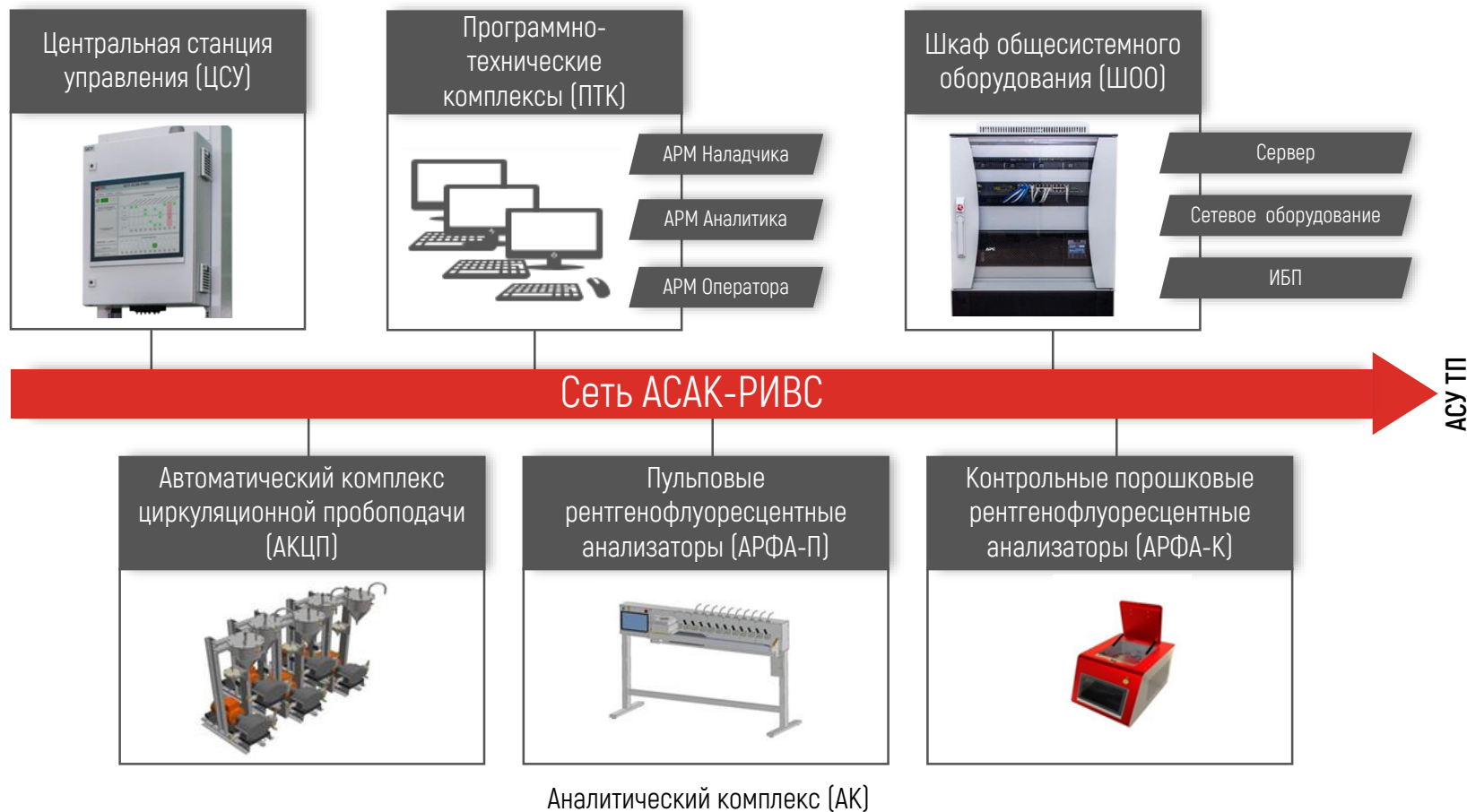
02

С высушиванием пробы



03

# АК = АРФА + АКЦП+ ЦСУ + ПТК + ШОО



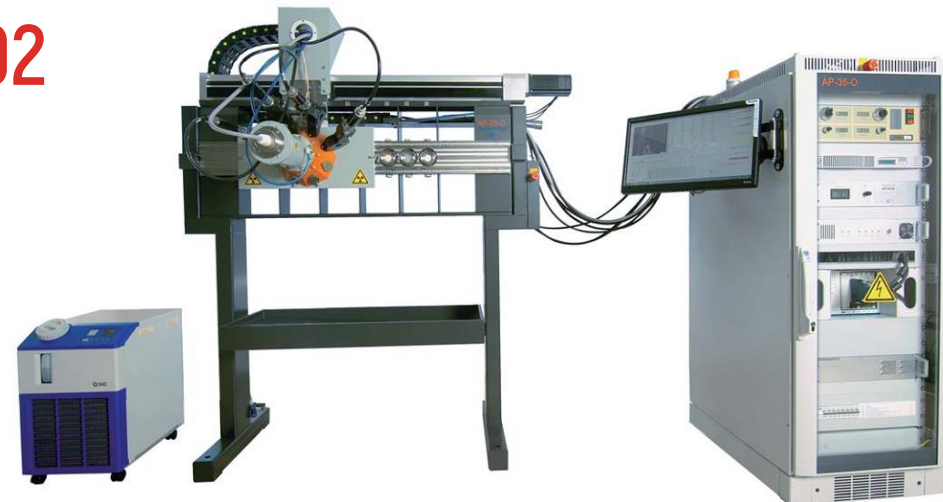
# КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

01



АРФА-РИВС-П (НПО «РИВС»)

02



АР-35 (НПП «БУРЕВЕСТИК»)

# СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ОБНАРУЖЕНИЯ, ppm

Среда измерения – воздух



Патент № 2677486  
от 17.01.2019



Элемент	АРФА-РИВС-К, НПО «РИВС»	S1-Titan, BRUKER
Na <sup>11</sup>	343	---
Mg <sup>12</sup>	190	278
Al <sup>13</sup>	118	201
Si <sup>14</sup>	109	112
P <sup>15</sup>	94	129
S <sup>16</sup>	73	90
Cl <sup>17</sup>	30	39

Элемент	АРФА-РИВС-К, НПО «РИВС»	S1-Titan, BRUKER
Ca <sup>20</sup>	10	14
Ti <sup>22</sup>	8	9
Mn <sup>25</sup>	3	3
Ni <sup>28</sup>	2	3
Cu <sup>29</sup>	2	2
Zn <sup>30</sup>	1,5	1,5
Pb <sup>82</sup>	3	3

