

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт"

В.Ф. Солодовник, М.И. Чебан

**МЕДИЦИНСКИЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ
УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ**

Учебное пособие

Харьков "ХАИ" 2001

УДК 616.075.8

Медицинские лабораторные устройства и приборы / В.Ф. Солодовник, М.И. Чебан. – Учеб. пособие. Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2001. – 85 с.

Приведены описания используемых в медицинских и биологических лабораториях радиотехнических устройств, приборов и комплексов приборов. Даны их назначения, основные технические и медицинские показатели, структурные (в ряде случаев принципиальные) схемы и принципы работы.

Для студентов и специалистов, изучающих, эксплуатирующих и разрабатывающих лабораторные радиотехнические устройства, приборы и комплексы.

Ил. 56. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

Р е ц е н з е н т ы : : д-р техн. наук., проф. И.В. Кононенко,
канд. биол. наук Н.В. Репин.

ВВЕДЕНИЕ

Классификационная структура, приведенная на рис. В.І, показывает место медицинских *лабораторных* устройств и приборов (МЛУП) в ряду медицинских устройств и приборов (МУП). МЛУП относятся к диагностическим медицинским устройствам и приборам и применяются (в отличие от диагностических клинических МУП) в лабораториях без непосредственного контакта с пациентом.

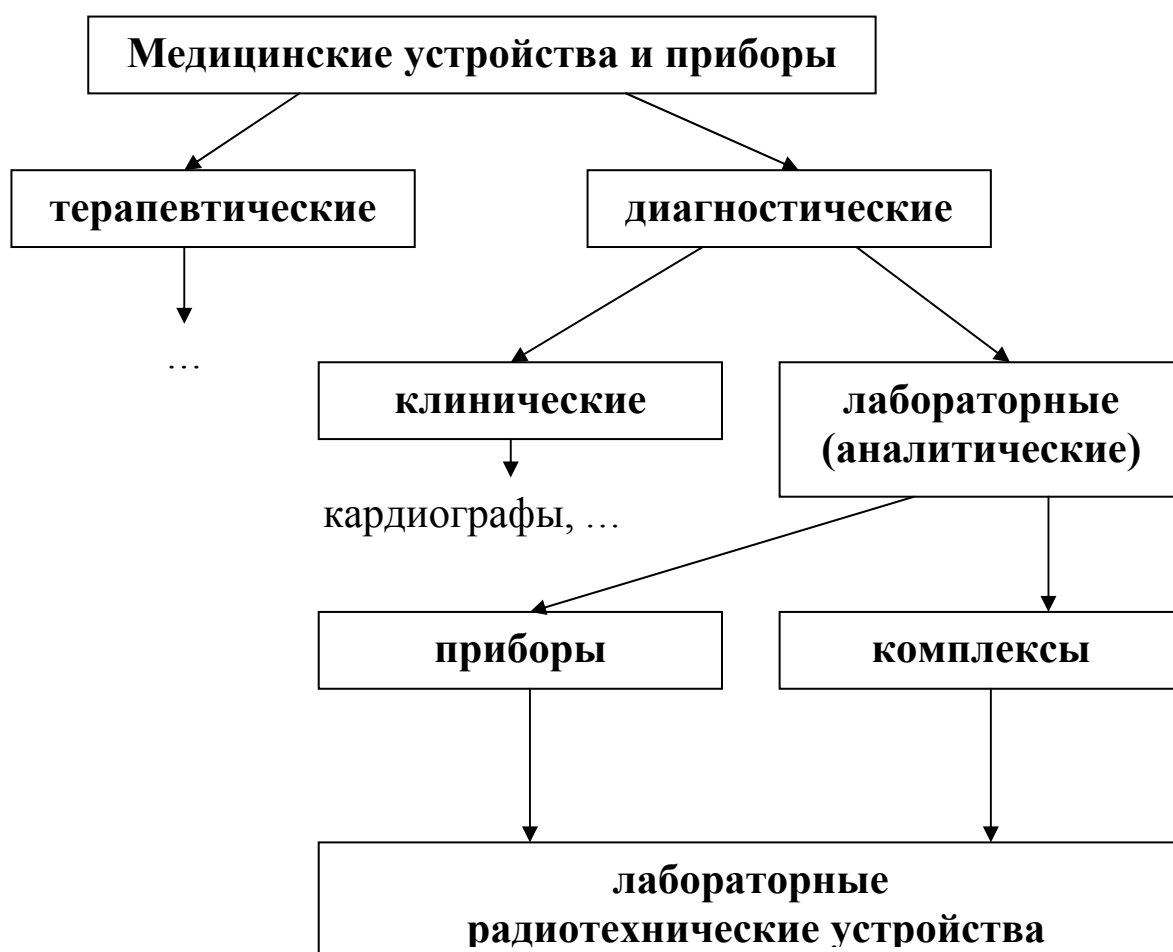


Рис. В.І

МЛУП предназначены для измерения и регистрации медицинских диагностических показателей лабораторных анализов крови, мочи, содержимого желудка и других медицинских объектов исследования. Например, рН-метры определяют кислотность или щелочность исследуемых объектов, гемоглобинометры - концентрацию гемоглобина в

крови, гемокоагулометры - скорость свертывания крови, экспресс-анализаторы глюкозы измеряют содержание сахара в крови или моче, цифровые анализаторы СПИД определяют иммунные показатели крови пациента.

В состав медицинских лабораторных устройств и приборов входят лабораторные (аналитические) радиотехнические устройства (РТУ), предназначенные для задания или измерения вспомогательных показателей, необходимых для получения основных медицинских лабораторных показателей анализов. Известны следующие лабораторные РТУ:

- терморегуляторы и термометры (задают или измеряют температуру), которые содержатся в холодильниках, сухожарных и сушильных шкафах, в стерилизаторах;
- источники и приемники света (используются в спектрофотометрах, фотоколориметрах и служат для определения прозрачности, коэффициента поглощения света жидких и твердых тел);
- тахометры, тахорегуляторы, вибраторы, ультразвуковые источники (применяются в шейкерах, миксерах, центрифугах);
- источники тока и напряжения (применяются в электрофореграфах);
- датчики веса и массы (используются в весах и дозаторах);
- электронные микроскопы (применяются при исследовании микрообъектов).

В пособии описаны выпускаемые промышленностью медицинские лабораторные устройства и приборы. Для более детального ознакомления с ними пользователи и разработчики, базируясь на знаниях, полученных при проработке настоящего пособия, должны дополнительно изучить конструкторскую документацию, а также паспорта и руководства по эксплуатации выпускаемых промышленных МЛУП.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

1.1. Термостаты и термометры

1.1.1. Общие сведения о термостатах и термометрах

Лабораторные электронные термостаты и термометры используются в холодильниках, термосушильных и сухожарных шкафах, стерилизаторах и других устройствах аналогичного назначения.

Примеры лабораторных исследований, в которых поддерживается или измеряется температура [3]:

- электрофореграммы крови фиксируют путём просушки их при температуре 90...100° С в течение 15...20 мин [3, с. 15];
- для сохранения формы эритроцитов, лейкоцитов в мазках крови их фиксируют парами фенола при 16...18° С (20 мин) или 20...24° С (5 мин), а затем освобождают от паров фенола в термостате при температуре 37° С (5 мин) [3, с. 40];
- при исследовании фагоцитоза, т.е. способности лейкоцитов поглощать и уничтожать микробы, смесь крови с микробами выдерживают 1 час при температуре 37° С [3, с. 57];
- при определении резидентности (устойчивости) крови к кислотной среде в кювете для фотоэлектроколориметра (ФЭК), содержащей смесь крови и кислотно-физиологический раствор, поддерживают температуру $24 \pm 0,3^\circ \text{C}$ [3, с. 88];
- при исследовании белков в моче в нее добавляют уксусную кислоту и нагревают в водяной бане до 45...50° С [3, с. 233];
- при исследовании сворачиваемости крови сыворотку отстаивают 24...48 ч при нормальной температуре 37° С.

Примеры промышленных термостатов:

- шкаф сушильный 2В-151 (40...200° С);
- воздушные стерилизаторы ГП-40Л (40 л, 180° С);
- кипятивники дезинфекционные (100° С, 5...60 мин);
- шкаф для суховоздушной стерилизации ШСС-80П (80 л, 180° С);
- стерилизатор суховоздушный СС-80Х (80 л, 180° С, таймер);
- термостат ТДР-8 для термостатирования планшет (180° С, таймер);
- термостат для исследований гемокоагуляции с прозрачными стенками

типа ТПС (10...35° С);

- термостаты фирмы Gouan (Франция) (18...950 л, - 85...+ 75°С).

Примеры термометров:

- кварцевые цифровые термометры фирмы Хьюлетт Паккард (80...125° С с точностью до 0,01° С)
- кварцевый цифровой термометр ЭКОТ (25...52° С с точностью до 0,1°С);
- электронные термометры современных рН-метров (0...105° С с точностью до 0,1° С).

1.1.2. Принцип действия и классификация термостатов

Существуют активные и пассивные термостаты. Пассивные не содержат цепи автоматического регулирования температуры, они выполнены по принципу термоса.

Рассмотрим структурную схему активного термостата, показанную на рис. 1.1, где ТК – термокамера, ДТ - датчик температуры, Д – дискриминатор, У – усилитель, ТРЭ - терморегулирующий элемент, ИТ - измерительный термометр.

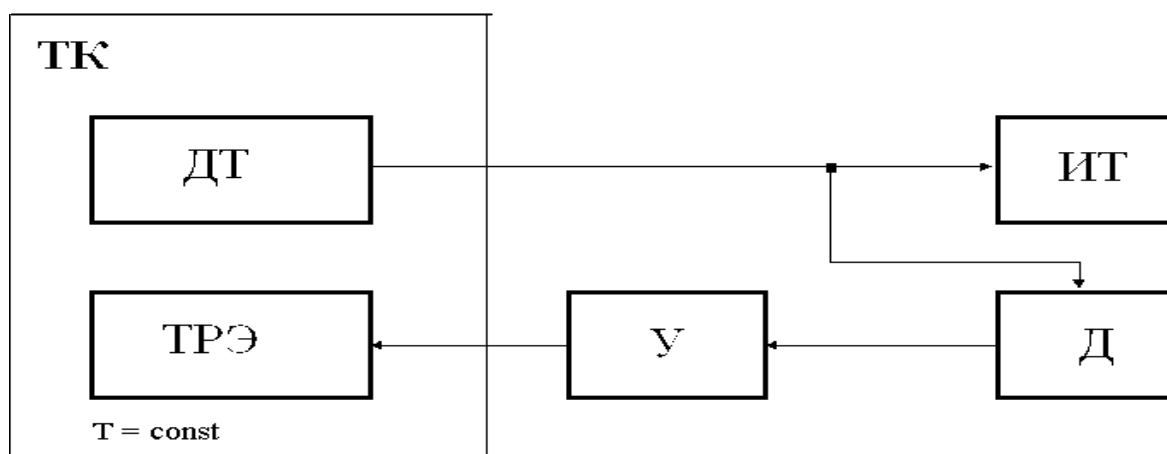


Рис. 1.1

Термостат работает следующим образом. При изменении температуры внутри термокамеры изменяется сигнал на выходе датчика температуры. Этот сигнал преобразуется дискриминатором в ток или напряжение, которые усиливаются до нужного уровня усилителем и поступают на терморегулирующий элемент (нагреватель или охладитель)

таким образом, чтобы изменить температуру в обратную сторону от ее первоначального ухода и обеспечить постоянную температуру.

Термостаты классифицируют:

1) по назначению на:

- стерилизаторы медицинских инструментов, бинтов, одежды и т.д.;
- термосушильные шкафы медицинских и биологических лабораторий;
- сухожарные шкафы для обезвоживания анализов;
- медицинские холодильники;
- термостаты для хранения составляющих крови и т.д.;

2) по среде в рабочей камере на:

- водяные;
- паровые;
- воздушные;

3) по принципу использования теплового потока на устройства:

- с охлаждением ($t_{\text{раб.кам}} < t_{\text{окр.среды}}$, ТРЭ - охладитель);
- с нагреванием ($t_{\text{раб.кам}} > t_{\text{окр.среды}}$, ТРЭ - нагреватель);
- комбинированные (содержат нагреватель и охладитель);

4) по принципу используемого термодатчика на устройства:

- с биметаллическим датчиком температуры;
- с ртутным термоконтатором;
- с терморезистивным ДТ;
- с полупроводниковым переходом;
- с кварцевым ДТ;

5) по принципу регулирования на устройства:

- с дискретным регулированием (в этом случае дискриминатор является компаратором);
- с плавным регулированием (ДУ - аналоговые);

6) по принципу дискриминатора на устройства:

- с потенциальным дискриминатором напряжения или тока;
- с частотным дискриминатором (используется в случае ДТ с частотным выходом);
- с цифровым дискриминатором или компаратором.

1.1.3. Ртутные термоконтакты

Ртутные термоконтакты предназначены для сигнализации достижения заданной температуры и автоматического регулирования температуры в термостатах.

При повышении температуры (рис.1.2) столбик ртути поднимается, замыкаются контакты 1 - 2, так как ртуть является проводником.



Рис. 1.2

Ртутные термоконтакты бывают двух типов: ТК - термоконтакты на фиксированную температуру с точностью до $0,1^\circ \text{C}$ и ТПК - термоконтакты на регулируемую в интервале температуру.

Существуют промышленные приборы ТПК четырех диапазонов температур: $0...50^\circ \text{C}$, $0...70^\circ \text{C}$, $0...150^\circ \text{C}$, $0...300^\circ \text{C}$ с точностью до 1°C , 2°C , 2°C , 5°C , соответственно.

Известны разные схемы (рис.1.3, 1.4) включения термоконтакторов.

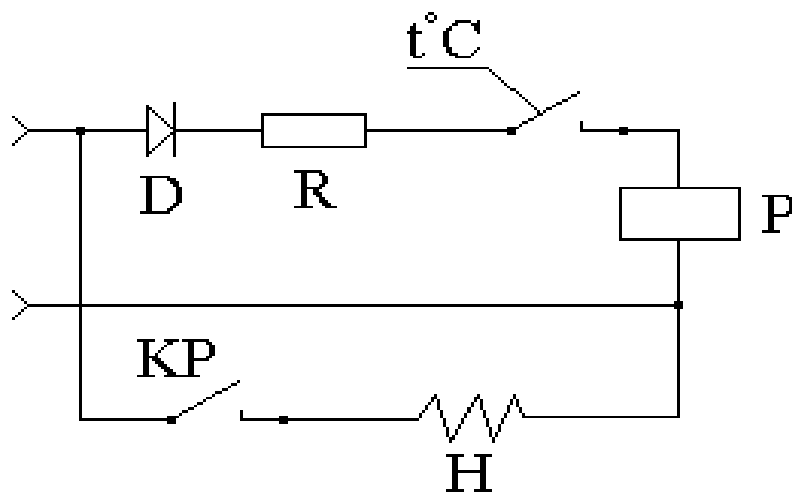


Рис. 1.3

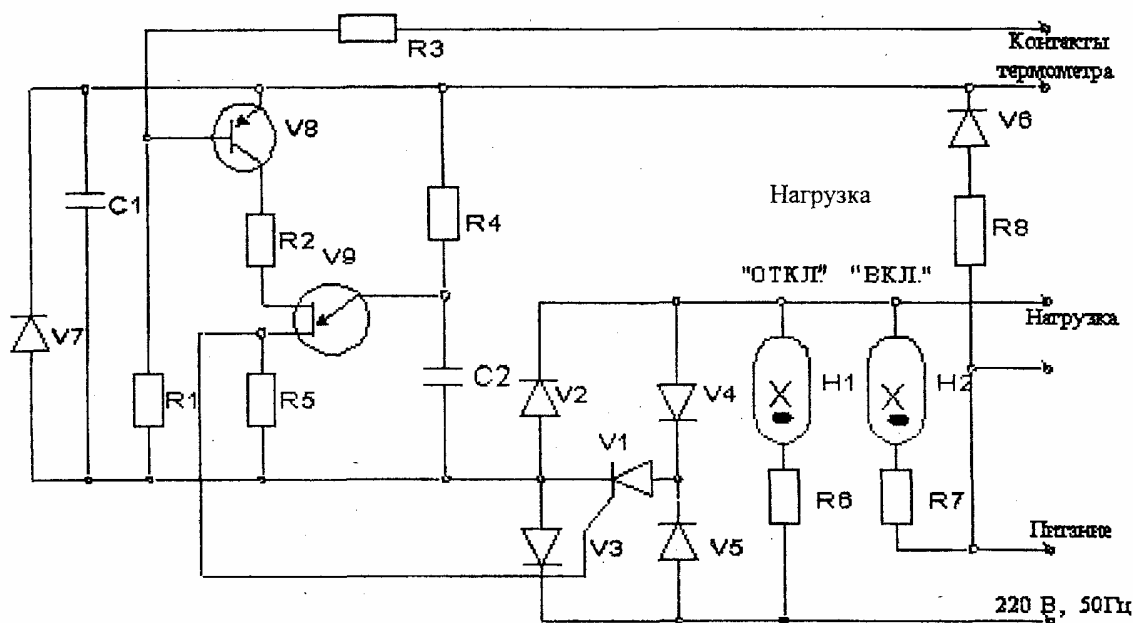


Рис. 1.4

В схеме шкафа 2В151 (см. рис.1.3) диодом Д выпрямляется переменное напряжение сети для питания реле Р постоянного тока, R - резистор, ограничивающий ток. При размыкании ТПК контакты КР нормально замкнутого реле Р размыкаются и нагреватель Н выключается. Температура в термостате начинает уменьшаться и ТПК размыкается. Далее цикл повторяется, происходит автоматическое регулирование температуры в термостате.

Типовая схема включения термоконтактора (см. рис. 1.4) приводится в паспорте прибора. Назначение элементов схемы: диоды V1 - V5 - силовые ключи нагревателя (нагрузки), H1, H2 - типовые сигнальные лампочки; H1 - лампочка для сигнализации токов нагрузки; H2 - напряжения 220 В. Элементы V6, V7, C1, R8 - выпрямитель переменного напряжения для питания схемы управления, R2, R4, R5 и V9, C2 - элементы генератора прямоугольных импульсов ГПИ на однопереходном транзисторе, V8, R1, R5 - элементы усилителя тока термоконтактора.

Работа типовой схемы включения термоконтактора проиллюстрирована упрощенной схемой и эпюрой, приведенными на рис. 1.5 а, б.

При температуре в камере, меньшей температуры срабатывания, ТПК разомкнут. Транзистор V8 открыт током базы через сопротивление R1. ГПИ формируют на выходе прямоугольные импульсы частотой 1 кГц. Эти импульсы открывают тиристор V1, пропускающий напряжение через нагрузку, так что по нагрузке течет ток I_{H1} и I_{H2} (см. эюру на рис. 1.5, б). Нагреватель нагревается и при некоторой температуре ТПК замыкается. Транзистор V8 запирается. Импульсы ГПИ пропадают. Ток через нагрузку пропадает и цикл повторяется. Осуществляется автоматическое регулирование температуры в термостате.

Достоинства типовой схемы: через столбик ртути течет малый ток и на его электродах имеется малое напряжение.

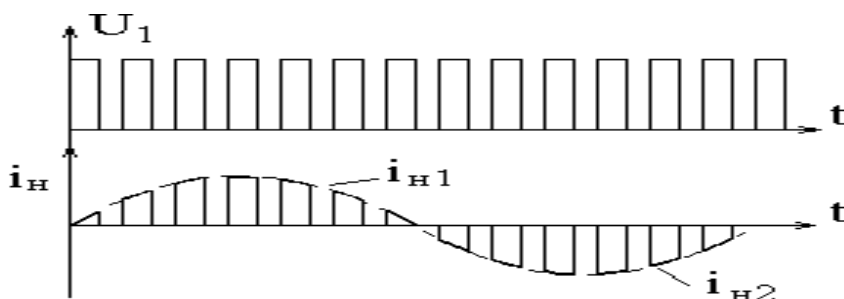
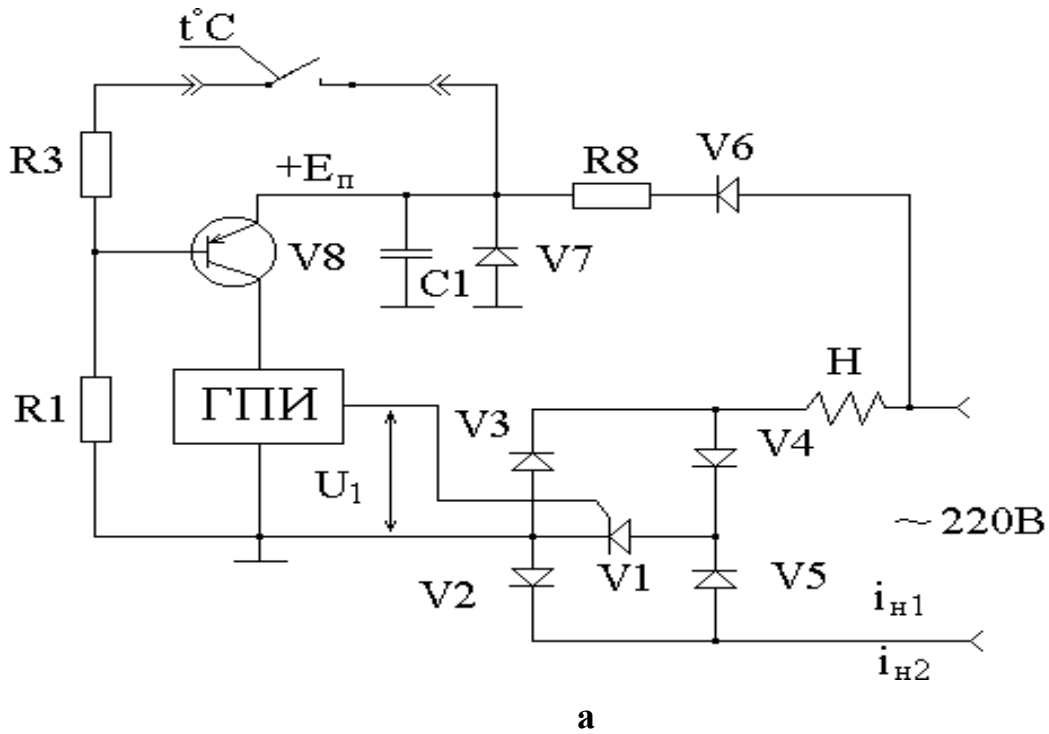


Рис. 1.5

1.1.4. Термостат ТВЗ-25

Термостат ТВЗ-25 предназначен для заливки парафином препаратов, из которых необходимо получить микросреды в патологоанатомных исследованиях, а также для выпаривания микробов в стационарных условиях.

Технические показатели:

- диапазон температур в рабочей камере..... 25...65°C,
- погрешности стабилизации температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$,
- время готовности..... 24 ч,
- потребляемая мощность 1200 Вт - в ускоренном режиме и 300 Вт - в нормальном режиме.

На рис. 1.6 изображена схема термостата ТВЗ-25. Релейно-коммутационный блок (РКБ) коммутирует два нагревателя Н1 и Н2 и сигнальные лампы Л2 и Л3 таким образом, чтобы в ускоренном режиме нагреватели были включены параллельно и отдавали повышенную тепловую мощность, горела лампочка Л2, а в нормальном режиме нагреватели соединялись последовательно и горела лампочка Л3, а тепловая мощность была бы меньше, чем в предыдущем случае.

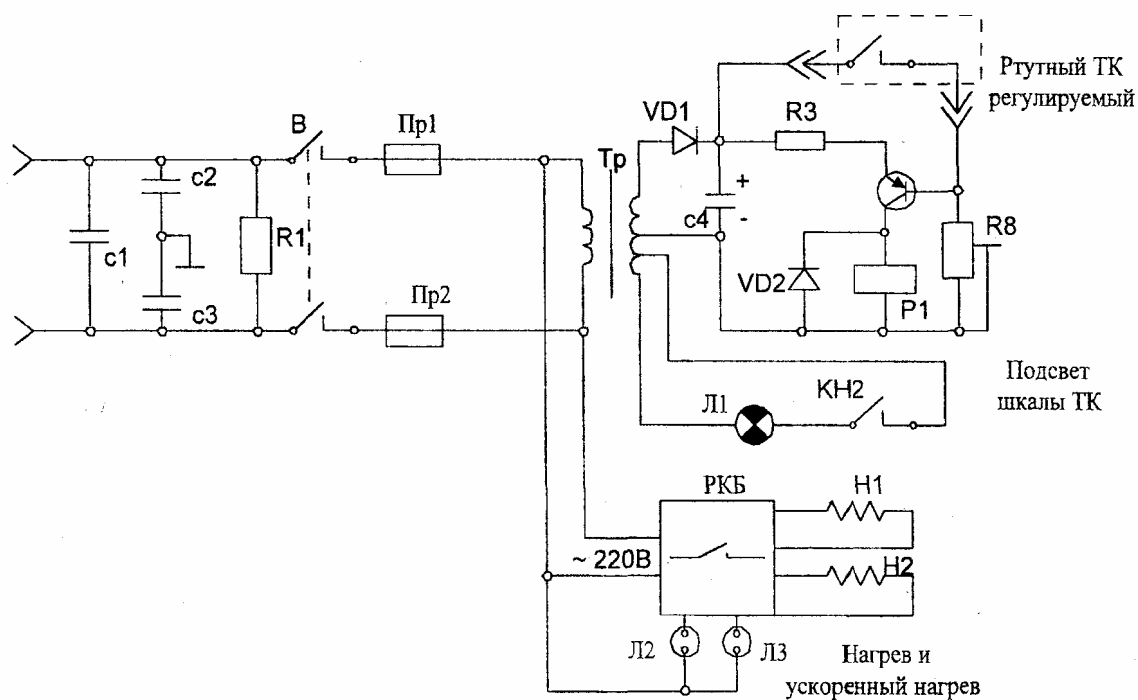


Рис. 1.6

Элементы C1, C2, C3, R1 - фильтры, устраняющие помехи, возникающие при коммутации нагревателей в питающую сеть. Элементы TP1, VD1, C4 - источник питания постоянного тока элементной схемы.

Транзистор усиливает ток термодатчика. P1 - обмотка реле релейно-коммутационного блока. Диод VD2 устраняет обратное напряжение самоиндукции при коммутации этого реле. Л1, КН2 – элементы подсвета шкалы термодатчика.

При низких температурах ТПК разомкнут, транзистор открыт током базы. Через R8, обмотку реле и нагреватели протекает ток. Температура в камере повышается. При достижении температуры термодатчика он замыкается, ток транзистора уменьшается, контакты реле замыкаются, нагрев термокамеры прекращается, далее цикл повторяется, а температура поддерживается постоянной. R8 служит для регулирования тока включения и выключения реле.

Эта схема используется и в других термостатах. Изменяются только РКБ и схема включения нагревателей. Так, например, в термостате ТПС применяется только один нагреватель и ускоренный режим нагрева термокамеры отсутствует.

1.1.5. Термостат суховоздушный ТС-80М2

Термостат ТС-80М2 (рис. 1.7) предназначен для бактериологических и серологических исследований в клинко-диагностических и бактериологических лабораториях.

Технические характеристики:

- диапазон рабочих температур 25...55° С;
- точность поддержания температур ± 0,25° С;
- потребляемая мощность 250 Вт;
- время готовности 8 ч.

На рис. 1.7 обозначены: ИОН - источник опорного напряжения, ИЭП - источник эталонного параметра, ПУ - пульт управления, Д – делитель, ИИТ - источник измерительного тока, ДУ - дифференциальный усилитель, ТС – термостат, К – компаратор, БП - блок преобразований, ССУ - схема синхронизации и управления тиристорами, НЭ - нагревательный элемент,

Бинд - блок индикации, БП - блок питания, 10 – счетчики, 11 – дешифраторы, 12 – индикаторы, 2 - АЦП.

