

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 84-207  
ОЭА

А.И.Агеев, В.Н.Алфёров, С.Г.Голобородько, А.Ф.Дунайцев,  
А.А.Золотов, Е.М.Каштанов, В.А.Кренделев, Ю.В.Куянов,  
А.П.Леонов, С.Н.Логачёв, М.В.Муравьёв, В.П.Романов,  
Н.Н.Трофимов, Е.А.Устинов, А.Н.Шамичев

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
КРИОГЕННОЙ ГЕЛИЕВОЙ УСТАНОВКОЙ

Серпухов 1984



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 84-207

ОЭА

А.И.Агеев, В.Н.Алфёров, С.Г.Голобородько, А.Ф.Дунайцев,  
А.А.Золотов, Е.М.Каштанов, В.А.Кренделев, Ю.В.Куянов,  
А.П.Леонов, С.Н.Логачёв, М.В.Муравьёв, В.П.Романов,  
Н.Н.Трофимов, Е.А.Устинов, А.Н.Шамичев

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
КРИОГЕННОЙ ГЕЛИЕВОЙ УСТАНОВКОЙ

Направлено в журнал "Химическое и  
нефтяное машиностроение"

Серпухов 1984

Аннотация

Агеев А.И., Алферов В.Н., Голобородько С.Г. и др. Система автоматического управления криогенной гелиевой установкой: Препринт ИФВЭ 84-207. - Серпухов, 1984. - 16 с., 4 рис., 1 табл., библиогр.: 12.

Рассматривается организация гибкой системы автоматического управления (САУ) блоком охлаждения установки КГУ-500/4, 5, обеспечивающей автоматическое управление криогенным процессом с возможностью изменения режима работы оператором без останова процесса регулирования, вывод информации на алфавитно-цифровой и цветной графический дисплей. Особое внимание уделяется выбору типа исполнительных механизмов, выбору и включению ЭВМ в систему управления, унификации электронной аппаратуры, организации программного обеспечения. Приводятся технические характеристики САУ.

Abstract

Ageev A.I., Alferov V.N., Dunaitsev A.F. et al. Automatic Control System for Cryogenic Helium Plant: IHEP Preprint 84-207. - Serpukhov, 1984. - p. 16, figs. 4, table 1, refs.: 12.

The structure of the soft automatic control system (ACS) for the cooling unit of the plant KGU-500/4.5, which provides automatic control by the cryogenic process with the possibility of changing the operating mode without interrupting the adjustment process, the presentation of the alphabet-numerical and colour graphic displays are considered. Special attention is paid to the choice and inclusion of the computer in the control system, to the unification of the hardware and the software structure. Technical characteristics of the ACS are given.

В связи с созданием ускорительно-накопительного комплекса (УНК) с его мощной и пространственно распределённой системой криогенного обеспечения/1/ возникла необходимость в разработке цифровых систем автоматического управления (САУ) криогенными установками, которые в будущем могли бы войти в систему управления УНК как составная часть.

В качестве объекта автоматизации была выбрана имеющаяся установка КГУ-500/4,5, выполненная по схеме с предварительным азотным охлаждением и двумя последовательными каскадами расширения гелия в турбодетандерах. На первом этапе автоматизации создана только САУ блока охлаждения КГУ-500/4,5.

Система управления технологическим процессом в блоке охлаждения осуществляет автоматическое захолаживание установки, длительное управление криогенным процессом с возможностью изменения режима работы оператором без останова процесса регулирования, автоматический отогрев установки, вывод информации на алфавитно-цифровой и цветной графический дисплей. При этом САУ обеспечивает регулирование (рис. 1):

- давления на входе в блок охлаждения IV (электромеханизмы 2, 9, датчики  $P_4$ ,  $H_3$ );
- скоростей вращения роторов турбодетандеров (исполнительный электромеханизм 3, измерительные импульсные датчики числа оборотов  $n_1$ ,  $n_2$ );
- давления в гелиевом сосуде V (электромеханизм 5, датчик  $P_2$ );
- температуры после второго турбодетандера (электромеханизм 5, датчик  $T_1$ );
- давления в криостате VI (электромеханизм 7, датчик  $P_3$ );
- давления промежуточного дросселирования (электромеханизм 4, датчик  $P_1$ );
- объёма гелия в газгольдере 1 (электромеханизмы 2, 9, 10, датчики  $H_3$ ,  $P_4$ );
- уровня жидкого азота в ванне блока охлаждения (электромеханизм 11, датчик  $H_2$ );
- холодопроизводительности установки (электромеханизм 3, датчики  $H_1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ).