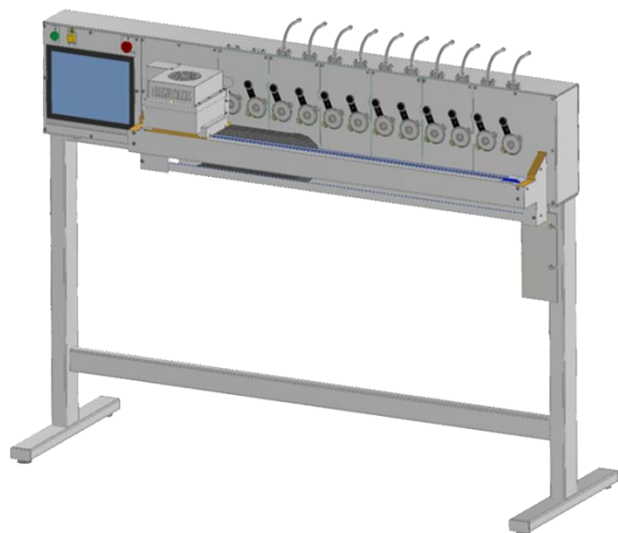


# СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РФ-АНАЛИЗАТОРОВ

Модели растворов – 1% элемента в  $H_3BO_3$

Наименование, производитель, страна	Мощность РТ, Вт	Предел обнаружения, ppm ( $10^{-4}$ , %)				
		Cu	Zn	Mo	Ni	Fe
АРФА-РИВС-П, НПО «РИВС», Россия	4	2	2	4	2	4
СРМ-13, НПО «Буревестник», Россия	3500	2			2	5
АР-31-М, НПП «Буревестник», Россия	3500	2		3		5
ПЗ, Thermo Gamma-Metrics, Австралия	$^{109}Cd$ ( $T_{1/2}=1,26$ года)	122		8		404
АРФА-РИВС-К, НПО «РИВС», Россия	4	2	1.5	4	2	4
S2 RANGER, BRUKER, Германия	50	3	5		3	4
QuantX, ThermoNORAN, США	50	4		4		4

# ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА АРФА-П И АРФА-К



Большое количество одновременно определяемых элементов от Na (11) или S(16) до U (92)



Многостадийная система стабилизации аналитического сигнала ( $A0 \leq 0.1\%$ )



Унифицированные решения (РФ-оборудование, ПТК, ММО, ПО, МО)



Удобство эксплуатации и обслуживания



Возможность решения задачи идентификации сортов руды и построения на этой основе САУ технологическими процессами



Высокая точность и достоверность анализа



Радиационная безопасность, обуславливающая исключение повышенных требований к помещению и уровню подготовки персонала



Циркуляция пульпы под разрежением



Компактность, низкие значения энергопотребления ( $\leq 500$  Вт) и массогабаритных характеристик







Комплексное решение от проекта до внедрения как РФ-анализаторов, так и АСАК-РИВС в целом без привлечения сторонних фирм

# ОСНОВЫ МЕТОДИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АРФА-РИВС

## Способы повышения достоверности аналитических сигналов

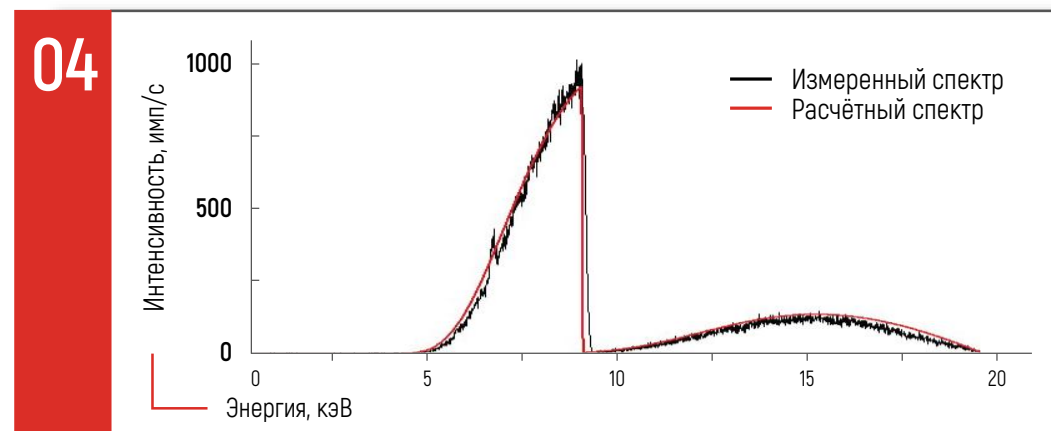
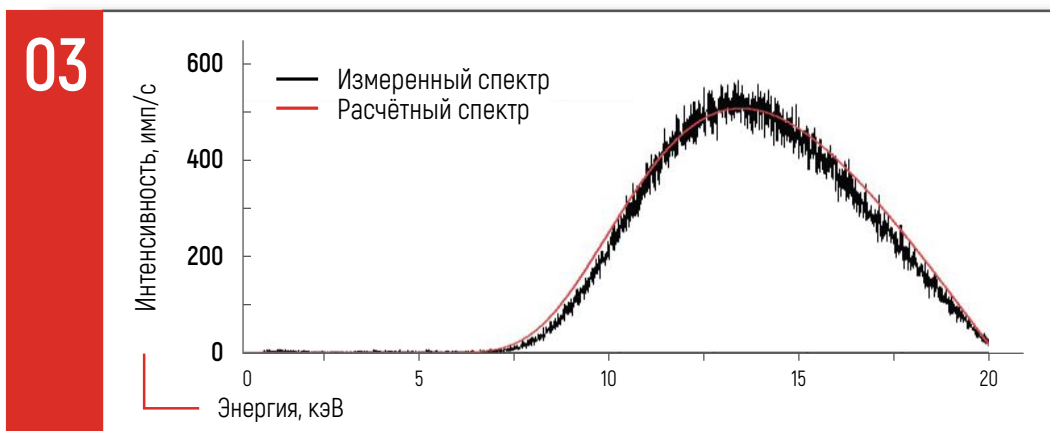
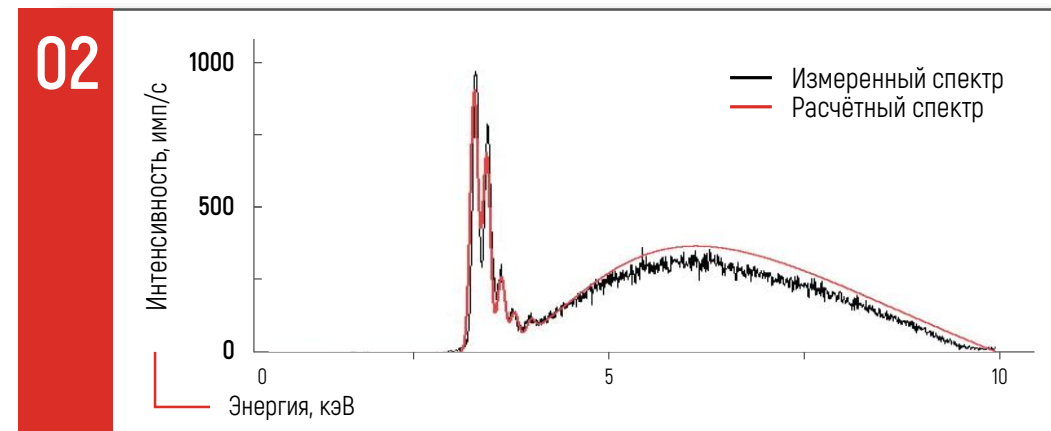
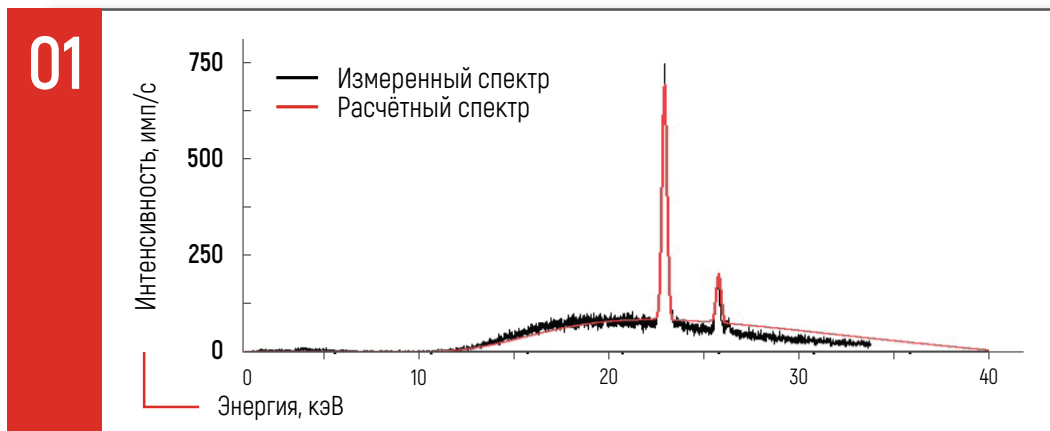
- 01** Многоконтурная термостабилизация детектора, включая спектрометрический блок в целом
- 02** Многократное прохождение пробы через проточную кювету с тонким рентгенопрозрачным окном за время измерений, причем под постоянным разрежением
- 03** Двухреперная система учета аппаратного дрейфа, функционирующая перед каждым циклом измерений и обеспечивающая учет изменения как аппаратного фона, так и концентрационной чувствительности
- 04** Методы обработки измеренных спектров, включая разные способы учета фона и деконволюции (разделение накладывающихся аналитических линий)

