

Рис. 65. Вариант включения конъюнкторов для $VD_n = 2$ и $VD_m = 34$

И с таким прибором направляются к уличному табло, на котором указан D_ϕ — уровень радиационного фона в данном месте (датчик обычно находится где-то поблизости) и в данный момент. И фиксируется $N_{изм}$ — среднее значение нескольких сделанных здесь измерений. Для того чтобы на шкале прибора была цифра, соответствующая D_ϕ (а не $N_{изм}$), время измерения должно быть равно $t_{изм} = D_\phi \cdot 60/N_{изм}$, а вместо N'_0 должно быть набрано число $N_0 = N_0 \cdot t_{изм}/60$.

Так, например, если на месте измерения уровень радиационного фона был $D_\phi = 12$ мкР/ч, а прибор с выставленным $N_0 = 4$ показал $N_{изм} = 21$, то длительность измерительного интервала должна быть сокращена до $t_{изм} = D_\phi \cdot 60/N_{изм} = 12 \cdot 60/21 \approx 34$ с, а «слепыми» должны быть лишь $N'_0 = N_0 t_{изм}/60 = 4 \cdot 34/60 \approx 2$ импульса. То есть, конъюнкторы R7, VD_n и R10, VD_m должны быть закоммутированы так, как показано на рис. 65.

Продуктовый дозиметр

Интенсивность поля ионизирующей радиации D , создаваемого точечным источником, зависит от r — расстояния до него, как $D = k/r^2$ (k — коэффициент, в который вошло все, что влияет на D , но не касается интересующей нас здесь геометрии). Это если радиационных потерь нет «по дороге». Иными словами, сближение даже относительно слабого источника радиации с «мишенью» может повести к сильнейшему ее облучению, пусть и очень локальному, почти точечному. Но может ли такое быть?

¹ Поскольку прямое определение спонтанной импульсации N_0 счетчика Гейгера невозможно (на Земле нет мест, где $D_\phi = 0$), и этого параметра нет в справочных данных счетчиков, некоторые представления о N_0 можно получить по фоновой скорости счета и радиационной чувствительности счетчика (D_ϕ сводят к нулю экстраполяцией).

$t_{изм} = 60$ с должна быть набрана в конъюнкторе VD_m . То есть нужно закоммутировать оба эти конъюнктора так, как показано на рис. 62.

Но это частный случай. В общем случае это делают так. В конъюнкторе VD_n набирают число¹ N_0 , а в конъюнкторе VD_m — экспозицию 60 с.

О «горячих» частицах, разносимых ветрами микрофрагментов Чернобыльского реактора и легко проникающих в организм человека, тогда не писали. Да и теперь об этом мало что известно. А потому не будет лишним процитировать следующее:

...«Как правило, доза радиации, полученная людьми в результате Чернобыльской катастрофы, ничтожна — 0,1—0,2 бэр, то есть в 100 раз меньше, чем люди получают при рентгеноскопии желудка. Но среди здоровых клеток в организме жителей загрязненного региона оказались клетки с десятками хромосомных нарушений, таких, как если бы человек попал под безусловно смертельное облучение мощностью в тысячи рад. По всей видимости, в организме таких людей есть альфа-излучатель, скорее всего, крупица плутония, настолько маленькая, что ее присутствие невозможно зарегистрировать современными приборами. Альфа-частицы, пролетая сквозь клетки, находящиеся на их пути, «рвут» множество хромосом. Никто сейчас не знает, опасно ли это и к каким последствиям может привести в будущем». (Директор Гематологического научного центра РАМН акад. А. Воробьев. Чернобыль — это взрыв невежества//Общая газета. 2001. 26.04—7.05)

Итак, опасно ли это?

В живом есть две как минимум структуры, микроповреждение которых может стать началом самых нежелательных процессов, дальнейший ход которых с радиацией уже никак не будет связан.

Прежде всего, это относится к клетке¹ — структурной основе всего живого. Клетки постоянно делятся, но в сформировавшемся организме появление новых клеток призвано лишь компенсировать отмирание старых. Однако облучение клетки может разрушить этот отслеживающий механизм деления, может заменить его другим, примитивным, порождающим новые клетки автоматически, без какой-либо надобности в них. Этот процесс называют раковым ростом ткани. Между первопричиной — ракообразующим повреждением клетки (группы клеток) — и следствием — формированием несовместимой с жизнью опухоли — могут пройти годы и десятилетия.

Другая биологическая структура — ген, большая молекула — носитель наследственной информации. Интенсивное облучение может повести к новому состоянию гена, к его мутации, с которой будет связано дефективное развитие потомства облученного. Здесь время, отделяющее первопричину от следствия (рождение дауна, например), исчисляется уже поколениями.

¹ Размеры клеток варьируют в широких пределах: от 0,1—0,25 мкм (некоторые бактерии) до 150—160 мм (яйцо страуса). Наиболее мелкие тканевые клетки животных — например, клетки мозжечка — имеют длину около 4 мкм.

И хотя все это носит вероятностный характер, а задержка «наказания» не позволяет в каждом отдельном случае с уверенностью связывать причину и следствие, накопившийся статистический материал никаких сомнений в той и другой связи уже не оставляет...

Но каким образом может произойти столь нежелательное сближение источника радиации с живыми структурами? Основных путей два: радионуклиды могут попасть в организм человека с пищей или вдыхаемым воздухом. Возможно их попадание и через кожные покровы, особенно поврежденные.

Из всего этого следует, что даже слабое по обычным меркам радиационное загрязнение продуктов питания не может быть оставлено без внимания. И то, что обычный бытовой дозиметр, поднесенный к сомнительному продукту, ничего особенного не показывает, вовсе не означает, что этот продукт и на самом деле «чист». И хотя «нормы» допустимого радиационного загрязнения продуктов питания с тысяч Бк/кг, которые были законными совсем недавно, сегодня снижены до 300, 100, 40 и даже 8 Бк/кг, но и они далеки от первозданной радиационной чистоты пищевых продуктов (см. табл. П4.2 в прил. 4).

Конструктивно продуктовый дозиметр выполняют обычно в виде измерительной головки, расположенной над кюветой с исследуемым продуктом, и электрически связанного с ней анализирующего блока.

Измерительные головки

Все рассмотренные ниже радиационные головки выполнены по принципиальной схеме, приведенной на рис. 66.

Высокое напряжение, нужное для питания счетчика Гейгера, формируется подобно тому, как это сделано в описанных выше приборах. Отличие лишь в том, что здесь напряжение питания блокинг-генератора стабилизировано. Стабилизатор выполнен на транзисторах VT1 и VT2 и стабилитроне VD4, работающем на микротоках. Напряжение на выходе стабилизатора +6 В.

На микросхеме DD1 построен формирователь, преобразующий высокоимпульсный импульс напряжения, возникающий на аноде счетчика Гейгера в момент его возбуждения ионизирующей частицей, в прямоугольный импульс длительностью $t_{имп} \approx 0,7 \cdot R10 \cdot C7 = 0,7 \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 4700 \cdot 10^{-12} \approx 0,4$ мс на низкомомном выходе, который может быть передан без заметных искажений по длинной проводной линии.

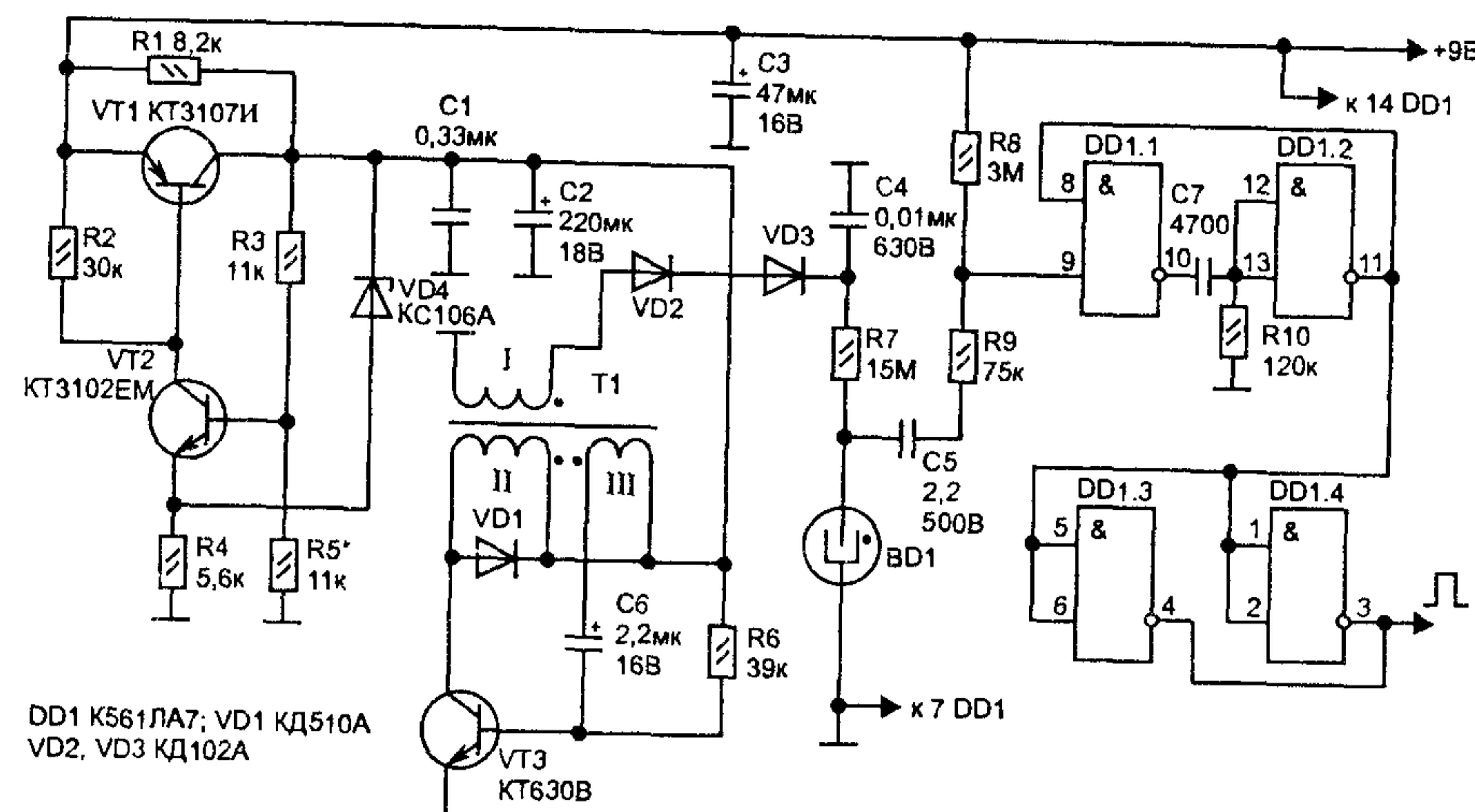


Рис. 66. Принципиальная схема головки продуктового дозиметра

Измерительные головки продуктового дозиметра отличаются лишь счетчиками Гейгера (СБТ10, СИ8Б или блок из шести СБМ20), конфигурацией печатной платы, конструкцией корпуса и измерительной кюветы. В остальном они идентичны.

Почти все резисторы МЛТ-0,125 (R7 — КИМ-0,125). Конденсаторы: C1, C7 — КМ-6 или К10-17-26; C2 — Gloria или любой другой габаритами $\varnothing 6 \times 13$ мм; C3 — К50-40; C4 — К73-9; C5 — КД-26; C6 — К53-30.

Обмотка I трансформатора T1 содержит 420 витков провода ПЭВ-2-0,07, обмотка II — 6 витков провода диаметром 0,15...0,2 мм в произвольной изоляции, обмотка III — 2 витка тем же проводом. Технология изготовления трансформатора и особенности его монтажа описаны выше (см. рис. 16).

Счетчик СБТ10 — лучший счетчик Гейгера для продуктового дозиметра. Печатная плата для головки с этим счетчиком (ее изготавливают из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм) показана на рис. 67 (а — монтажная ее сторона, б — размещение деталей). Монтаж производят как обычно (см. рис. 12—14).