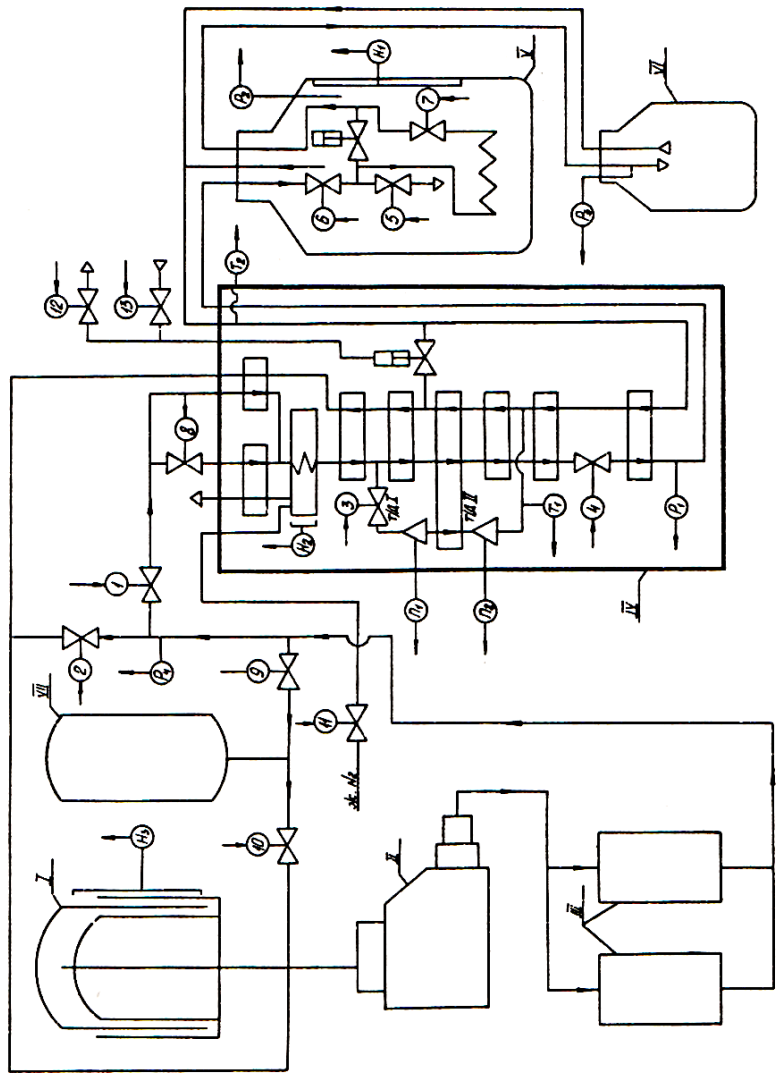


Рис. 1. Технологическая схема криогенной гелиевой установки КГУ-500/4,5. I - газгольдер; II - компрессор; III - блоки низкотемпературной очистки гелия; IV - блок предварительного охлаждения; V - гелиевый сосуд; VI - циркуляционный криостат; VII - ресивер.

1 - входной вентиль; 2 - байпасный вентиль; 3 - вентиль подачи газа на турбодетандер ТД и ТДII; 4 - вентиль регулирования давления промежуточного дросселирования; 5, 6 - вентили регулирования температуры гелия после второго турбодетандера и давления в гелиевом сосуде; 7 - вентиль регулирования давления в циркуляционном криостате; 8 - входной вентиль в азотный теплообменник; 9 - вентиль управления уровнем жидкого азота в ресивере; 10 - вентиль подпитки газгольдера из ресивера; 11 - вентиль управления уровнем жидкого азота в ванне блока охлаждения; 12, 13 - вентили управления пневмоклапаном байпаса теплообменников;  $n_1, n_2$  - датчики скорости вращения роторов турбодетандеров;  $N_1$  - датчик уровня жидкого гелия в гелиевом сосуде;  $N_2$  - датчик уровня жидкого азота;  $N_3$  - датчик объема гелия в газгольдере;  $T_1$  - датчик температуры гелия после второго турбодетандера;  $T_2$  - датчик температуры обратного потока;  $P_1$  - датчик давления промежуточного дросселирования;  $P_2$  - датчик давления в гелиевом сосуде;  $P_3$  - датчик давления в циркуляционном криостате;  $P_4$  - датчик давления на входе в блок охлаждения.



Особенности автоматизируемого объекта:

- непрерывность технологического процесса;
- большая инерционность процессов (постоянные времени от миллисекунд до нескольких секунд);
- наличие перекрёстных связей между отдельными контурами регулирования;
- необходимость изменения задающих воздействий и законов управления технологическими параметрами в процессе работы.

## 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИБКОЙ САУ БЛОКОМ ОХЛАЖДЕНИЯ

При разработке САУ учитывался опыт автоматизации аналогичной установки в ОИЯИ<sup>/2/</sup>, особое внимание уделялось:

- выбору типа исполнительных электромеханизмов;
- выбору и включению ЭВМ в систему управления;
- унификации электронной аппаратуры;
- программному обеспечению управляющей ЭВМ.