## Уравнения связи (способы РСА) для определения концентраций элементов

 <p>Уравнения связи на основе линейной и нелинейной множественной регрессии</p>	 <p>Уравнения связи на основе способа стандарта-фона</p>	 <p>Единые уравнения связи на основе комбинации нелинейной регрессии и стандарта-фона</p>	 <p>Уравнения связи на основе различных вариантов метода фундаментальных параметров</p>
--	---	--	--

# К ВОЗМОЖНОСТЯМ МФП В РФ-АНАЛИЗЕ

Измеренный и расчетный спектры первичного рентгеновского излучения

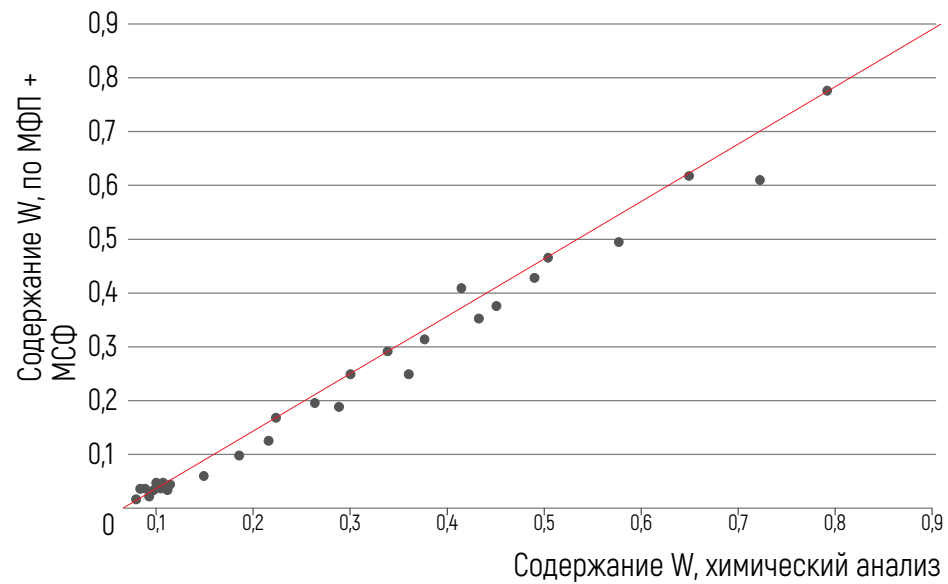




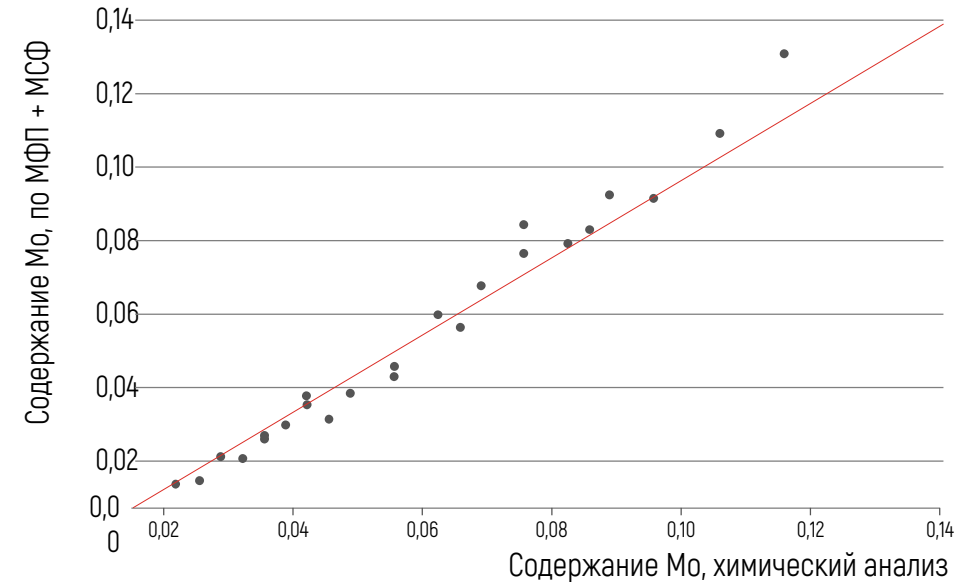
# ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИАНТА МФП (МФП+МСФ) ПРИ РФ-АНАЛИЗЕ ПУЛЬПОВЫХ ПРОБ