Корпус головки склеивают из листового ударопрочного полистирола толщиной 2 мм (рис. 68). Корпус имеет внутреннюю перегородку, к одной стороне которой крепят счетчик Гейгера, к

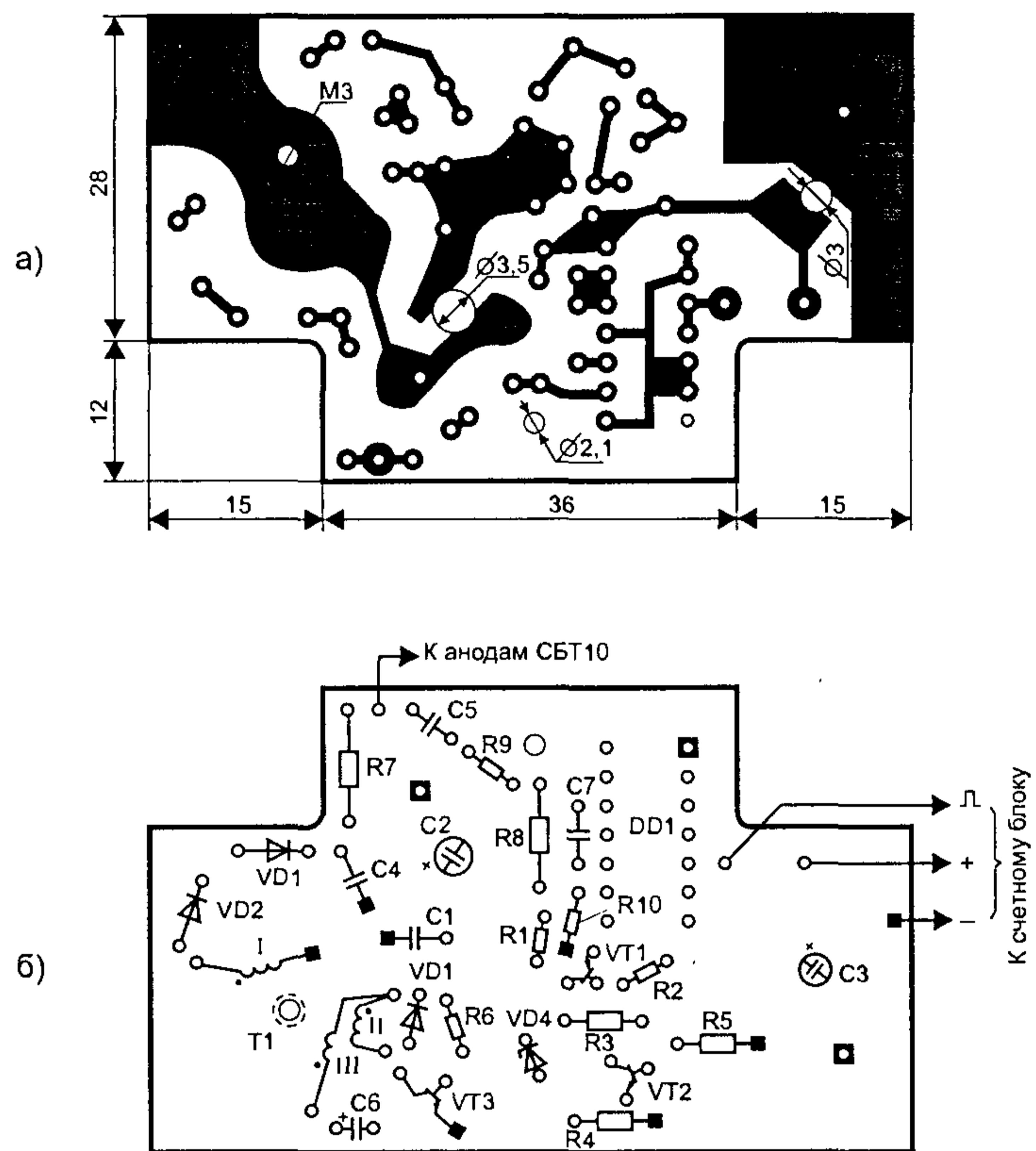


Рис. 67. Печатная плата головки под счетчик СБТ10

другой — винтом М2 к стойке А — смонтированную и вставленную в пазы С плату. Габариты корпуса: в плане — 93 × 73 мм (ширина самого счетчика — 68 мм), высота корпуса — 57 мм. Расстояние между обрезом корпуса и самим счетчиком не должно превышать 1...2 мм. С внешней стороны на корпус наклеивают полоски полистирола (А на рис. 69), которыми он будет опираться на выступы В на измерительной кювете.

Счетчик СБТ10 имеет 10 отдельных секций. Но поскольку в продуктовором дозиметре он не будет работать на предельных скоростях, то к выводам 1—10 припаивают объединяющую его аноды тонкую проволочку. Вывод 11 счетчика (катод) соединяют с нуль-фольгой платы.

Линией, связывающей измерительную головку с анализирующим блоком, может служить любой достаточно мягкий трехжиль-

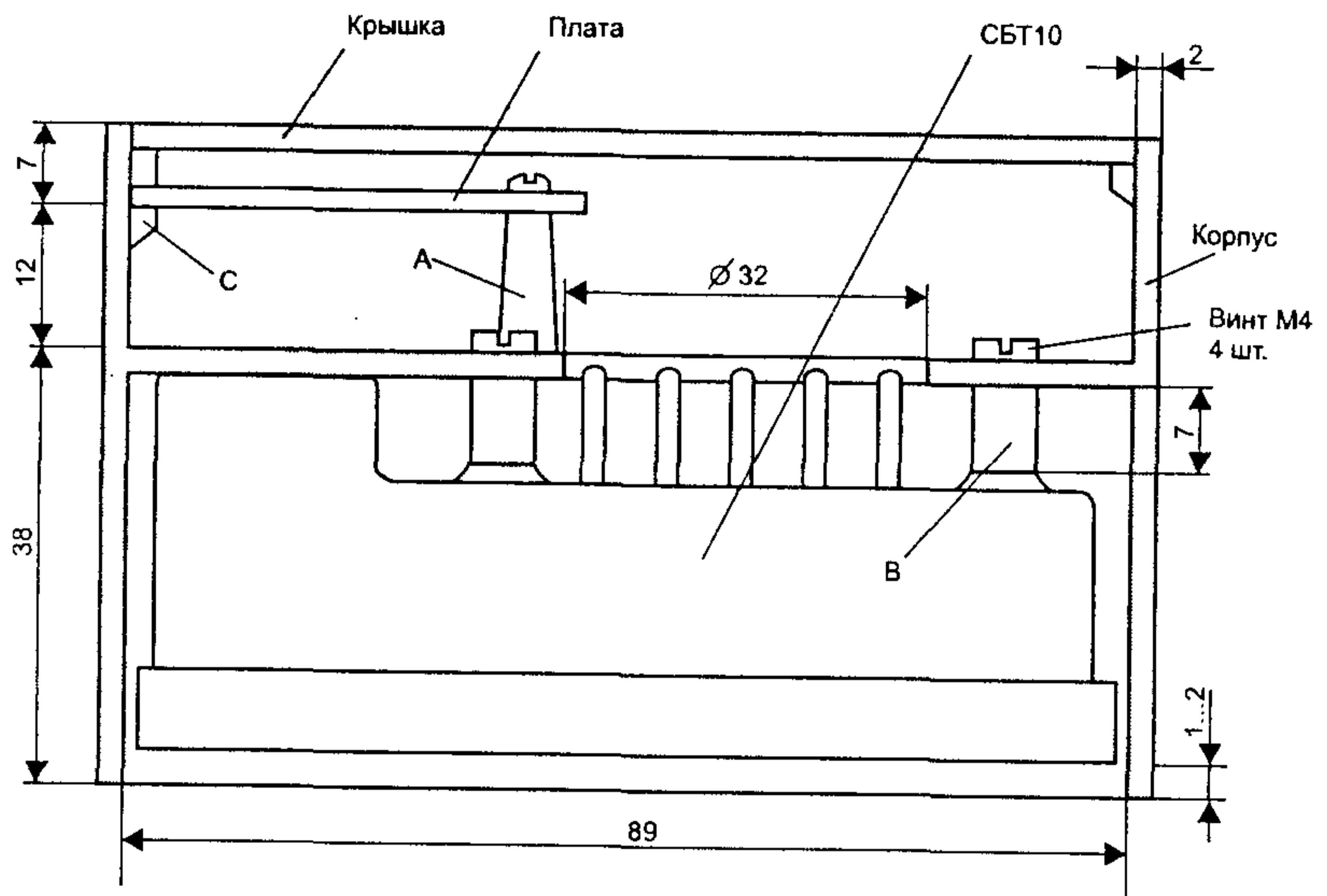


Рис. 68. Конструкция головки

ный кабель. Его нетрудно изготовить и самому. В снятую с какого-либо провода экранирующую оплетку вводят два многожильных провода в тефлоновой изоляции, и все это вводят в виниловую трубку подходящего диаметра.

Измерительную кювету изготавливают из того же листового полистирола, что и корпус головки (рис. 69). В плане она имеет те же размеры — 93 × 73 мм. Глубина кюветы должна быть не менее 25 мм.

В процессе измерения головка будет стоять на кювете, опираясь на В — наклеенные на ее бока полоски полистирола. В кювете такой конструкции нетрудно выгладить поверхность продукта, срезав его излишки, например, линейкой.

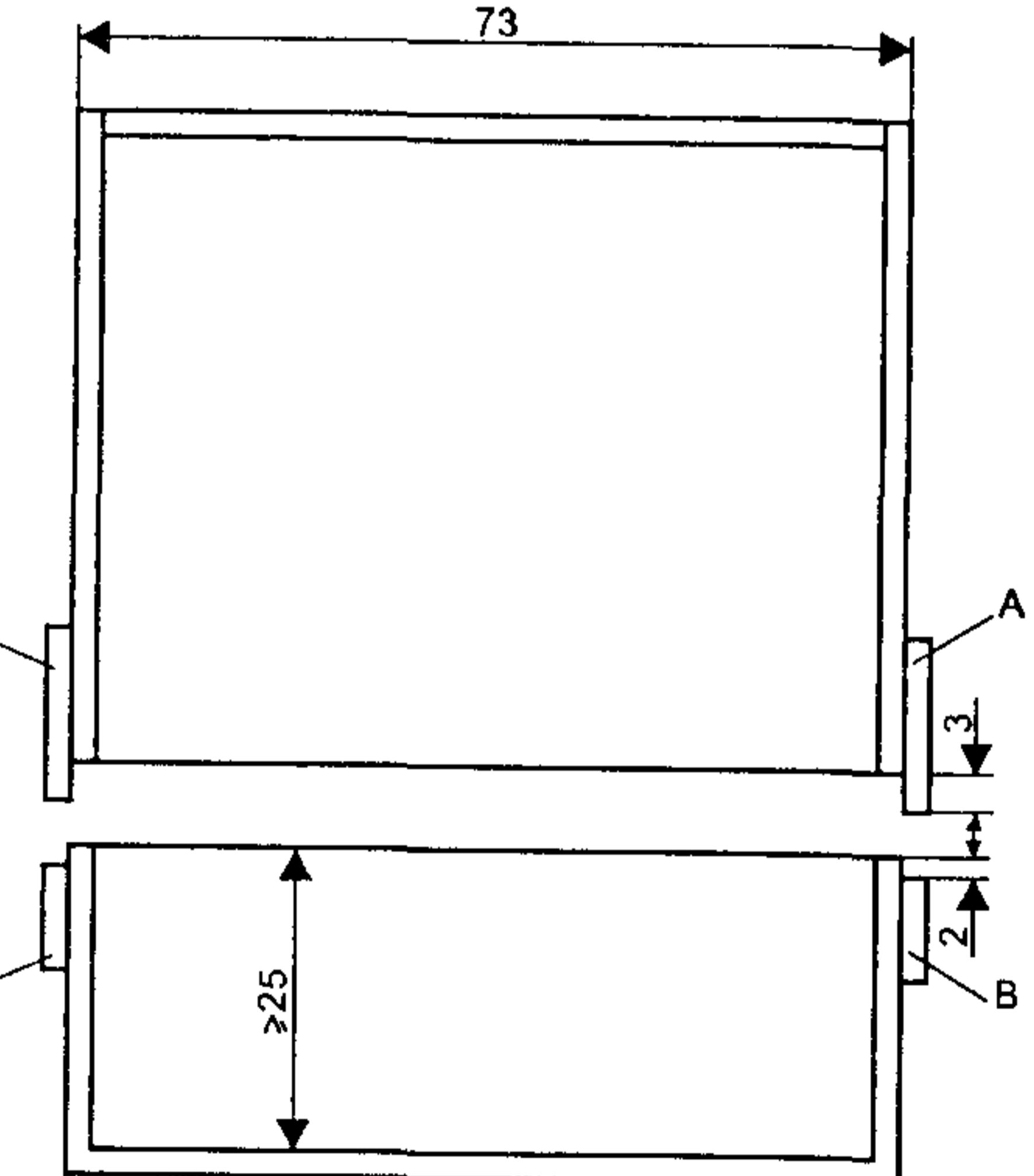


Рис. 69. Головка дозиметра и измерительная кювета

Счетчик СИ8Б по эффективности почти не уступает счетчику СБТ10. Этот счетчик также имеет большое слюдяное «окно», но поскольку он круглый, то соответствующую форму имеет печатная плата этой головки и ее корпус.