### 1.1. Выбор типа исполнительных электромеханизмов

В зависимости от характера протекания технологического процесса система управления должна обеспечивать различные скорости перемещения регулирующего органа. Это предопределило выбор исполнительных механизмов с двигателями постоянного тока. Использование в системе управления двигателей постоянного тока с широтно-импульсным управлением позволяет получить устойчивые движения при обработке малых рассогласований и даёт возможность изменения скорости перемещения регулирующего органа в широких пределах<sup>/3,4,5/</sup>. Широтно-импульсные САУ являются цифровыми<sup>/5/</sup>, т.е. в каналах управления исполнительными элементами отсутствуют операции сравнения и усиления аналоговых сигналов, что обеспечивает высокую стабильность и надёжность рассматриваемых систем.

В ИФВЭ для САУ криогенными установками разработан исполнительный механизм на базе электропривода постоянного тока типа УР-10. Механизм, снабжённый электромагнитной муфтой типа ЭТМ-054, позволяет перемещать автоматически или вручную (в зависимости от положения переключателя, установленного на механизме) регулирующий орган и предохраняет устройство от механических перегрузок. Имеются потенциометрический датчик положения регулирующего органа и указатели его крайних положений.

Исполнительный механизм имеет следующие характеристики:

- момент нагрузочный максимальный - 0,5 кгм;
- напряжение питания номинальное - 27 В;
- величина тока при максимальном моменте и номинальном напряжении - не более 2,5 А;
- максимальный ход регулирующего органа (клапана) - 12 мм;
- габаритные размеры - 250 x 250 x 140 мм.

## 1.2. Выбор и включение ЭВМ в систему управления

Сложный и недостаточно изученный характер процессов в криогенной гелиевой установке диктует необходимость включения в систему управления гибкого звена, используемого как задающий, сравнивающий и управляющий (корректирующий) элемент<sup>\*)</sup> /5,6/. Таким звеном может служить ЭВМ, встроенная в установку.

Основное назначение встроенной ЭВМ состоит в периодической выводе цифрового кода управляющей функции<sup>\*)</sup>  $F_{\text{упр}}$  (рис. 2, 3), преобразуемого модулем КШИ унифицированной электронной аппаратуры в длительность управляющего импульса, который поступает на вход сервоусилителя (СУ). Напряжение на выходе СУ определяет направление и величину тока в якоре, а следовательно, и вращающий момент на валу исполнительного механизма /3,5/. Вычисление управляющей функции должно осуществляться в реальном масштабе времени.

Создание и совершенствование алгоритма управления установкой является проблемой, решение которой может быть получено под действием опытных вариантов управления.

Основное соотношение, выбранное для вычисления управляющей функции регулируемых величин, имеет вид

$$F(KT) = \begin{cases} A[p_y(KT) - p_{\text{вых}}(KT)] + B \cdot \{ p_{\text{вых}}(KT) - p_{\text{вых}}[(K-1)T] \} \\ \text{при } F(KT) < F_{\text{max}} \\ F_{\text{max}}, \text{ при } F(KT) \geq F_{\text{max}} \end{cases} \quad (1)$$

где  $K = 0, 1, \dots$  – номера последовательных тактов регулирования;  $T$  – период формирования управляющей функции;  $p_{\text{вых}}$  – измеренное значение регулируемой величины;  $p_y$  – устанавливаемое значение регулируемой величины;  $A, B$  – коэффициенты;  $F_{\text{max}}$  – ограничение управляющей функции.

В настоящей работе не будем останавливаться на вопросах, связанных с динамическими коррекциями  $T, F_{\text{max}}, p_y, A, B$  для оптимизации управления установкой. Соответствующие результаты будут опубликованы после завершения специального исследования. Заметим, что обеспечение настройки (корректировки) законов управления в зависимости от характера протекания технологического процесса является второй важной функцией управляющей ЭВМ.

Третьей функцией встроенной ЭВМ является обеспечение вмешательства оператора установки в процесс управления путём ввода с клавиатуры дисплея заданных значений регулируемых величин. При этом несложно предусмотреть необходимую защиту от ошибок оператора при вводе данных путём определения допустимых границ вводимых данных.

---

<sup>\*)</sup> Число таких функций равно числу исполнительных механизмов и в данной установке равно 13.