Тырныаузское вольфрамо-молибденовое месторождение

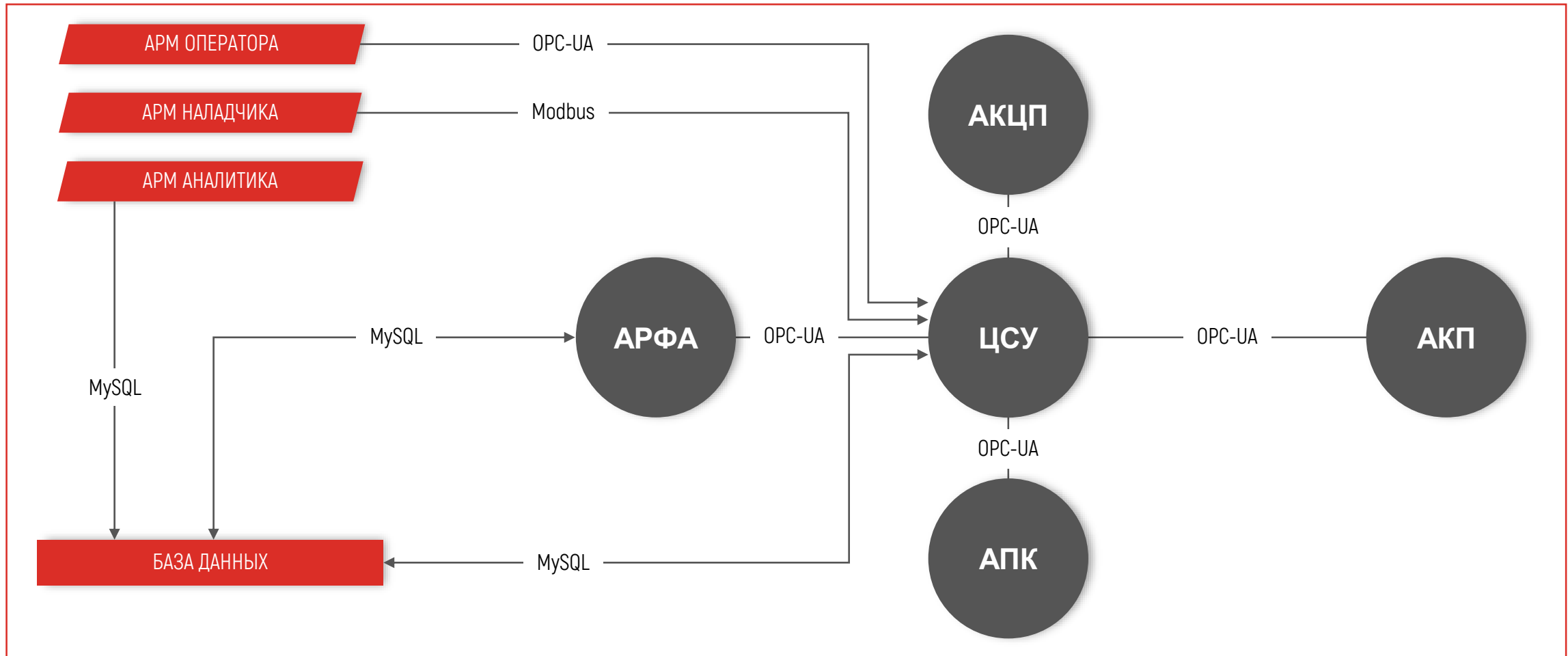
01



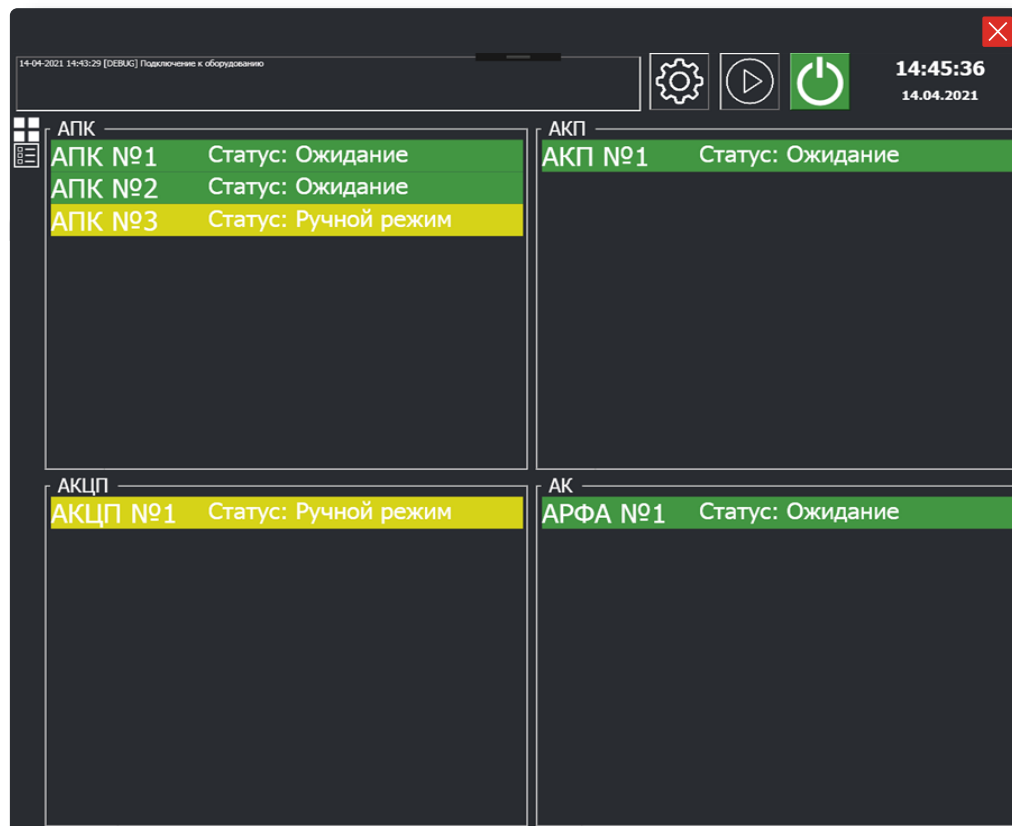
02



# СТРУКТУРА УНИФИЦИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСАК-РИВС



# ЦЕНТРАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АСАК-РИВС



14-04-2021 14:43:29 [DEBUG] Подключение к оборудованию

14:45:36  
14.04.2021

**АПК**

АПК №1	Статус: Ожидание
АПК №2	Статус: Ожидание
АПК №3	Статус: Ручной режим

**АКП**

АКП №1	Статус: Ожидание
--------	------------------

**АКЦП**

АКЦП №1	Статус: Ручной режим
---------	----------------------