Устройство работает следующим образом. Терморезистор представляет собой катушку из медного провода, поэтому его сопротивление определяют по формуле

$$R_t = R_0 + \alpha t,$$

где $R_0 = R_t(0) = 247 \text{ Ом}$;

$$\alpha = 1,065 \text{ Ом/град.}$$

Напряжение датчика

$$U_d = R_t \cdot I_{\text{изм}} = I_{\text{изм}} \cdot R_0 + \alpha \cdot t \cdot I_{\text{изм}},$$

где $I_{\text{изм}}$ - ток ИИТ,

t - температура.

На выходе делителя формируется опорное напряжение

$$U_{\text{оп}} = R_0 \cdot I_{\text{изм}}.$$

За счет регулировки в делителе точно на входе ДУ действует напряжение

$$U_{\text{вых}} = U_d - U_{\text{оп}} = \alpha \cdot t \cdot I_{\text{изм}}.$$

Если $I_{\text{изм}} = 1/\alpha$, то $U_{\text{вых}} = t$.

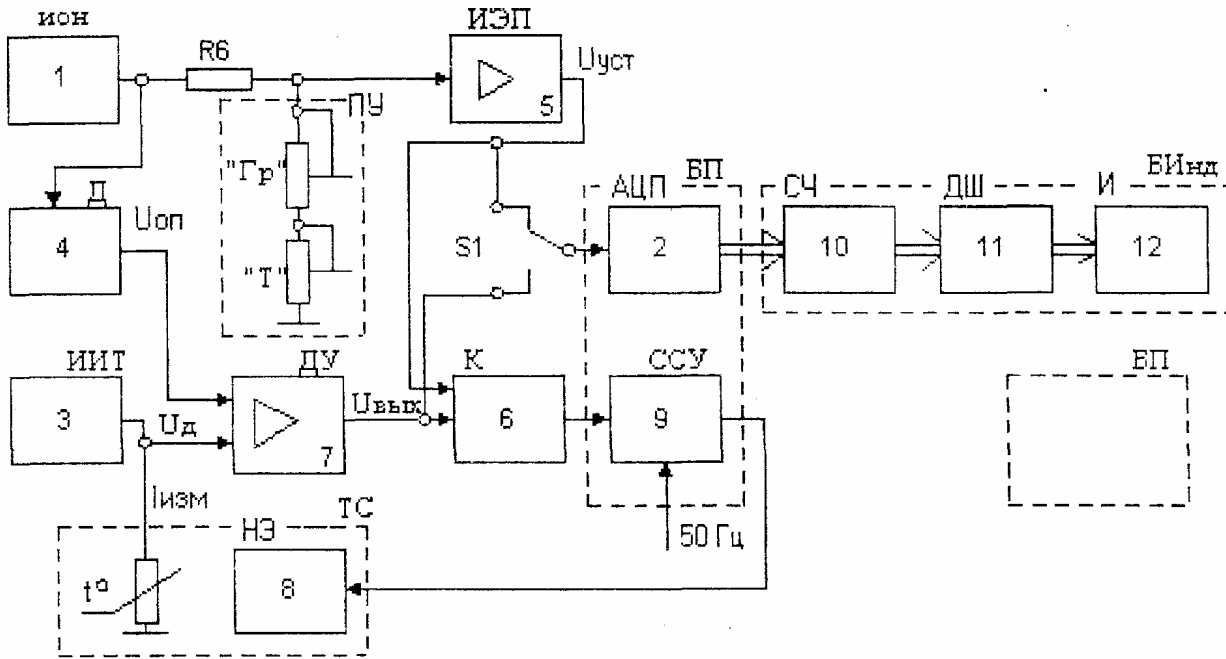


Рис. 1.7

Таким образом, на выходе получается напряжение, равное температуре. Это напряжение поступает на компаратор К, на второй вход которого подается установочное напряжение $U_{уст}$. На выходе компаратора появляется логическая "1", если $U_{уст} < U_{вых}$, или "0", если $U_{уст} > U_{вых}$, и этот логический сигнал включает и выключает ССУ. На выходе ССУ появляется напряжение, открывающее с частотой 50 Гц тиристоры, питающие нагреватель. Остальная часть схемы измерительная.

Если ключ S1 стоит в верхнем положении, то $U_{уст}$ подается на блок 2 (АЦП), на выходе которого формируется цифра в двоичном коде, соответствующая напряжению $U_{уст}$, пропорциональному температуре. Эта цифра поступает в блок индикации и отображается на индикаторах блока 12. Таким образом, меняя потенциометрами "грубо" ("Гр") и "точно" ("Т") пульта управления напряжение $U_{уст}$, в режиме установки (S1 - верхнее положение) получаем требуемую температуру. В нижнем положении переключателя S1 на индикаторе высвечивается реальная температура в термостате, при которой включается нагревательный элемент.

Достоинство термостата - высокая точность. Недостатки - отсутствует контроль перегрева НЭ, что может привести к его выходу из строя, низкая

эталонность устанавливаемой температуры, которая определяется тем, что терморезисторы стареют и их параметры изменяются со временем.

1.1.6. Стерилизатор суховоздушный СС-80Х

Стерилизатор (рис. 1.8) предназначен для стерилизации лабораторной посуды и инструментов.

Его технические характеристики:

- рабочие температуры..... 120, 160, 180°C;
- точность поддержания температуры..... $\pm 2, 3, 4^\circ\text{C}$;
- время поддержания температуры 240, 150, 60 мин;
- время готовности..... 4 мин;
- потребляемая мощность 2 кВт.

На рис. 1.8 обозначены: ТК - тиристорный коммутатор, ТС – термостат, БР - биметаллический размыкатель, АПТ - автогенераторный преобразователь температуры, ОГ - опорный генератор, К1, К2 – компараторы, Н – нагреватель, СМ – смеситель, ДПКД 1, 2 - делители с переменными коэффициентами деления, ЧК – частотный компаратор, ЛБ - логический блок, БИ - блок индикации, БП - блок питания.

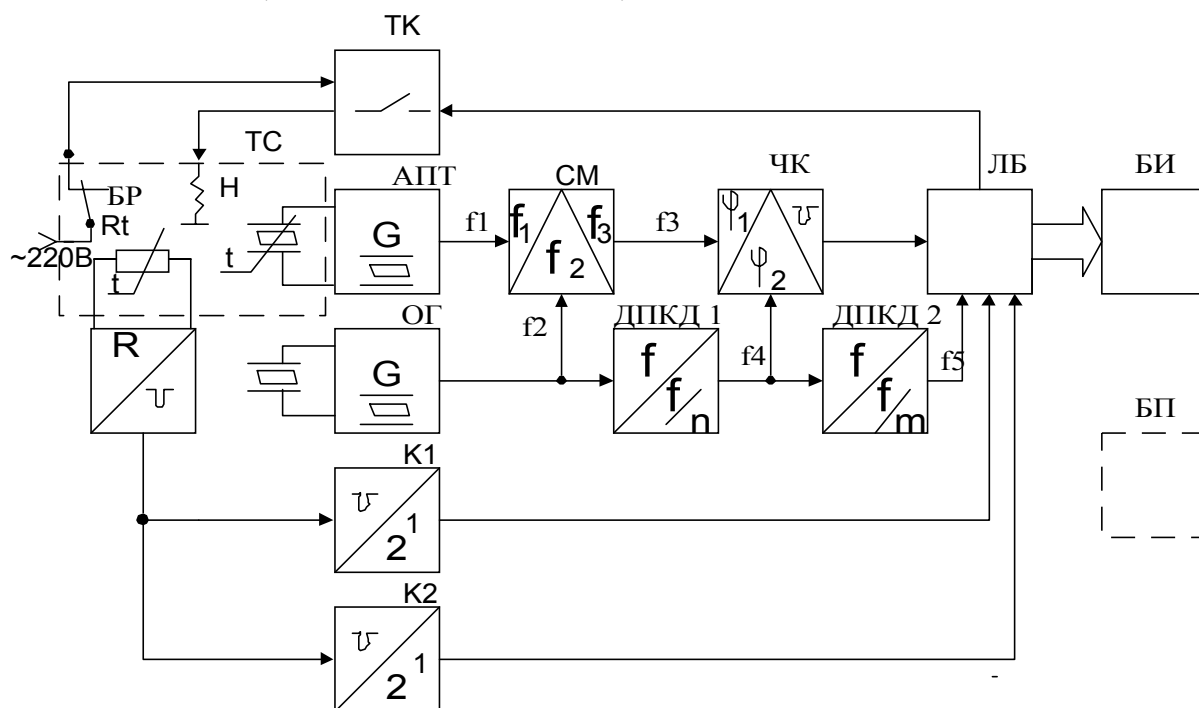


Рис. 1.8

На выходе АПТ действует частота f_1 , на втором входе смесителя - f_2 ,

на выходе - f_3 , в ЧК - f_4 , на выходе ДПКД2 - f_5 . На выходе АПТ $f_1 = f_0 + at$, где f_0 - частота 5 МГц, $a = 185$ Гц/град, так как использован кварцевый резонатор ПЯ-среза. Если частота $f_2 = f_0$, то на выходе СМ получается $f_3 = f_1 - f_2 = at$, где t - температура. ДПКД1 делит частоту f_2 в n раз, поэтому $f_4 = f_2/n_i$, где n_i выбрано так, чтобы выполнялось условие $f_4 = a t_{зад_i}$, где $i = 1, 2, 3$. Благодаря тому, что сравниваются частоты $f_3 = at$ и $f_4 = at_{зад_i}$, на выходе ЧК получается логическая "1", если $t > t_{зад_i}$, и логический "0", если $t < t_{зад_i}$. ДПКД2 делит частоту f_4 в m_i раз так, что частота $f_5 = f_4/m_i = 1/T_{зад_i}$. На выходе ДПКД2 во время действия импульса $T_{зад_i}$ появляется логическая "1", длительность которой можно изменить, изменяя m_i .

Изменяя n и m дискретно, т.е. m_i и n_i , где $i = 1, 2, 3$, можно изменить, соответственно, $T_{зад_i}$ и $t_{зад_i}$. Компаратор К1 обеспечивает логические "1", если $t < t_{зад_i} + 20^\circ\text{C}$, и "0", если $t > t_{зад_i} + 20^\circ\text{C}$, компаратор К2 - "1", если $t > t_{зад_i} - 20^\circ\text{C}$, и "0", если $t < t_{зад_i} - 20^\circ\text{C}$.

На выходе обоих компараторов существует "1", если температура выходит за "ворота" $t_{зад_i} \pm 20^\circ\text{C}$ (при аварийной ситуации).

Таким образом, логический блок посредством тиристорного ключа включает нагреватель в случае, если температура находится в безаварийных "воротах" $t_{зад_i} \pm 20^\circ\text{C}$ во время интервала $T_{зад_i}$ и биметаллический размыкатель не разомкнут (размыкается он в случае перегрева камеры). БП - второй элемент аварийной защиты.

Стерилизатор СС-80Х характеризуется повышенными точностью и эталонностью при малом времени готовности, а также двухступенной защитой от перегрева термокамеры.

1.1.7. Цифровой термометр НР

Цифровой термометр НР (рис. 1.9) фирмы Хьюлетт Паккард предназначен для точного измерения температуры и разности температур при проведении лабораторных исследований или для аттестации менее точных лабораторных термометров.

Технические характеристики:

– интервал температур - 85° ... + 125° С;

– точность измерения температур 0,01° С.

На рис. 1.9 обозначены: ТЧК - термочувствительный кварцевый резонатор, АПТ - автогенераторный преобразователь, ОГ - опорный генератор, К – коммутатор, ПУ - пульт управления, СМ - смеситель частот, ПЧК - преобразователь “частота – код”, ДП1 - дешифратор (двоичного кода в семисегментный), БИ - блок индикации.

ТЧК1 и ТЧК2 выполнены в виде пробников различной конструкции и вынесены от АПТ кабелем длиной 3,7 м, что составляет 1/4 от длины волны в кабеле на частоте примерно 28 МГц, используемых ТЧК LC-среза. Таким образом, ВЧ кабель не вносит реактивности в схему АПТ. От АПТ к прибору идут кабели любой длины до 3 км.

На выходах ключа имеются две термозависимые частоты f_1 , f_2 или одна из них и одна опорная f_0 .

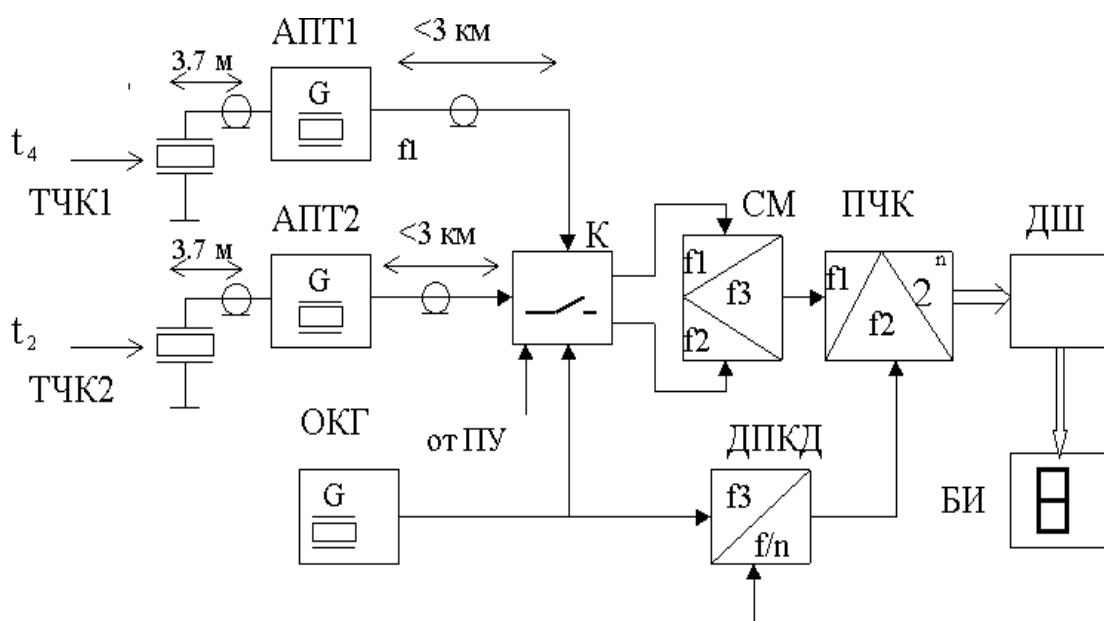


Рис. 1.9

Частоты АПТ1, 2 зависят от температуры, поэтому

$$f_1 = f_{10} + a_1 \cdot t_1,$$

$$f_2 = f_{20} + a_2 \cdot t_2,$$

где $f_0 = f_{10} = f_{20} = 28$ МГц,

$$a_1 = a_2 = a = 1000 \text{ Гц/град.}$$

На выходе СМ получается разностная частота

$$f_p = a \cdot (t_1 - t_2), \text{ или } f_p = a \cdot t_{1,2}.$$

ДПКД делит частоту f_0 в $a/f_0 \cdot 10^i$ раз так, что получается $f_{\text{вых}} = a/10^i$, где $i = 1, 2, 3$.

На выходе ПЧК получается отношение частот

$$N = f_p/f_{\text{вых}} = (t_1 - t_2) \cdot 10^i, \text{ или } t_{1,2} \cdot 10^i,$$

пропорциональное разности температур $t_1 - t_2$ или температурам $t_{1,2}$. Это отношение дешифрируется в семисегментный код и индицируется. Пультom управления можно изменять дискретно $i = 1, 2, 3$ и индицировать температуру с точностью до 0.1, 0.01, 0.001°C, соответственно.

Достоинства этого термометра - высокие точность и эталонность, современное исполнение. Недостатки - большая стоимость и фиксированная длина (3,7 метров) кабеля с пробником.

1.1.8. Портативный цифровой термометр ЭКОТ

Термометр ЭКОТ предназначен для измерения температуры в термостатах или температуры тела человека.

Технические характеристики:

- интервал температур 25,6...51,2° С;
- погрешность измерения 0,1° С.

Схема (рис. 1.10) состоит из двух частей - ПЧС и ВП. Выносной пробник (ВП) выполнен в виде микросборки, которая конструктивно закреплена на кварцевом резонаторе ПЯ-среза. Выносной пробник питается через ВЧ кабель длиной до 200 м. По нему же в приборную часть схемы ПЧС поступают колебание термозависимой частоты и напряжение Епит. Кварцевый генератор ВП - емкостная трехточка. Сопротивление нагрузки $R_n = 75$ Ом для согласования кабеля. Смещение транзистора осуществляется базовым током.

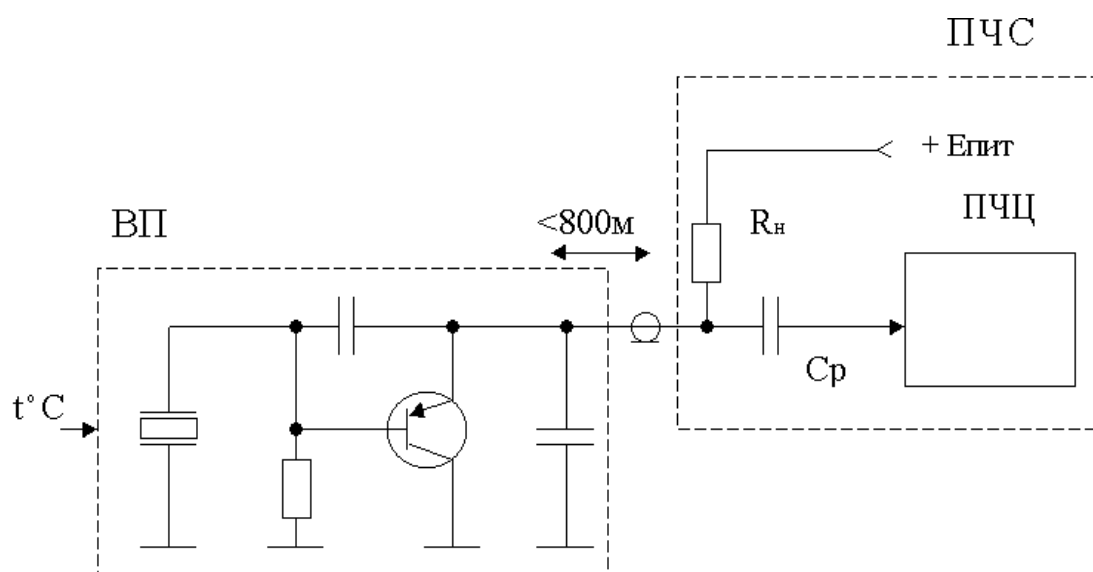


Рис. 1.10

Схема преобразователя "частота - цифра" (ПЧЦ) показана на рис. 1.11 и аналогична по структуре и работе схеме преобразователя термометра НР, но в нее дополнительно введено программируемое запоминающее устройство с УФ стиранием информации (перепрограммируемое ПЗУ). Это связано с тем, что используемые резонаторы ПЯ-среза имеют слабо нелинейную (до 0,7%) характеристику. Эта характеристика записывается в ПЗУ, и погрешность за счет нелинейности резонатора снижается до 0,05%. При этом для каждого резонатора АПТ в приборе нужно иметь ПЗУ со своей прошивкой памяти.

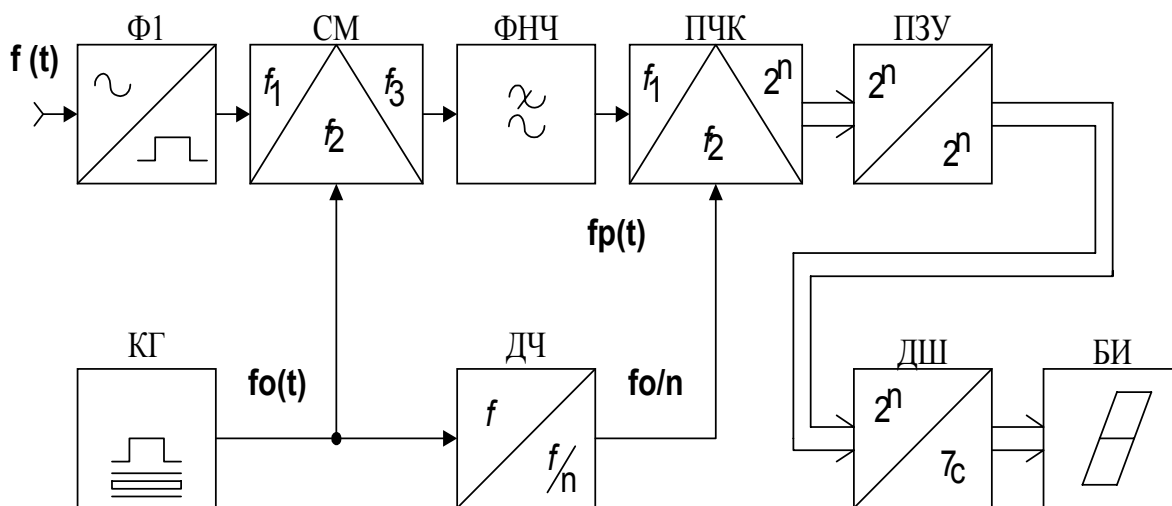


Рис. 1.11

Достоинство термометра ЭКОТ заключается в том, что ослаблено влияние реактивности кабеля на измеряемую температуру, за счет чего длина кабеля может быть увеличена до сотен метров. Кроме того, в устройстве может быть скомпенсирована погрешность из-за нелинейности термочувствительного кварцевого резонатора.

1.2. Фотометры

1.2.1. Общие сведения о лабораторных фотометрах

Фотоэлектроколориметрия - это определение концентрации вещества в растворе по изменению тока в фотоэлементе при попадании на него луча, прошедшего через исследуемый раствор. Степень поглощения света (коэффициент экстинкции) прямо пропорциональна концентрации вещества в растворе. Концентрацию растворенного вещества определяют путем сравнения силы тока в фотоэлементе через исследуемый раствор с силой тока на выходном ФЭ при прохождении луча через контрольную жидкость - бесцветный растворитель.

Нефелометрия - это то же, что и фотоэлектроколориметрия, но оценивается не степень поглощения или экстинкции, а степень рассеивания света в эмульсиях и взвешях.

Спектрофотометрия - это то же, что фотоэлектроколориметрия и нефелометрия, но предназначенная для измерения светопоглощения или рассеивания строго определенной длины волн.

Примеры лабораторных исследований, проводимых посредством

фотометрических приборов [3]:

- концентрацию гемоглобина в специальном растворе крови определяют в спектрофотометре при зеленом светофильтре с $\lambda = 500 \dots 560$ нм в кювете с рабочей шириной 10 мм [3, с. 8];
- процесс агрегации тромбоцитов исследуют в ФЭК, перемешивая смесь плазмы крови и специального раствора в течение 16 мин [3, с. 63];
- исследуя в ФЭК кровь в кислотном физиологическом растворе, строят эритрограммы - зависимости коэффициента экстинкции от времени в течение 10 мин - и делают выводы о кислотной резидентности крови [3, с. 88];
- белок в моче дает помутнение при добавлении в нее специального раствора, это помутнение регистрируется ФЭК, расчет ведут по калибровочному графику [3, с. 222];
- для определения сахара в моче исследуют цветную реакцию мочи и щелочи (светофильтр зеленый, ширина кюветы - 5 мм), смесь нагревают в водяной бане, сахар определяют по калибровочной кривой [3, с. 226].

Примеры промышленных фотометров:

- колориметры фотоэлектрические концентрационные КФК-2, КФК-1;
- колориметр фотоэлектрический однолучевой КФО;
- фотоэлектроколориметр ФЭК-56м, ФЭК-М;
- спектрофотометры СФ-4, СФ-16;
- минифотометры Metertech (Тайвань):
 - модель 6 для кювет и планшет 400...700 нм;
 - модель SP-810 (на 330...1000 нм содержит аналоговый индикатор-самописец);
 - модель SP-870 (на 300...1000 нм, включает клавиатуру, дисплей, 30 ячеек памяти для программы измерений).

Фотометры классифицируют:

- по количеству каналов (одноканальные и многоканальные фотометры);
- по типу источников света (с лампами накаливания, с водородными и ртутными лампами);

- по типу фотоприемников (с фоторезисторами, селеновыми фотоэлементами, фотодиодами и с фототранзисторами);
- по устройству индикации (стрелочные, цифровые и микрометрические).

1.2.2. Фотоэлектрический колориметр ФЭК-М

Устройство (рис. 1.12) применяется в медицинских лабораториях всех направлений.

Технические характеристики прибора:

- количество каналов2;
- диапазон исследуемых коэффициентов экстинкции 2...100%;
- погрешность прибора1%;
- длины волн фильтров (зеленый, синий, красный) 300...700 нм.

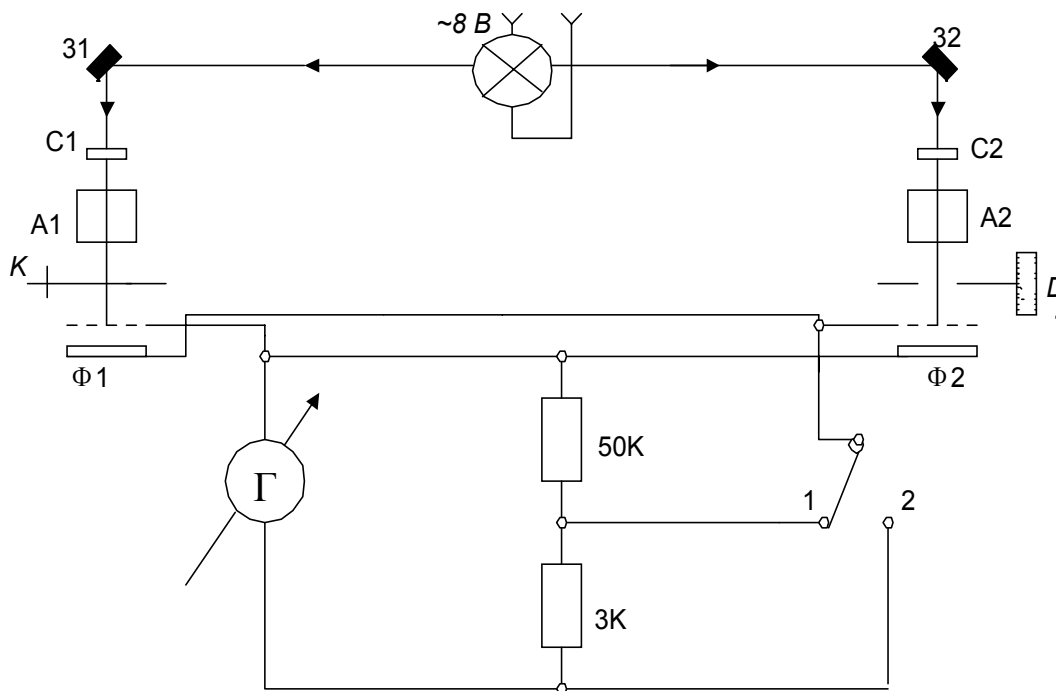


Рис. 1.12

На рис. 1.12 обозначены: 31, 32 – зеркала, C1, C2 – светофильтры, A1, A2 – кюветы с исследуемым и контрольным растворами, Φ1, Φ2 – фотоэлементы селеновые, K – клин (заслонка), применяемый для изменения светового потока по оптическому каналу, D – диафрагма с микрометрическим винтом, отградуированным в единицах коэффициентов экстинкции, Г – гальванометр.