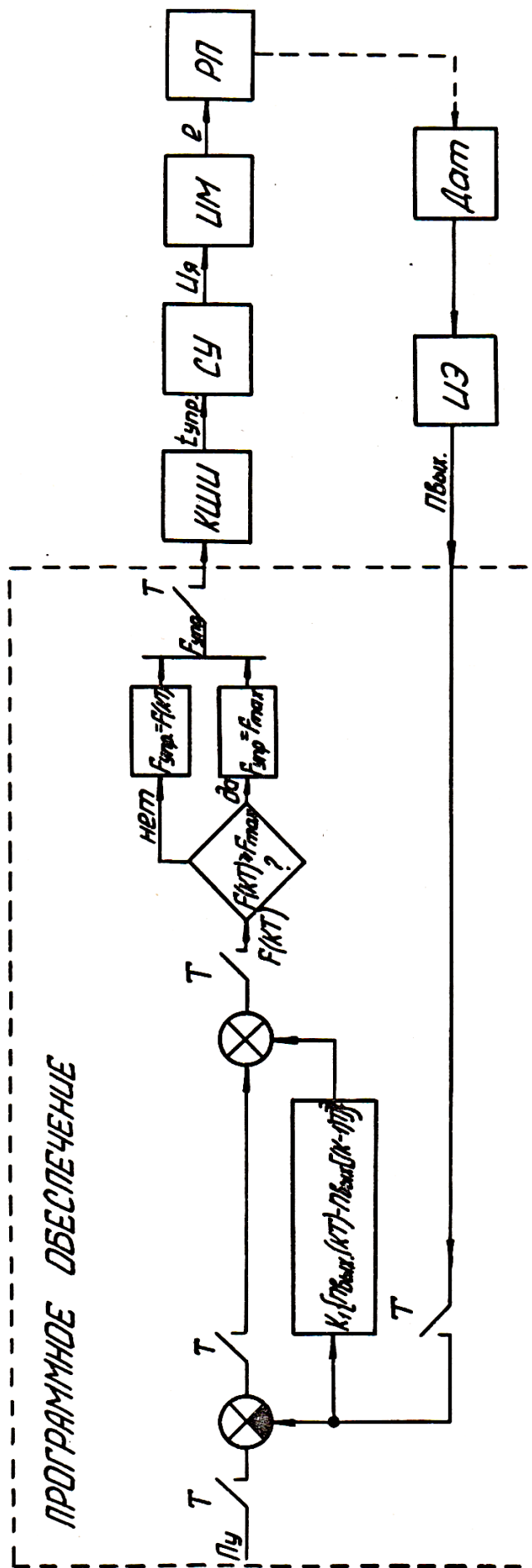


Рис. 2. Организация одноканальной системы управления параметром криогенной гелиевой установки. КШИ - преобразователь "код - длительность импульса"; СУ - сервоусилитель; ИЭ - измерительный элемент; ИМ - исполнительный механизм; РП - регулируемый параметр; Дат - датчик; ИЭ - измерительный элемент.