**АК**

АРФА №1	Статус: Ожидание
---------	------------------

ЦСУ в режиме отображения статуса комплексов



14-04-2021 14:58:15 [DEBUG] Старт АКЦП №1, клапур. 3  
14-04-2021 14:58:13 [DEBUG] Старт АКП №1, сократитель. 3  
14-04-2021 14:58:00 [DEBUG] Старт АРФА №1, ковета. 2  
14-04-2021 14:57:30 [DEBUG] Старт АКЦП №1, клапур. 2

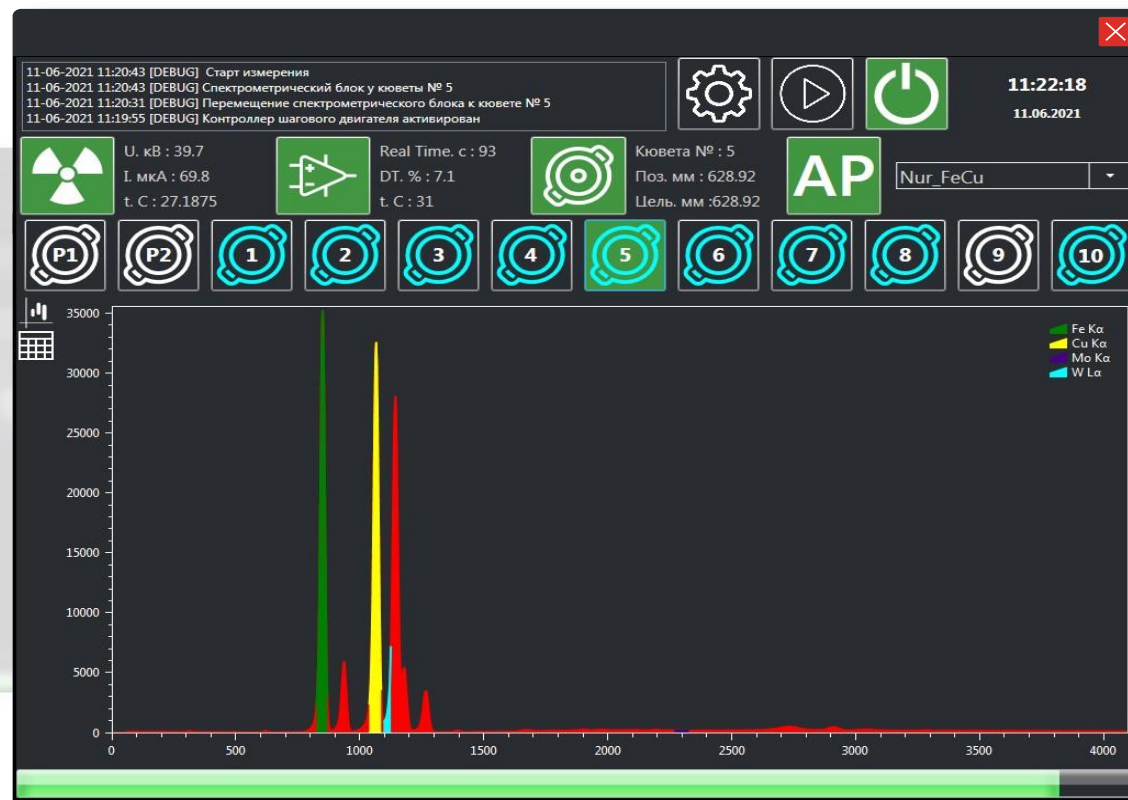
14:58:17  
14.04.2021

**АРФА №1**

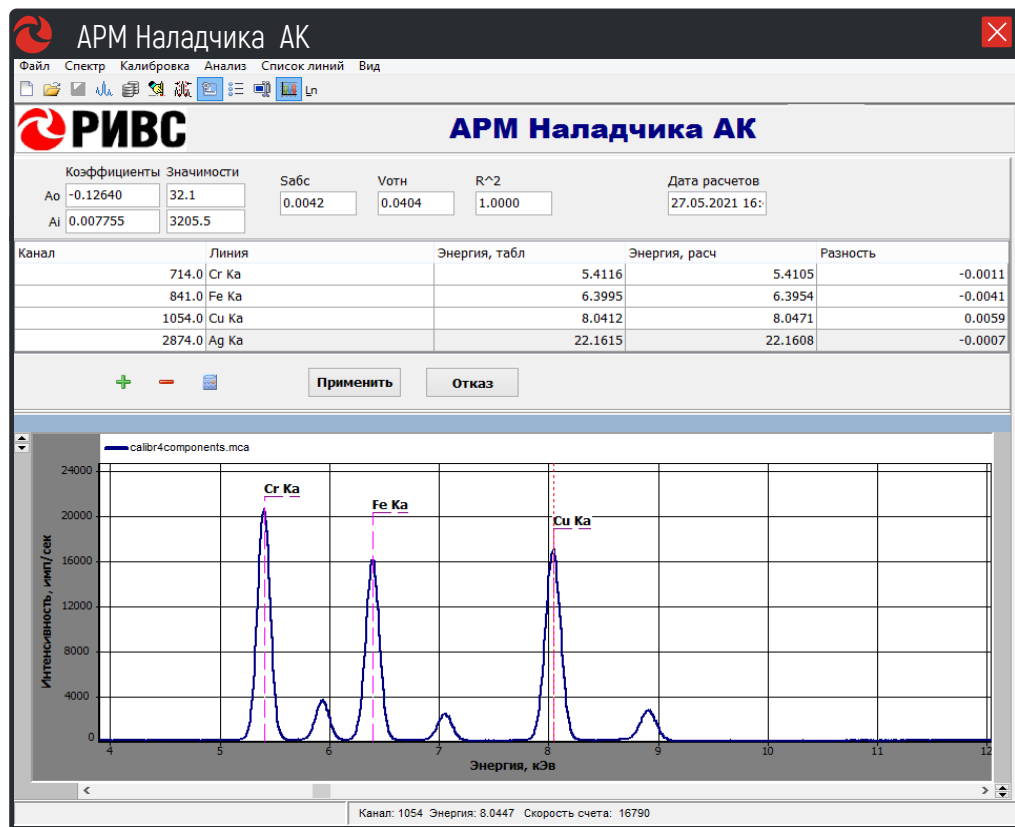
Продукт	Отбор	Доставка	Сокращение	Циркуляция	Измерение
Продукт №1					
Продукт №2					
Продукт №3					
Продукт №4					