Фотоэлементы $\Phi 1$, $\Phi 2$ включены дифференциально, поэтому при идентичных каналах световые токи фотоэлементов вычитаются и гальванометр показывает нуль. Идентичность каналов обеспечивается идентичностью фотоэлементов и световых потоков. Переключатель в первом положении обеспечивает меньшую чувствительность гальванометра, во втором – полную.

Этапы работы с прибором следующие. В кюветы А1 и А2 помещают контрольный раствор. Диафрагму устанавливают на 100%. Регулируя клин (левый световой поток), обеспечивают идентичность каналов по нулю гальванометра, в кювету А1 ставят исследуемый раствор. Гальванометр показывает не нуль. Изменяя переключателем чувствительность гальванометра и вращая лимб диафрагмы D, устанавливают стрелку гальванометра на нуль. На лимбе читают коэффициент экстинкции.

1.2.3. Колориметр фотоэлектрический одноканальный КФО

Колориметр КФО используется в аналитических лабораториях для измерения коэффициента пропускания через раствор света определённых длин волн.

Технические характеристики:

- коэффициент пропускания 5... 100%;
- погрешность измерения коэффициента пропускания 1...5%;
- разделение на цвета длин волн: 415 нм – синий, 500 нм - сине-зеленый, 530 нм - зеленый, 600 нм – оранжевый, 630 нм – красный, 320...720 нм - нейтральный.

В приборе используются лампа накаливания и селеновый фотоприемник. Оптический принцип работы устройства - одноканальный (эталонный и исследуемый раствор анализируется последовательно во времени).

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.13, где Д1 - селеновый фотоприемник, А1 - операционный усилитель, R1, R2, R5 - сопротивление установки на нуль, ИП - измерительный прибор, R4, R5 – цепь отрицательной обратной связи (ООС) для регулировки чувствительности ИП.

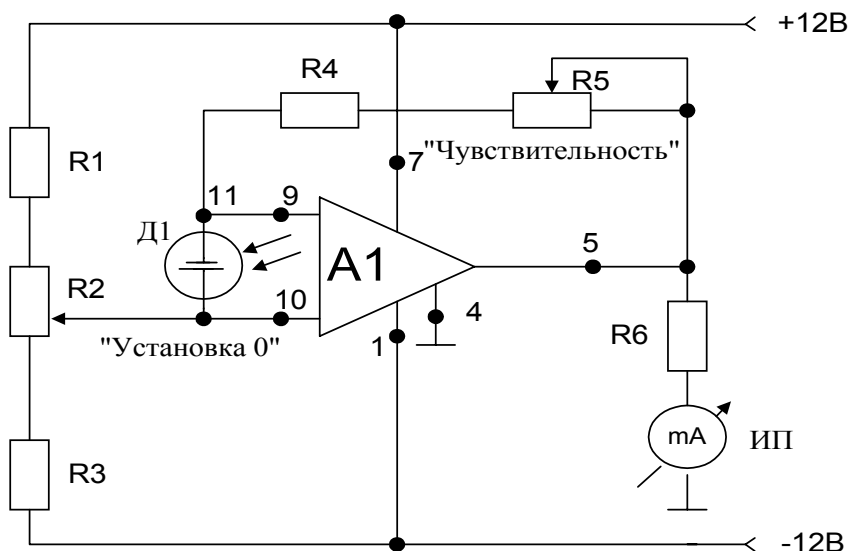


Рис. 1.13

Работа с прибором заключается в следующем. Затемнив фотоприемник, потенциометром R2 стрелку прибора устанавливают на нуль, затем вводят кювету с контрольным раствором с коэффициентом пропускания $\lambda = 5 \dots 100\%$ и потенциометром R5 добиваются максимума шкалы, соответствующей Φ_0 . После этого устанавливают исследуемый раствор, измеряют $\Phi_{\text{изм}}$ и по формуле $\lambda = \Phi_{\text{изм}}/\Phi_0$ рассчитывают λ .

1.2.4. Спектрофотометры КФК-3, КФК-2МП

Спектрофотометры КФК-3, КФК-2МП предназначены для измерения коэффициента пропускания, оптической плотности растворов и твердых образцов, скорости изменения оптической плотности и концентрации вещества в растворах.

Технические показатели прибора КФК-3:

- коэффициент пропускания 0,1...100%;
- погрешность измерения коэффициента пропускания 5%;
- длины волн 315...990 нм;
- разрешение по длине волны 7 нм;
- оптическая плотность 0...3.

Оптическая схема двухканальная (раствор и растворитель исследуются одновременно). Лампа галогенная, фотоприемник фотодиодный. В этом приборе в качестве дифрагирующего элемента используется дифракционная решетка.

Технические характеристики прибор КФК-2МП:

- коэффициент пропускания 1... 100%;
- погрешность измерения коэффициента пропускания 1%;
- длины волн 315...980 нм;
- оптическая плотность 0...2.

В приборе используются оптическая схема одноканальная, лампа галогенная, фотоприемники фотодиодные (ФД26 - для 315...500 нм, ФД-24К - для 500...980 нм), дифрагирующие элементы - светофильтры.

На рис. 1.14 показан КФК-3 и даны такие обозначения: ФП – фотоприемник, МУПДР - механизм угла поворота дифракционной решётки, МЭВМ – микроЭВМ, ПУП - преобразователь угла поворота, РСН - регулируемый стабилизатор напряжения.

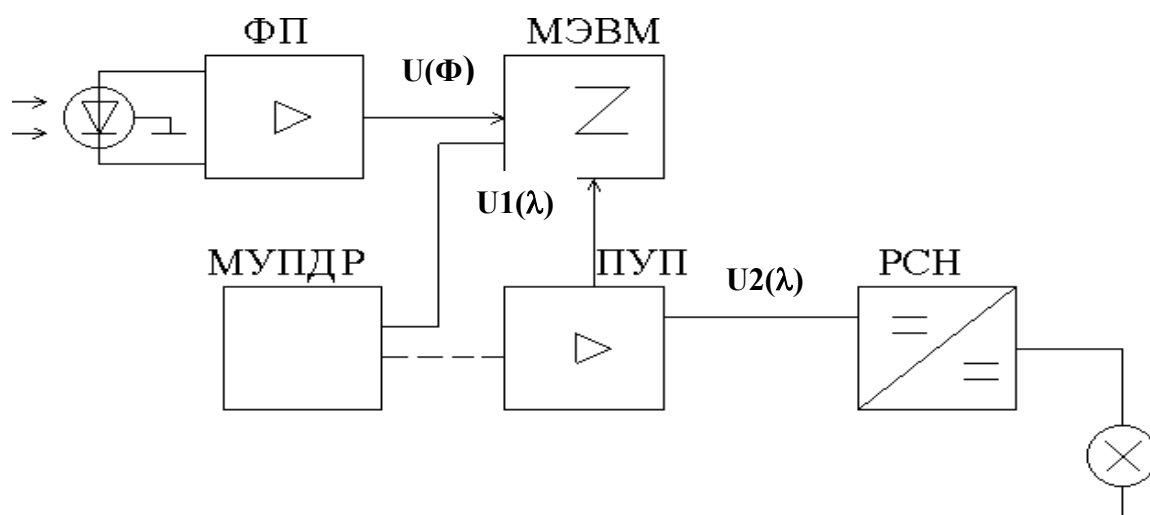


Рис. 1.14

Свет от лампы попадает на фотодиод Д через раствор. Фотоприемник формирует напряжение $U(\Phi)$, которое вводится через АЦП в микроЭВМ. Механизм управления углом поворота дифракционной решетки изменяет длину волны света, проходящего через раствор. Это изменение (механическое) устройством ПУП преобразуется в напряжения $U1$ и $U2$, пропорциональные длине волны. $U1$ поступает в МЭВМ через второй АЦП, а $U2$ преобразуется в напряжение питания лампы так, чтобы на нижней длине волны 315 нм это напряжение было равно 12 В, а на верхней - 10 В. При этом осуществляется коррекция силы света от длины волны.

В МЭВМ вводятся $U(\Phi)$ и $U1(\lambda)$ в автоматическом режиме, а градуировочный коэффициент K_{Γ} - с клавиатуры. Кроме этого, в МЭВМ имеется таймер, который дает информацию об интервале времени t между замерами последовательных коэффициентов пропускания. Благодаря этому в МЭВМ рассчитываются такие параметры:

$\lambda = (\Phi_{\text{физм}}/\Phi_0) 100\%$ - коэффициент пропускания;

$D = \lg(1/\lambda)$ - оптическая плотность;

$A = (D_{\text{кон}} - D_{\text{нач}})/t$ - скорость изменения оптической плотности;

$C = D \cdot K_{\Gamma}$ - концентрация, где K_{Γ} - градуировочный коэффициент.

Кроме этого, МЭВМ управляет механизмом угла поворота дифракционной решетки и переключает оптический путь луча через эталонный и исследуемый растворы. Процесс измерения параметров осуществляется по программе, заложенной в МЭВМ. Программа вводится посредством клавиатуры.

Фотометр КФК-2МП работает аналогично КФК-3, но в нем отсутствует блок МУПДР, а содержится кассета с одиннадцатью фильтрами. Смена фильтров осуществляется дискретно по команде МЭВМ.

Достоинство фотометров заключается в том, что обеспечивается автоматизированный режим измерения параметров (благодаря наличию МЭВМ), а недостаток - в сложности устройств.

1.2.5. Турбиниметр-мутномер аналитический АОМ-102

Прибор АОМ-102 (рис. 1.15) предназначен для измерения концентраций растворов путем определения оптической плотности.

Технические характеристики АОМ-102:

- диапазон измерения оптической плотности 0...1,5;
- погрешность измерения 0,015;
- пределы установки нуля 0...0,5;
- время установления показаний 5 с.
-

На рис. 1.15 обозначены: ИП - источник питания, БИ - блок индикации, ФПСК - фотоприёмник сравнительного канала, МБ - микропроцессорный

блок, ФПИК - фотоприёмник измерительного канала, ОР - оптические разъемы, СВ – световоды, Л - линзы.

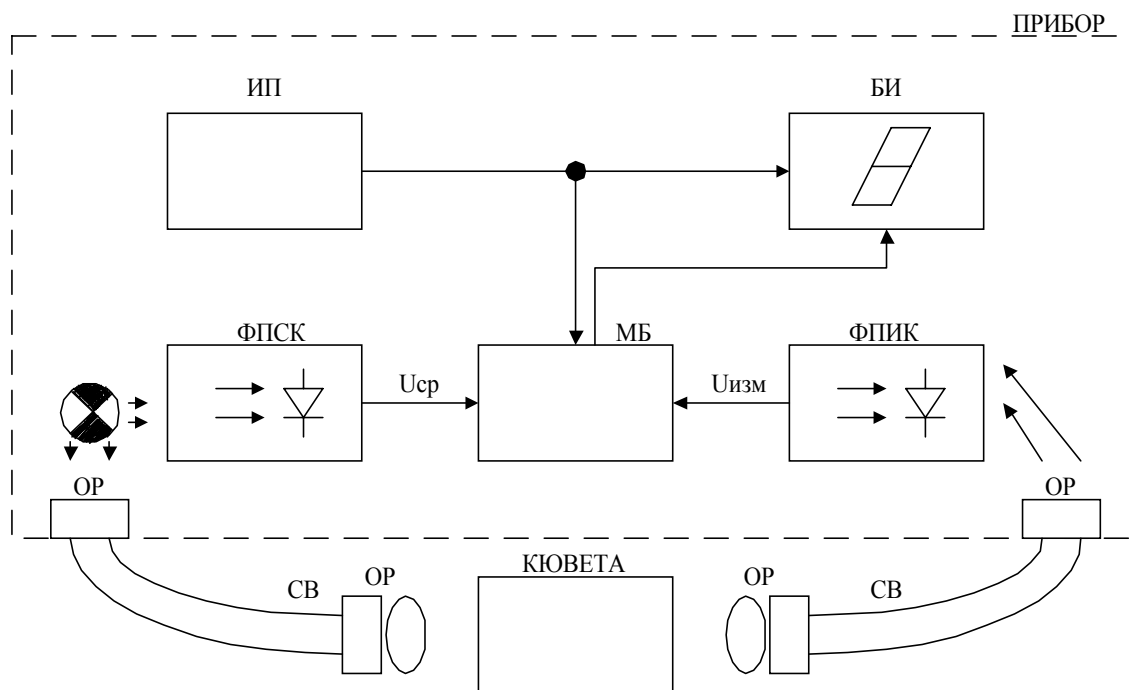


Рис. 1.15

В основу положен турбиниметрический принцип исследования жидкости - исследование светового потока, прошедшего через жидкость. Прибор АОМ-102 двухканальный, в нем сравнительный и измерительный сигналы фотоприёмников **Уср** и **Уизм** обрабатывает микропроцессорный блок по таким формулам:

$$D = (\lg U_{ср} - \lg U_{изм}) + D_{комп},$$

$$C = K_{г} \cdot D,$$

где **Дкомп** - величина, компенсирующая неидентичность каналов.

Параметр **Дкомп** генерируется автоматической системой "автонуль". Эта система контролируется микропроцессором. Процессор также формирует цифровые данные для блока индикации. Градуировочный коэффициент вводится с клавиатуры.

Достоинство АОМ-102 - современный прибор на основе микропроцессора с использованием световодной техники.

1.2.6. Спектрофотометр аналитический медицинский МЕФАН-2001

Спектрофотометр (рис. 1.16) предназначен для измерения коэффициента пропускания, оптической плотности растворов и твердых образцов, скорости изменения оптической плотности и концентрации вещества в растворах.

Технические характеристики прибора:

- коэффициент пропускания 1... 100%;
- погрешность измерения коэффициента пропускания 1%;
- длины волн 315...980 нм;
- оптическая плотность 0...2.

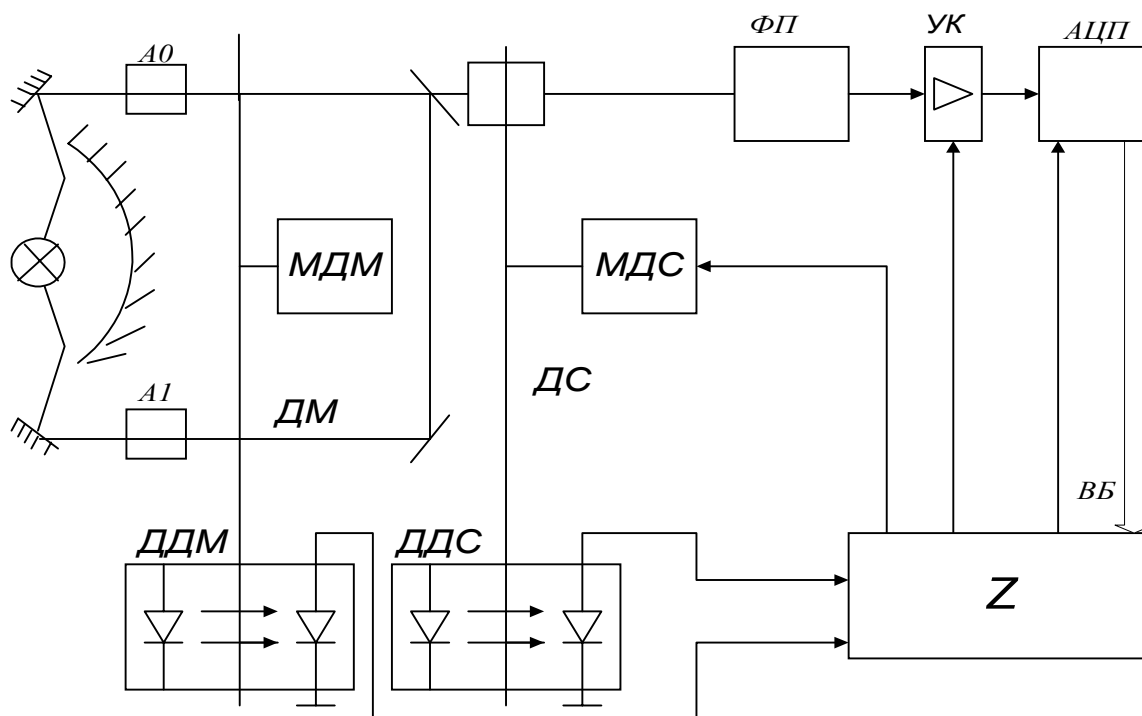


Рис. 1.16

На рис. 1.16 обозначены: МДМ - мотор диска модулятора, ДМ - диск модулятора, МДС - мотор диска светофильтров (ДС), ДДМ - датчик диска модулятора, ДДС - датчик диска светофильтра, ФП – фотоприемник, УК - усилитель-корректор, ВБ - вычислительный блок, А0 - кювета с эталонным раствором, А1 – кювета с исследуемым раствором.

На пути прохождения света в верхнем канале расположена кювета с эталонным раствором, а в нижнем канале - с исследуемым раствором. В общем канале перед фотоприемником имеется один из светофильтров,

установленный на диске светофильтров (ДС). ДС проворачивается мотором ДС (МДС). МДС управляется микропроцессором. Наличие определенного светофильтра фиксируют датчики ДС (ДДС). Сигнал с фотоприемника через усилитель-корректор поступает в АЦП и затем в цифровом виде вводится в микропроцессор.

Функции вычислительного блока следующие:

- управление мотором ДС;
- управление усилителем-корректором (в усилителе-корректоре меняется коэффициент усиления для разных светофильтров);
- управление АЦП;
- связь с внешними устройствами через интерфейсы ИРПР или "Стык-2";
- математическая обработка 12-разрядного цифрового кода АЦП;
- самотестирование и индикация результатов на цифровом табло.

Схема вычислительного блока приведена на рис. 1.17.

Таймер формирует тактовую частоту работы вычислительного блока и синхронизирует все его узлы.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) осуществляет элементарные цифровые операции: арифметические, перемещение массивов данных и другие операции.

В постоянном запоминающем устройстве ПЗУ хранится информация о программе работы вычислительного блока (ВБ), в частности, соотношения для расчета оптической плотности, скорости, изменения оптической плотности и концентрации вещества в растворе.

Адресный селектор подключает к шинам адресов и данных другие устройства ВБ. Центральный процессор управляет работой всех устройств ВБ. Контроллеры подключают к шинам адресов и данных внешние устройства: клавиатуру, индикаторы и другие устройства.

Достоинство прибора в том, что измерения фотометрических параметров осуществляются автоматически с высокой точностью.

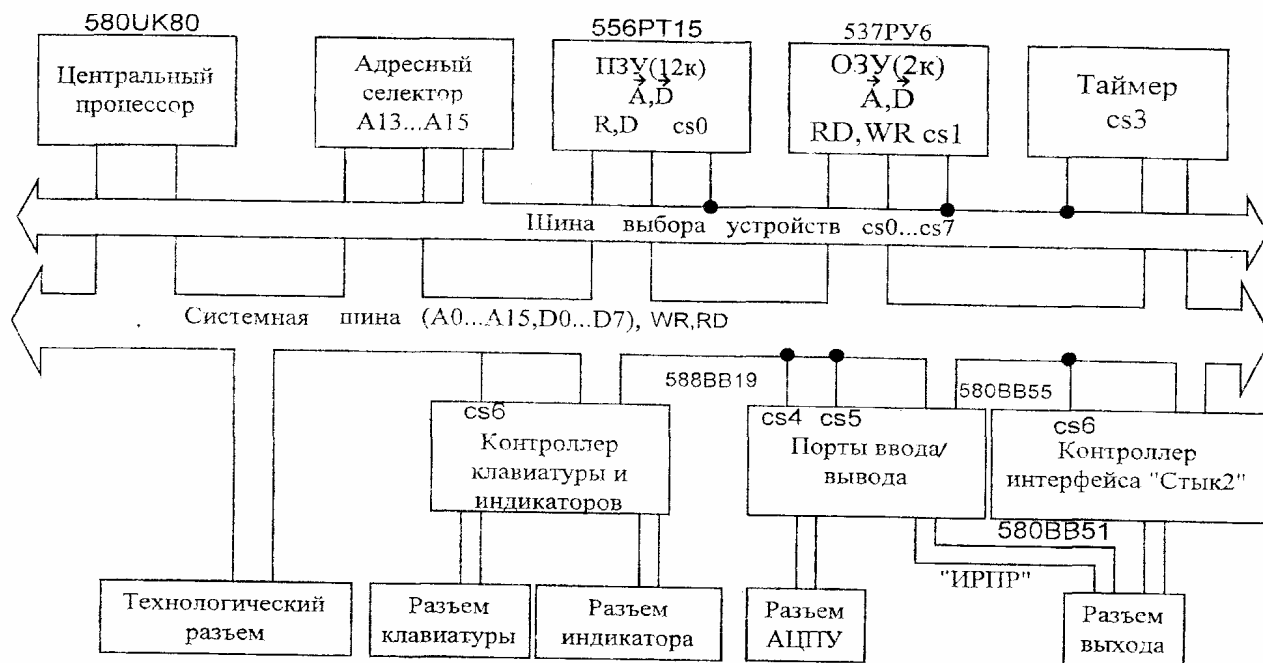


Рис. 1.17

1.3. Центрифуги

1.3.1. Общие сведения о лабораторных центрифугах

Лабораторные центрифуги предназначены для разделения неоднородных жидких сред в поле центробежных сил.

Примеры лабораторных исследований, в которых используются центрифуги [3]:

- перед электрофорезом гемоглобина отделяют эритроциты центрифугой со скоростью 2500...3000 об./мин в течение 5 мин [3, с. 15];
- при получении лейкоконцентрата крови ее центрифугируют со скоростью 1500 об./мин в течение 10 мин [3, с. 37];
- получают бестромбоцитную плазму крови центрифугой (800 об./мин - в течение 10 мин, 3000 об./мин - в течение 45 мин, отделяя ненужные составные части).

Примеры промышленных центрифуг:

- центрифуга лабораторная РС-6 (500...600 об./мин);
- центрифуга лабораторная клиническая ЦЛК-1 (1000, 1500, 3000 об./мин);
- центрифуги лабораторные ОПн-3 и ОПн-8 (до 8000 об./мин);
- центрифуга СМ-02 для пробирок с кровью (1000, 1500, 2800 об./мин);

- настольная центрифуга для дискретного плазмофореза С4 (4500, 8000 об./мин);
- миницентрифуга MF - 0,73 (до 11000 об./мин);
- центрифуги фирмы Gouan (Франция) А13 (12000 об./мин), А18 (7300 об./мин);
- ультрацентрифуги фирмы БЕКМАН Optima XL90 (90000 об./мин), XL80 (80000 об./мин), XL70 (70000 об./мин);
- ультрацентрифуга фирмы Hitachi SC (120000 об./мин).

В центрифугах радиотехнические устройства применяют для задания, стабилизации и измерения скорости вращения центрифугата, поэтому основные из них - это электронные тахометры.

1.3.2. Центрифуга лабораторная ОПн-8

Центрифуга ОПн-8 предназначена для разделения составляющих крови в поле центробежных сил.

Технические характеристики:

- плотность жидких сред до 2 г/см³;
- скорость вращения центрифугата1000...8000об./мин;
- погрешность установки скорости вращения 10%;
- центрифуга содержит таймер на 60 мин с шагом 5 мин.

На рис. 1.18 показана схема центрифуги и даны такие обозначения: ГПН - генератор пилообразного напряжения, КН - компаратор напряжения, У - силовой мотор центрифуги, Д - датчик оборотов усилителя, S1 - переключатель частоты оборотов центрифуги.

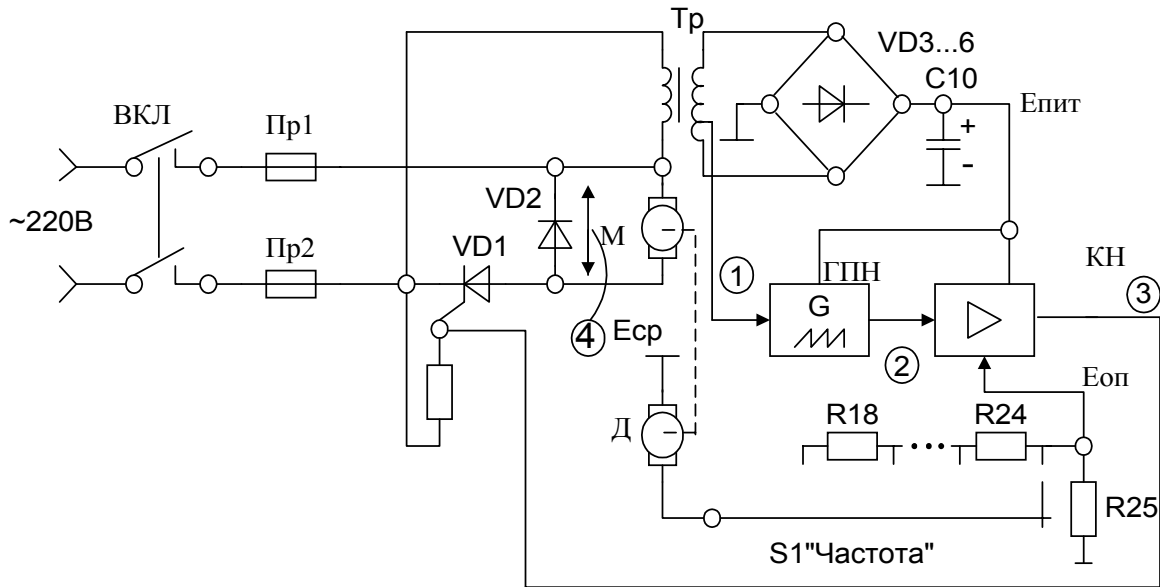


Рис. 1.18

Рассмотрим эюры (рис. 1.19) напряжений в точках, указанных на схеме. Напряжением сети 220 В 50 Гц в точке 1 синхронизирует ГПН так, что частота и фаза пилы в точке 2 соответствуют частоте и фазе синхронизирующего напряжения 50 Гц. Напряжение пилы поступает на КН, на выходе которого появляется логическая "1", если $E_{пилы} > E_{оп}$. В точке 3 схемы импульс поступает на вход тиристорного коммутатора, выполненного по однополупериодной схеме диода VD1. Диод пропускает на силовой мотор часть напряжения (50 Гц) сети переменного тока в течение времени **Тираб**. Напряжение в рабочей точке 4 имеет среднее значение **Еср** за период времени **Тираб**. Таким образом, изменяя $E_{оп}$ переключателем S1, можно менять **Тираб** и, следовательно, **Еср** и обороты центрифуги.

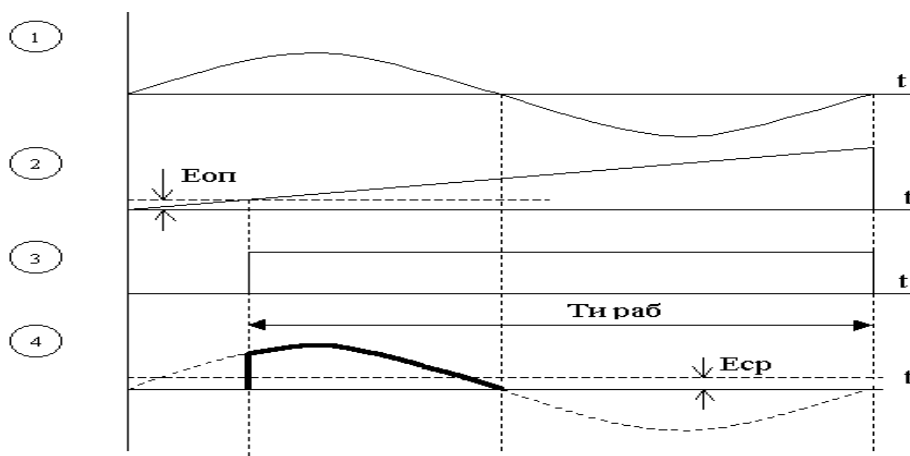


Рис. 1.19

Принцип стабилизации рабочей частоты центрифуги состоит в том, что если обороты увеличиваются, то **Едост** и **Еоп** увеличиваются, а **Тираб**, **Есп** и обороты уменьшаются. Таким образом, при любом изменении оборотов за счет дестабилизирующих факторов система регулирования компенсирует это изменение и частота стабилизируется.