Хотя принципиальная схема головки изменилась не претерпела, логические элементы микросхемы DD1 здесь включены по-другому (рис. 70).

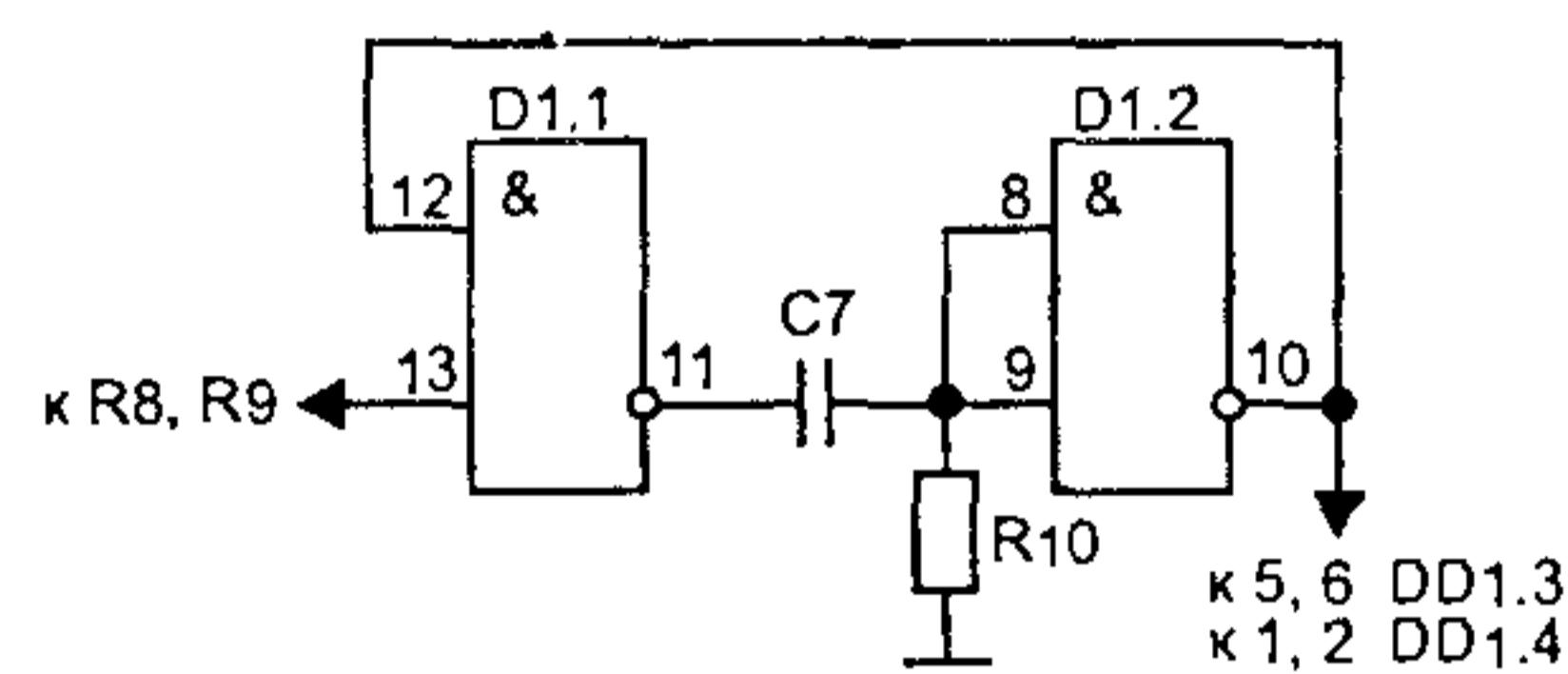


Рис. 70. Вариант включения микросхемы DD1

Печатную плату изготавливают из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На рис. 72, а показана монтажная се сторона, на рис. 72, б — размещение деталей.

В плату с двух сторон впаивают четыре гнезда под 2,5-мм штыри от подходящего разъема (два штыря в СИ8Б — холостые). Их достаточно и для механического крепления счетчика.

Корпус головки изготавливают из круглой коробки, имеющей внутренний диаметр не менее 81 мм и глубину 37 мм (рис. 71). Полностью смонтированная плата со вставленным счетчиком крепится тремя длинными (≥ 15 мм) винтами M2,5.

Диаметр измерительной кюветы должен быть примерно равен диаметру корпуса головки (больше диаметра счетчика и не больше диаметра корпуса). На корпус и на кювету должны быть наклеены

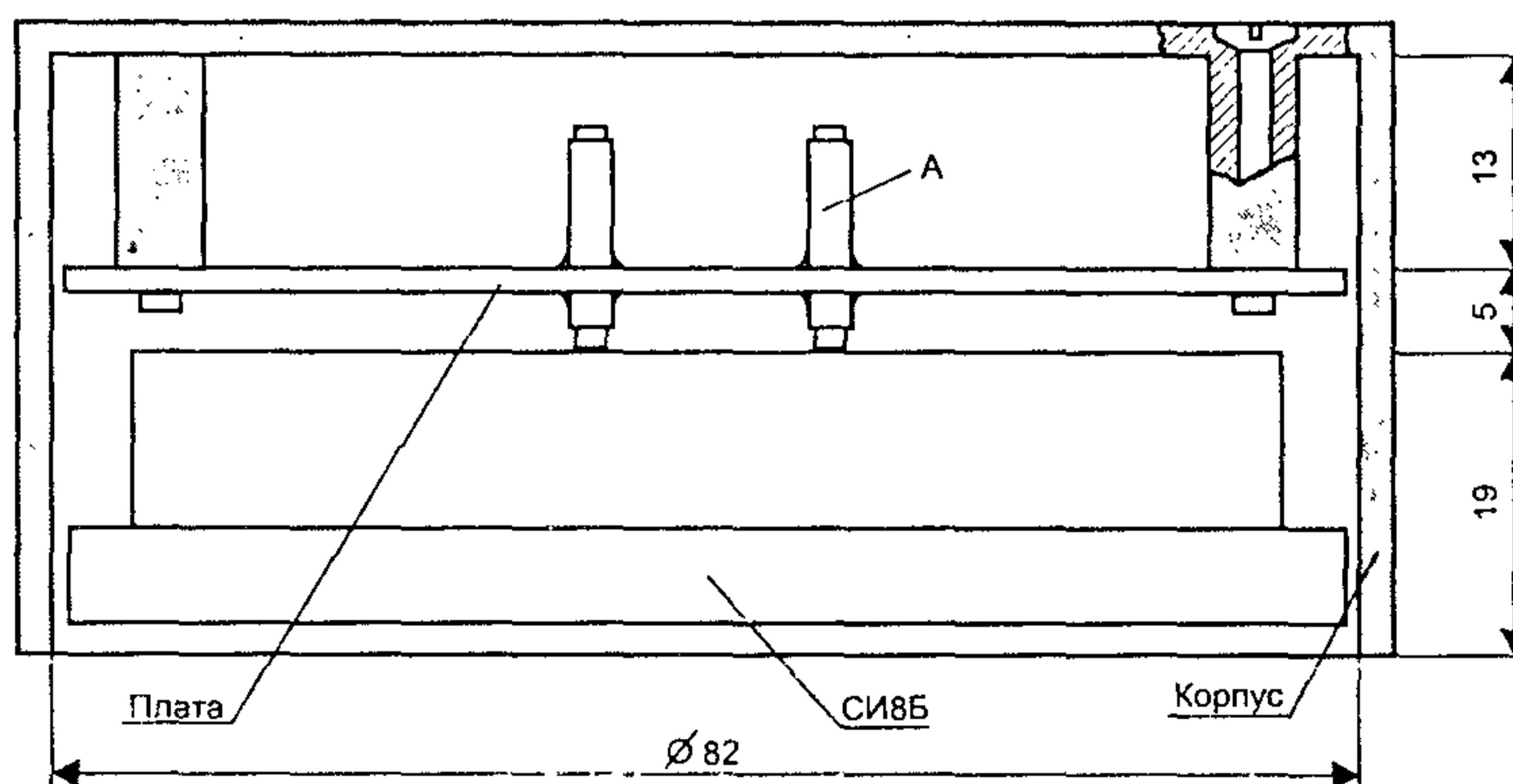


Рис. 71. Конструкция головки

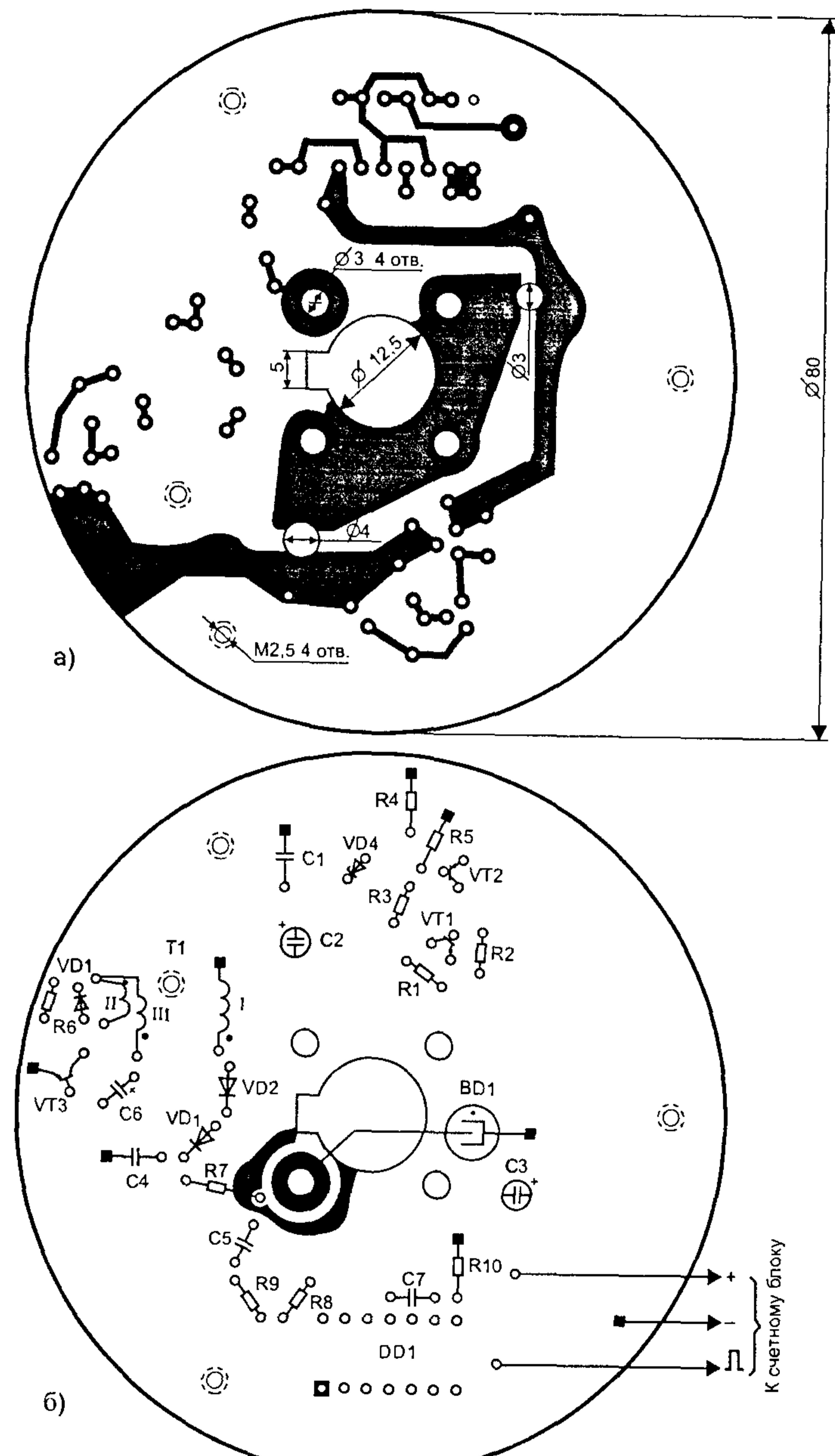


Рис. 72. Печатная плата головки под счетчик СИ8Б

опоры, фиксирующие зазор между корпусом и срезом кюветы в пределах 1...2 мм, подобно тому как это сделано в предыдущей конструкции.