ЦСУ в режиме отработки циклограммы

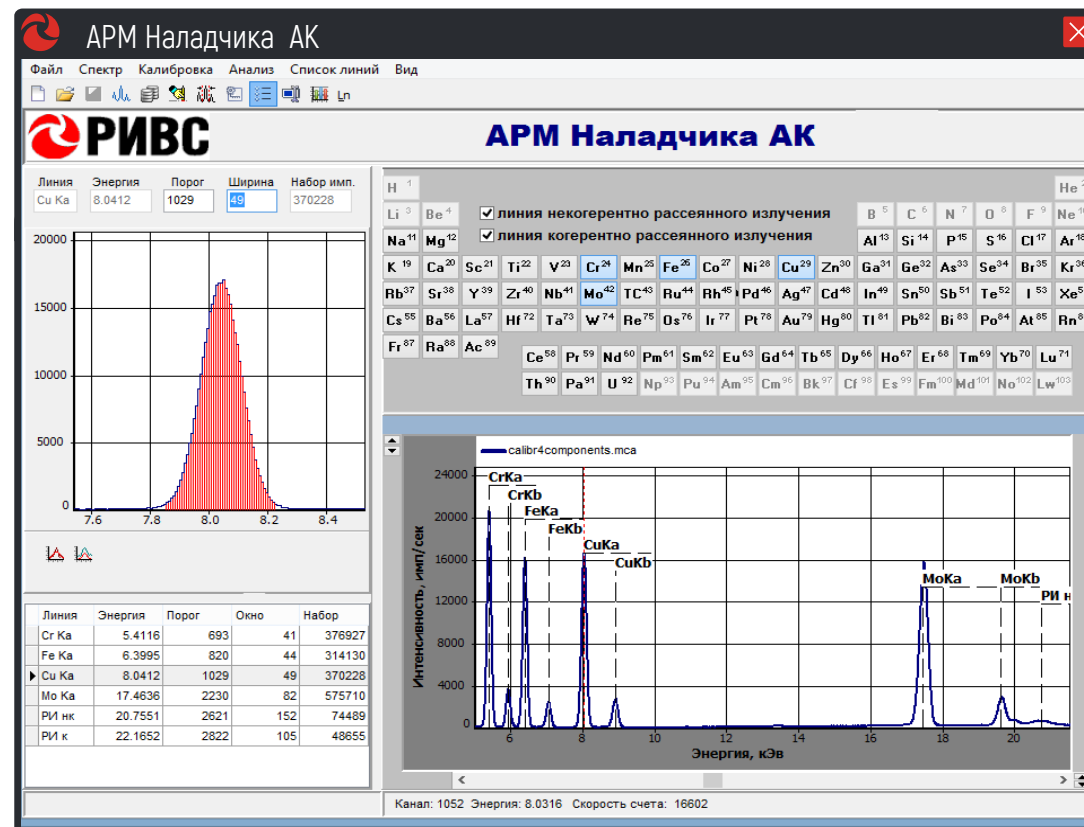
# ОСНОВНОЙ ЭКРАН САУ АРФА-П



# ОСНОВНЫЕ ЭКРАНЫ АРМ НАЛАДЧИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА



АРМ Наладчика АК в режиме калибровки энергетической шкалы



АРМ Наладчика АК в режиме идентификации пиков измеренного спектра

# ОСНОВНЫЕ ЭКРАНЫ АРМ АНАЛИТИКА АСАК-PIBC

**АРМ Аналитика АСАК**

Аналитическая программа: 1 Элемент: ТФ

СТФ =  $X_0 + X_1 \cdot J_{Mo} + X_2 \cdot J_{Jn} + X_3 \cdot J_{W} + X_4 \cdot J_{Fe} / J_{Jn}$

Фактор	Элемент 1	Элемент 2	Коэффициент	Значимость
$X_0$			-2.871E+1	4.546
$X_1 \cdot X_2$	MoKa1	Р/Инк	-1.972E-8	1.397
$X_1$	WLa1	Р/Инк	-3.108E-3	11.95
$X_3 / X_4$		Р/Инк	7.766E+5	5.094
$X_4 / X_3$	FeKa1	Р/Инк	1.705E+1	3.663

Результаты итераций 32

Дата	Ср	Сабс	Спред	Уотн	R <sup>2</sup>	t-крит
После измерения						
После градуировки	09.06.2021 15:40	32.50	1.256	3.863	0.9926	2.35E-11

Градуировочные пробы

Номер	Шифр	Измерен	Продукт	Код ош.	Fe Jo	Mo Jo	W Jo	Р/Инк Jo	Р/Инк Jo	Сх	Ср	Ср-Сх
1	2623	18.03.2021 12:31	2	0	20523	172.7	5815	11162	3743	55.00	54.10	-0.8956
2	2827	18.03.2021 12:46	2	0	20176	447.2	6281	11530	3813	50.00	48.86	-1.140
3	2830	18.03.2021 12:55	2	0	20060	940.7	5638	11872	3885	45.00	47.77	-2.769
4	2832	18.03.2021 13:01	2	0	18402	1085	6190	12333	3957	40.00	40.20	-0.1953
5	2837	18.03.2021 13:19	2	0	16852	654.5	5564	13076	4102	35.00	35.19	-0.1936
6	2850	18.03.2021 14:26	2	0	16203	564.8	5556	13546	4182	30.00	31.59	-1.594
7	2851	18.03.2021 14:31	2	0	14414	1004	5019	14870	4424	25.00	24.15	-0.8495
8	2852	18.03.2021 14:34	2	0	12067	1283	4129	16026	4603	20.00	19.35	-0.6521
9	2853	18.03.2021 14:37	2	0	10254	1040	3728	17818	4902	15.00	12.73	-2.265
10	2854	18.03.2021 14:40	2	0	9124	207.4	3093	19613	5183	10.00	9.123	-0.8768
11	2858	18.03.2021 16:03	2	0	16133	4510	1220	12138	3938	55.00	53.07	-1.932
12	2859	18.03.2021 16:07	2	0	15742	2980	1198	12380	3979	50.00	51.26	1.256
13	2866	18.03.2021 16:43	2	0	14496	3608	1289	13005	4106	45.00	45.08	0.0839
14	2868	18.03.2021 16:49	2	0	13963	3963	1265	13953	4286	40.00	38.99	-1.012