1.3.3. Центрифуга лабораторная медицинская РС-6

Центрифуга РС-6 предназначена для разделения жидких веществ в поле центробежных сил в медицинских лабораториях различного профиля.

Технические характеристики:

- частота вращения ротора мотора 500...600 об./мин;
- частота вращения ротора мотора с набором
- редукторов до 18000 об./мин;
- плотность центрифугата до 2 г/см³;
- температура термостатирования 0...25° С;
- погрешность термостатирования ± 1° С;
- время установки таймера 0...60 мин ± 1 мин.

На структурной схеме (рис.1.20) обозначены: ВС – выпрямитель - стабилизатор, СУТК - схема управления тиристорным ключом, ТДК - тиристорно-диодный ключ, КЦ - компаратор центрифуги, М - мотор центрифуги постоянного тока, ДЦ - датчик центрифуги.

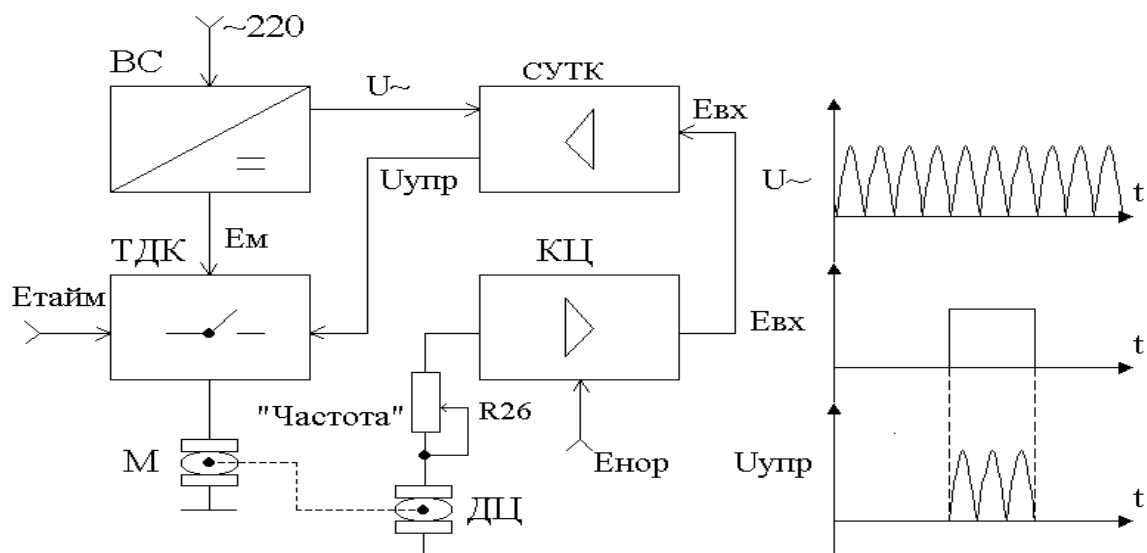


Рис. 1.20

Сигнал управления поступает на ТДК и открывает ТК, при этом сигнал напряжения питания E_m подается на мотор.

Вращение мотора механически передается на ДЦ и ДТ. ДТ вырабатывает переменное напряжение, пропорциональное скорости вращения центрифуги. Это переменное напряжение выпрямляется диодами и отклоняет стрелку индикатора.

Стабилизация оборотов осуществляется следующим образом. Если обороты уменьшаются, то $E_{дц} < E_{пор}$ и $E_{вх} = "1"$, если $U_{упр}$ не равно нулю, то обороты увеличиваются. При уменьшении оборотов центрифуги за счет цепи автоматического регулирования обороты изменяются в обратную сторону, и происходит их стабилизация.

Етайм включает ТДК на интервал времени таймера. Потенциометр R28 регулирует частоту оборотов центрифуги.

1.3.4. Тахометры лабораторных центрифуг

Тахометр - устройство для измерения оборотов двигателя центрифуги. Простейший тахометр (рис. 1.21) имеется в рассмотренной центрифуге РС-6.

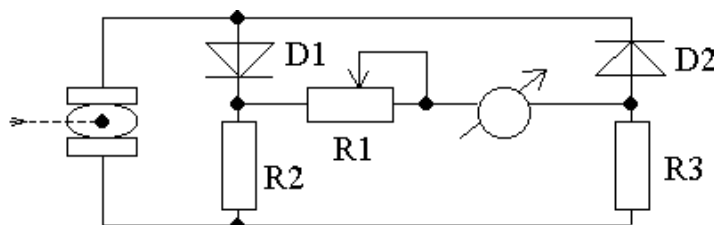


Рис. 1.21

Цифровой электронный тахометр (рис. 1.22) содержит: М – мотор, ПОЧ - преобразователь "обороты-частота", ПЧК - преобразователь "частота-код", ТГ - тактовый генератор, ФВИ - формирователь временных интервалов (осуществляет деление частоты), ДШ - дешифратор. Схемы ПОЧ показаны на рис. 1.23.

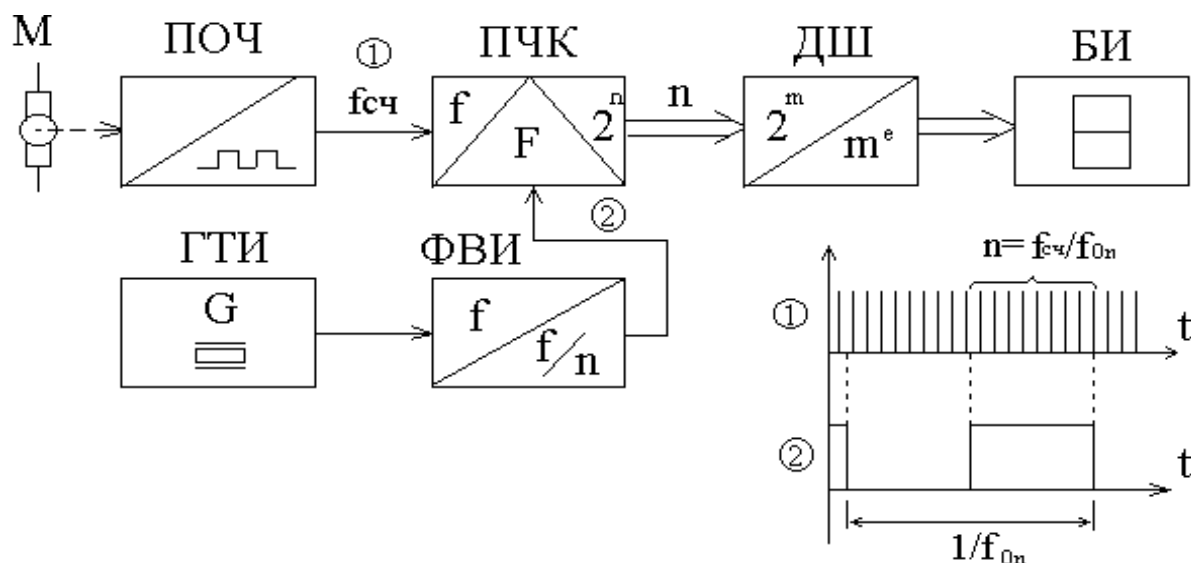


Рис. 1.22

Рассмотрим работу ПЧК (рис. 1.22). Количество импульсов счетной частоты на интервале времени опорной частоты определяется $N = f_{сч}/f_{0n}$. Число N дешифрируется и индицируется БИ. Часть схемы, содержащая ТГ, ФВЧ, ДШ и БИ, ПЧК, представляет собой электронный частотомер. Поэтому в современных тахометрах эту часть схемы выполняют на больших интегральных микросхемах (БИС) электронных частотомеров, например, на 512ПС11 (содержит ПЧК, ФВЧ, ДШ) или на 1044ИЕ1.

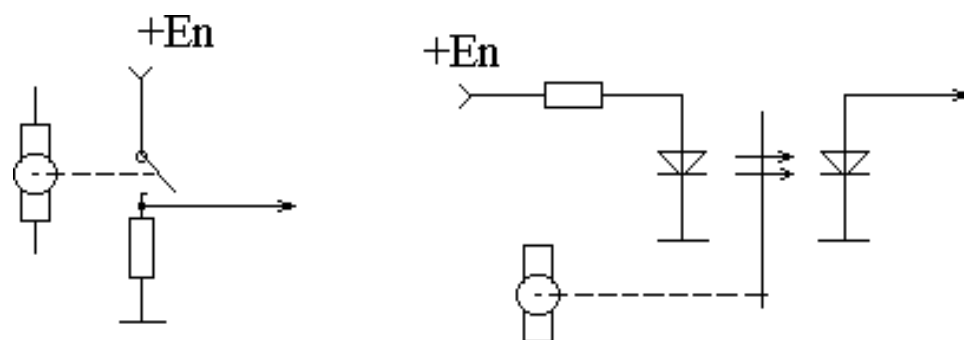


Рис. 1.23

Микросхема 1044ИЕ1 (рис. 1.24) работает следующим образом. На вход 32 подается пачка импульсов, которые необходимо посчитать. Триггер Шмидта формирует эти импульсы, четырехдекадный счетчик считает, предварительно обнуляясь по входу 33. Двоично-десятичный код

с выхода счетчика поступает на дешифратор в момент отсутствия счета (когда цифра не изменяется) напрямую через селектор и во время счета (цифра меняется) - через регистр памяти и селектор.

Дешифратор преобразует двоично-десятичный код в семисегментный. Схема управления и гашения нулей анализирует незначащие нули и устраняет их. Коммутатор - это набор ключей с преобразователями уровней для возбуждения ЖКИ.

Схема подключения микросхемы 1044ИЕ1 показана на рис. 1.25.

Элементы С, R и D из импульса ворот формируют короткий импульс, который инвертируется, поступает на вход 33 и является импульсом начального сброса или установки микросхемы. В 2И-НЕ из счетных импульсов и импульса ворот формируется пачка импульсов, которая поступает на вход счетчика 32. Импульсы ворот поступают и на вход 34 для задания интервала времени, когда счетчик считает. В этот момент код подается на дешифратор через регистр памяти.

На схеме (рис. 1.24) также показаны выводы 36 и 27, путем подключения между которыми внешних элементов может быть построен генератор колебаний импульсов ворот.

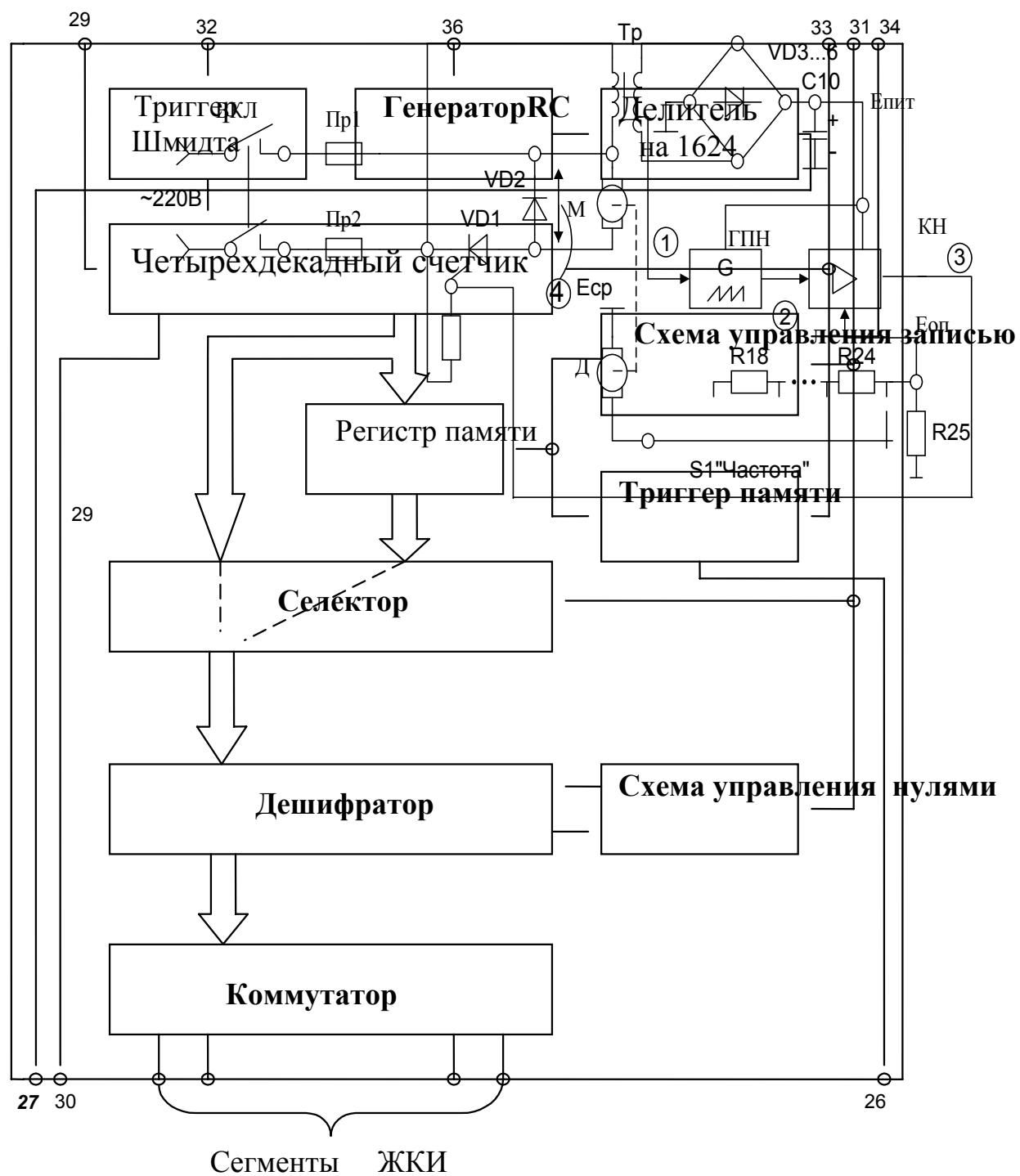


Рис. 1.24

Микросхема имеет следующие параметры: $E_{пит} < 2...6$ В, $I_{потр} = 5$ мкА, $f_{max} = 200$ кГц.

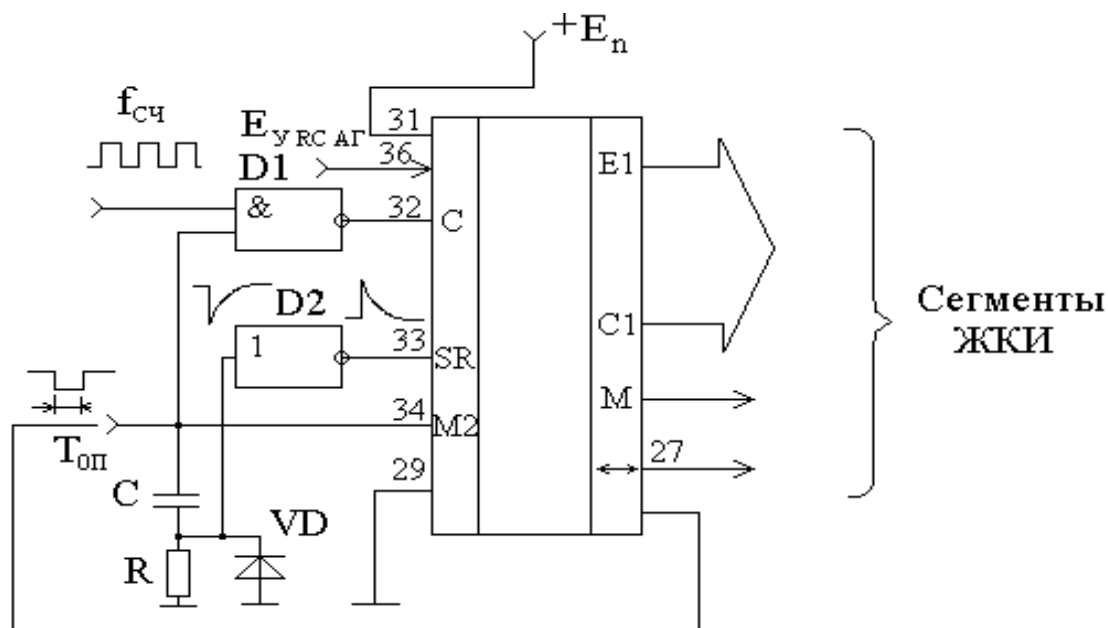


Рис. 1.25

1.4. Часы и таймеры

1.4.1. Общие сведения о лабораторных часах и таймерах

Часы измеряют, таймеры задают временные интервалы.

Примеры лабораторных исследований [3]:

- при обработке мазков крови фенолом в ходе исследования формы лейкоцитов и эритроцитов выпаривание фенола проводят строго по времени;
- для определения свертываемости крови проводят исследования коагуляции крови при воздействии на неё воздуха или растворов, при этом снимают коагулограммы и тромбоэлектрограммы (зависимости свертываемости и вязкости крови во времени).

Примеры промышленных приборов:

- реле времени электромеханическое РВ;
- таймер электронной центрифуги ЦГ2-12;
- лабораторные механические часы ПЧ-2;
- таймер аппарата для встряхивания планшет РВ-10 Т и др.

Часы и таймеры классифицируют:

- 1) по принципу действия на:

- механические (содержат маятник и механический привод стрелок);
- электромеханические (содержат генератор тактовых импульсов, механический привод стрелок);
- электронные (без механических маятников и приводов),
 - 2) по типу индикатора на:
 - стрелочные;
 - с газонаполненными индикаторами;
 - светодиодные;
 - с жидкокристаллическими индикаторами (ЖКИ);
 - 3) по времязадающему элементу на:
 - маятниковые;
 - кварцевые.

Современными часами и таймерами являются электронные кварцевые с использованием ЖКИ.

1.4.2. Лабораторные часы

Маятниковые электромеханические часы (рис. 1.26) построены на основе автогенератора, выполненного по трансформаторной схеме.

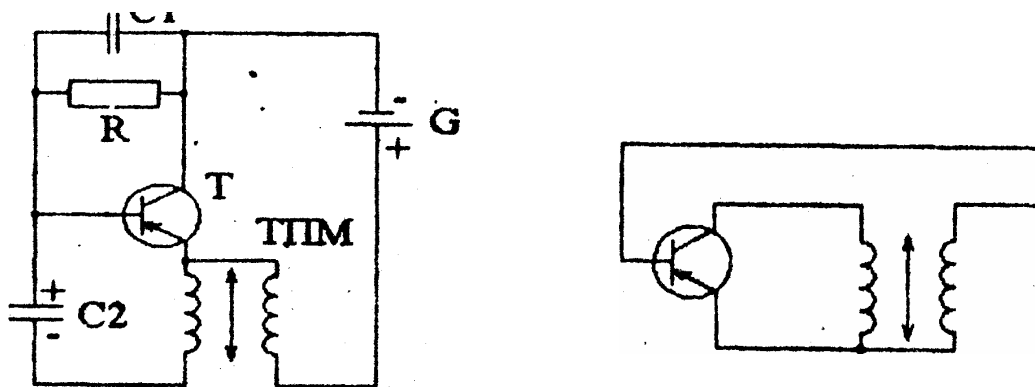


Рис. 1.26

Назначение элементов часов (рис. 1.26): Т – транзистор автогенератора, R – резистор выбора рабочей точки транзистора, ТПМ – трансформатор с подвижным магнитопроводом (маятником) цепи положительной обратной связи, C2 – разделительный конденсатор, конденсатор C1, служащий для подавления паразитных высокочастотных

колебаний.

В трансформаторном генераторе одновременно с тактовой частотой, равной 1 Гц, может возбудиться частота паразитного колебания индуктивной трехточки. При введении С1 частота паразитного колебания оказывается близкой к тактовой частоте, при этом колебание паразитной частоты затягивается тактовым колебанием и отсутствует.

На рис. 1.27 показаны кварцевые электромеханические часы. В них частота $f_0 = 2^{15}$ Гц = 32768 Гц. На схеме обозначены: ДС - делитель секунд, ШД - шаговый двигатель и привод стрелок. Электронную часть таких часов выполняют на микросхемах, например, на микросхеме 512ПС7, которая содержит кварцевый генератор и делитель секунд. Точность хода кварцевых часов на 10^3 выше (не хуже 1 минуты за 1 год), чем маятниковых.

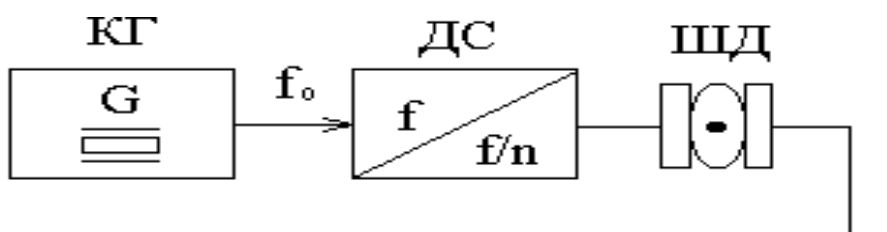


Рис. 1.27

На рис. 1.28 изображена схема кварцевых электронных часов и даны такие обозначения: ДС, ДМ, ДЧ - делители часов, минут, секунд; СЧ, СМ, СС - счетчики часов, минут, секунд; ПКЧ, ПКМ, ПКС - преобразователи кода часов, минут, секунд; ИЧ, ИМ, ИС - индикаторы часов, минут, секунд.

Частота $f_0 = 2^{15}$ Гц = 32768 Гц, при этом $1/f_0 = 1$ с ($n = 2^{15}$), $1/f_m = 60$ с ($m = 60$), $1/f_c = 3600$ с ($c = 60$).

На выходе ДС, ДМ, ДЧ сформированы колебания с периодом, равным секунде, минуте, часу. Эти колебания считаются счетчиками СЧ, СМ, СС, на выходе которых получается двоичный код часов, минут, секунд. Этот код после преобразования в семисегментный поступает на семисегментные индикаторы. На индикаторах высвечиваются часы, минуты, секунды.

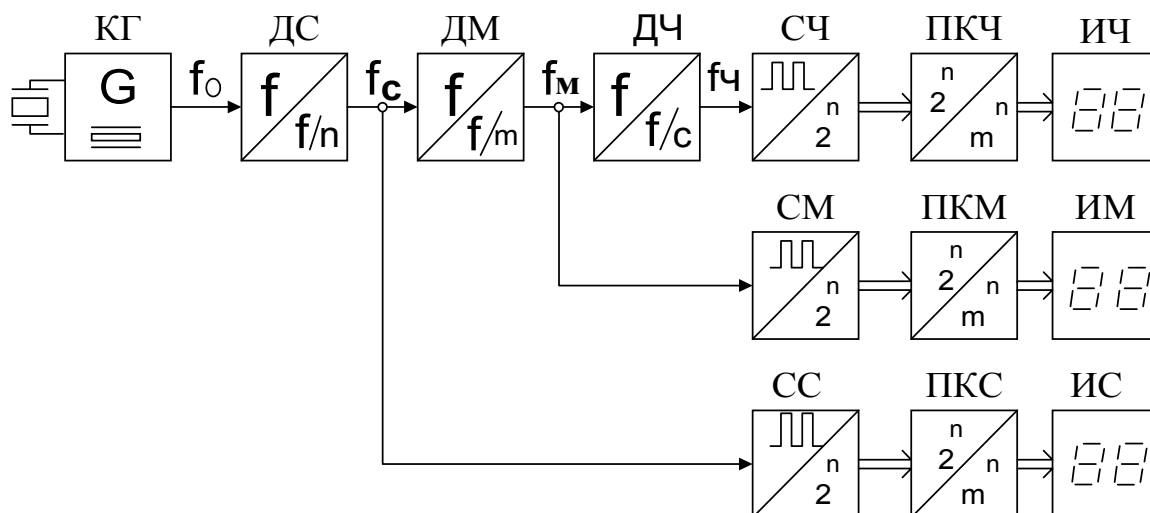


Рис. 1.28

Точность времени определяется стабильностью кварцевого генератора порядков $10^{-5} \dots 10^{-6}$.

Большинство электронных часов выполнено на микросхемах, например, на 512ПС1, ПС2, 176ИЕ12, которые содержат КГ, ДС, ДМ, ДЧ, или на 176ИЕ13 (имеют те же узлы и СС, СМ, СЧ). Микросхема 145ИК1901 содержит все блоки электронных часов.

1.4.3. Лабораторные таймеры

Схема таймера часов настольных процедурных ПЧ-2 показана на рис. 1.29.

Технические характеристики таймера часов ПЧ-2 следующие:

- временной интервал 3...60 мин с шагом 1 мин;
- погрешность установки не более 10%.

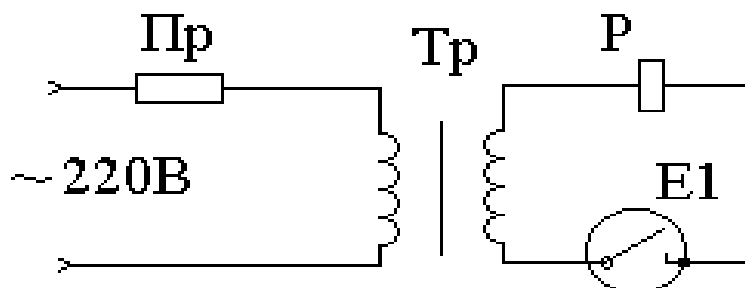


Рис. 1.29

На рис. 1.29 Е1 - механические часы с контактным устройством,

которые устанавливаются на заданное время. Если часовая стрелка часов совмещается со стрелкой таймера, то замыкается контакт Е1, включается реле Р1 и нагрузка подключается к сети 220 В. В качестве нагрузки могут быть привод центрифуги, реле отключения термостата или других лабораторных РТУ.

Схема таймера электронной центрифуги ЦГ2-12 приведена на рис. 1.30.

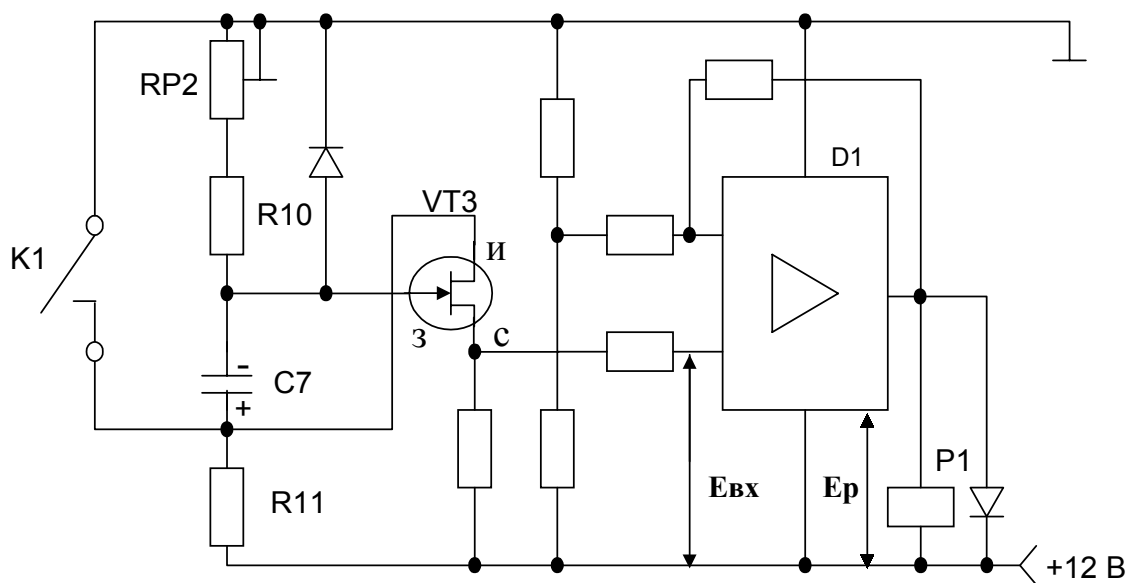


Рис. 1.30

Его технические характеристики следующие:

- интервал времени 3 мин;
- точность задания интервала времени 10%.