Счетчик СБМ20 также может быть использован в продуктном дозиметре. Правда, для компенсации относительно невысокой его радиационной чувствительности потребуется использовать несколько таких счетчиков. К сожалению, резкое снижение чувствительности металлических счетчиков в области мягких β -излучений ничем не может быть компенсировано.

Плата, на которой устанавливают шесть счетчиков СБМ20, показана на рис. 73. Ее изготавливают из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

Электронную часть головки размещают на другой плате (изменения в принципиальной схеме, показанные на рис. 70, относятся и к ней). Ее изготавливают из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На рис. 74 показана монтажная се сторона (*a*) и размещение деталей (*b*).

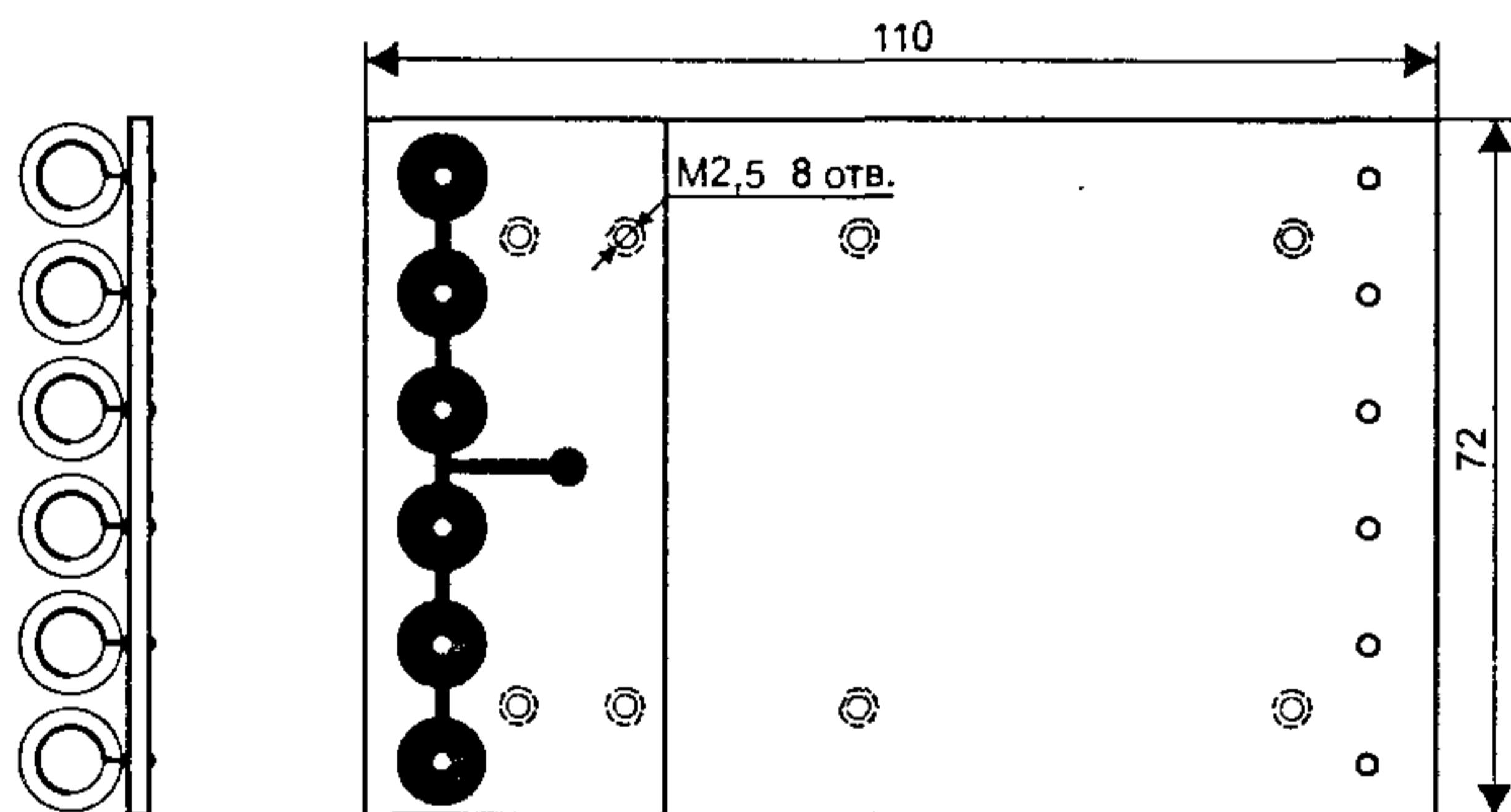


Рис. 73. Плата под счетчики СБМ20

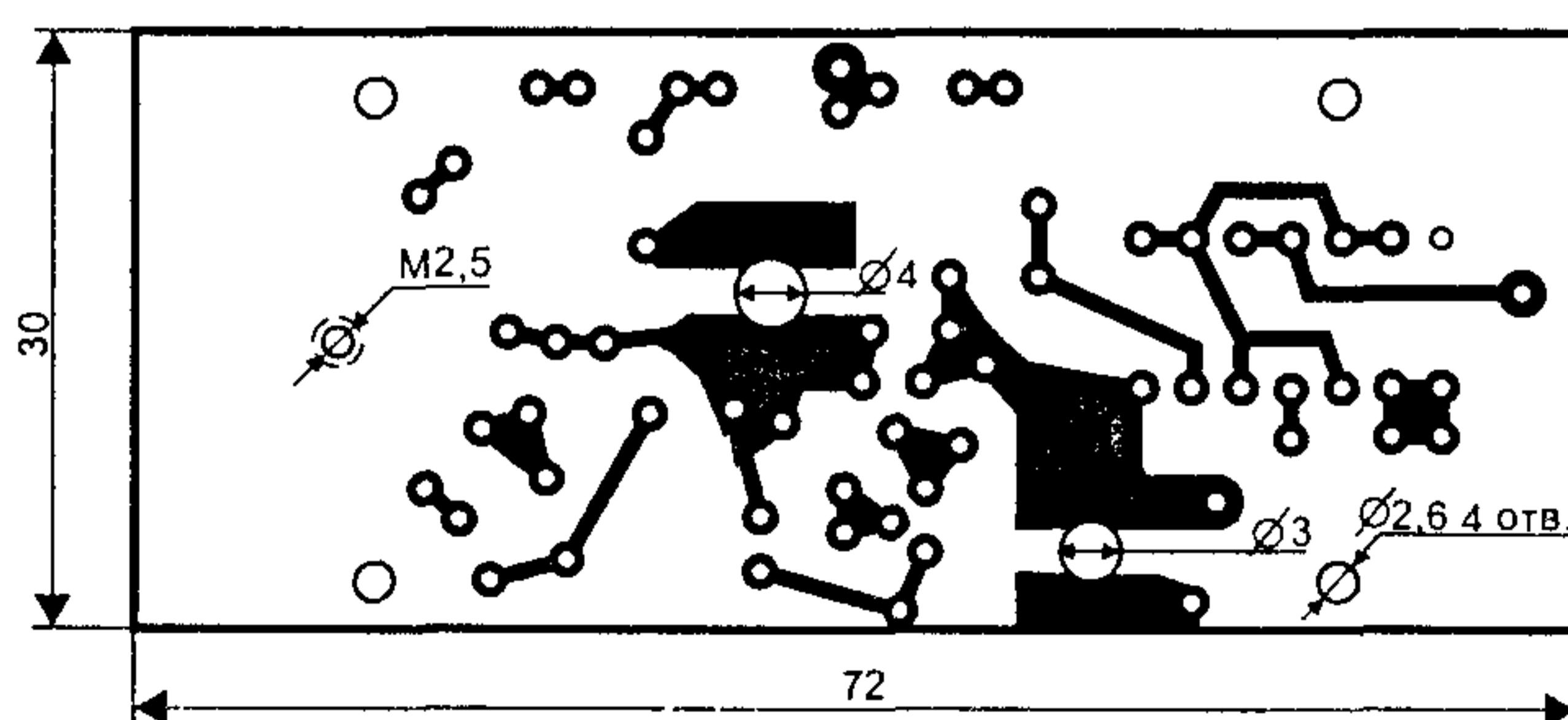


Рис. 74, а. Печатная плата электронного блока

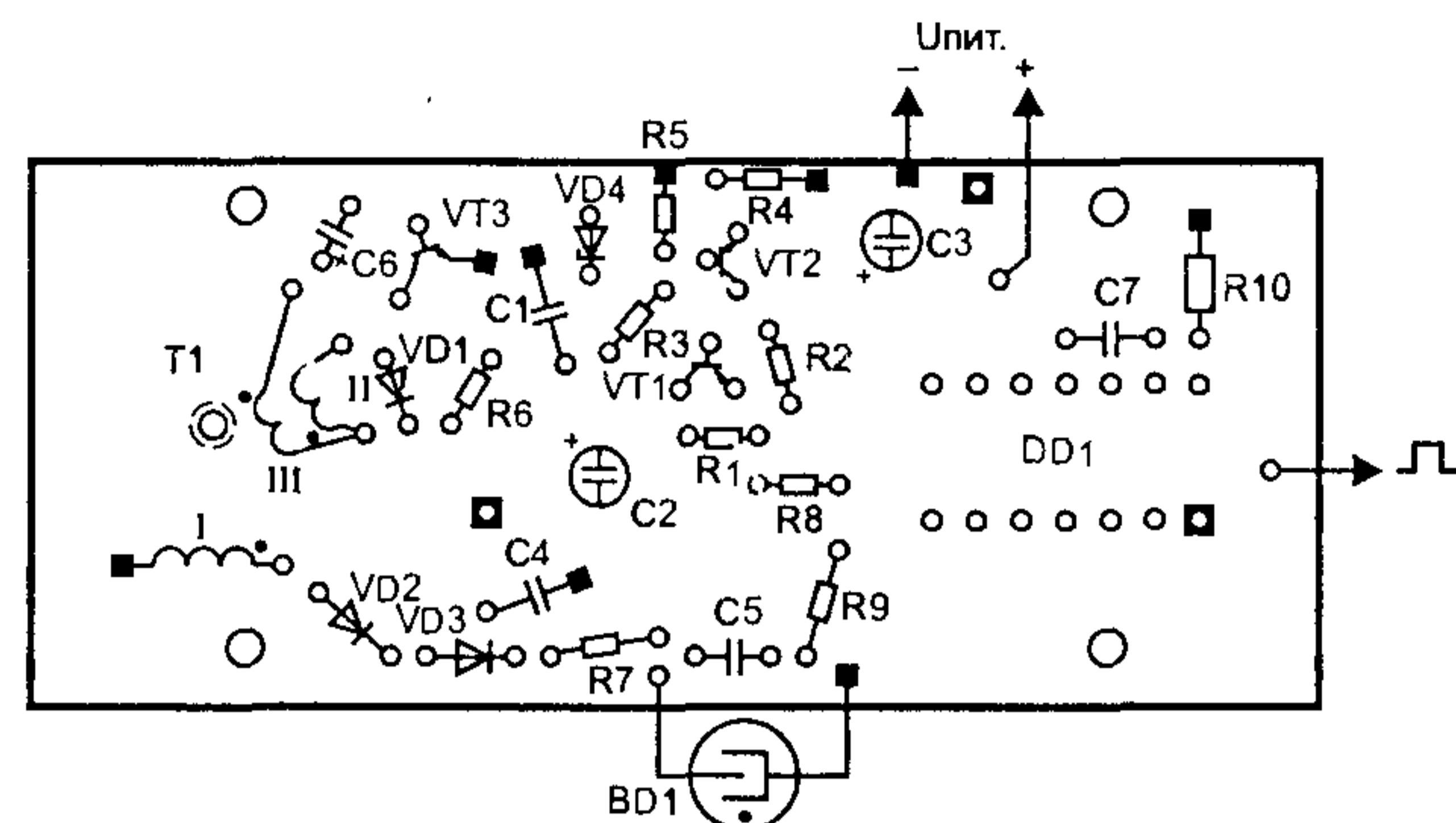


Рис. 74, б. Печатная плата электронного блока

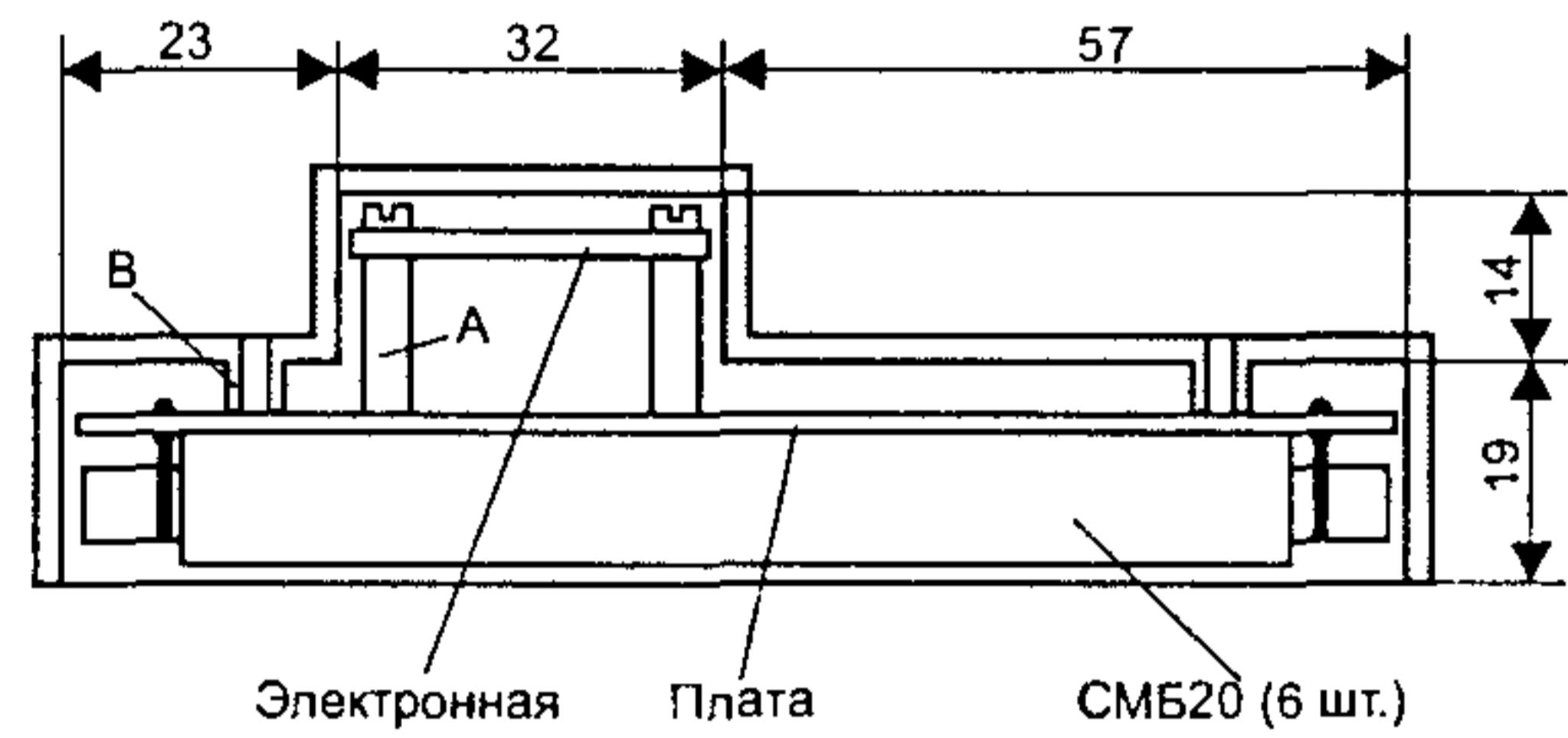
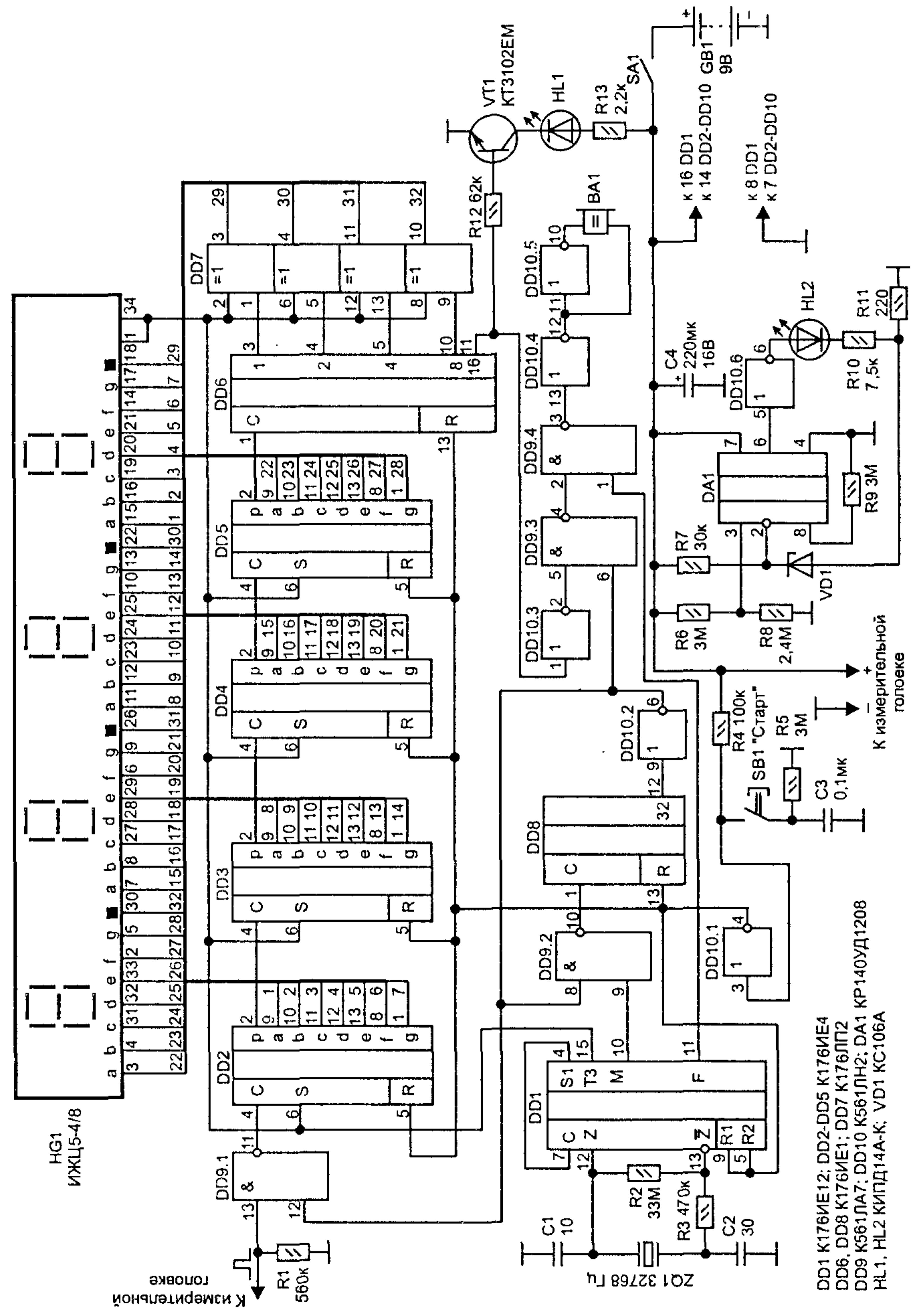


Рис. 75. Компактная головка со счетчиками СБМ20

Электронную плату устанавливают на плату счетчиков на четырех трубчатых опорах А высотой 14 мм и крепят винтами M2,5 × 16 мм. Собранный блок устанавливают в корпус на опорах В (рис. 75) и крепят четырьмя винтами M2,5 × 10 мм. Материал корпуса — листовой ударопрочный полистирол толщиной 2 мм.

Анализирующий блок

Его принципиальная схема приведена на рис. 76. Основа блока — пятиразрядный счетчик, выполненный на микросхемах DD2-DD6. Состояние четырех его младших разрядов отображается на жидкокристаллическом табло HG1 как обычно — четырьмя десятичными символами, а состояние старшего (счетчика DD6) — в двоичном коде на децимальных точках (заметим, что такая не слишком наглядная его индикация потребуется лишь при калибровке прибора — при обычных измерениях счетчик DD6 почти всегда остается в нулевом состоянии).