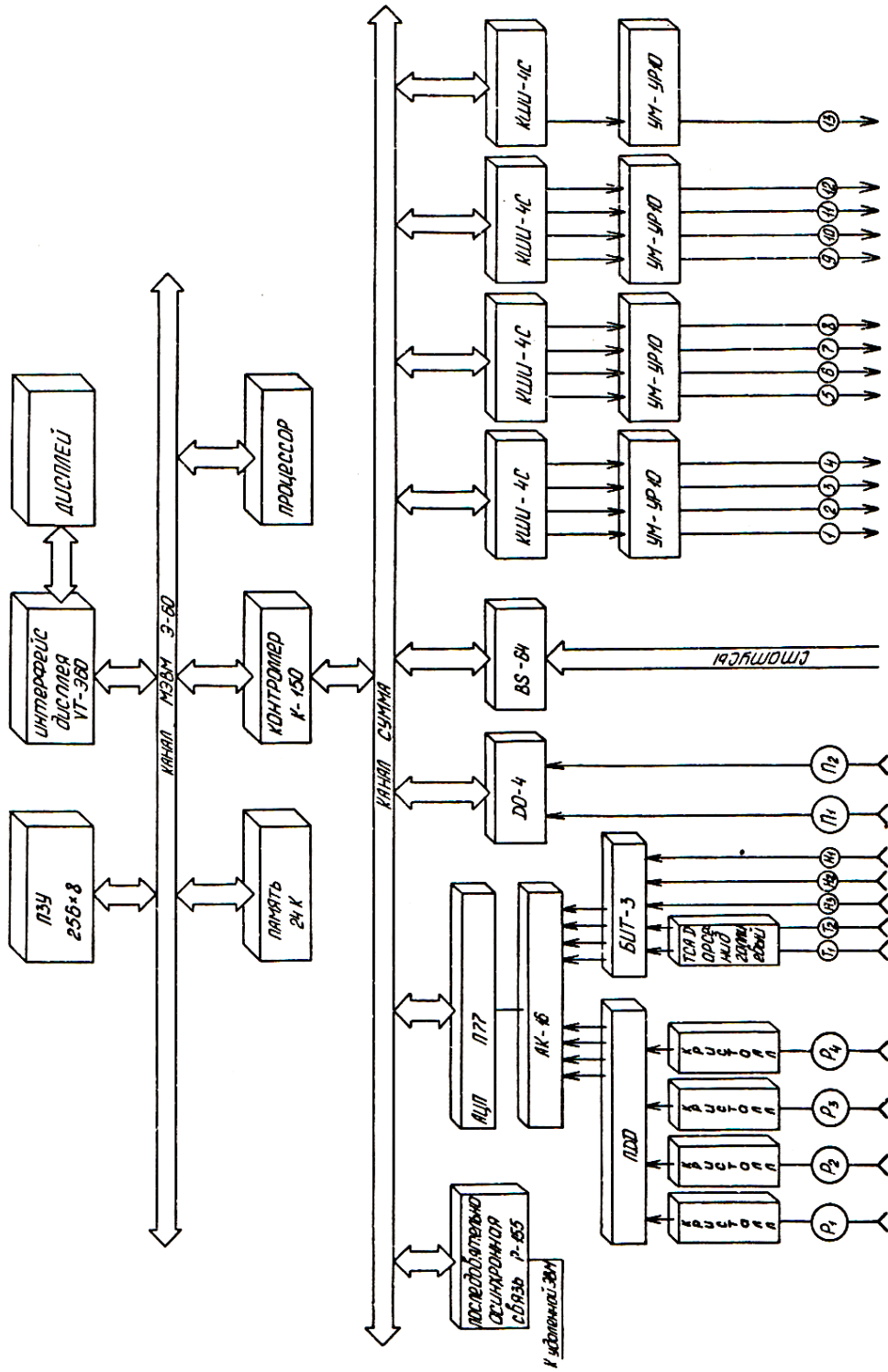


Рис. 3. Функциональная схема системы управления криогенной гелиевой установкой. АК-16 - коммутатор аналоговых сигналов на 16 каналов; ПДД - преобразователь датчиков давления "Кристалл"; БИТ-3 - измеритель температур и уровней; ДО-4 - модуль измерения скорости вращения роторов турбодетандеров; BS-64 - модуль сбора статусной информации; КШИ-4С - преобразователь "код - длительность управляющего импульса" для четырёх исполнительных механизмов; УМ-УР10 - сервоусилители.

Четвёртой функцией встроенной ЭВМ является отображение регулируемых величин, состояния установки и электронной аппаратуры на экранах алфавитно-цифрового и цветного графического дисплеев. Наглядное представление информации облегчает обслуживающему персоналу анализ характера протекания криогенного процесса и принятия оперативных решений.

Управление с помощью встроенной ЭВМ обеспечивает, во-первых, непрерывную работу в течение нескольких суток; во-вторых, связь с унифицированной электронной аппаратурой; в-третьих, минимизацию трудозатрат на программную реализацию.

Для выполнения перечисленных функций и удовлетворения сформулированных требований выбрана микро-ЭВМ "Электроника-60", имеющая оперативную память объёмом до 24К 16-разрядных слов, каркасный контроллер К-150/7/ и специально разработанный интерфейс Р-155 для связи с другой ЭВМ. Такая связь с ЭВМ DEC-10 по виртуальному терминальному каналу/8/ позволяет функционально освободить встроенную микро-ЭВМ "Электроника-60" от инструментальных средств для разработки и хранения программного обеспечения.

### 1.3. Электронная аппаратура САУ

При разработке САУ блоком охлаждения за основу была принята унифицированная электронная аппаратура, которая разделяется на следующие функциональные группы (рис. 3):

- аппаратура управления исполнительными механизмами, обеспечивающая преобразование цифрового кода управляющей функции в перемещение регулирующего органа;

- аппаратура обработки сигналов измерительных датчиков и информации от концевых выключателей; обеспечивает преобразование и передачу информации на канал СУММА;

- контроллер каркаса К-150 обеспечивает управление модулями СУММА по программе микро-ЭВМ "Электроника-60";

- аппаратура, обеспечивающая связь с инструментальной ЭВМ DEC-10, алфавитно-цифровыми и цветным графическим дисплеями. Полный набор электронных модулей приведен в таблице.

Таблица

Функцион. группа	Тип модуля	Функциональное назначение	Число каналов преобразования	Конструктив	Ширина передн. панели, мм
1	2	3	4	5	6
Модули управления исполнительными электромеханизмами	КШИ-4С	Преобразователь цифрового кода управляющей функции в ширину импульса соответствующего направления.	4	СУММА	20

1	2	3	4	5	6
	УМ-УР10	Реверсивный усилитель мощности	4	"Вишня"	40
		Силовой источник питания для четырёх УМ-УР10	-	"Вишня"	160
Модули обработки сигналов датчиков	ПДД	Преобразователь токовых сигналов с измерительных датчиков (0+4) мА в соответствующее напряжение.	8	СУММА	40
	БИТ-3	Блок питания потенциометрических датчиков, датчиков температуры (ТСАД) током заданной величины и получения соответствующего напряжения на выходе измерительных датчиков.	8	"Вишня"	40
	АК-16	Коммутатор входных аналоговых сигналов (по командам микро-ЭВМ)	16	СУММА	40
	П-77	10-разрядный аналого-цифровой преобразователь с единицей отсчёта 4 мВ/имп	1	СУММА	20
	ДО-4	Измеритель скорости ротора турбодетандера	4	СУММА	20
	BS-64	Модуль памяти статусной информации	64	СУММА	20
Контроллер каркаса	К-150	Управление командами модулей СУММА на шинах каркаса по программе в микро-ЭВМ "Электроника-60"	-	СУММА	40

1	2	3	4	5	6
Аппаратура связи	P-155	Последовательный интерфейс для связи микро-ЭВМ "Электроника-60" с инструментальной ЭВМ со скоростью передачи 9600 бод	-	СУММА	20
	VT-Э60	Параллельный интерфейс связи между ЭВМ "Электроника-60" и алфавитно-цифровым дисплеем	-	"Электроника-60"	-
	СГ/9/	Синхрогенератор для графического дисплея	3	СУММА	20
	ГД-2/9/	Блок динамической памяти с необходимыми схемами управления	1	СУММА	20

Созданная электронная аппаратура при наличии одного каркаса СУММА и двух каркасов "Вишня" обеспечивает:

- управление 20 исполнительными механизмами;
- сбор информации с 32 аналоговых измерительных датчиков с токовыми и потенциальными выходами;
- обработку сигналов с 4-импульсных измерительных датчиков;
- сбор статусной информации с 64 датчиков положения;
- вывод информации на цветной графический дисплей.