В исходном состоянии контакты К1 разомкнуты. Конденсатор заряжен через R10, R11 и потенциометр RP2 до уровня напряжения питания. Своим потенциалом он закрывает полевой транзистор VT5. Ток в нагрузке полевого транзистора не протекает и напряжение $E_{вх} = 0$, тогда $E_p = 0$. Реле Р1 не запитано, имеет нормально замкнутые контакты и нагрузка таймера (центрифуга) включена. При замыкании К1 конденсатор С7 разряжается через резистор R10 и потенциометр RP2. Через некоторое время, определяемое постоянной времени $T = C7 \cdot (R10 + RP2)$, конденсатор С7 разряжается, полевой транзистор открывается, $E_{вх}$ и E_p увеличиваются, реле Р1 срабатывает и отключает мотор центрифуги.

Таймер на основе кварцевых часов (рис. 1.28) изображен на рис. 1.31.

На рис. 1.31 обозначены: НУ - наборное устройство, ЦК – цифровой компаратор, К - коммутатор (какой-либо нагрузки), УЗС - устройство звуковой сигнализации.

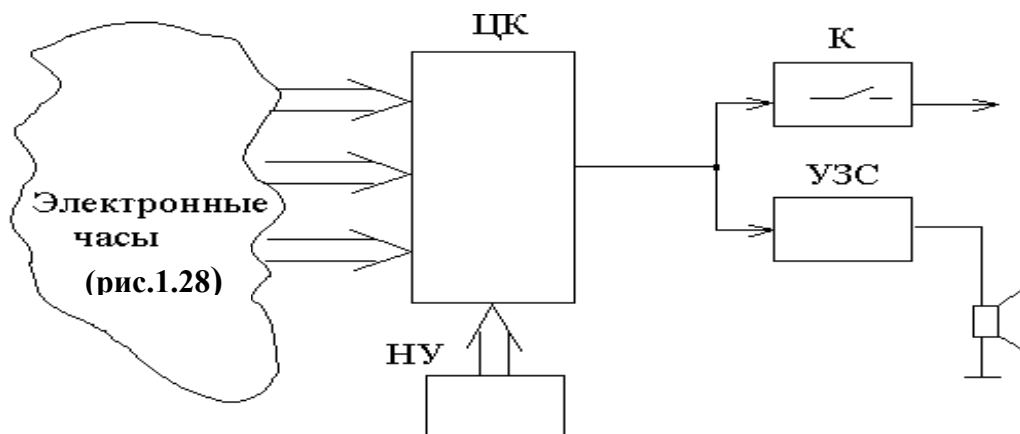


Рис. 1.31

В наборном устройстве с клавиатуры вводится число N в параллельном коде. Цифровой компаратор сравнивает это число с кодом счетчиков часов, минут, секунд и при совпадении введённых и текущих кодов вырабатывает на выходе логическую единицу. Коммутатор включает нагрузку, а УЗС формирует сигнал звуковой сигнализации.

Таймер выполняется на микросхемах, в частности, на микросхеме 512ВИ1, которая содержит кварцевые часы, ЦК и УЗС.

Таймер может задавать интервалы времени от одной секунды до 24 часов с точностью до одной секунды.

1.5. Электронные весы и дозаторы

На весах измеряют вес, а дозаторами определяют требуемую часть веществ, применяемых в медицинских лабораториях.

Примеры использования весов и дозаторов в лабораториях:

- взвешивание лейкоконцентрата осуществляется при консервации крови и хранении проб крови;
- взвешивание химических препаратов и физиологического раствора при подготовке проб для проведения анализов.

Примеры промышленных весов:

- образцовые электронные весы МВ-1;
- регистрирующее устройство настольных комплектов РУ-3;
- лабораторные весы АТ201, АЕ240, АВ104, РМ300, РМ600, РМ4800 и др. фирмы Mettler Toledo (Швейцария), все весы одnochашечные, электронные цифровые с функцией обнуления тары (цифры в обозначениях весов показывают максимальный вес в граммах, точность не ниже 0,1%).

Структурная схема весов МВ-1 дана на рис. 1.32, где НК - неподвижная катушка, ПК - подвижная катушка, TR - терморезистор, ППК - привод подвижной катушки, ФД - фазовый детектор, ОГ - опорный генератор, ПСН - преобразователь сопротивления в напряжение, СУ – сервоусилитель, К - контроллер, ТГ - тактовый генератор.

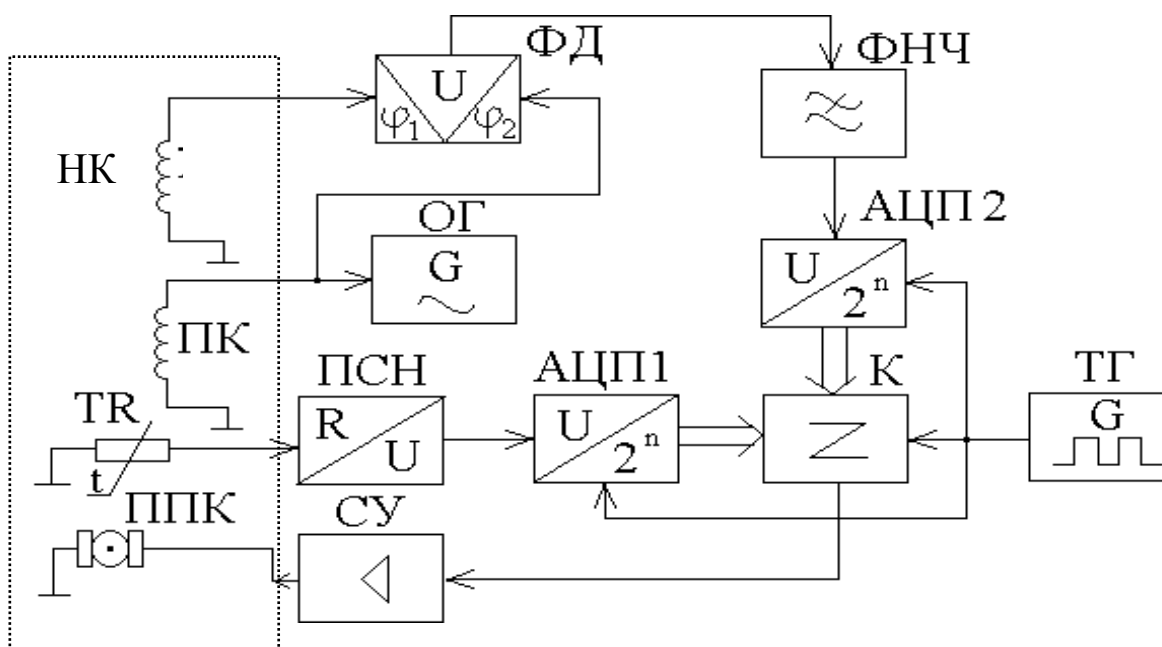


Рис. 1.32

Применяемый в весах (рис. 1.32) принцип измерения веса - тензофазометрический. В измерительном канале коромысло с чашами весов механически соединено с подвижной катушкой. При нагрузке на чашу весов подвижная катушка поворачивается относительно неподвижной, поэтому изменяется фазовый набег частоты опорного генератора, прошедшей через трансформатор ПК-НК. Следовательно, меняются разность фаз на входах фазового детектора и напряжение на

выходе ФД. Это напряжение фильтруется ФНЧ и преобразуется в цифру АЦП2, а цифра вводится в контроллер.

Измерительный канал температуры устройства включает в себя терморезистор, преобразующий сопротивление в напряжение, и АЦП. Код температуры с АЦП1 вводится в контроллер.

Из контроллера через сервоусилитель напряжение поступает на привод подвижной катушки, который проворачивает в ту или иную сторону подвижную катушку.

Контроллер рассчитывает по коду температуру измерительного блока, а также вес измеряемого образца с компенсацией температурной погрешности.

Тактовый генератор синхронизирует работу контроллера и АЦП 1,2.

Цепь сервоусилителя и привода нужна для обнуления тары. При отсутствии взвешиваемого образца контроллер формирует сигнал, который проворачивает подвижную катушку до нулевого напряжения на выходе фазового детектора. Этот сигнал запоминается и при взвешивании образца учитывается для компенсации тары. Поэтому при наличии образца измеряется чистый его вес без тары.

Весы МВ-1 позволяют измерять вес до 1 кг с точностью до 1 мг.

1.6. Устройства для электрофореза

1.6.1. Общие сведения о лабораторном электрофорезе

Электрофорез - это направленное движение коллоидных частиц или микроионов под действием электрического поля. В лабораторном электрофорезе образец в твердой или жидкой среде помещают в электрическое поле, и после разделения составляющих фиксируют сушкой. В результате этого получают объемные или плоские электрофореграммы.

Скорость частиц исследуемого вещества определяют по формуле Смолуховского:

$$V = E(\varepsilon / 4\pi)(\xi / \eta),$$

где E - напряженность поля,

ε - диэлектрическая проницаемость образца,

ξ - электрический потенциал образца,

η - электрическая вязкость образца.

Примеры лабораторных исследований [3]:

- через гемоллизат на бумаге пропускают ток $0.1...0.3 \text{ мА/см}^2$ при напряжении $250...300 \text{ В}$ в течение $18...20 \text{ ч}$, затем сушат, а по электрофореграмме определяют аномалии гемоглобина [3, с.14];
- качественный состав белков мочи исследуют методом электрофореза на бумаге [3, с. 223].

Примеры промышленного электрофоретического оборудования:

- камеры для электрофореза в плоском теле горизонтальные ПГ-9, ПГ-18 и вертикальные ПВ-15, ПВ-24 с источником питания БП-5;
- прибор DS-2 (Польша) предназначен для разделения сывороточных протеинов и липопротеинов (в состав прибора входят электрофоретическая камера СУ-1, низковольтный источник питания ZE-2 и процессор);
- прибор ПЭФА-1 для электрофореза белков и гемоглобина;
- источник питания МАХІ ($E < 250 \text{ В}$, $I < 500 \text{ мА}$).

В электрофоретическом оборудовании используются РТУ двух видов: источники питания и микропроцессорные устройства обработки информации (сканеры, ЭВМ, принтеры, индикаторы).

1.6.2. Источники переменного тока электрофоретических установок

Технические характеристики ферростабилизатора СТИ-35М (рис. 1.33) следующие:

- входное напряжение переменное $220 \text{ В} \pm 15\%$;
- выходное напряжение переменное $8 \text{ В} \pm 0,5\%$.

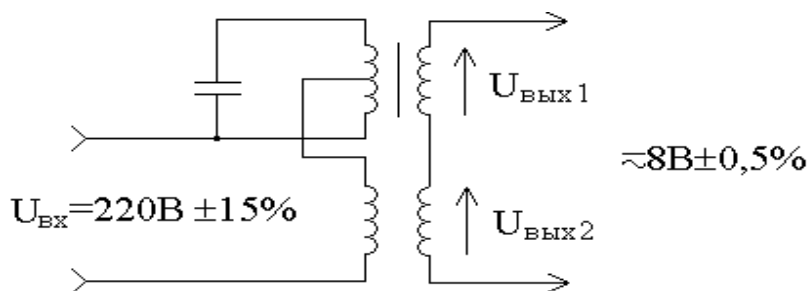


Рис. 1.33

При изменении $U_{вх}$ пропорционально изменяется U_2 , при этом входной ток протекает через катушку L . Сердечник верхнего трансформатора выбирают таким, чтобы при изменении тока изменялись его магнитная проницаемость μ и, следовательно, индуктивность обмотки L . Тогда при изменении входного напряжения происходит расстройка LC-контура. Из-за этой расстройки при изменении входного напряжения меняется также U_1 . При этом расстройку частот питающего напряжения LC-контура выбирают такой, чтобы, например, при увеличении $U_{вх}$ увеличивалось U_2 и уменьшалось U_1 , а $U_{вых} = U_1 + U_2 = \text{const}$. Благодаря этому стабилизируется входное напряжение.

Источник питания стабилизированный "Гранат" показан на рис. 1.34.

Его технические характеристики:

- входное напряжение частоты 50 Гц $220 \text{ В} \pm 10\%$;
- выходное напряжение постоянное $9 \dots 33 \text{ В} \pm 1\%$.

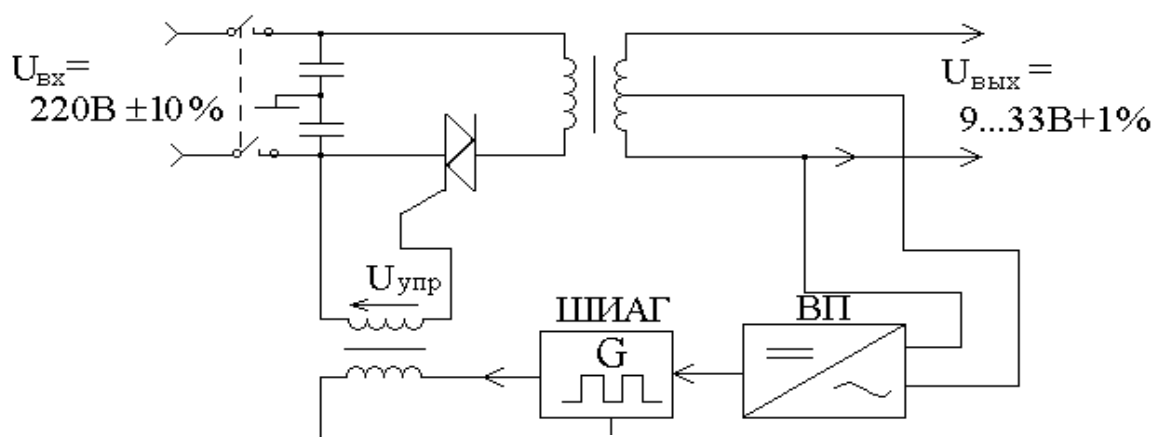


Рис. 1.34

На рис. 1.34 обозначены: ШИАГ – широтно-импульсный модулированный автогенератор, ВП – выпрямитель.

Работу устройства иллюстрируют эпюры, приведённые на рис. 1.35.

При увеличении $U_{вх}$ растет амплитуда U_m , в силу чего увеличивается среднее за период значение выходного напряжения и одновременно уменьшается скважность $Q = \tau_{им}/\tau_{п}$, в силу чего уменьшается среднее за период значение выходного напряжения. В результате этого среднее за период значение выходного напряжения $U_{вых}$ стабилизируется.

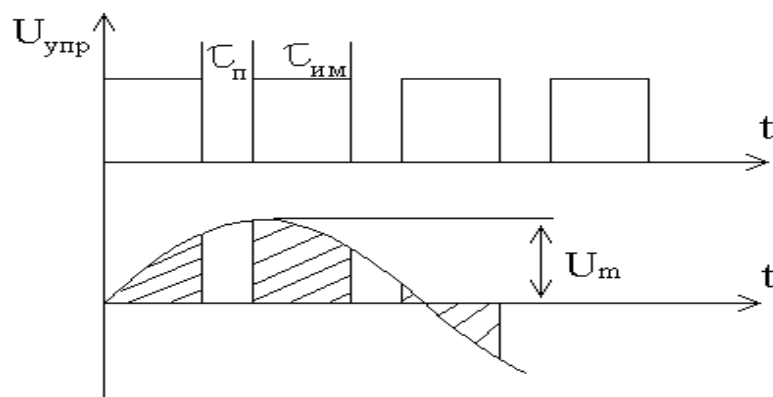


Рис. 1.35

1.6.3. Источники постоянного тока электрофоретических установок

В большинстве случаев используются традиционные схемы (рис. 1.36 – 1.38) источников питания постоянного тока электрофоретических установок.

На рис. 1.36 обозначены: ПТ – понижающий трансформатор, СН – стабилизатор напряжения. В качестве СН используют микросхемы 142-й серии и их зарубежные аналоги (рис. 1.37, 1.38).

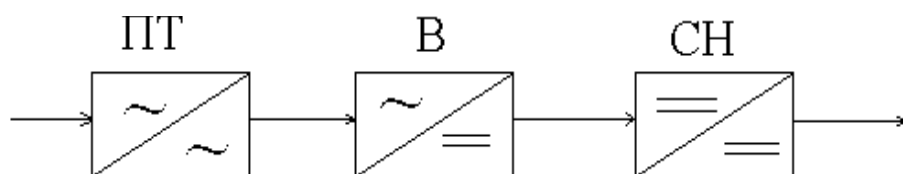


Рис. 1.36

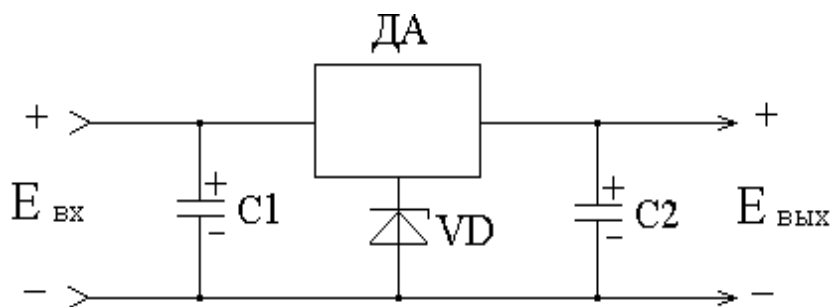


Рис. 1.37

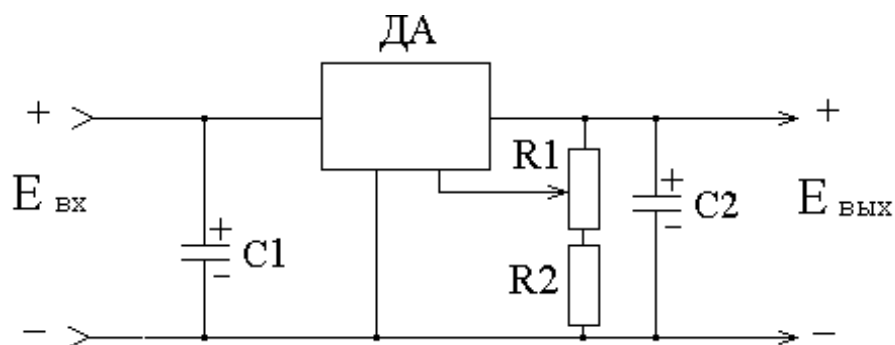


Рис. 1.38

Выходное напряжение $E_{\text{вых}} = E_{\text{да}} + E_{\text{вд}}$, где $E_{\text{да}}$ – выходное напряжение микросхемы 142-й серии (см. таблицу), $E_{\text{вд}}$ – выходное напряжение стабилитрона VD.

Таблица

Тип микросхемы	Выходное напряжение, В	Максимальный выходной ток, А
142ЕН1	3...12	0,15
I42ЕН2	12...20	0,15
142ЕН3	15...90	1
142ЕН4	15...30	1
I42ЕН5	5 и 6	2
I42ЕН6	14.7...15.3	0,2
I42ЕН8	9, 12, 15	1,5
142ЕН9	20, 24, 27	1,5
I42ЕН10	8...30	1
I42ЕН11	1.2...37	1,5

Коэффициенты сглаживания пульсации переменного тока 30...50. Микросхемы 142-й серии позволяют формировать постоянные напряжения от единиц до сотен вольт при токах до нескольких ампер.

1.7. Электронные микроскопы

1.7.1. Общие сведения об электронной микроскопии

Электронная микроскопия - это увеличение посредством электронных микроскопов микрообъектов и их визуализация на фотографии,

флуоресцентном экране, мониторе ЭВМ или осциллографа.

Принцип действия электронного микроскопа такой же, как и оптического, но со следующими отличиями:

- просвечивание объекта осуществляется электромагнитной волной длины до 10^{-3} нм, т.е. меньшей в 10^6 длины волны оптического диапазона, поэтому обеспечивается разрешение до 1Å ;
- просвечивающий объект луч формируют и сканируют электрическими пушками.

Существуют два вида микроскопов: просвечивающий (или трансмиссионный) и растровый. В первом электронный луч проходит через исследуемый объект, во втором — луч отражается от объекта.

Посредством оптического микроскопа исследуют эритроциты, ранжируют их по размеру и строят эритроцитрометрическую кривую. По этой кривой делают выводы о стабильности, резидентности, патологии гемоглобина в крови.

В электронных микроскопах анализируют органические составляющие клеток медицинских или биологических тканей и по их форме, площади, периметру и т.д. делают выводы о патологиях тканей.

Примеры промышленных электронных микроскопов:

- просвечивающие электронные микроскопы ПЭМ-100, ПЭМ-125;
- сканирующий электронный высоковольтный микроскоп СВЭМ-1;
- электронный микроскоп высоковольтный ЭМВ-100БР;
- электронный микроскоп ЭМ-125;
- растровые электронные микроскопы РЭМ-100, РЭМ-105, РЭММА-101;
- сканирующий электронный микроскоп S570 (Япония);
- электронный микроскоп ЭМ-10/С/АВС/СА;
- электронный микроскоп ЭМ 410 ЛС.

1.7.2. Просвечивающий электронный микроскоп ПЭМ-100

На рис. 1.39 показано устройство микроскопа ПЭМ-100 и обозначены: ЭП - электронная пушка, МО - микрообъект (исследуемый объект), ФЭ - флуоресцентный экран, РП - растровая приставка, ДВЭ - детектор вторичных электронов, ВМ - видеомонитор, У - усилитель, ИПФСН -

источник питающих, фокусирующих и сканирующих напряжений, ГР - генератор развертки.

Без растровой приставки микроскоп ПЭМ-100 обеспечивает требуемую интенсивность электронного пучка и его сканирование по микрообъекту. При этом микроскоп является просвечивающим, т.е. изображение визуализируется на флуоресцентном экране в увеличенном масштабе.

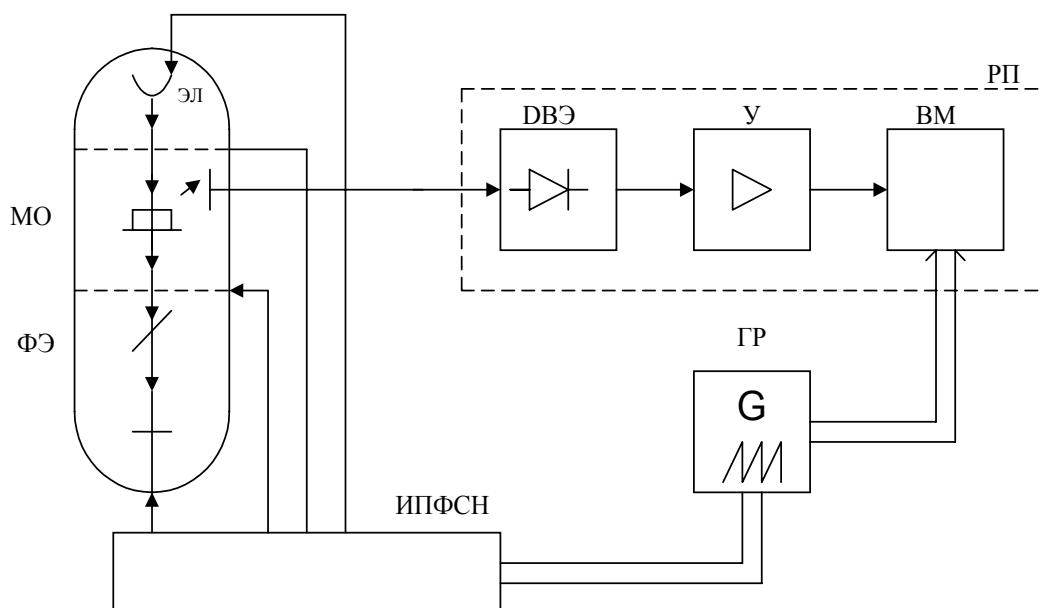


Рис. 1.39

В режиме растрового микроскопа (при подключении растровой приставки) отраженный пучок попадает на датчик вторичных электронов, детектируется в нем, усиливается усилителем и поступает на видеомонитор. Генератор развертки формирует набор пилообразных напряжений, которые синхронизируют развертки видеомонитора и электронной пушки. Увеличенное изображение объекта формируется на экране видеомонитора.

1.7.3. Растровый электронный микроскоп

На рис. 1.40 показано устройство растрового микроскопа по авторскому свидетельству № 1275586 и обозначены: 1 - электронно-оптическая система (катод), 2 - отклоняющая система, 3, 4 - тормозящий и вытаскивающий электроды, 5, 6 - регулируемые источники напряжений, 7 - датчик вторичных электронов, 8 - усилитель, 9 - индикаторный блок, 10 -

задающий генератор, 11 - блок питания, 12 - объектодержатель (анод), X - диаметр микрообъекта, Д - диаметр отверстия электродов.

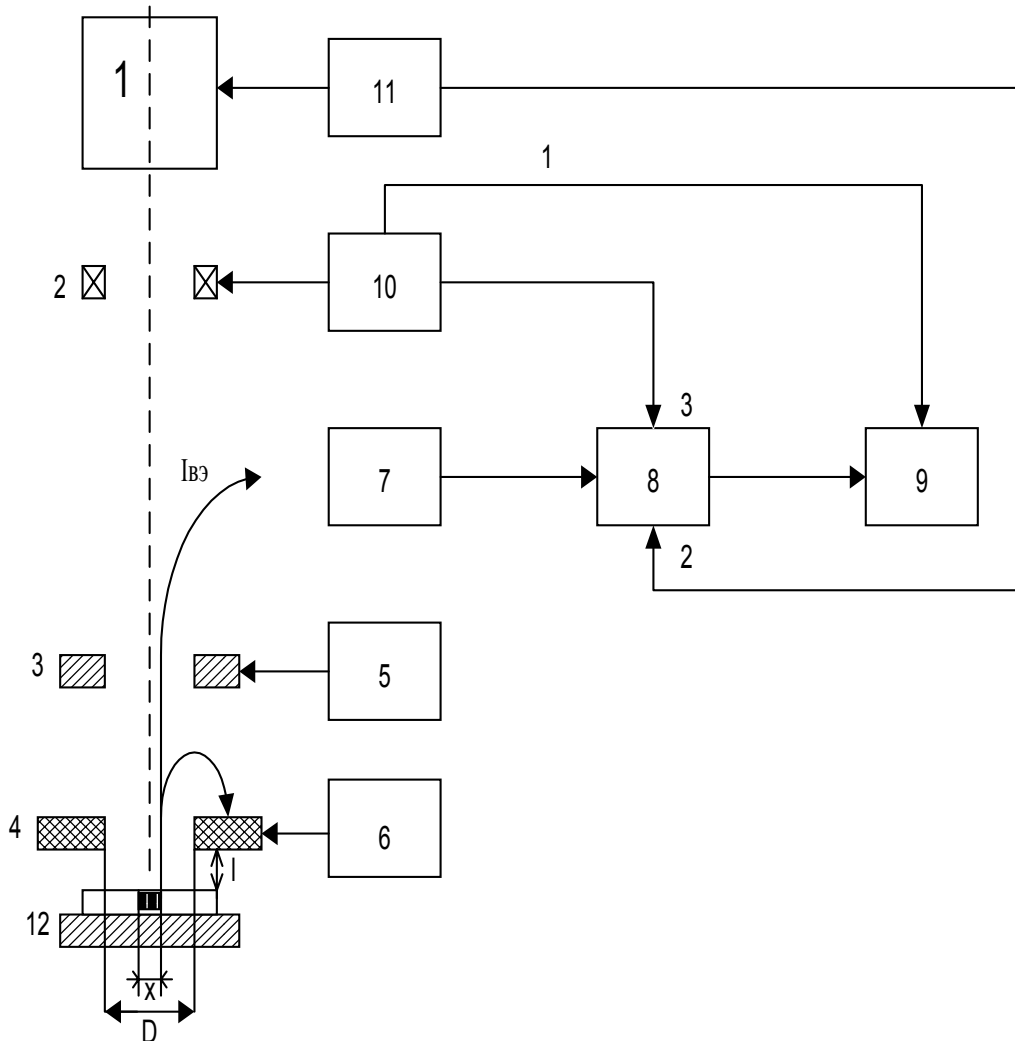


Рис. 1.40

Работа электроннолучевой трубки (ЭЛТ) микроскопа аналогична работе ЭЛТ микроскопа ПЭМ-100.