Тактовый генератор анализатора, работающий на частоте кварцевого резонатора ZQ1, выполнен на микросхеме DD1. На ее выходе T3 (выв. 15) формируются прямоугольные импульсы, следующие с частотой 128 Гц. Они используются для управления жидкокристаллическим табло. С выхода F (выв. 11) снимаются импульсы, следующие с частотой 1024 Гц, которые необходимы для формирования звукового сигнала. С выхода M (выв. 10) — импульсы, период следования которых — 1 мин (первый фронт — переход их из 0 в 1 — появляется через 39 с после сброса DD1).

Измерительный интервал формирует счетчик DD8: сигнал 1 на его выходе 32 (выв. 12) появится через 31 мин 39 с после общего сброса системы. Это поведет к тому, что, во-первых, сигналом 0 на входе 12 DD9.1 будет остановлен дальнейший счет в DD2-DD6, а во-вторых, сигнал 1 на входе 2 DD9.4 разрешит возбуждение акустической головки ВА1. То есть, прибор зафиксирует результат измерения и пригласит ознакомиться с ним.

В том случае, если активность у измеряемого продукта будет чрезмерно высока (чрезмерно — для прибора, поскольку максимальное число, которое может быть на его табло, — 159 999), на выходе 16 DD6 возникнет сигнал 1, что приведет к немедленному включению тревожного красного светодиода HL1 и звукового сигнала.

Общий сброс системы и начало нового цикла измерения осуществляют нажатием кнопки SB1 (на входах R всех счетчиков дозиметра возникает «единичный» импульс длительностью $t_{\text{сбр}} \approx 0,7 \cdot R_4 \cdot C_3 = 0,7 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 7 \text{ мс}$).

На стабилитроне VD1, работающем в режиме микротоков, и операционном усилителе DA1 собрано пороговое устройство, включающее светодиод HL2 при снижении напряжения питающей батареи до уровня +6,3...6,5 В (это минимальное напряжение на входе стабилизатора измеряющей головки, при котором напряжение на его выходе остается неизменным).

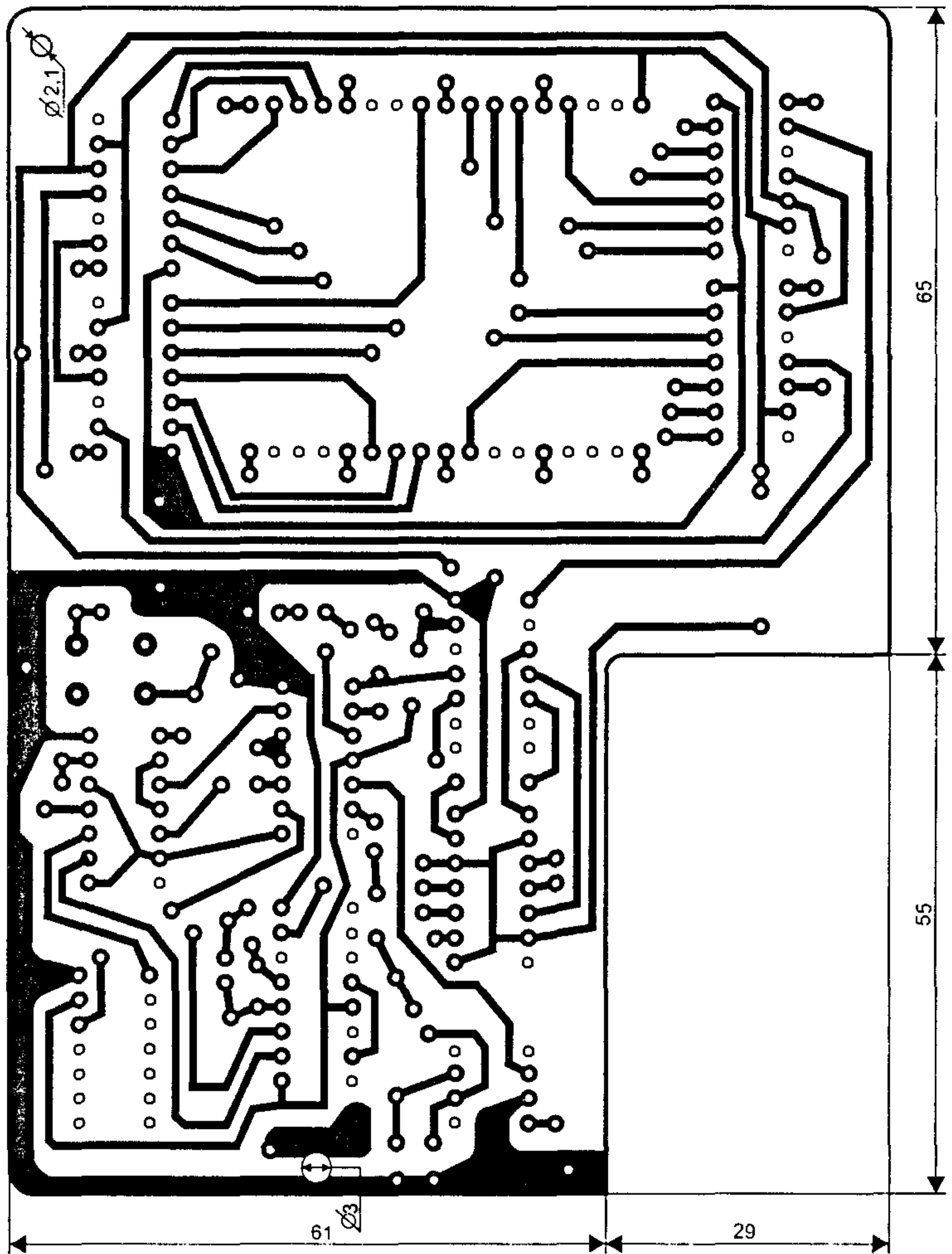


Рис. 77, а. Печатная плата анализирующего блока

Передней панелью прибора служит пластина размером 122 × 92 мм, изготовленная из ударопрочного полистирола толщиной 2,5 мм (рис. 78), к которой приклеена перегородка для «Корунда» и стойка с запрессованным в нее металлическим вкладышем, имеющим резьбу под винт M2.