АРМ Аналитика АСАК в режиме градуировки

**АРМ Аналитика АСАК**

Продукт: 2 Элемент: Fe

Уравнение корректировки содержаний:  
 $Cs = 0.2700 + 0.6793 \cdot C_p + 0.0860 \cdot C_p \cdot C_p$

Фактор	Элемент 1	Элемент 2	Коэффициент	Значимость
$X_0$			2.700E-1	2.925
$X_1$	Fe	Р/Инк	6.793E-1	6.215
$X_1 \cdot X_1$	Fe	Р/Инк	8.596E-2	3.057

Результаты расчета содержаний

Дата	Ср	Сабс	Уотн	R <sup>2</sup>	t-крит	
После измерения						
После расчета по ГУ	12.04.2021 16:51	2.020	0.0938	4.643	0.9901	1.315
После корректировки	09.06.2021 15:43	2.020	0.0589	2.914	0.9961	5.93E-13

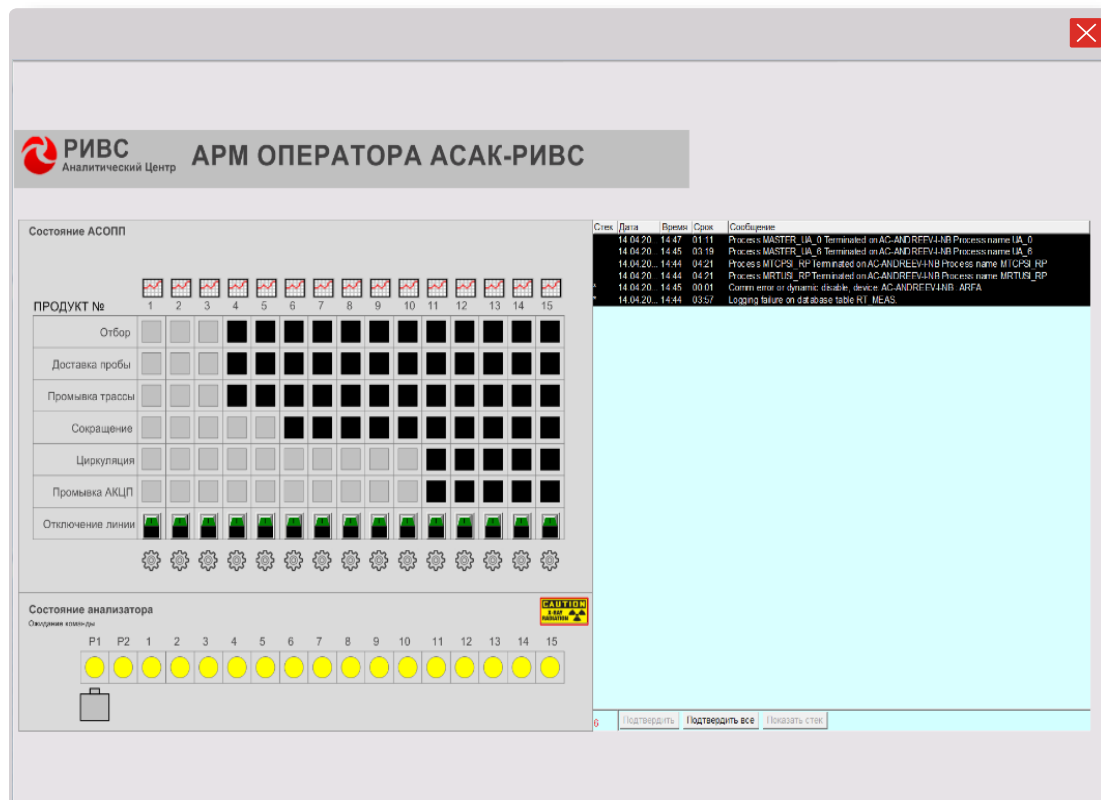
Контрольные пробы

Номер	Шифр	Измерен	Продукт	Код ош.	Fe Jo	Mo Jo	W Jo	Р/Инк Jo	Р/Инк Jo	Сх	Ср	Ср-Сх
1	2885	19.03.2021 12:14	2	0	18308	2731	3737	11475	3805	3.418	3.296	-0.1222
2	2890	19.03.2021 12:29	2	0	17368	2700	3707	12096	3920	3.108	2.947	-0.1602
3	2893	19.03.2021 12:36	2	0	16473	2053	4087	12182	3945	2.797	2.753	-0.0441
4	2894	19.03.2021 12:43	2	0	15905	2708	3499	12731	4048	2.486	2.523	0.0368
5	2897	19.03.2021 12:51	2	0	15443	2317	3681	13567	4198	2.175	2.275	0.0993
6	2900	19.03.2021 13:00	2	0	13734	2857	3452	14285	4325	1.865	1.879	0.0148
7	2902	19.03.2021 13:12	2	0	12007	2803	3106	15121	4459	1.554	1.505	-0.0484
8	2905	19.03.2021 13:20	2	0	11222	2041	3043	16279	4659	1.243	1.271	0.0285
9	2906	19.03.2021 13:23	2	0	8706	1341	2425	18280	4970	0.9323	0.7953	-0.1369
10	2907	19.03.2021 13:26	2	0	7538	-2572	2082	20226	5269	0.6215	0.5640	-0.0575