В структурной схеме микроскопа по линии 1 передается сигнал, характеризующий место положения электронного луча. По линии 2 регулируется интенсивность луча при нестабильности напряжения катода от блока 11. По линии 3 корректируется интенсивность луча при движении по объекту. Эти меры приводят к постоянству и равномерности интенсивности электронного луча во времени и по площади исследуемого микрообъекта и в конечном итоге - к повышению качества формирования изображения микрообъекта.

2. МЕДИЦИНСКИЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ПРИБОРЫ

2.1. Лабораторные приборы для исследования крови

2.1.1. Общие сведения о приборах для исследования крови

Исследования крови проводят в следующих медицинских лабораториях:

- клинических (на гемоглобин, лейкоциты);
- серологических (на венерические заболевания);
- бактериологических (на малярию, желтуху и др.);
- иммунологических (на СПИД и другие иммунные патологии);
- биологических (на резус-фактор, группу крови и др.).

Основные клинические показатели крови (норма для взрослого человека):

- гемоглобин 13,2.. 16,4 г/100 мл;
- эритроциты (красные кровяные тельца)(4..5,1) 10^{12} 1/л;
- цветной показатель (учитывают гемоглобин и эритроциты)82....1,05;
- лейкоциты (показатель воспалительных процессов, содержат в себе целый ряд составляющих: сегментоядерные, эозинофилы, базофилы, лимфоциты и другие) (4...8,8) 10^9 1/л;
- скорость оседания эритроцитов (СОЭ) 1...10;
- протромбин80...100 %;
- холестерин200 мг/л.

Примеры промышленных приборов:

- счетчик гемоцитометрический АД.3.056.108;
- гемоглобинометр ГФ-Ц-04;
- гемоцитометр ГЦМА-01В;
- гемокоагулометр ГКМ-01; .
- коагулометр электромагнитомеханический ЭМКО-02;
- пикоскаль PS-5;
- СОЭ-метр ПС-3;
- экопресс-анализатор глюкозы ЭСКАН-5;
- глюкометр ONE TOUCH 11 (США).

2.1.2. Гемоцитометр автоматический ГЦМА-01В

Прибор ГЦМА-01В (рис. 2.1) предназначен для измерения и цифровой индикации количества форменных элементов крови (лейкоцитов и эритроцитов) в суспензиях крови при клинико-лабораторных исследованиях.

Основные технические характеристики прибора:

- измеряемое количество форменных элементов $10^5 \dots 10^{15}$;
- погрешность измерения10 %;
- время цифрового отсчета15 с.

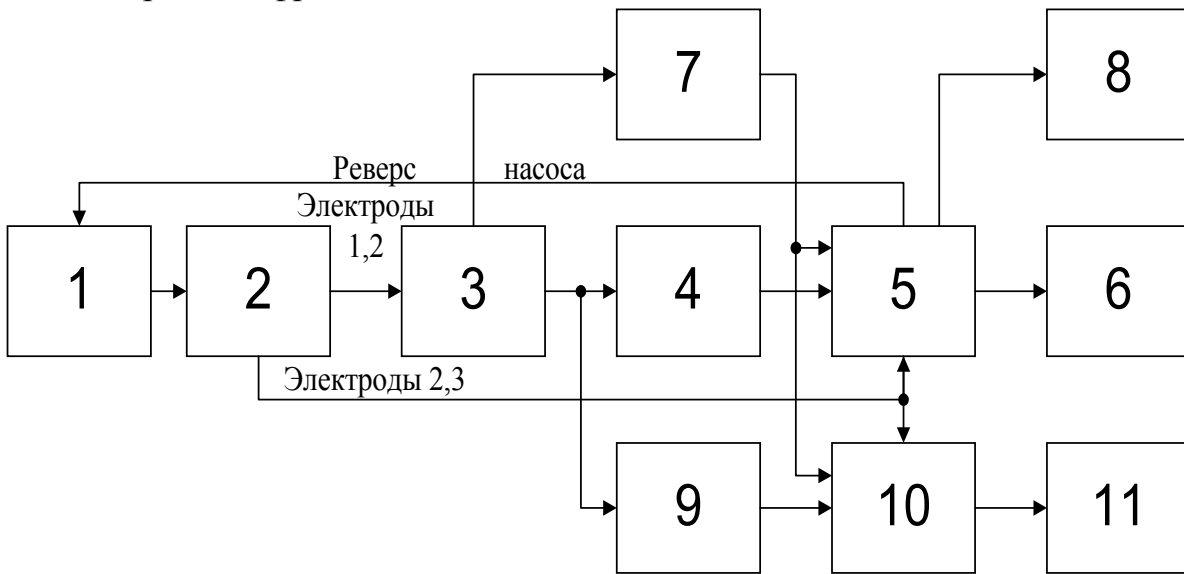


Рис. 2.1

Общий принцип действия прибора кондуктометрический, т. е. принцип измерения сопротивления электролитического раствора крови, проходящего через капиллярное отверстие, при наличии в растворе форменных элементов. Сопротивление раствора и форменных элементов разное; поэтому при попадании в капилляр форменных элементов меняется сопротивление капиллярного промежутка.

На структурной схеме (рис. 2.1) обозначены: 1 – насос, 2 – датчик, 3 – усилитель, 4, 9 - дискриминаторы по амплитуде импульсов (лейкоциты крупнее эритроцитов, поэтому они вызывают большие по амплитуде импульсы сопротивления), 5, 10 - микроЭВМ, 7 -устройство контроля засорения по частоте следования импульсов, 6, 11 - индикаторный блок, 8 -

блок звукового сигнала засорения капилляра. На рис. 2.2 дана конструкция датчика и обозначены: 1, 2, 3 - электроды, 4 - измерительная трубка, 5 - капиллярное отверстие.

В датчике насос прокачивает жидкость (с разведением крови 1:80 000) из измерительной трубки 4 в общий резервуар через капиллярное отверстие 5 (периодически в одну и другую стороны). Для контроля направления подкачки используются электроды 1, 2, 3. Если электролит замыкает промежуток между электродами 2 и 3, то насос начинает выкачивать из трубки электролит, если электролит размыкает промежуток между электродами 1 и 2, т.е. уровень электролита в измерительной трубке ниже электрода 2, то насос начинает подавать электролит в измерительную трубку.

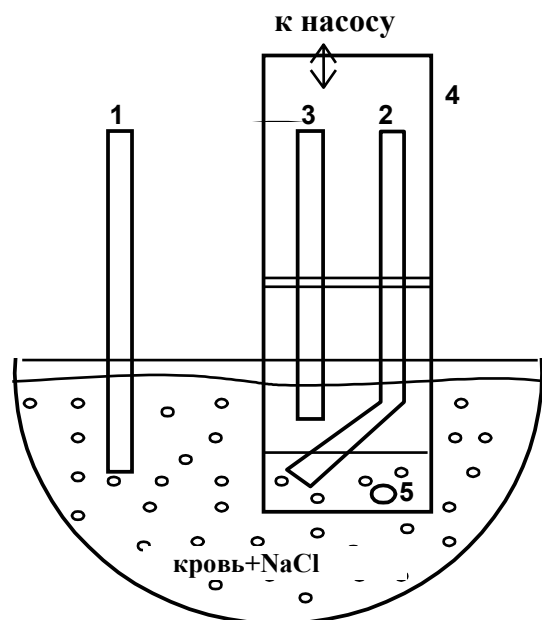


Рис. 2.2

На структурной схеме (см.рис. 2.1) информация о межэлектродных сопротивлениях поступает от датчиков на электродах 2, 3 прямо в микроЭВМ и от датчиков на электродах 1, 2 - через дискриминатор. Форменные элементы, проходя через капиллярные отверстия диаметром 72 ± 3 мкм, создают импульсы сопротивления разной амплитуды (лейкоциты крупнее эритроцитов, поэтому их импульсы имеют большую амплитуду), которые преобразуются в импульсы напряжения, увеличиваются усилителем 3, селектируются по амплитуде дискриминаторами (4 - пропускает импульсы от лейкоцитов и 9 - от эритроцитов). Эти импульсы передаются на счетный вход микроЭВМ, подсчитываются и далее поступают на блок индикации.

МикроЭВМ подает сигнал на блок звуковой сигнализации, если частота следования форменных импульсов меньше граничной в случае

засорения капилляра, и прекращает счет форменных элементов. При этом необходимо промывать измерительную трубку с капилляром. Прибором исследуется также электролит на содержание посторонних форменных элементов перед его использованием для получения раствора крови.

С помощью прибора ГЦМА-01В можно построить эритрограмму - кривую Грайс-Джонса распределения эритроцитов по диаметру [3, с.24] . Он реализован на микросхемной элементной базе.

2.1.3. Гемоглобинометр фотоэлектрический ГФ-Ц04

Прибор ГФ-Ц04 (рис. 2.3) предназначен для определения массовой концентрации гемоглобина в крови.

Основные технические характеристики прибора:

- измеряемая массовая концентрация 0...250 г/л;
- погрешность измерения не более 5%;
- количество индицируемых разрядов 3.

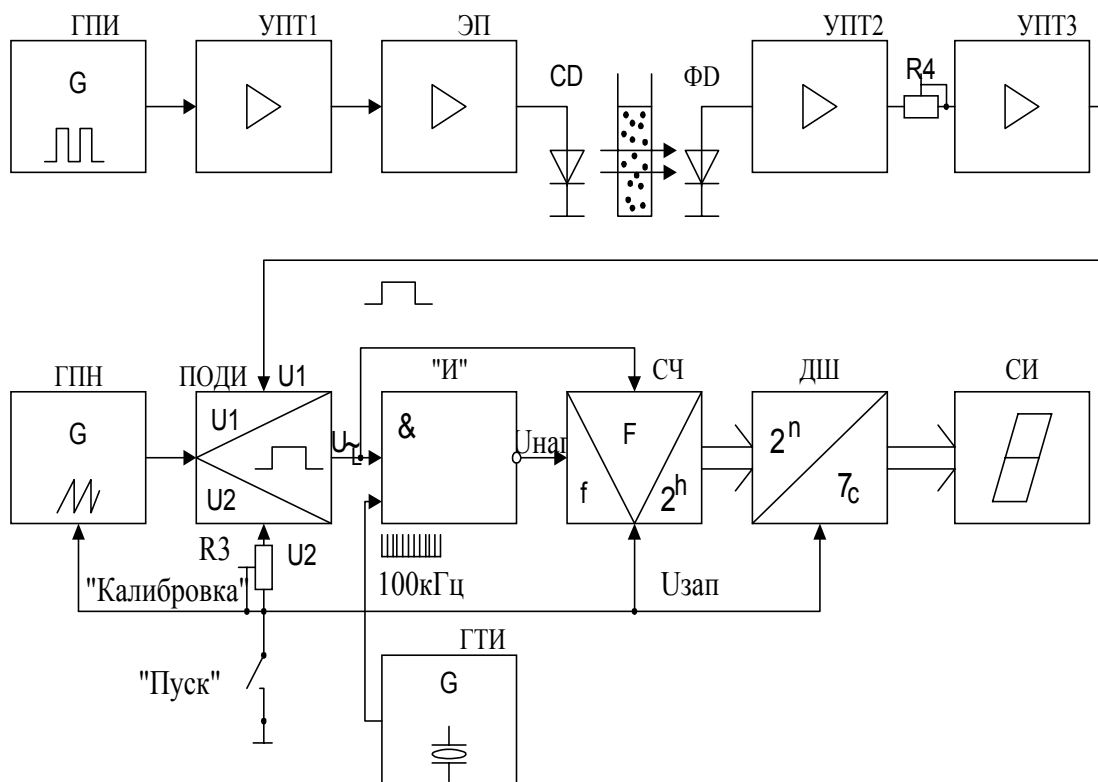


Рис. 2.3

На рис. 2.3 обозначены: ГПИ, ГТИ и ГПН - генераторы прямоугольных, тактовых импульсов и пилообразного напряжения, ПОДИ - преобразователь отношения напряжений в длительность импульсов, УПТ 1, 2, 3 - усилители постоянного тока, ЭП - эмиттерный повторитель, СЧ - счётчик, Д - дешифратор, СИ - светодиодный индикатор.

ГПИ формирует импульсы (рис. 2.4) длительностью 7-10 мс и периодом повторения 0,8...1 с. Эти импульсы проходят через линейный усилительно-измерительный тракт и имеют на выходе УПТЗ амплитуду U_1 , пропорциональную оптическому коэффициенту пропускания исследуемого раствора гемоглобинцианида. При замыкании кнопки "ПУСК" начинают формироваться пилообразный и прямоугольный импульсы на выходах ГПН и ПОДИ, а также обнуляются СЧ и ДШ. В момент совпадения амплитуды пилообразного напряжения и опорного напряжения U_2 на выходе ПОДИ начинается импульс "ворот" U_{τ} , который заканчивается в момент совпадения амплитуд пилообразного напряжения и измерительных импульсов U_1 . Импульс "ворот" заполняется в элементе 2И-НЕ тактовыми импульсами частоты 100 кГц от ГТИ. Импульс "ворот" заполняется в элементе 2И-НЕ тактовыми импульсами частоты 100 кГц от ГТИ.

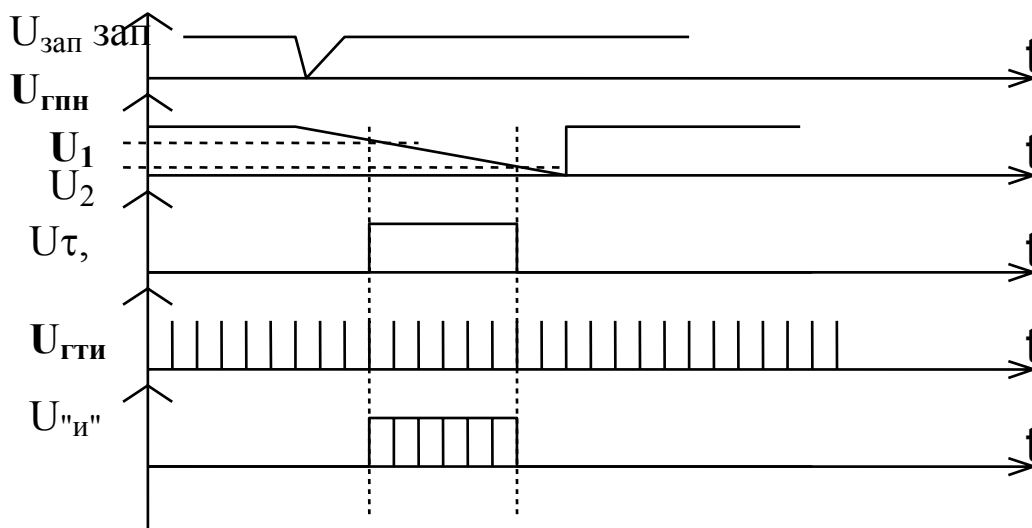


Рис. 2.4

Количество счетных импульсов $U_{\text{\"и\"}}$ насчитывается СЧ, дешифрируется ДШ и индицируется СИ.

Схема прибора выполнена на микросхемах, преимущественно на операционных усилителях.

2.1.4. Глюкоанализатор ЭСКАН-Г

Прибор ЭСКАН-Г (рис. 2.5) предназначен для экспресс-анализа глюкозы в пробах цельной крови и в других биологических жидкостях.

Технические характеристики прибора следующие:

- диапазон измерения концентрации глюкозы 2...30 ммоль/л;
- погрешность 8%;
- дискретность измерения три знака;
- производительность 30 анализов в час.

На рис. 2.5 обозначены: ТММ - таймер магнитной мешалки, ИП - измерительный преобразователь, ПТН - преобразователь тока в напряжение, У - усилитель, ДЦ - дифференцируемая цепь, ПД - пиковый детектор, МШУ - масштабирующее устройство, ТКУ - термокомпенсирующее устройство, АТТ - аттенюатор, ИБ - индикаторный блок, ПК - преобразователь кода, СИГ - схема индикации готовности.

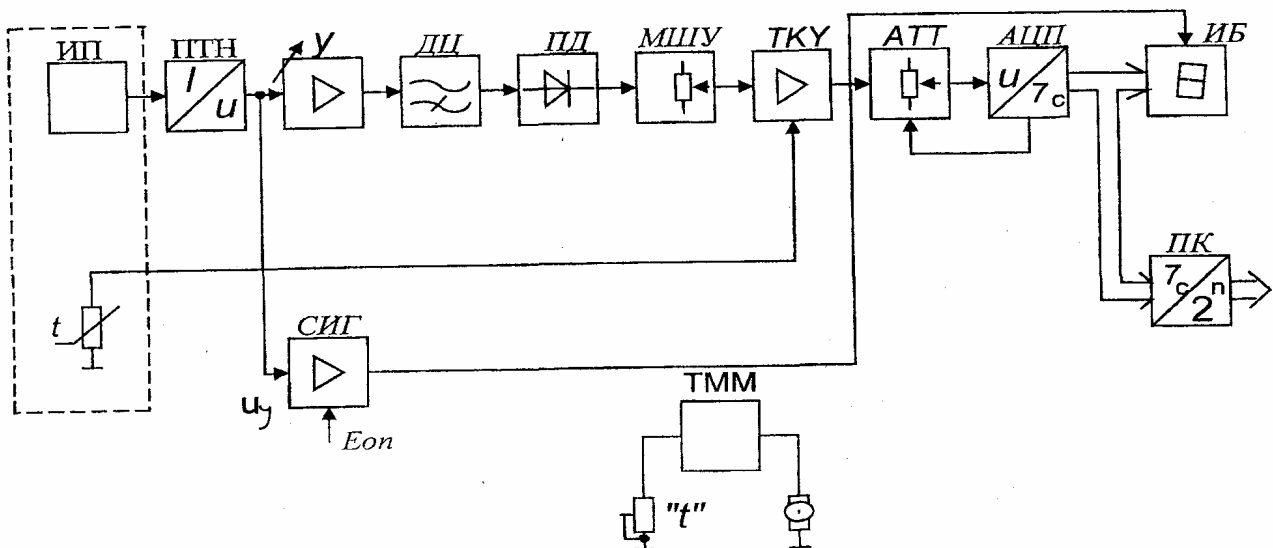


Рис. 2.5

Принцип работы прибора основан на электрохимическом амперометрическом исследовании продуктов реакции глюкозы, катализируемой ферментом глюкозооксидазой. После введения пробы пипеткой (рис. 2.6) в мембране МГ - 1 происходит реакция окисления глюкозы. При этом на выходе "корпус - платиновый электрод" возникает ток, зависящий от концентрации глюкозы. Рабочим участком

преобразователя является участок ненулевой крутизны, где скорость нарастания тока пропорциональна концентрации глюкозы. Начальный участок нелинейного изменения тока во времени из измерения исключают. В приборе преобразуется скорость изменения тока на участке АВ в цифру концентрации глюкозы.

Напряжение с выхода ПТН усиливается усилителем, дифференцируется ДЦ, постоянная составляющая выделяется ПД и проходит через МШУ, служащее для калибровки прибора. В ТКУ вносится поправка измерений за счет температурной погрешности. Далее сигнал поступает через АТТ на АЦП. АТТ дискретный - "1:1" и "1:10". При переполнении АЦП по цепи ОС в аттенюатор поступает команда "перейти на более грубый предел 1:10".

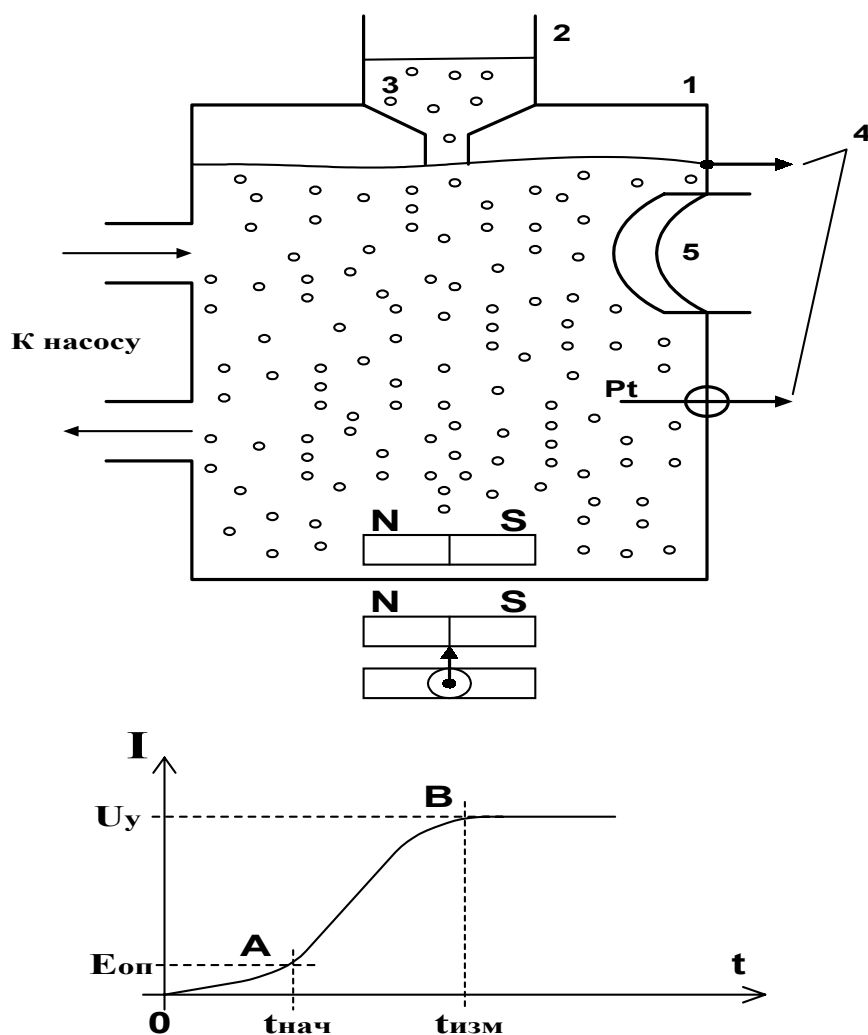


Рис. 2.6

С АЦП семисегментный код поступает на индикатор и через ПК - на любые внешние устройства. СИГ включает индикатор в момент времени $t_{нач}$, а таймер магнитной мешалки - магнитную мешалку на время измерения $t_{изм}$ (около 10...13 с).

2.1.5. Гемокоагулометр ГKM-01

Прибор ГKM-01 (рис.2.7) предназначен для измерения и цифровой индикации параметров свертывания крови - времени реакции и площади коагуляции.

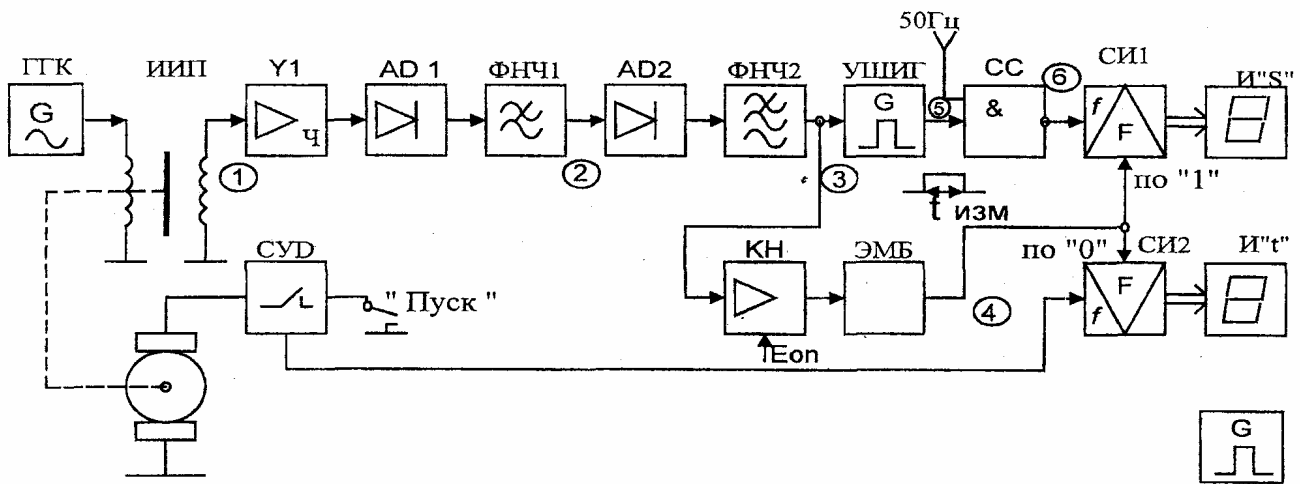


Рис. 2.7

На рис. 2.7 обозначены: КН - компаратор напряжения, ЭМБ - электронно-механический блок, ИИП - индуктивно-измерительный преобразователь, ГГК - генератор гармонических колебаний частоты 1 кГц, У1 - усилитель, АД - амплитудный детектор, ФНЧ - фильтр нижних частот, УШИГ - управляемый широтно-импульсный генератор, СС - схема сравнения, СИ - счетчик импульсов, И'S' - индикатор площади коагуляции, И't' - индикатор времени готовности, СУД - схема управления двигателем.

Общий принцип прибора - преобразование упругих свойств крови в переменное напряжение посредством электромеханического преобразователя индукционного тока.

СУД представляет собой автогенератор на электромеханическом реле ($F = 0,08$ Гц, $T = 12$ с) и осуществляет реверс вращения двигателя поочередно в одну сторону и другую. При этом кювета с кровью (рис. 2.8) совершает вращательные колебания с периодом $T = 12$ с.

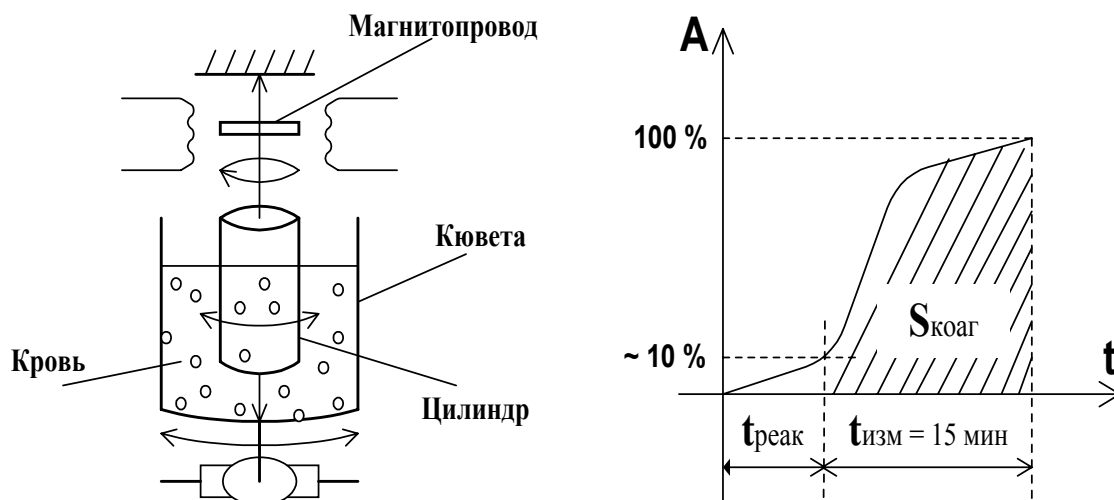


Рис. 2.8

Цилиндр связан с магнитопроводом ИИП и в такт с колебаниями кюветы меняет коэффициент трансформации ИИП. Амплитуда этого изменения определяется вязкостью крови: чем больше вязкость, тем с большей амплитудой вращается цилиндр.