В передней панели делают вырез диаметром 30 мм под пьезоизлучатель ЗП-1 или ЗП-22, к которому снаружи приклеивают декоративную решетку В. Против табло в панели делают пря-

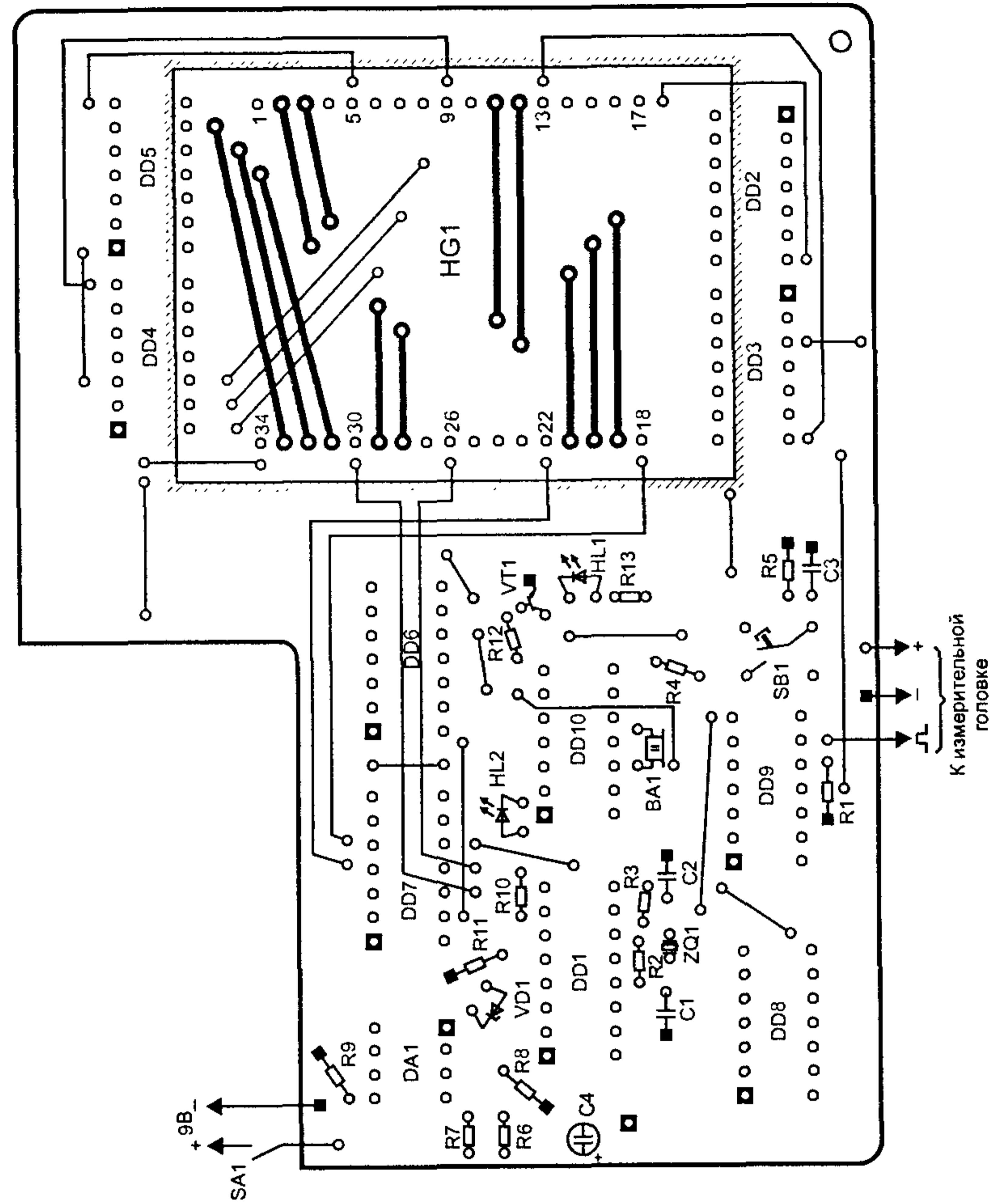


Рис. 77, б. Печатная плата анализирующего блока

угольный вырез, к которому приклеиваются сужающиеся бленду А, нижний срез которой, во избежание повреждения табло, должен немного до него не доходить. На рисунке не показаны отверстия под светодиоды HL1, HL2 и кнопку SB1 — их уточняют по месту. На передней панели монтируют и выключатель SA1. Его крепят короткими винтами M2 (резьба в панели).

Полностью смонтированную плату вводят в пазы — короткие полистироловые полоски, приклевыеенные к выгородке, — и крепят к стойке единственным винтом M2.

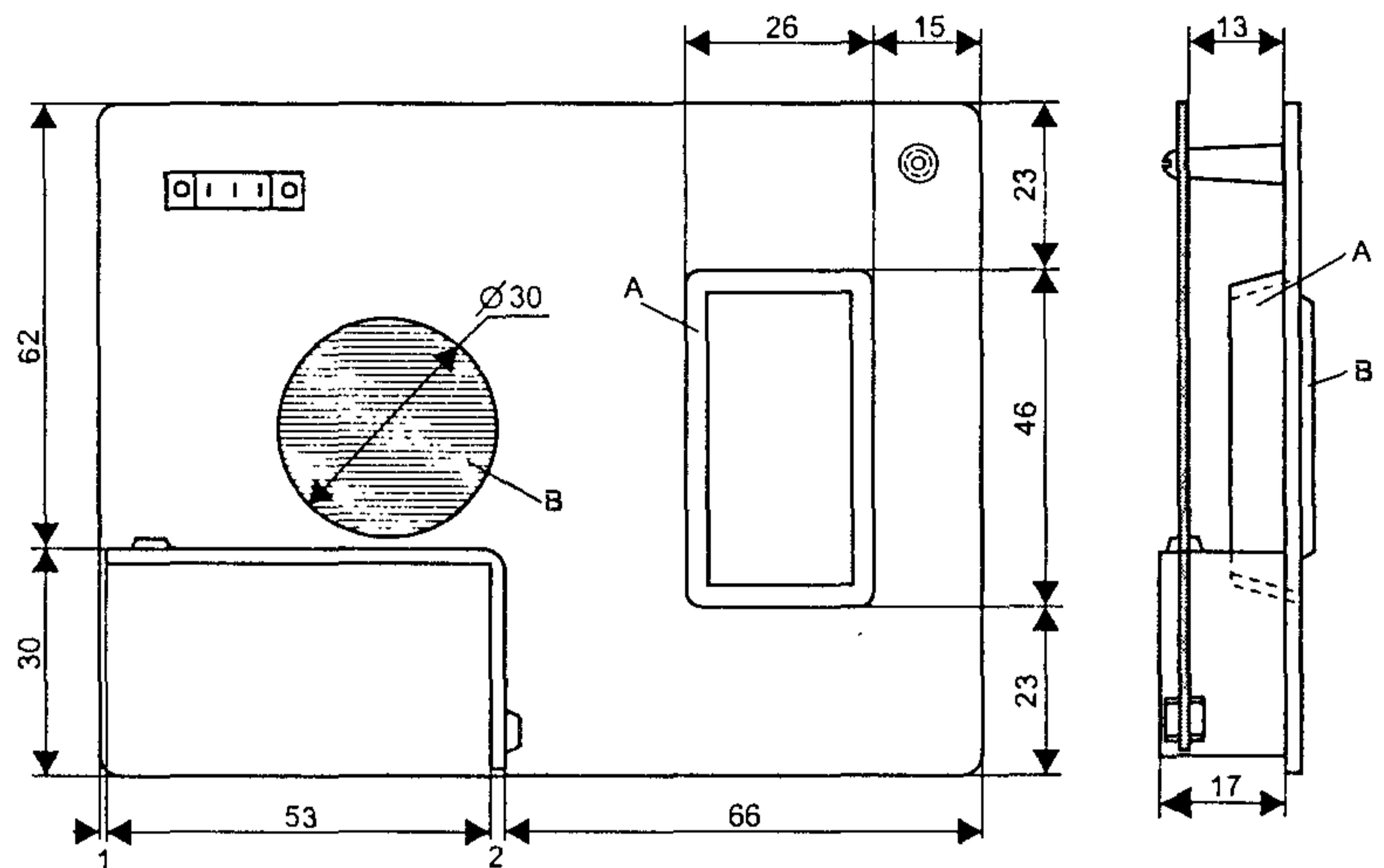


Рис. 78. Передняя панель дозиметра

Корпусом анализирующего блока служит коробка стандартного размера $125 \times 95 \times 23$ мм (автор использовал коробку из-под шашек), в боковой части которой делают отверстие для пропуска трехжильного кабеля, соединяющего блок с измерительной головкой.

В правильно собранном приборе остается лишь выставить напряжение питания блокинг-генератора в измерительной головке: подбором сопротивления резистора R5 (см. рис. 66), его устанавливают в пределах $+6\ldots 6,2$ В. Светодиод HL2 должен включаться при снижении напряжения питания до $U_{пит} = +6,4\ldots 6,6$ В. Этот порог устанавливают подбором сопротивления резистора R8 или R6 (см. рис. 76).

Собранный прибор необходимо откалибровать, то есть как-то связать его показания с радиоактивностью находящегося в кювете продукта. Сделаем это, не прибегая к посторонней помощи¹.

¹ Ссылки на недостаточную корректность радиационных измерений самодельными приборами — обычная претензия профессионалов. Но трудно поверить, что их и на самом деле заботят возможные ошибки (кстати, радиолюбительский дозиметр если и ошибается, то в сторону недооценки истинного загрязнения). Лишить человека возможности оценивать радиационное загрязнение самостоительно, помешать ему в этом своей обязательной «помощью», отбить охогу заниматься конструированием соответствующей аппаратуры научообразной экспертизой — не это ли истинная цель?

Метод измерения, которым мы воспользуемся, называется измерением «в толстом слое». Его идея состоит в том, что в достаточно толстом слое продукта ионизирующее излучение из нижних его слоев, будучи поглощенным верхними, уже мало что будет значить¹.

Поставим измерительную головку на пустую или наполненную водой (радиационно чистой, разумеется) кювету и выполним одно за другим не менее десяти измерений. Вычислим N_Φ — среднее значение полученных величин, а по отклонениям каждого измерения от N_Φ — среднюю квадратичную ошибку² измерения ΔN_Φ .

Итак, имеем $N_\Phi \pm \Delta N_\Phi$, где N_Φ — число, соответствующее уровню естественного радиационного фона, а ΔN_Φ — неточность определения N_Φ , первопричиной которой является краткость замера.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты:

Для дозиметра со счетчиком СБТ10 $N_\Phi = 3500$, $\Delta N_\Phi = 60$,

Для дозиметра со счетчиком СИ8Б $N_\Phi = 3203$, $\Delta N_\Phi = 52$,

Для дозиметра со счетчиками³ СБМ20 $N_\Phi = 3370$, $\Delta N_\Phi = 60$.