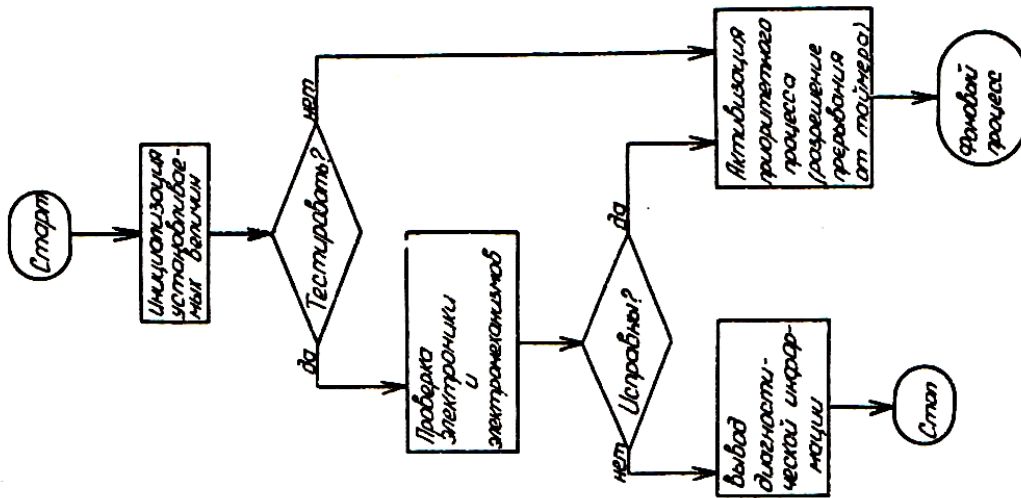
#### 1.4. Программное обеспечение САУ

Структурная схема программы управления блоком охлаждения представлена на рис. 4. Программа состоит из двух параллельно выполняемых процессов, фонового и приоритетного, а также начального диалога.

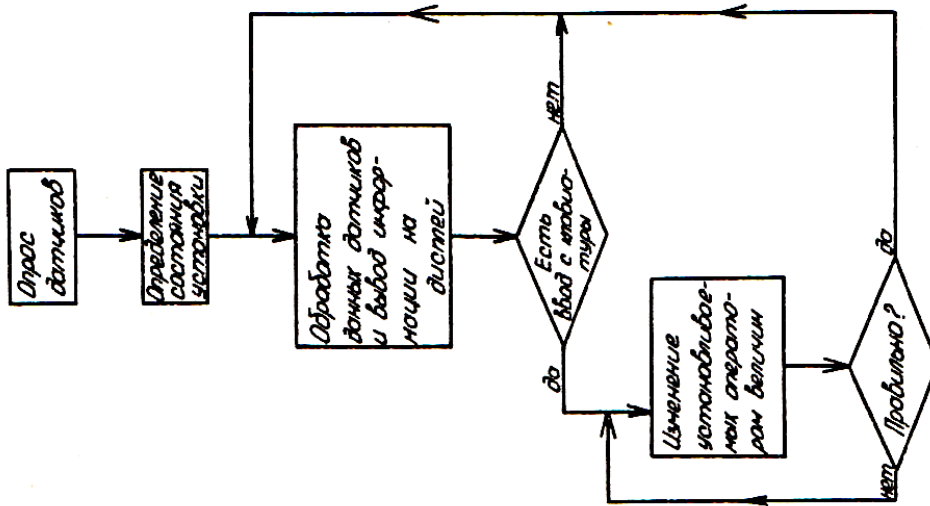
В начальном диалоге производится последовательный вывод на экран дисплея значений регулируемых величин, предоставляя оператору возможность их изменения. При вводе данных оператором в начальном диалоге, а также при вмешательстве оператора в процесс управления предусмотрен программный контроль. Начальный диалог предполагает также выполнение тестирования электронных модулей и исполнительных механизмов с согласия оператора и при соблюдении необходимых условий на установке.