АРМ Аналитика АСАК в режиме контроля результатов анализа



# ОСНОВНЫЕ ЭКРАНЫ АРМ ОПЕРАТОРА АСАК-РИВС



**РИВС Аналитический Центр АРМ ОПЕРАТОРА АСАК-РИВС**

**Состояние АСОП**

ПРОДУКТ № 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Отбор

Доставка пробы

Промывка трассы

Сокращение

Циркуляция

Промывка АКЦП

Отключение линии

**Состояние анализатора**

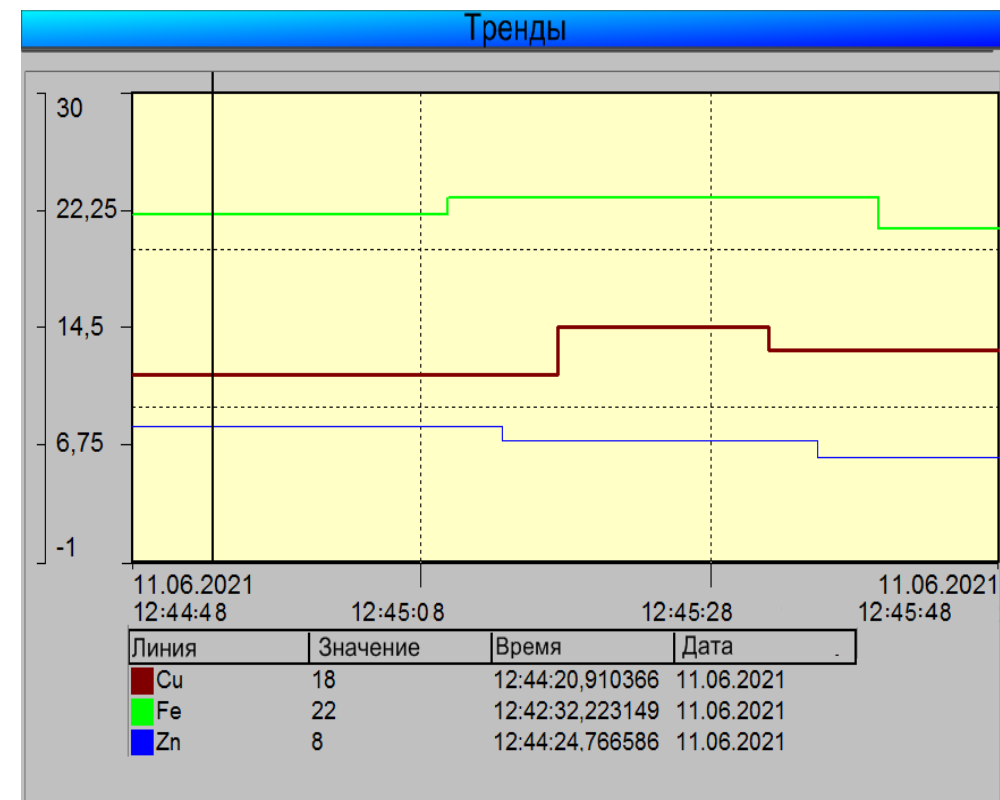
Сигналы клапанов

P1 P2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

События

Стек	Дата	Время	Стек	Событие
14.04.20	14.07	01:11	Process MASTER_LIA_0	Terminated on AC-ANDREEVANB Process name LIA_0
14.04.20	14.05	03:19	Process MASTER_LIA_0	Terminated on AC-ANDREEVANB Process name LIA_0
14.04.20	14.44	04:21	Process M1CPS_RP	Terminated on AC-ANDREEVANB Process name M1CPS_RP
14.04.20	14.44	04:21	Process M1CPS_RP	Terminated on AC-ANDREEVANB Process name M1CPS_RP
14.04.20	14.44	04:21	Process M1CPS_RP	Terminated on AC-ANDREEVANB Process name M1CPS_RP
14.04.20	14.45	00:01	Comm error on dynamic double device AC-ANDREEVANB ARFA	
14.04.20	14.44	03:57	Logging failure on s560226 table NI_MEAS	

Интерфейс АРМ Оператора



Тренды содержания определяемых элементов

# ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

---

01

ПО разработано одним коллективом разработчиков в рамках единой концепции, что облегчает процессы сопровождения, модификации и обновления

04

ПО позволяет использовать весь арсенал математических методов обработки спектров и определения элементного состава проб, включая метод фундаментальных параметров, линейную и нелинейную множественную регрессию, сверточные нейронные сети

02

ПО имеет модульную структуру, позволяющую легко заменять отдельные модули при замене аппаратных компонентов или алгоритмов обработки информации

05

Входящие в состав АСАК-PIBC АРМы обеспечивают удобное и полноценное обслуживание системы на всех этапах эксплуатации – от пусконаладочных работ и текущего обслуживания до определения трендов и оценки статистической устойчивости процесса флотации

03

Управление всеми устройствами осуществляется ЦСУ на основе циклограммы, позволяющей учитывать индивидуальные особенности каждого анализируемого продукта, в том числе при выборе оптимальных экспозиций в зависимости от элементного состава и содержания твердой фазы

06

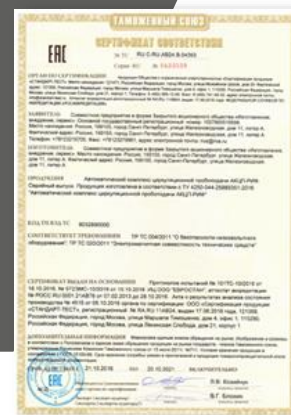
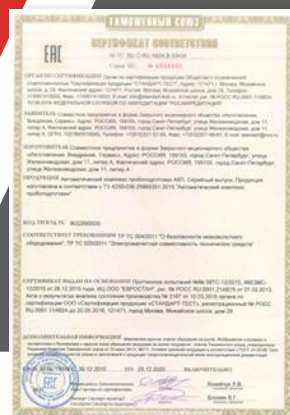
Все действия с системой и результаты измерений сохраняются на мощном сервере АСАК-PIBC и позволяют анализировать текущие процессы, а также строить новые математические модели на основе непрерывно пополняемой информации

# ОБОРУДОВАНИЕ ЗАПАТЕНТОВАНО И СЕРТИФИЦИРОВАНО



Патенты  
на оборудование

Сертификаты  
на оборудование



# ПОСТАВЛЕНО БОЛЕЕ 350 ЕДИНИЦ ОБОРУДОВАНИЯ



# АСАК РИВС + АСУТП РИВС = АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАЩЕНИЯ РУД





# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



## АО «НПО «РИВС»

Россия, г. Санкт-Петербург, Железноводская ул., 11 лит.А



[www.rivs.ru](http://www.rivs.ru)

[rivs@rivs.ru](mailto:rivs@rivs.ru)



+7 (812) 321-57-05

+7 (812) 321-57-04



+7 (812) 327-99-61