Для оценки радиационной чувствительности прибора нам потребуется образцовый источник радиации. В этом качестве используем вещество, богатое калием. Как уже указывалось, природная смесь изотопов калия содержит и калий-40 (0,0118%) — β -, γ -излу-

¹ Метод «толстого слоя», позволяющий оценивать радиационное загрязнение продукта в $\text{Бк}/\text{кг}$ даже без его взвешивания, широко использовался и еще используется в пунктах дозиметрического контроля наших СЭС. И хотя уже начала появляться спектрометрическая аппаратура, ее стоимость слишком высока не только для частного лица, но и для многих организаций.

² Процедура вычисления средней квадратичной ошибки описана практически во всех справочниках, имеющих раздел статистики. Но чтобы не отсыпал к ним читателя, воспроизведем ее.

Сначала вычисляют среднее арифметическое измерений:

$$N = (N_1 + N_2 + \dots + N_{n-1} + N_n)/n,$$

где N_i ($i = 1, 2, \dots, n-1, n$) — результат, полученный при i -том измерении; n — число измерений.

Затем для каждого N_i вычисляют $(N_i - N)^2$, эти величины суммируют

$$M = (N_1 - N)^2 + (N_2 - N)^2 + \dots + (N_{n-1} - N)^2 + (N_n - N)^2$$

и вычисляют среднюю квадратичную ошибку измерений:

$$\Delta N = \sqrt{M / (n - 1)}.$$

³ Собственный фон счетчика СБМ20, указываемый обычно в справочниках (не более 1 имп/с), хотя формально и верен (действительно — не более), но слишком уж отличается от того, что есть на самом деле.

чающий радиоизотоп с периодом полураспада выше миллиарда лет. Его высокая и стабильная активность, отнесенная ко всей массе калия, составляет 29 600 Бк/кг. Именно это обстоятельство и позволяет использовать химическое соединение с известным и достаточно большим «долевым» содержанием калия в качестве тест-объекта при калибровке такого рода измерительных приборов. Вот некоторые из таких веществ: KCl — хлористый калий, его активность $C_{KCl} = 15\ 700$ Бк/кг; KBr — бромистый калий, $C_{KBr} = 9700$ Бк/кг; K_2CO_3 — углекислый калий (поташ), $C_{KCO_3} = 16\ 800$ Бк/кг. Все, разумеется, без кристаллизационной и адсорбированной воды.

Заполним измерительную кювету до краев образцовым излучателем (излишки снимем линейкой), например, бромистым калием, и выполним ряд измерений. После усреднения результатов и вычисления средней квадратичной ошибки будем иметь $N_{\Phi+KBr} \pm \Delta N_{\Phi+KBr}$. В результате эксперимента получено:

Дозиметр со счетчиком СБТ10 $N_{\Phi+KBr} = 31570$, $\Delta N_{\Phi+KBr} = 120$,
Дозиметр со счетчиком СИ8Б $N_{\Phi+KBr} = 25512$, $\Delta N_{\Phi+KBr} = 140$,
Дозиметр со счетчиками СБМ20 $N_{\Phi+KBr} = 18140$, $\Delta N_{\Phi+KBr} = 110$.

Определим радиационную чувствительность прибора, $K = C_{KBr}/(N_{\Phi+KBr} - N_{\Phi})$:

Дозиметр со счетчиком СБТ10.. $K = 9700/(31570 - 3500) \cong 0,35$ Бк/кг·ипм.
Дозиметр со счетчиком СИ8Б ... $K = 9700/(25512 - 3203) \cong 0,44$ Бк/кг·ипм.
Дозиметр со счетчиками СБМ20 . $K = 9700/(18140 - 3370) \cong 0,67$ Бк/кг·ипм.

Оценим погрешность измерения активности слабых излучателей, $K \cdot \Delta N_{\Phi}$:

В дозиметре с счетчиком СБТ10..... $0,35 \cdot 60 \cong 20$ Бк/кг,
В дозиметре с счетчиком СИ8Б..... $0,44 \cdot 52 \cong 23$ Бк/кг,
В дозиметре со счетчиками СБМ20..... $0,67 \cdot 60 \cong 40$ Бк/кг.

Таким образом, зафиксировав $N_{\text{прол}}$ — показание дозиметра, имеющего, например, головку со счетчиком СИ8Б, в кювете которого находится исследуемый продукт, и N_{Φ} — уровень фона «на сегодня», и вычислив их разность, например, $N_{\text{прол}} - N_{\Phi} = 1000$, мы установим, что расчетное радиационное загрязнение продукта со-

ставляет $K(N_{\text{прол}} - N_{\Phi}) = 0,44 \cdot 1000 \cong 440$ Бк/кг, а действительное отличается от расчетного не более, чем на $K \cdot 2\Delta N_{\Phi} = \pm 46$ Бк/кг.

Такая точность для бытового продуктового дозиметра вполне достаточна. Но ее можно увеличить. Один из способов состоит в том, что измерения проводят в условиях пониженного радиационного фона. Например, под землей на глубине 30...40 м. Пониженный фон можно создать и лишь в объеме самого измерительного блока, поместив головку с исследуемым продуктом в толстостенный свинцовую контейнер. Разумеется, и подземелье, и свинец должны быть радиационно чистыми.

Точность измерений может быть увеличена и за счет их числа. Сделав n измерений, мы увеличим его точность в \sqrt{n} . Этот способ особенно пригоден в быту, где человек не стеснен во времени. К тому же саму процедуру измерений вряд ли можно отнести к трудоемкой: прибор лишь изрекает пользователю ознакомиться с возникшим на табло результатом очередного измерения.

Но, повторим еще раз, в увеличении точности прибора нет особой нужды: для обнаружения «грязного» продукта и аргументированных претензий¹ к службам, взявшим на себя труд заботиться о здоровье населения, она вполне достаточна...

...Если, конечно, мы не забудем о калии, входящем в те же самые продукты питания. Но это естественная их радиоактивность, которую следует лишь учитывать. В приложении 8 (табл. П8.1) приведена «калиевая» радиоактивность многих пищевых продуктов. Из полученных результатов измерений ее нужно, конечно, вычесть.

А если радиоактивность, например, какао оказалась равной 200 Бк/кг, то это значит, что продукт фальсифицирован. Ведь только «калиевая» радиоактивность какао должна быть не менее 700 Бк/кг.

Конечно, такой продуктовый дозиметр сможет оценить и те негласные «нормы», которыми заинтересованные организации покроют следующую радиационную аварию. Так, как они это уже делали:

¹ Речь лишь о том, будут ли результаты этих измерений приняты во внимание, например, службой радиационного контроля СЭС? Будут ли они достаточны для того, чтобы там их повторили на своем собственном оборудовании? Опыт показывает, что это не исключено. Но при условии, что сотрудники не будут заняты чем-то более важным и, разумеется, за хорошие деньги... Складывается впечатление, что эти бывшие наши «товариши» никакого отношения к возникшим радиационным загрязнениям никогда не имели, и лишь хорошее воспитание не позволяет им «огнить» этот мешающий им работать надоедливый народ...

«...Когда в критические дни начала мая 1986 года в сто раз увеличился радиоактивный фон в воде Киевского водохранилища, Минздрав, Минводхоз и Госкомгидромет СССР тут же повысили в сто раз нормы предельно допустимой концентрации и заявили, что все соответствует нормам и поводов для тревоги нет» (Комсомольская правда. 1989. 5 мая).

Но нет нужды обращаться даже не к столь отдаленному прошлому:

«...Вчера сотрудники Службы радиационно-аварийных работ НПО «Радон» на семи столичных рынках Западного, Юго-Западного и Северо-Восточного округов изъяли 155 кг радиоактивной черники. Самый высокий показатель заражения ягод составлял 2000 беккерелей на 1 кг при норме 40 беккерелей. Черника была отправлена на спецполигон для захоронения вместе с другими радиоактивными отходами. По словам продавцов, она была привезена из Тверской и Владимирской областей, а также из Белоруссии...» (Табагари Т. Конфискована радиоактивная черника// Известия. 2001. 3 июля).

Такую публикацию нельзя было оставить без внимания... Однако измерения, выполненные автором, не могли ни подтвердить ее, ни опровергнуть: купленная им на разных рынках черника оказалась радиационно чистой...

Сцинтиляционный детектор в продуктовом дозиметре

В бытовой дозиметрической технике, не имеющей, как правило, дела с источниками радиации высокой интенсивности (а это значит, что не нужна высокая разрешающая способность детектора), сцинтиляционный детектор привлекателен двумя своими особенностями: высокой радиационной чувствительностью (число зарегистрированных им ионизирующих частиц и квантов обычно бывает на порядок больше того, что заметил бы счетчик Гейгера того же объема) и способностью регистрировать α -излучение объекта произвольной формы (в жидких сцинтиляторах).

Структурная схема дозиметра с сцинтиляционным детектором изображена на рис. 79, а. Если выходное окно сцинтилятора существенно больше оптического окна ФЭУ (обычно это так; с увеличением объема фосфора растет радиационная чувствительность детектора), то между ними вводят концентратор — конус-переходник, изготовленный из плексигласа, зеркально гладкие боковые

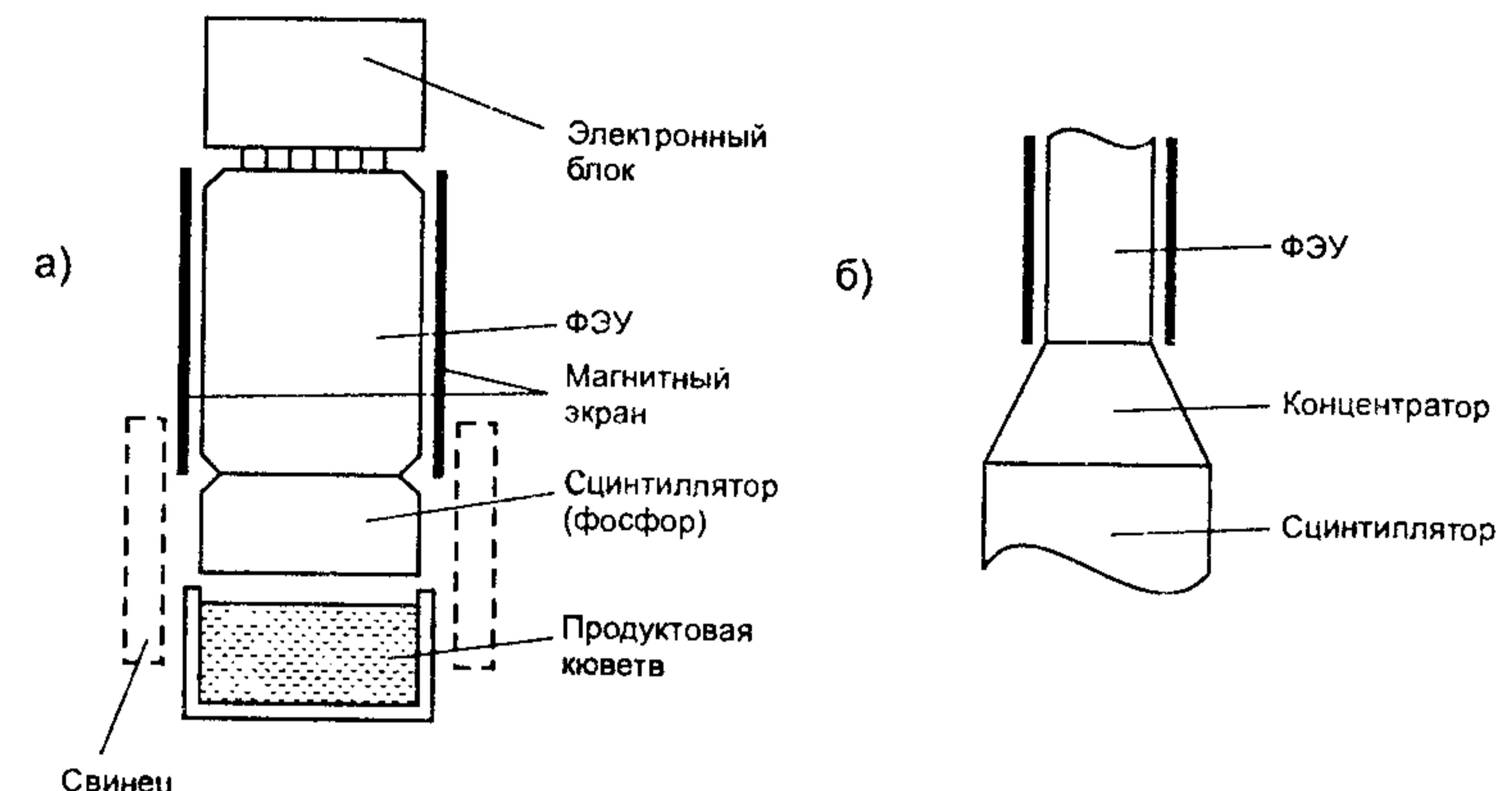


Рис. 79. Сцинтиляционный детектор в продуктовом дозиметре (а); согласование ФЭУ и сцинтилятора (б)