НАЧАЛЬНЫЙ ДИАЛОГ



ФОНОВЫЙ ПРОЦЕСС



ПРИВАТНЫЙ ПРОЦЕСС

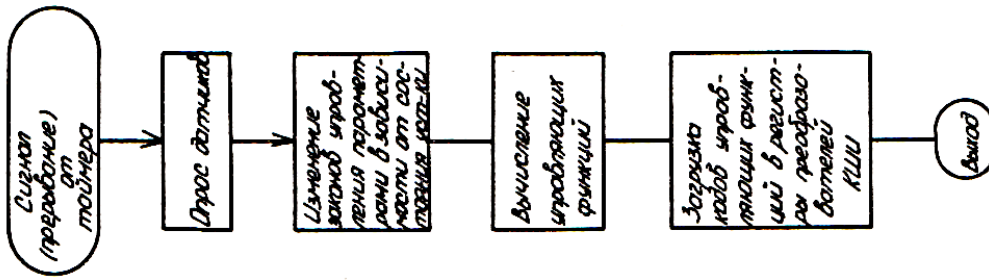


Рис. 4. Структурная схема программы управления блоком охлаждения.

Начальный диалог завершается активизацией приоритетного процесса путём разрешения прерывания от таймера и переходом к выполнению фонового процесса, представляющего собой бесконечный цикл.

Приоритетный процесс включается всякий раз по сигналу прерывания от таймера и осуществляет опрос датчиков измеряемых величин и регистров, отображающих состояние установки, электронной аппаратуры и электромеханизмов. Текущие данные запоминаются в области оперативной памяти, доступной фоновому процессу для обработки и вывода на экраны дисплеев. Приоритетный процесс по заданному алгоритму вычисляет управляющие функции с учётом характера протекания процесса и завершается выходом из прерывания.

Фоновый процесс производит обработку текущих данных для отображения их в удобном для оператора виде и их вывод на экраны дисплеев. Фоновый процесс следит также за состоянием ввода с клавиатуры дисплея и в случае вмешательства оператора обрабатывает его запросы, как и в начальном диалоге.

Создание программного обеспечения встроенной ЭВМ требует значительного числа итераций с тестированием на каждом шаге. Наибольшие трудности представляет отладка аппаратно-программных интерфейсов, а наилучшей средой для их отладки является сама встроенная ЭВМ. В процессе отладки содержимое оперативной памяти часто существенно портится. Поэтому интерфейс между встроенной и инструментальной ЭВМ приобретает исключительно важное значение.

Этой цели служит программа в ПЗУ/10/, специально разработанная для связи с инструментальной ЭВМ через интерфейс Р-155. Всё программное обеспечение встроенной ЭВМ разработано на языке PL-11/11/, удачно сочетающем в себе логическую простоту языков высокого уровня и эффективность генерируемого кода языков ассемблера. Применение языка PL-11 развивает такой стиль программирования/12/, который способствует созданию программ, удобных для чтения, модификации и отладки.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САУ

Описанная САУ обеспечивает оптимальность ведения технологического процесса за счёт автоматического изменения задающих воздействий и законов управления параметрами. Как упоминалось, система управления состоит из следующих контуров регулирования (рис. 1, 3).

### 2.1. Регулирование входного давления и объёма гелия в газгольдере

После сжатия гелия в компрессоре II и очистки от примесей в блоке очистки III регулирование давления на входе в блок охлаждения IV осуществляется байпасным вентилем с исполнительным механизмом 2 на уровне 20±26 бар с точностью ±0,25 бар. При уменьшении количества гелия до минимального допустимого уровня происходит подпитка газгольдера из ресивера VII вентилем с исполнительным механизмом 10 (датчик НЗ). Если количество гелия в газгольдере уве-

личивается до максимально допустимой величины, то часть газа сбрасывается в ресивер. Подача гелия в установку осуществляется по команде с пульта управления (исполнительные механизмы 1,8).

## 2.2. Управление скоростью вращения роторов турбодетандеров

При входном давлении  $P_{вх} \geq 20$  бар (датчик давления типа "Кристалл" Р4) САУ обеспечивает:

- плавный разгон роторов турбодетандеров (вентиль подачи газа на турбодетандеры с исполнительным механизмом 3, измерительные импульсные датчики чисел оборотов  $n_1, n_2$ ) от 0 до 260000 об/мин;
- стабилизацию чисел оборотов роторов турбодетандеров на заданном уровне с точностью  $\pm 1000$  об/мин;
- защиту по превышению числа оборотов (на рис. 1 не показана).

## 2.3. Регулирование давления в гелиевом сосуде

Регулирование в гелиевом сосуде У осуществляется на уровне  $1,5$  бар с точностью  $\pm 0,01$  бар (дроссельный вентиль с исполнительным механизмом 5) в пусковом режиме и режиме отогрева установки. При этом уровень стабилизации давления автоматически изменяется в зависимости от характера протекания технологического процесса.

## 2.4. Регулирование температуры гелия после второго турбодетандера

Регулирование температуры обеспечивается за счёт перераспределения детандерного и дроссельного потоков. Система автоматического управления обеспечивает стабилизацию температуры в рабочем режиме на заданном уровне  $(9+12)$  К с точностью  $\pm 0,1$  К (дроссельный вентиль с исполнительным механизмом 5). При стабилизации температуры САУ не осуществляет регулирование давления в гелиевом сосуде, а только следит за тем, чтобы его текущее значение не превысило максимально допустимой величины  $1,5$  бар.