На рис. 2.9 показаны эпюры сигналов в разных точках схемы (см. рис. 2.7). В точке 1 имеется колебание частотой 1 кГц, промодулированное по амплитуде колебанием цилиндра измерительного преобразователя, причем глубина модуляции определяется вязкостью крови. Это амплитудно-модулированное колебание детектируется АД1, фильтруется ФНЧ1 и получается сигнал, показанный на эпюре 2. Переменная составляющая этого сигнала выпрямляется АД2, на выходе ФНЧ2 получается медленно меняющееся напряжение U_3 , величина которого пропорциональна вязкости крови. При превышении напряжения U_3 уровня $E_{оп}$ на выходе компаратора напряжения формируется логическая единица и запускается ЭМБ с таймером на 15 мин, который формирует импульс с $t_{изм} = 15$ мин (см. эпюру 4). Он является импульсом "ворот" счетчиков СИ1 и СИ2. "Ворота" для СИ1 имеют длительность $t_{изм}$, а для СИ2 - $t_{реак}$. На счетный вход СИ2 поступают импульсы от схемы управления

двигателем.

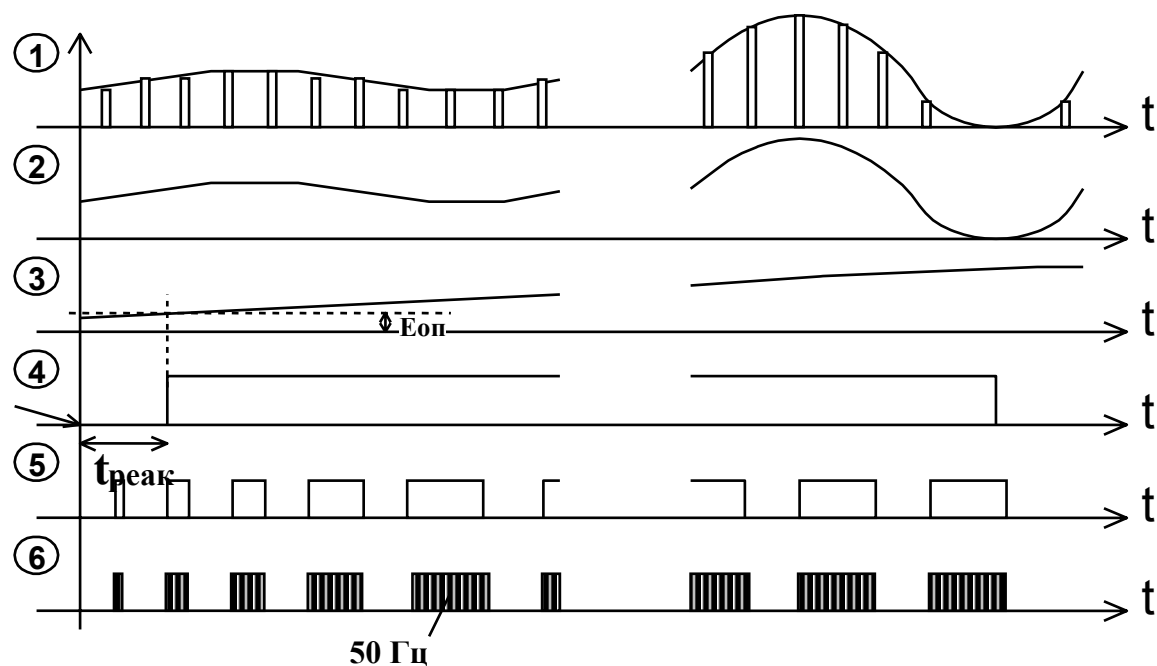


Рис. 2.9

2.1.6. Фотодинамический гемокоагулометр ФГК

Прибор предназначен для исследования параметров свертываемости крови, в частности, для снятия фотокоагулограмм крови в условиях медицинских лабораторий различного профиля.

Схема прибора приведена на рис. 2.10.

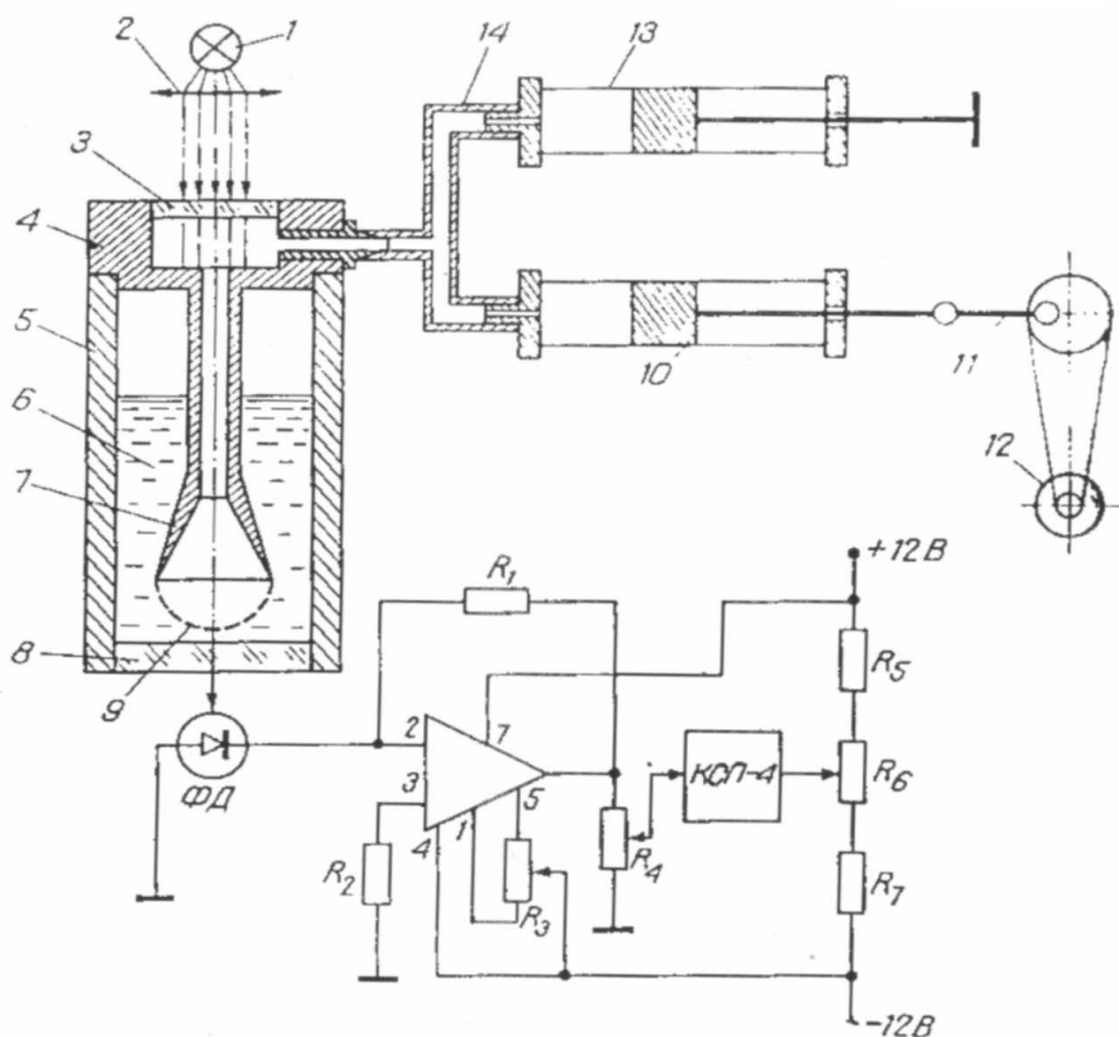


Рис. 2.10

В основе работы фотокоагулографа лежит измерение оптических свойств свертывающегося субстрата в процессе модуляции длины оптического луча пульсирующей газовой полости.

Поток света от источника 1 проходит через конденсатор 2, оптически прозрачное окно 3 полового световода 4, субстрат 6, прозрачное дно 8 кюветы 5 и падает на фотопреобразователь (фотодиод). Внутренний объем световода связан трубопроводом 14 с установочным 13 и рабочим 10 насосами. Поршень последнего с помощью кривошипно-шатунного механизма 11 приводится в движение по гармоническому закону электродвигателем 12. Фотодиод подключается к усилителю, собранному

на микросхеме К140УД6. Пишущий потенциометр КСП-4 регистрирует выходное напряжение, пропорциональное интенсивности света, падающего на фотопреобразователь. Сопротивление R_4 служит для регулировки выходного напряжения, R_6 — для установки нулевой точки на диаграммной шкале пишущего прибора.

Исследование на фотокоагулографе осуществляется следующим образом. Кювета 5 заполняется коагулирующим субстратом и с помощью установочного насоса 13 в световоде создается такое давление, чтобы граница раздела воздух - субстрат совпадала с площадью основания конуса 7 световода. При включении рабочего насоса его поршень совершает гармонические колебания с частотой ω . На границу раздела со стороны газа действует переменное давление $P = P_m \sin(\omega t)$.

В результате движения субстрата между стенками кюветы и световода на конце конуса образуется газовая полость 9, форма которой определяет соотношение сил, действующих на границу раздела (силами давления газа, поверхностного натяжения и давления столба жидкого субстрата в кювете). Амплитуда изменения выходного сигнала в процессе колебания газовой полости

$$U_m = U_{\max} - U_{\min} \approx \alpha \beta I_0 P_m / S_0 R \omega,$$

где α - коэффициент, описывающий ослабление интенсивности за счет отражения на границе раздела поглощения и рассеяния света;

β - коэффициент преобразования измерительной системы;

I_0 - интенсивность падающего света;

S_0 - площадь основания конуса световода;

R - гидродинамическое сопротивление.

В фотокоагулографе минимальное значение выходного сигнала при постоянных параметрах измерительной системы (β, I_0) определяется только оптическими свойствами — коэффициентом ослабления α . Амплитуда колебаний зависит, кроме того, еще от величины гидродинамического сопротивления и частоты изменения давления в световоде. Эти результаты дают основание использовать предлагаемый способ для отдельного исследования оптических и реологических свойств коагулирующего субстрата. Для анализа фотокоагулограммы необходимо

учесть, что скорость убывания U_{\min} с увеличением α больше, чем скорость возрастания U_m . Результаты теоретического анализа были сопоставлены с данными экспериментальных наблюдений. Типичная фотокоагулограмма, полученная в опытах, приведена на рис. 2.11.

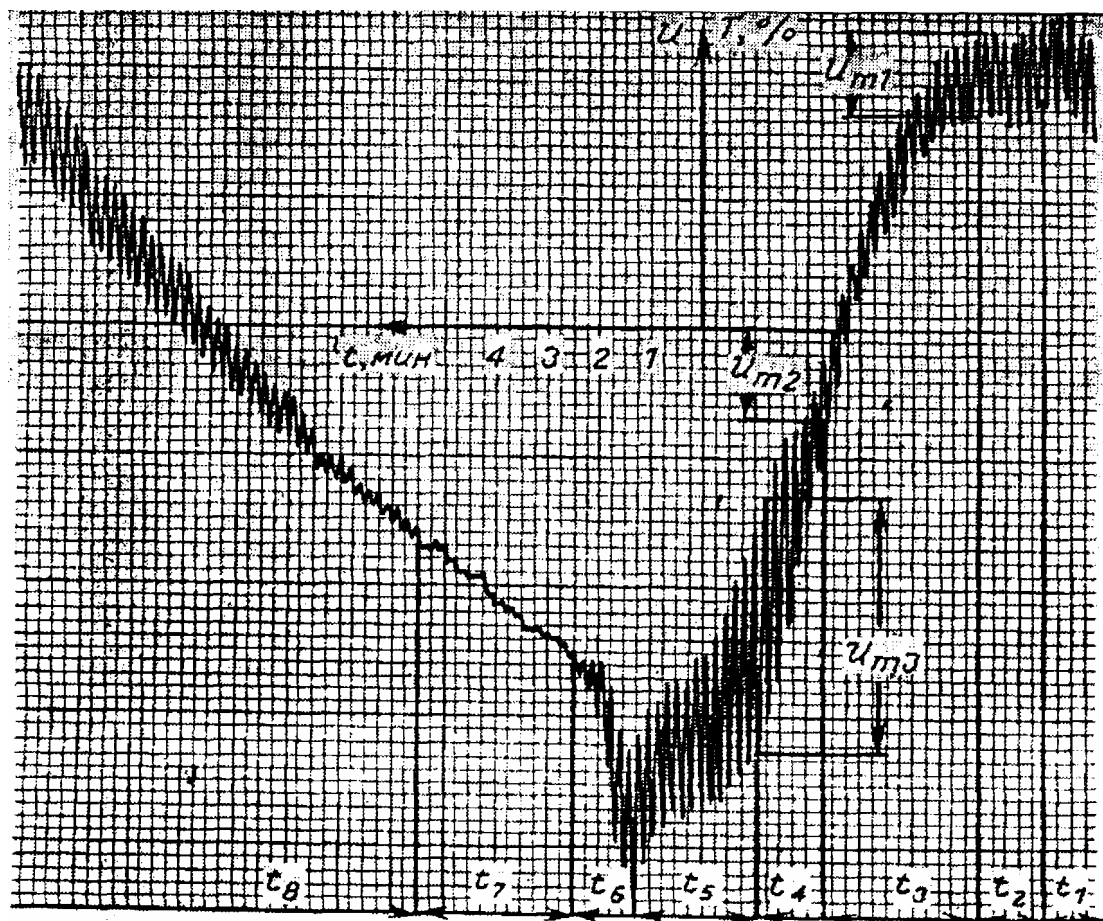


Рис. 2.11

В интервале t_1 наблюдается некоторое увеличение минимального напряжения U_{\min} (нижняя огибающая колебаний) и, следовательно, светопропускания T . Это объясняется агрегацией кровяных пластинок в результате действия хлористого кальция. В промежутке t_3 напряжение U_{\min} уменьшается при сохранении постоянства амплитуды колебаний ($U_{m1} = U_{m2}$). Временной интервал $t_1 + t_2$ характеризует начальные этапы коагуляции: агрегации тромбоцитов, образование протромбиназы и тромбина. За время t_4 амплитуда колебаний нарастает. В интервале t_5 амплитуда колебаний сначала уменьшается, а затем стабилизируется, что

связано с увеличением сопротивления движению на границе раздела крови и воздуха. За время t_6 амплитуда достаточно быстро падает до минимума. Начиная с интервала t_8 отмечаются нарастание амплитуды колебаний и светопропускания субстрата.

Достоинства приборов фотодинамического типа:

- фотодинамический способ обладает более высокой чувствительностью, особенно на ранних этапах гемокоагуляции;
- в фотокоагулографе используется оптический способ регистрации, не изменяющий свойств субстрата, так как его деформация осуществляется границей раздела с газовой средой;
- описанный фотодинамический метод с помощью фотокоагулографа позволяет изучить отдельные фазы в интегральном процессе коагуляции (диагностическими параметрами могут служить временные амплитудные показатели, а также скорости отдельных этапов);
- с помощью фотокоагулографа можно за достаточно короткое время в одной пробе получить диагностическую информацию.

2.2. Универсальные лабораторные приборы

Универсальные приборы применяются для исследования нескольких разных медицинских или биологических объектов.

2.2.1. Автоматический цифровой осмометр ОМКА1Ц-01

Осмометр предназначен для измерения криоскопическим методом общей ионной и молекулярной концентрации мочи и сыворотки крови (осмоляльная или осмотическая концентрация).

Осмотическая концентрация является важным показателем при диагностике и контроле лечения многих заболеваний, связанных с нарушением гидратации организма. Нарушения гидратации встречаются при заболеваниях почек, диабете, обширных ожогах, инфекционных заболеваниях, заболеваниях желудочно-кишечного тракта (особенно у детей раннего возраста) и ряде других заболеваний. Нарушения водного обмена часто протекают очень остро, гиперосмия может повторяться и

требует быстрой коррекции.

Для выявления вида нарушения гидратации наряду с клиническим обследованием используется ряд лабораторных тестов, среди которых особенно большое значение имеет определение осмотической концентрации сыворотки крови, что дает возможность быстро оценить степень нарушения водного обмена и проконтролировать проводимое лечение. Помимо анализа осмотической концентрации крови при оценке концентрационной и разводящей функций почек определяют осмотическую концентрацию мочи.

Осмометр представляет собой автоматический цифровой прибор и имеет следующие характеристики:

- диапазон измеряемых концентраций 0...3000 ммоль/кг;
- погрешность измерения не более 1 %;
- объем пробы 0,2 мл;
- время одного измерения не более 2 мин.

Прибор отградуирован в непосредственно принятых в медицинской практике единицах осмотической концентрации — в миллимолях на килограмм растворителя (с учетом диссоциации).

Структурная схема прибора изображена на рис. 2.12, где 1 — первичный измерительный преобразователь (ПИП) температуры (полупроводниковый терморезистор типа СТЗ-14), 2 — ячейка термоэлектрического охлаждающего устройства (ТОУ) или криотермостата, 3 — усилитель, 4 — пороговое устройство, 5 — вибратор, 6 — аналого-цифровой преобразователь, 7 — цифровое арифметико-логическое устройство (АЛУ).

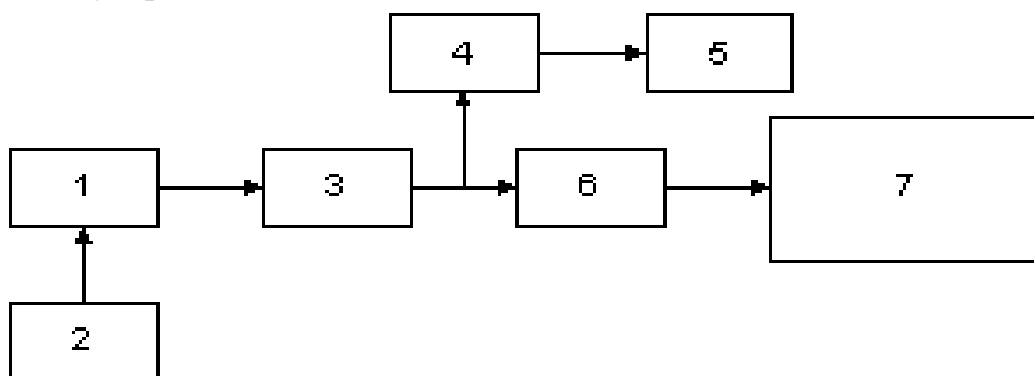


Рис. 2.12

Процесс измерения осмотической концентрации с помощью рассмотренного прибора прост, работа с ним рассчитана на средний медицинский персонал.

Кювета с исследуемой пробой помещается в ячейку 2. Температура этой ячейки играет важную роль в обеспечении требуемой точности измерений и должна быть:

- заведомо ниже температуры замерзания раствора с максимально допустимой концентрацией;
- выше некоторого критического уровня, иначе выделившейся скрытой теплоты плавления будет недостаточно для разогрева объема пробы до температуры кристаллизации и динамическая кривая замерзания будет непригодна для измерения осмотической концентрации;
- достаточно низкой, чтобы суммарное время охлаждения и замораживания пробы с учетом надежного определения максимума на кривой замерзания не превышало 2...3 мин.

Температура охлаждающей ячейки устанавливается при изготовлении осмометра на заводе и в дальнейшем при работе прибора поддерживается автоматически. В процессе эксплуатации в случае необходимости величина этой температуры может регулироваться с помощью потенциометров, выведенных под шлиц на заднюю стенку прибора.

Температура исследуемой жидкости измеряется первичным преобразователем температуры 1, в качестве которого используется терморезистор, включенный в мостовую схему, сбалансированную при температуре 0°C. Сигнал разбаланса моста усиливается в блоке 3 и подается на вход порогового устройства 4 и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 6. При понижении температуры пробы до заданной величины $T_{\text{вкл}}$, выбранной несколько ниже температуры замерзания $T_{\text{крист}}$, пороговое устройство 4 включает вибратор 5 (рис. 2.13, точка а), в качестве рабочего органа которого используется измерительный термистор в тонкой защитной оправе. Под воздействием вибрации образуются первичные центры кристаллизации, и начинается процесс кристаллизации. При этом выделяется скрытая теплота плавления, и

температура пробы повышается (рис. 2.13, участок а — б) до температуры кристаллизации $T_{\text{крист}}$ и держится на этом уровне до полного промерзания пробы (рис. 2.13, участок б—в).

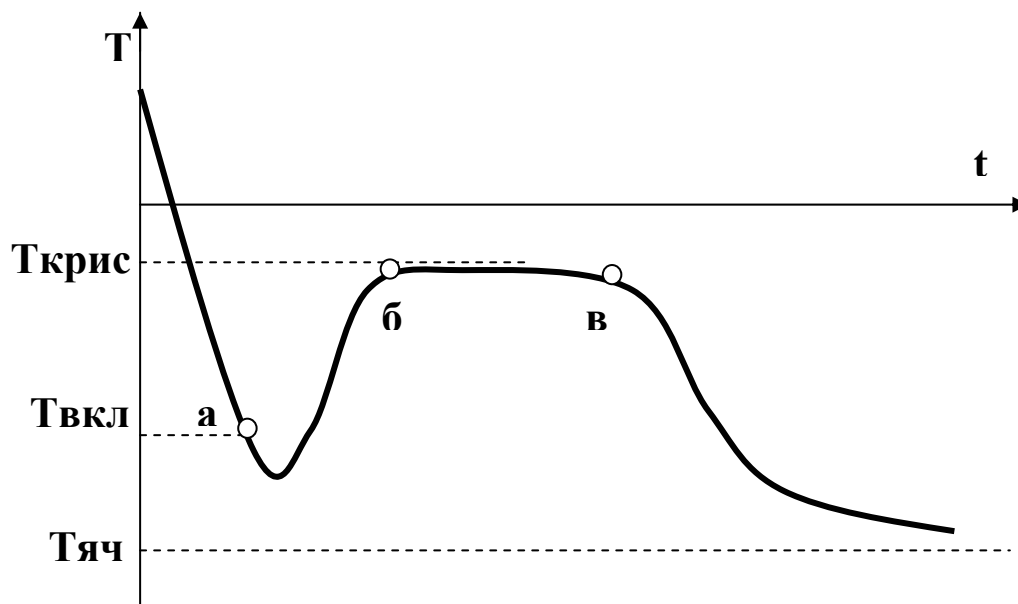


Рис. 2.13

Таким образом, аналоговую часть схемы осмометра образуют элементы 1—6. Они осуществляют стабилизацию температуры охлаждающей ячейки, измерение температуры проб и преобразование полученного аналогового сигнала в число-импульсный код. Цифровое арифметико-логическое устройство (АЛУ) 7 обеспечивает такие функции:

- расчет параметров;
- хранение констант и программ работы прибора;
- поиск максимума температурной кривой;
- индикацию полученного результата;
- управление работой осмометра.

В работе АЛУ предусмотрено два режима — режим калибровки и режим измерения.

В режиме калибровки индикация результата измерения начинается сразу после включения АЛУ, а процесс поиска максимума не производится, но проверяется наличие участка б — в и экстремума динамической температурной характеристики (рис.2.13). Калибровка проводится перед началом измерений один или два раза в день с помощью стандартных эталонных растворов NaCl.

В режиме измерения происходит определение и запоминание максимума температуры, температуры кристаллизации, интервала времени кристаллизации, и после этого — индикация результата измерения.

Использование осмометра в медицинской практике позволяет более чем в 20 раз уменьшить время измерения осмотической концентрации и значительно повысить точность ее определения по сравнению с существующими ручными методиками. Малый объем исследуемой пробы делает данный прибор достаточно универсальным. Осмометр успешно прошел технические и клинические испытания и разрешен к серийному производству.

2.2.2. Общие сведения о рН-метрах

Лабораторная рН-метрия - определение концентрации водородных ионов или реакции (кислотности, щелочности) растворов путем измерения ЭДС электродной системы, погруженной в раствор.

Примерами применения рН-метрии в медицинских лабораториях [3] являются исследования:

- реакции дистиллированной воды, применяемой в лабораториях [3, с. 41];
- рН мочи (норма 5,0...7,0) [3, с. 218];
- рН желудочного содержимого (норма 1,3...1,7) [3, с. 253];
- рН желчи (норма 6,5...7,3) [3, с. 266] .

Примеры промышленных приборов:

- лабораторный рН-метр ЛПУ-01 (рН = - 2...+ 14, погрешность 0.1, интервал температур 0...100 °С);
- универсальный иономер ЭВ-74 (рН = - 1...+ 19, погрешность 0.05, интервал температур 0...100°С);
- рН-метры фирмы Mettler Tolloedo (Швейцария):
 - Delta 320 (рН = 0...14, погрешность 0.01, интервал температур 0...100°С);
 - Delta 340 (рН = - 2...14, погрешность 0.01, интервал температур -5...+ 105°С);
 - Delta 350 (рН = - 2...16, погрешность 0.001, интервал

температур – 30 ... + 130°C);

- рН-метры фирмы Beckman Instrument (США):
 - рН110, рН111, рН112, рН132, рН134, рН150 (рН = 0...15.99, погрешность 0.01, интервал температур - 5 ... 100°C);
 - рН140, рН145 (рН = 0...14, погрешность 0.01, интервал температур 0...100°C);
 - рН172 (рН = - 2...+ 16, погрешность 0.01, интервал температур - 5 ... + 100°C).

Все рН-метры содержат электродную систему, усилители потенциалов и милливольтметры (аналоговые индикаторы или преобразователи "напряжение - код" и цифровые индикаторы).

2.2.3. Универсальный иономер ЭВ-74

Универсальный иономер ЭВ-74 в комплекте с ионоселективными электродами предназначен для определения активности одно- и двухвалентных анионов и катионов (величины рН) в водных растворах, а также для измерения окислительно-восстановительных потенциалов (величины Ен) в этих растворах. Иономер может использоваться также в качестве высокоомного милливольтметра, а при работе с блоком автоматического титрования - для массового однотипного титрования. Иономером выполняют измерения в медицинских, биологических и других лабораториях лечебных и научно-исследовательских заведений.

Прибор ЭВ-74 имеет следующие основные технические показатели:

- пределы измерения величины рН - 1 ... + 19;
- пределы измерения величины Ен (ЭДС)-100 ... +1900 мВ;
- погрешность измерения величины рН не более ± 0,4;
- погрешность измерения величины Ен не более ± 50 мВ;
- интервал температурной компенсации 0 ... 100 °С.

Элементарная схема рН-метра приведена на рис. 2.14, где обозначены: 1 - измерительный электрод, 2 - вспомогательный электрод, 3 - контролируемый раствор, 4 – усилитель. Для измерения активности одно- и двухвалентных ионов в растворах используются электродная система с ионоселективными измерительными электродами и преобразователь.