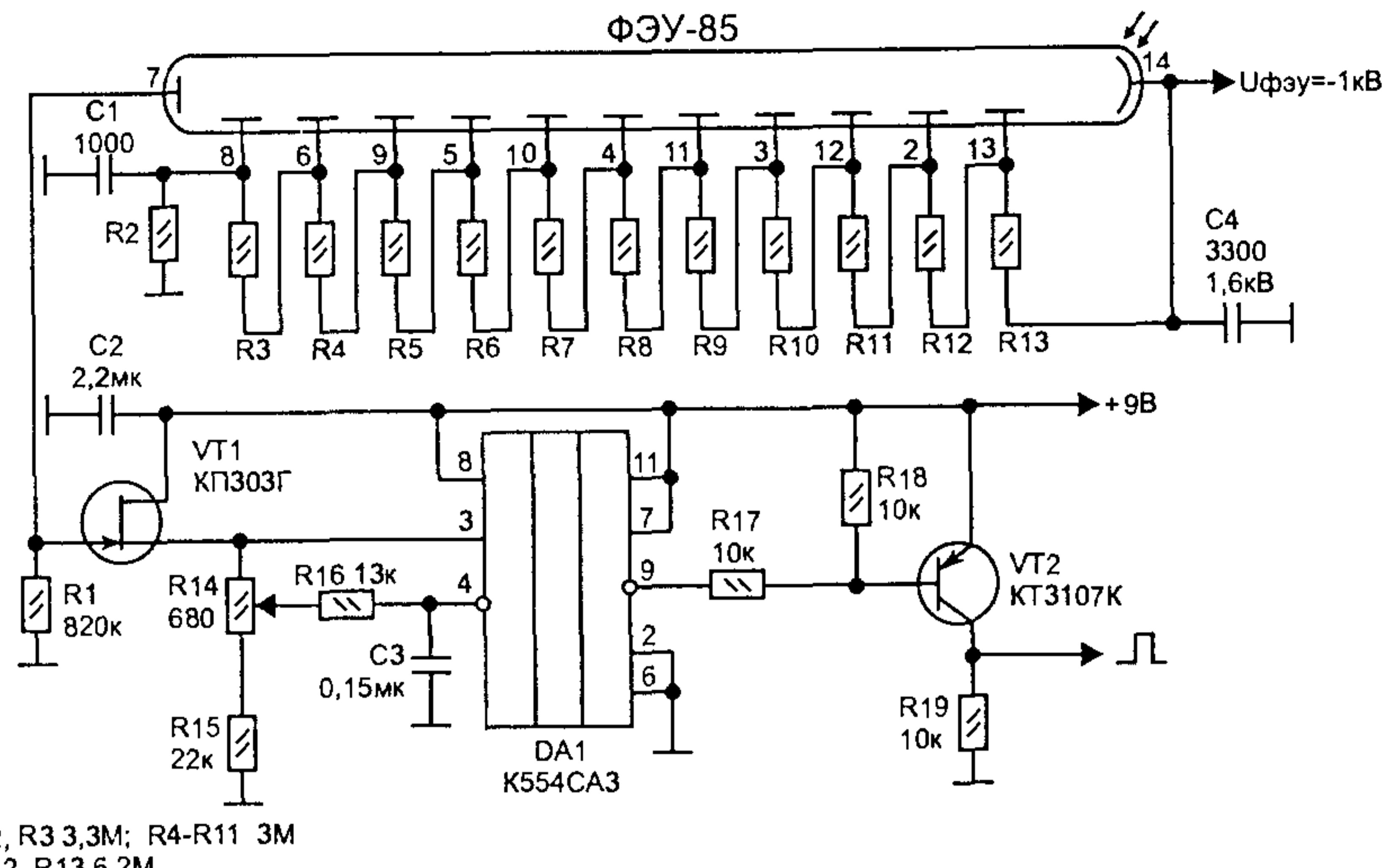
стенки которого переотражают световые вспышки в фосфоре на светочувствительный катод ФЭУ (рис. 79, б). Конечно, принимают все меры, чтобы весь оптический тракт был изолирован от какой-либо посторонней подсветки.

Поскольку ФЭУ «чувствует» и магнитное поле, принято закрывать его магнитным экраном, который можно изготовить в виде стакана из пермаллоя, отожженного мягкого железа и т. п. Правда, поскольку сцинтилятор работает в импульсном режиме, то нередко магнитной экранировкой ФЭУ пренебрегают.

Иногда на сам сцинтилятор надевают толстое свинцовое кольцо, ослабляющее его «подсвет» фоновым излучением сбоку, на рис. 79, а оно показано штриховым контуром. Более основательной эта защита будет, конечно, в том случае, если в толстостенный свинцовый бокс будет помещено все устройство.

На рис. 80 приведена принципиальная схема самой фоточувствительной головки. Напряжение питания ФЭУ подают обычно на его катод. Это позволяет связать анодную цепь ФЭУ с электронным анализатором гальванически, без каких-либо высоковольтных переходных конденсаторов.

Напряжение питания ФЭУ, его распределение между динодами и соответственно соотношения номиналов резисторов R₂—R₁₃, составляющих динодный делитель, зависят от типа фотоумножителя. Но поскольку режим работы ФЭУ в сцинтиляционных детекторах близок к темновому, сопротивления динодных резисторов могут быть и значительно выше рекомендованных, однако их соотношение рекомендуется сохранить [24, с. 409].



R2, R3 3,3M; R4-R11 3M
R12, R13 6,2M

Рис. 80. Принципиальная схема сцинтилляционной головки

Единственная здесь оперативная регулировка — подстроечный резистор R14 — выполняет важную функцию: на компараторе DA1 им задают пороговое напряжение U_{3-4} . Лишь импульсы с амплитудой $U_{имп} > U_{3-4}$ откроют компаратор, и на его выходе (выв. 9) будет сформирован лог. 0, а на коллекторе транзистора VT2 — лог. 1 — «единичный» импульс, который может быть подан на вход описанного выше анализирующего блока.

В головке используются резисторы: R1-R13 типа КИМ-0,125; R14 — любой подстроечный; R15-R19 — МЛТ-0,125. Конденсаторы: С1-С3 — КМ-6 или К10-176; С4 — К15-5-Н70.

В автономной аппаратуре, использующей ФЭУ, возникает проблема их питания. Необходимое высокое напряжение (здесь $U_{ФЭУ} \approx 1$ кВ), требования к его стабильности (фоточувствительность ФЭУ довольно сильно зависит от напряжения питания) предъявляют к устройству, формирующему это напряжение, довольно жесткие требования.

Основу высоковольтного преобразователя, принципиальная схема которого показана на рис. 81, составляет блокинг-генератор, формирующий на обмотке I трансформатора T1 импульсы напряжения с амплитудой $U_{имп} \approx U_{ФЭУ}$. Через диодный столб VD1 они заряжают конденсатор С5, который становится, таким образом, источником питания фотоумножителя. Пульсации $U_{ФЭУ}$ (они имеют форму «пилы» с временными интервалами между «зубцами» $t_n \approx R7 \cdot C4$) снимает RC-фильтр (R8, С6, R9, С7).

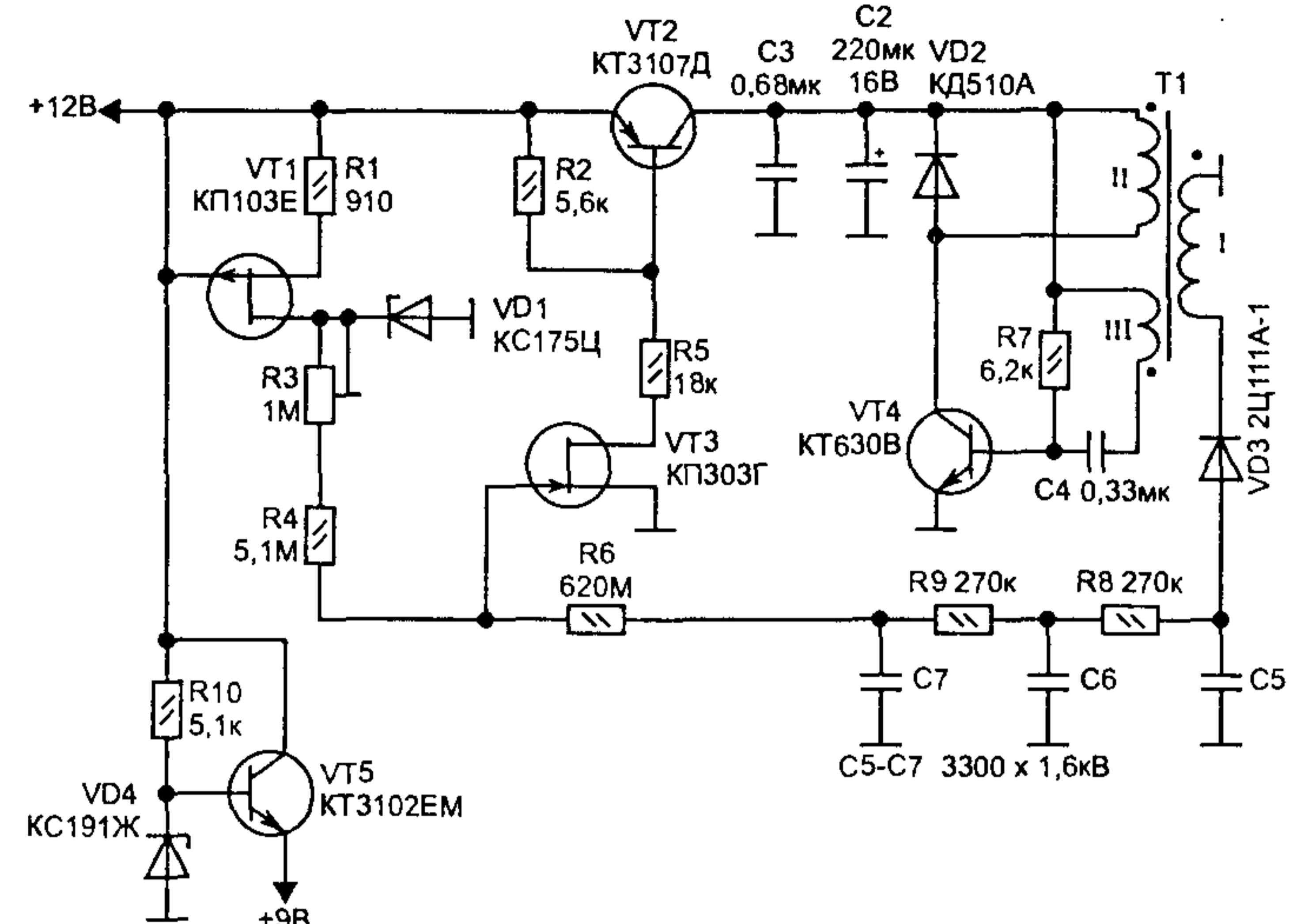


Рис. 81. Высоковольтный источник питания ФЭУ

В цепь питания блокинг-генератора введен транзистор VT2, коллекторный ток которого зависит от тока базы, зависящего, в свою очередь, от тока стока полевого транзистора VT3. Напряжение на затворе этого транзистора зависит от $U_{ФЭУ}$, напряжения на стабилитроне VD1 (транзистор VT1 — его токозадающий «резистор») и соотношения «плечей» делителя R3 + R4, R6 (резистором R3 выставляют нужное $U_{ФЭУ}$). Легко видеть, что при понижении $U_{ФЭУ}$ (по абсолютной величине), возникшем по какой-либо дестабилизирующей причине, напряжение питания блокинг-генератора увеличится и воздействие дестабилизирующего фактора будет тем самым в значительной мере компенсировано.

Трансформатор блокинг-генератора наматывают на ферритовом кольце М3000МН типоразмера K20 × 12 × 6 мм. К намотке его подготавливают так, как это описано выше (см. с. 50).

Первой наматывают обмотку I, содержащую 800 витков провода ПЭВ-2-0,07. Намотку ведут в одну сторону, почти виток к витку, оставляя между началом и концом обмотки «зазор» 2...3 мм. Обмотку I также покрывают слоем изоляции. Обмотку II (8 витков ПЭВШО 0,15...0,25) и обмотку III (3 витка тем же проводом) укладывают по сердечнику возможно равномернее.

Фазировка обмоток (точками на T1 отмечены их синфазные концы) должна быть соблюдена уже при монтаже трансформатора. Подбирать ее методом проб и ошибок нельзя.