## 2.5. Регулирование давления в криостате

При работе установки с криостатом VI в пусковом режиме и режиме отогрева давление в нём поддерживается на уровне  $(1,0+1,5)$  бар (дроссельный вентиль с исполнительным механизмом 7, датчик давления типа "Кристалл" Р3).

## 2.6. Регулирование давления промежуточного дросселирования

Осуществляется только в рефрижераторном режиме. При этом давление промежуточного дросселирования стабилизируется на уровне  $5+8$  бар с точностью  $\pm 0,2$  бар (вентиль с исполнительным механизмом 4, датчик давления типа "Кристалл" Р1).



## 2.7. Регулирование холодопроизводительности установки

При необходимости работы установки с пониженной холодопроизводительностью уменьшается подача гелия на турбодетандеры (вентиль с исполнительным механизмом 3) до тех пор, пока скорость вращения роторов турбодетандеров уменьшится до определённой величины (датчики  $p_1, p_2$ ). Уровень жидкого гелия в гелиевом сосуде при этом поддерживается постоянным (датчик уровня Н1).

## 2.8. Поддержание уровня жидкого азота в ванне блока охлаждения

При уменьшении уровня азота в ванне до нижней допустимой границы (датчик Н2) вентиль с исполнительным механизмом 11 открывается и осуществляет подачу азота в ванну до заданного уровня.

## 2.9. Управление пневмоклапаном байпаса теплообменников блока охлаждения

Управление пневмоклапаном осуществляется в зависимости от величины температуры обратного потока гелия, поступающего в блок охлаждения (исполнительные механизмы 12, 13, датчик температуры  $T_2$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная САУ блоком охлаждения испытывалась в сеансах, обеспечивая режимы захлаживания установки, её длительной эксплуатации и отогрева. Испытания подтвердили правильность выбора основных решений (организация вычислительных средств, интерфейсная электроника, исполнительные механизмы, датчики).

Следующим этапом работ будет автоматизация компрессора, технологических операций в блоке турбодетандеров, в блоках очистки и в азотных ёмкостях. Предстоит глубже изучить перекрёстные связи между контурами, отработать принципы аппаратной защиты при аварийных ситуациях, расширить сервис для оператора.

В заключение авторы выражают благодарность В.Г.Кузнецову за высококачественный и своевременный монтаж интерфейсных модулей, В.П.Фомину и А.Г.Александрову за любезно предоставленные электронные модули, А.Д.Кольчуку, И.С.Гришачёву, В.Н.Конюхову – за практическую помощь в отработке режимов на установке КГУ-500/4,5.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев А.И., Балбеков В.И., Гридасов В.И. и др. – Препринт ИФВЭ 80-96, Серпухов, 1980.
2. Агапов Н.Н., Базылева Н.П., Белушкин В.Л. и др. – Препринт ОИЯИ Р10-82-368, Дубна, 1982.
3. Леонов А.П., Попов В.В., Устинов Е.А. – ПТЭ, 1978, № 5, с. 180.

4. Глазенко Т.А. Полупроводниковые преобразователи в электроприводах постоянного тока. – Ленинград: Энергия, 1973.
5. Голобородько С.Г., Денисенко А.А., Дунайцев А.Ф. и др. – Препринт ИФВЭ 82-177, Серпухов, 1982.
6. Батоврин А.А., Дашевский П.Г., Лебедев В.Д. и др. Цифровые системы управления электроприводами. – Ленинград: Энергия, 1977.
7. Куянов Ю.В., Петухов В.А., Савин Н.П. – Препринт ИФВЭ 82-129, Серпухов, 1982.
8. Трофимов Н.Н. – Препринт ИФВЭ 82-116, Серпухов, 1982.
9. Волкова Л.А., Гасинбеков Р.М., Екимов А.В. и др. – Препринт ИФВЭ 80-71, Серпухов, 1980.
10. Куянов Ю.В., Петухов В.А., Савин Н.П. – Препринт ИФВЭ 83-107, Серпухов, 1983.
11. Russel R.D. **PL-11: A Programming Language for the DEC PDP-11 Computer.** – CERN 74-24, Rev. Geneva, 1978.
12. Иодан Э. Структурное проектирование и конструирование программ. – М.: Мир, 1979.

Рукопись поступила 4 октября 1984 года.



А.И.Агеев и др.

Система автоматического управления криогенной гелиевой установкой.

Редактор В.В.Герштейн. Технический редактор Л.П.Тимкина.

Корректор Л.Ф.Васильева.

---

Подписано к печати 17.10.1984 г. Т-20513. Формат 60x90/16.

Офсетная печать. Печ.л. 1,00. Уч.-изд.л. 1,16. Тираж 250.

Заказ 1053. Индекс 3624. Цена 17 коп.

---

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов Московской обл.

Цена 17 коп.

Индекс 3624.

---

П Р Е П Р И Н Т 84-207, И Ф В Э, 1984.

---