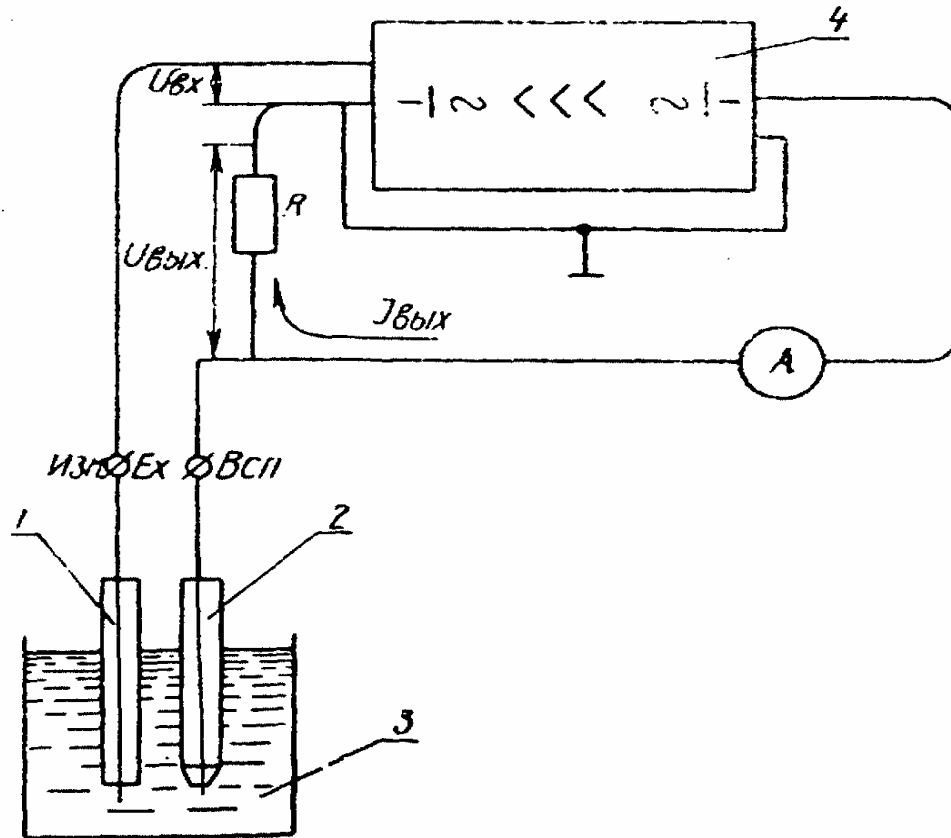


Рис. 2.14

Электродвижущая сила электродной системы зависит от активности соответствующих ионов в растворе и определяется по таким уравнениям:

$$E_n = E_{ни} + [S_{20} + \alpha \cdot (t - 20)] \cdot (pH - p_{ни}), \quad (2.1)$$

$$E_n = E_{но} + S \cdot pH, \quad (2.2)$$

где E_n – ЭДС электродной системы;

$E_{но}$ – ЭДС электродной системы при $pH = 0$;

S_{20} – крутизна характеристики электродной системы при температуре $20^{\circ}C$;

t – температура раствора;

$E_{ни}$ и $p_{ни}$ – реперные точки электродной системы;

α – температурный коэффициент крутизны, равный 0,1984 и 0,992 для одно- и двухвалентных ионов.

Значение pH контролируемого раствора определяется измерением ЭДС электродной системы, измеренной с помощью преобразователя, шкала которого проградуирована в единицах pH . Градуировочные значения ЭДС могут быть вычислены с помощью уравнений (2.1) и (2.2).

Работа иономера основана на преобразовании ЭДС электродной системы в постоянный ток, пропорциональный измеряемой величине. Преобразование ЭДС электродной системы в постоянный ток осуществляется высокоомным преобразователем автокомпенсационного типа.

Электродвижущая сила E_n электродной системы (см. рис. 2.14) сравнивается с падением напряжения на сопротивлении R , через которое протекает ток $J_{вых}$ усилителя. Падение напряжения $U_{вых}$ на сопротивлении R противоположно по знаку электродвижущей силе E_n , и на вход усилителя подается напряжение

$$U_{вх} = E_n - U_{вых} = E_n - J_{вых} \cdot R. \quad (2.3)$$

При достаточно большом коэффициенте усиления напряжение $U_{вых}$ мало отличается от ЭДС электродной системы E_n и благодаря этому ток, протекающий через электроды в процессе измерения, весьма мал, а ток $J_{вых}$, протекающий через сопротивление R , пропорционален ЭДС электродной системы, т. е. рН контролируемого раствора.

Усилитель 4 выполнен по принципу “модуляция - демодуляция” (МДМ), содержит модулятор на транзисторах и микросхемах, дифференциальный усилитель на микросхеме и синхронный детектор на транзисторах.

Прибор ЭВ-74 относительно надежен и прост в эксплуатации.

2.2.4. рН-метр по авторскому свидетельству № 918839

Назначение данного прибора то же, что и общее назначение рН-метров. Недостатками существующих рН-метров являются зависимость показаний рН от температуры и, следовательно, необходимость борьбы с температурной погрешностью, а также динамическая погрешность.

В целях устранения этих недостатков было предложено устройство рН-метра по авторскому свидетельству № 918839.

На рис. 2.15 обозначены: 1 - электроды рН-метра, 2 - измерительный канал рН-метра, 3 – термодатчик, 4- измерительный канал температуры, 5, 9 - дифференцирующие блоки, 6, 10 – перемножители, 7, 11 - делители напряжений, 8, 12 – вычитатели, 13 -функциональный преобразователь,

14 - блок деления.

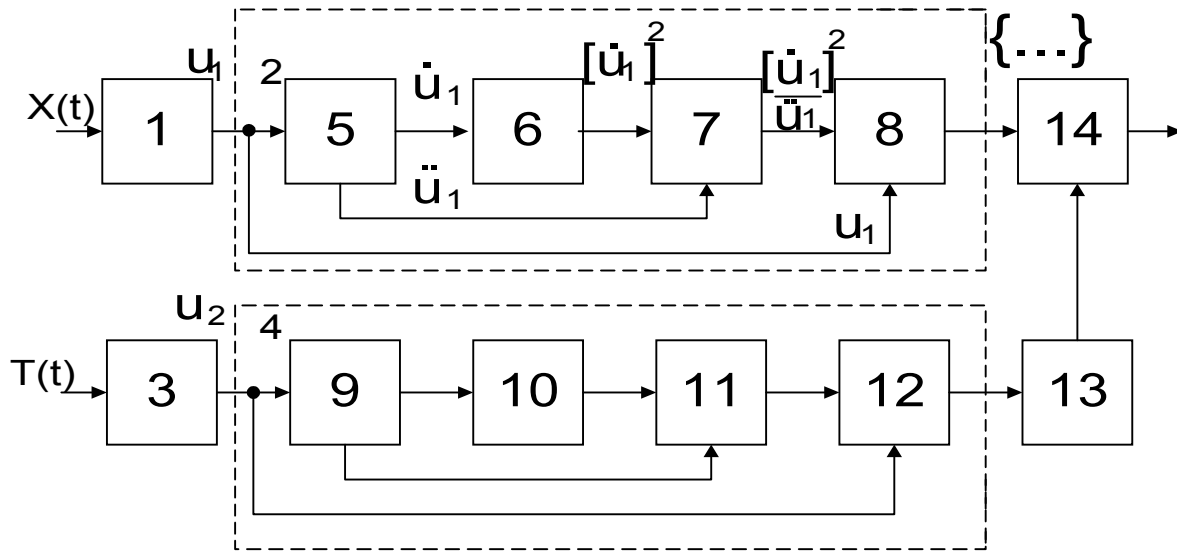


Рис. 2.15

Показатель рН, температура и параметры устройства связаны дифференциальными уравнениями

$$T_{рн} U1(t) + U1(t) = K_{рн}(T) X(t),$$

$$T_T U2(t) + U2(t) = K_T T(t), \quad (2.4)$$

где $K_{рн}$ и K_T - коэффициенты преобразования первичных

преобразователей рН и температуры;

$X(t)$ - показатель рН;

$T(t)$ - температура;

$T_{рн}$ и T_T - постоянные времени преобразователей рН и температуры.

Система уравнений (2.4) описывает преобразования рН и температуры в напряжение с учетом динамики. В цифровых приборах существует время счёта $\Delta t_{сч}$. На времени счёта $X(t)$ и $T(t)$ можно считать постоянными и равными $X(t) = X_0$, $T(t) = T_0$. Уравнение (2.4) можно записать в виде

$$T_{рн} U1(t) + U1(t) = K_{рн}(T_0) X_0, \quad (2.4)$$

$$T_T U2(t) + U2(t) = K_T T_0.$$

Дифференцируя систему (2.5), получаем

$$T_{рн} U1(t) + U1(t) = 0, \quad (2.6)$$

$$T_T U2(t) + U2(t) = 0.$$

Из уравнений (2.6) имеем

$$T_{pH} = - (U1(t)/U1(t)), \quad (2.7)$$

$$T_T = - (U2(t)/U2(t)).$$

Подставляя (2.7) в (2.5), получаем

$$X_0 = \{ U1(t) - [U1(t)]^2 / U1(t) \} / K_{pH}(T_0), \quad (2.8)$$

$$T_0 = \{ U2(t) - [U2(t)]^2 / U2(t) \} / K_T. \quad (2.9)$$

В соответствии с соотношениями (2.8) и (2.9) построено данное устройство рН-метра.

На выходе канала измерения температуры 4 формируется напряжение, пропорциональное {...}, определяемое из (2.9), на выходе функционального преобразователя 13 – $K_{pH}(T_0)$, на выходе канала 2 измерения рН получаем {...} из формулы (2.8) и, наконец, на выходе 14 – X_0 , т. е. показания рН с учетом текущей температуры, но с погрешностью за счет дискретизации температуры и рН. Чем меньше время $\Delta t_{сч}$ счета, тем точнее равенства $X(t) = X_0$, $T(t) = T_0$ и меньше погрешность измерения рН.

В рассмотренном устройстве рН-метра обеспечиваются повышенная точность и быстродействие измерений.

2.3. Комплексы лабораторных приборов и устройств

2.3.1. Комплекс приборов для биохиманализа

Комплекс для количественного биохиманализа биологических жидкостей (крови, сыворотки, мочи) малых объемов по унифицированным и модифицированным на их основе микрометодикам должен использоваться в лабораториях учреждений здравоохранения, в которых ежедневно проводятся биохиманализы для 50 - 180 пациентов при 250-900 анализах в день [9].

Комплекс имеет следующие технические характеристики:

- объемы дозирования проб 0.01, 0.02, 0.05, 0.1 мл;
- объемы дозирования реагентов 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 5 мл;
- обеспечивается дозирование водных растворов реагентов с содержанием в массовых долях кислот (кроме плавиковой) до 60% концентрации, солей, щелочей и других реактивов при проведении биохимических исследований;

- вязкость дозируемых жидкостей $0,6 \cdot 10^{-6} \dots 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$;
- минимальный объем реакционной смеси 1 мл;
- температура термостатирования пробирок $30 \dots 37 \text{ }^\circ\text{C}$;
- перемешивание реакционной смеси бесконтактно;
- спектральный диапазон $340 \dots 630 \text{ нм}$;
- диапазон измерения оптической плотности и фона $0 \dots 1$;
- предел допускаемого значения систематической составляющей основной относительной погрешности колориметра, приведенной к шкале единиц оптической плотности $\text{от } 0,2 \dots 1 \pm 1,5\%$;
- температура термостатирования кюветы колориметра $37 \text{ }^\circ\text{C}$;
- максимальная производительность в автоматическом режиме работы комплекса 240 проб./ч;
- число проб, обрабатываемых на диске БПРС 60;
- возможна работа как с каналом сравнения, так и без него;
- количество десятичных разрядов с плавающей запятой 4;
- автоматическая градуировка и контроль градуировочной характеристики по стандартным растворам;
- возможность работы с известными масштабными коэффициентами;
- время подготовки к работе не более 60 мин.

В состав комплекса (рис. 2.16) входят следующие блоки и устройства: автоматический колориметр КАМЦ-1, дозатор-дилутор пробы с параллельным разливом, двухкомпонентный дозатор реагента (3 штуки), блок приготовления реакционной смеси с термостатирующим устройством (БПРС), система центрального управления и обработки информации (СЦУ) на базе микроЭВМ, включающей в себя пульт оператора с клавиатурой и однострочным дисплеем.

Полученные из лечебного учреждения пробы крови (мочи) в пробирках, установленные по 10 штук в так называемые «первичные» кассеты (блок 7), поступают в лабораторию в комплекте доставки проб крови (блок 2). Каждая первичная кассета должна сопровождаться бланком заказа врача с указанием требуемого набора исследований для каждого пациента.

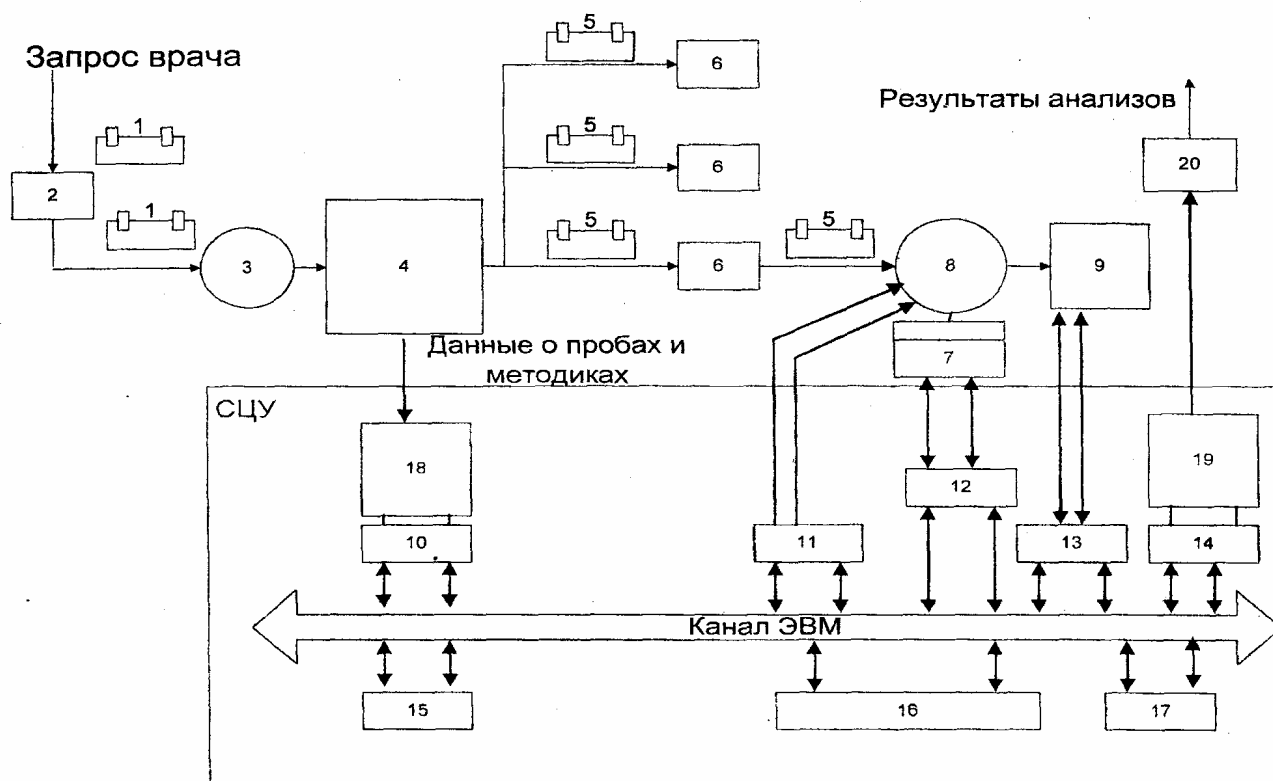


Рис. 2.16

Пробы биологической жидкости в тех же первичных кассетах устанавливаются в ротор центрифуги (блок 3), а после центрифугирования поступают к оператору для распределения (разлива). С учетом дневной потребности оператор сам или с помощью ЭВМ составляет план разлива проб из первичных кассет во вторичные, предназначенные для работы в блоке приготовления реакционной смеси. Здесь каждая серия проб во вторичных кассетах проходит исследование только по одной методике. Для проведения исследований по другой методике осуществляется перенастройка блоков и загрузка новой серии проб.

Распределение проб из первичных во вторичные кассеты осуществляется в дозаторе разлива пробы (блок 4). Там в соответствии с заказом врача проба из одной первичной пробирки разливается в точной дозировке по пробиркам нескольких вторичных кассет (блоки 5), количество которых определяется числом требуемых исследований для данного пациента, а объем переносимой дозы — типом исследования.

Гибкие вторичные кассеты на 10 пробирок, предназначенные для проведения определенного анализа, собираются в штативы (блоки 6), где

каждая вторичная кассета устанавливается в лоток, имеющий трехразрядный десятичный номер и соответствующий ему двоичный код для автоматического считывания «вторичного адреса» пробы в блоке приготовления реакционной смеси.

Штатив с вторичными кассетами переносится оператором к блоку приготовления реакционной смеси (блок 8), где в зоне загрузки поочередно устанавливаются на круг БПРС шесть вторичных кассет в лотках. Здесь в процессе пошагового кругового вращения сосудов с пробой к ней добавляются реагенты, заданные биохимической методикой, осуществляются термостатирование и перемешивание реакционной смеси. На определенной позиции круга БПРС подготовленная для измерения оптической плотности реакционная смесь пересасывается из каждой пробирки вторичной кассеты в кювету колориметра (блок 9). Предварительно БПРС, дозаторы реагентов (блоки 7) и колориметр должны быть подготовлены для проведения соответствующего исследования: водяная баня БПРС с помощью термостатирующего устройства должна быть прогрета до температуры, предусмотренной по методике. Дозаторы, участвующие в методике, должны быть заправлены реагентами, а дозирующие пары и магистрали должны быть промыты и носики дозаторов размещены над предусмотренными позициями круга БПРС. Кроме этого в колориметре должен быть установлен соответствующий методике светофильтр.

Вторичная кассета с отработанными пробами выходит из рабочей зоны БПРС в зону загрузки, где она должна быть снята для последующей промывки, а на ее место может быть установлена новая кассета для продолжения исследования по той же методике.

Измерение в колориметре при заполнении кюветы реакционной смесью может быть однократным для метода конечной точки (псевдокинетического) или повторяться через заданные интервалы времени - для кинетического метода.

Результаты измерения накапливаются в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ). По окончании обработки всех проб (или какой-то части проб по запросу оператора) результаты, сгруппированные по адресу

пробы, выводятся на печатающее устройство (блок 19). Отсюда оператор снимает печатный бланк с результатами анализов каждого пациента (блок 20) для вклеивания его в бланк - заказ врача.

СЦУ состоит из следующих устройств: центрального процессора (блок 16), платы ОЗУ и полупостоянного запоминающего устройства (ППЗУ) (блоки 15 и 17), пульта оператора (блок 18), печатающего устройства (блок 19), устройства сопряжения (блоки 10 - 14).

Устройства (блоки 10 – 17) выполнены в виде печатных плат и устанавливаются в корпус микроЭВМ в разъем канала.

СЦУ обеспечивает управление и синхронизацию блоков комплекса, автоматическое построение и корректировку градуировочных кривых (т.е. контроль качества), преобразование информации, сравнение границ нормы и патологии, ввод и хранение исходных данных и программ работы комплекса, вывод информации на печать, контроль входной информации, диагностику и сигнализацию неисправностей.

В оперативную память СЦУ через клавиатуру пульта может вводиться следующая информация: код пациента (первичный адрес пробы), коды видов анализа (методики), коды вторичных адресов проб, коды каждого пациента, состоящие из номера лотка вторичной кассеты и порядкового номера пробы во вторичной кассете, коды вторичных адресов контрольных растворов, номера дозаторов, задействованных на определенных позициях, дата, коды лаборатории, оператора.

Остальные данные, необходимые для управления и обработки информации при выполнении той или иной методики, записываются в ПЗУ. Часть данных, получаемая в период адаптации методик, первоначально заносится в ОЗУ.

Результаты измерения, выходящие за границы нормы для данного биохимического показателя, отмечаются при распечатке.

Использование микроЭВМ создает, кроме того, возможность решения специфических задач (при наличии соответствующего программного обеспечения).

Основные варианты использования комплекса следующие:

- работа с большими сериями проб по одной и той же методике, т.е.

без перенастройки;

- работа с различными сериями проб с выполнением нескольких сменяющих друг друга методик.

При этом переход от методики к методике происходит после большей или меньшей перенастройки.

Каждый из этих вариантов имеет определенные преимущества. Так, работа по одной методике не требует перенастроек, значительно упрощаются операции ввода информации, так как допустим вывод информации по вторичным адресам, которые считываются автоматически, что в совокупности значительно повышает производительность труда и требует достаточно простых операций обслуживания. Кроме того, при этом способе работы возможно и удобно проведение срочных анализов без прерывания автоматического выполнения больших серий проб. При работе по нескольким методикам для одной и той же группы проб или разных групп может быть введена информация о первичных адресах проб (кодах пациентов). После выполнения всех анализов результаты по всем методикам, сгруппированные по адресу пробы, выводятся на бланк, который может быть непосредственно подклеен на бланк-заказ врача.

Первый вариант работы наиболее целесообразен при больших потоках однотипных анализов, например, при диспансеризации населения. Второй вариант позволяет при сравнительно небольших сериях проб обеспечить более высокую степень идентификации и обработки информации.

Модульный принцип конструкции дает возможность получить существенные преимущества при внедрении комплекса в практическую медицину:

- первоначально внедрение отдельных блоков и постепенное наращивание до полного автоматизированного комплекса;
- модификация системы путем замены отдельных модулей на более совершенные или дополнение системы новыми модулями;
- проведение ремонта силами операторов путем замены отдельных устройств или работа в частном режиме с отключением поврежденных модулей на период их замены.

Комплекс обеспечивает механизацию и автоматизацию технического процесса подготовки проб биохиманализа и автоматизацию обработки информации, повышает производительность труда, точность и достоверность биохиманализа.

2.3.2. Установка для радиоиммуннохимических исследований “Наркотест”

Установка “Наркотест” предназначена для определения содержания биологически активных веществ (в том числе наркотических) в жидких пробах с использованием радиоиммуннохимического метода и йода-125. Установка применяется при массовых обследованиях населения, при профилактических работах, при диагностике и лечении заболеваний в таких областях, как токсикология, наркология, эндокринология, педиатрия, онкология, кардиология, акушерство и гинекология, при разработке новых лекарственных средств, при мониторинге окружающей среды.

Технические характеристики установки следующие:

- эффективность регистрации по йоду-125 85%;
- производительность 800 проб./ч;
- чувствительность по йоду-125 $2,7 \times 10$ моль/проба;
- мощность потребления по сети 220 В 200 Вт;
- габариты (со столом) $1200 \times 1145 \times 750$ мм.

В комплект установки входят: анализатор на базе ЭВМ, принтер, клавиатура, видеомонитор, кассеты для загрузки контейнеров с пробами, стол.

Установка оснащена современной микропроцессорной системой с библиотекой программ на 60 диагностических наборов, обеспечивает обработку данных радиоиммуннохимического анализа с помощью высокоэффективных алгоритмов как в автоматическом, так и в ручном режимах. Установка “Наркотест” — первая в мире установка, снабженная программным обеспечением для автоматизированной диагностики заболеваний щитовидной железы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее пособие не претендует на полноту рассмотрения всего существующего парка медицинских лабораторных радиотехнических устройств и приборов. В нем описаны наиболее характерные примеры устройств, приборов и комплексов различных назначений, применяемых в медицинских лабораториях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ливенсон А.Р. Электромедицинская аппаратура. М., 1981.
2. Любина А.Я., Ильичева А.П. Катасонова Т.В., Петросова С.А., Методы клинических лабораторных исследований. М., 1984.
3. Справочник по клиническим лабораторным методам исследований / Под ред. Г.А. Коста. М., 1975.
4. Фросин В.Н., Цибилов В.В. Медицинские стерилизаторы. М., 1981.
5. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. М., 1989.
6. Ковалев В.А., Лебедев О.Л. Электромеханические часы на микросхемах. М., 1985.
7. Дж. Спенс. Экспериментальная электронная микроскопия высокого разрешения. М., 1989.
8. Орлов А.С. Определение степени насыщения циркулирующей крови кислородом по амплитуде пульсовой волны // Мед. техника. 1992. №5. С.41.
9. Иванов Н.Н. Комплекс приборов для микроанализа на базе автоматического колориметра КАМЦ-1 // Мед. техника. 1986. №5. С. 19.
10. Ильченко В.И., Карпов А.И., Тиняков В.Г. Частотные диапазоны для радиовещания, телевидения и любительской радиосвязи // Радиоаматор. 1994. № 2. С.12.
11. Аналитические электронные медицинские приборы и системы / В.Ф.Солодовник, В.А. Шевелев. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1998.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Лабораторные радиотехнические устройства	5
1.1. Термостаты и термометры	5
1.1.1. Общие сведения о термостатах и термометрах	5
1.1.2. Принцип действия и классификация термостатов	6
1.1.3. Ртутные термоконтракторы	8
1.1.4. Термостат ТВЗ-25	11
1.1.5. Термостат суховоздушный ТС-80М-2	12
1.1.6. Стерилизатор суховоздушный СС-80Х	15
1.1.7. Цифровой термометр НР	16
1.1.8. Портативный цифровой термометр ЭКОТ	18
1.2. Фотометры	20
1.2.1. Общие сведения о лабораторных фотометрах	20
1.2.2. Фотоэлектрический колориметр ФЭК-М	22
1.2.3. Колориметр фотоэлектрический одноканальный КФО	23
1.2.4. Спектрофотометры КФК-3, КФК-2МП	24
1.2.5. Турбиниметр-мутномер аналитический АОМ-102	26
1.2.6. Спектрофотометр аналитический медицинский МЕФАН-2001	28
1.3. Центрифуги	30
1.3.1. Общие сведения о лабораторных центрифугах	30
1.3.2. Центрифуга лабораторная ОПн-8	31
1.3.3. Центрифуга лабораторная медицинская РС-6	33
1.3.4. Тахометры лабораторных центрифуг	34
1.4. Часы и таймеры	38
1.4.1. Общие сведения о лабораторных часах и таймерах	38
1.4.2. Лабораторные часы	39
1.4.3. Лабораторные таймеры	41
1.5. Электронные весы и дозаторы	43
1.6. Устройства для электрофореза	45
1.6.1. Общие сведения о лабораторном электрофорезе	45
1.6.2. Источники переменного тока электрофоретических установок	46
1.6.3. Источники постоянного тока электрофоретических установок	48

1.7. Электронные микроскопы	49
1.7.1. Общие сведения об электронной микроскопии	49
1.7.2. Просвечивающий электронный микроскоп ПЭМ-100 ...	50
1.7.3. Растровый электронный микроскоп	51
2. Медицинские лабораторные приборы	53
2.1. Лабораторные приборы для исследования крови	53
2.1.1. Общие сведения о приборах для исследования крови	53
2.1.2. Гемоцитометр автоматический ГЦМА-01В	54
2.1.3. Гемоглобинометр фотоэлектрический ГФ-Ц04	56
2.1.4. Глюкоанализатор ЭСКАН-Г	58
2.1.5. Гемокоагулометр ГКМ-01	60
2.1.7. Фотодинамический гемокоагулометр ФГК	62
2.2. Универсальные лабораторные приборы	66
2.2.1. Автоматический цифровой осмометр ОМКА1Ц-01	66
2.2.2. Общие сведения о рН-метрах	70
2.2.3. Универсальный иономер ЭВ-74	71
2.2.4. рН-метр по авторскому свидетельству № 918839	73
2.3. Комплексы лабораторных приборов и устройств	75
2.3.1. Комплекс приборов для биохиманализа	75
2.3.2. Установка для радиоиммунохимических исследований “Наркотест”	81
Заключение	82
Список использованной и рекомендуемой литературы	83