

Мл. науч. сотр. В. Я. Эскин и инж. А. М. Климов

ДЕФИБРИЛЛЯТОР «ДПА-2»

(портативный дефибриллятор с автономным питанием)

Из лаборатории биофизики (зав. — канд. мед. наук К. А. Ажибаев, науч. рук. — член-корр. АН Киргиз. ССР, проф. Г. Л. Френкель) Института краевой медицины (директор — канд. мед. наук М. А. Амиев) АН Киргиз. ССР и Фрунзенского завода физических приборов (гл. инж. — Ю. К. Погребинский, дир. — М. З. Федоров).

При операциях на сердце, при поражениях электрическим током (промышленная и бытовая электротравма), передозировке наркоза, сильных спазмах артерий сердца и других патологических состояниях развивается своеобразное грозное состояние сердца, получившее название «фибрилляции». Нормально работающее сердце сокращается как целое, но в определенной последовательности своих частей (ритмично); при фибрилляции такая упорядоченность исчезает и начинаются беспорядочные подергивания отдельных групп сердечных мышечных волокон. Именно поэтому функция сердца как главного насоса, продвигающего кровь, прекращается, что практически равнозначно остановке сердца, а значит — гибели организма. Никакие оживляющие меры (как, например, искусственное дыхание, переливание крови, введение медикаментозных средств) при фибрилляции сердца неэффективны, если она не будет прекращена (снята). Надежды на самостоятельное прекращение фибрилляции весьма сомнительны, хотя по этому поводу есть упоминания отдельных терапевтов (Л. И. Фогельсон, В. Е. Незлин и С. Е. Карпай). В то же время как хирурги (Бек, С. В. Рыжков и А. Б. Горбацевич), так и патофизиологи (В. А. Неговский, Н. Л. Гурвич) считают таких пострадавших обреченными, если в числе оживляющих мероприятий не будет применена дефибрилляция.

Среди известных методов дефибрилляции наиболее эффективным признается электрическая дефибрилляция (пропускание через сердце электрического тока). Смысл ее заключается в следующем: при кратковременном прохождении через фибриллирующее сердце достаточно сильного электрического тока сердце под его влиянием сокращается целиком, и это прекращает фибрилляцию.

Есть два принципа действия дефибрилляторов. Один, предложенный Уиггерсом и получивший распространение за рубежом, заключается в воздействии непосредственно на обнаженное сердце переменным током технической частоты (50—60 гц) напряжением 110—160 в в течение 0,1—0,5 сек.

Другой метод, детально разработанный в лаборатории проф. В. А. Неговского Н. Л. Гурвичем, состоит в воздействии на фибриллирующее сердце одиночным высоковольтным импульсом разряда конденсатора. Для ослабления повреждающего действия электрический импульс соответствующим образом формируется при помощи последовательно включенной индуктивности 0,25—0,3 гн.

Этот метод имеет перед предыдущим то преимущество, что позволяет дефибриллировать и при нескрытой грудной клетке.

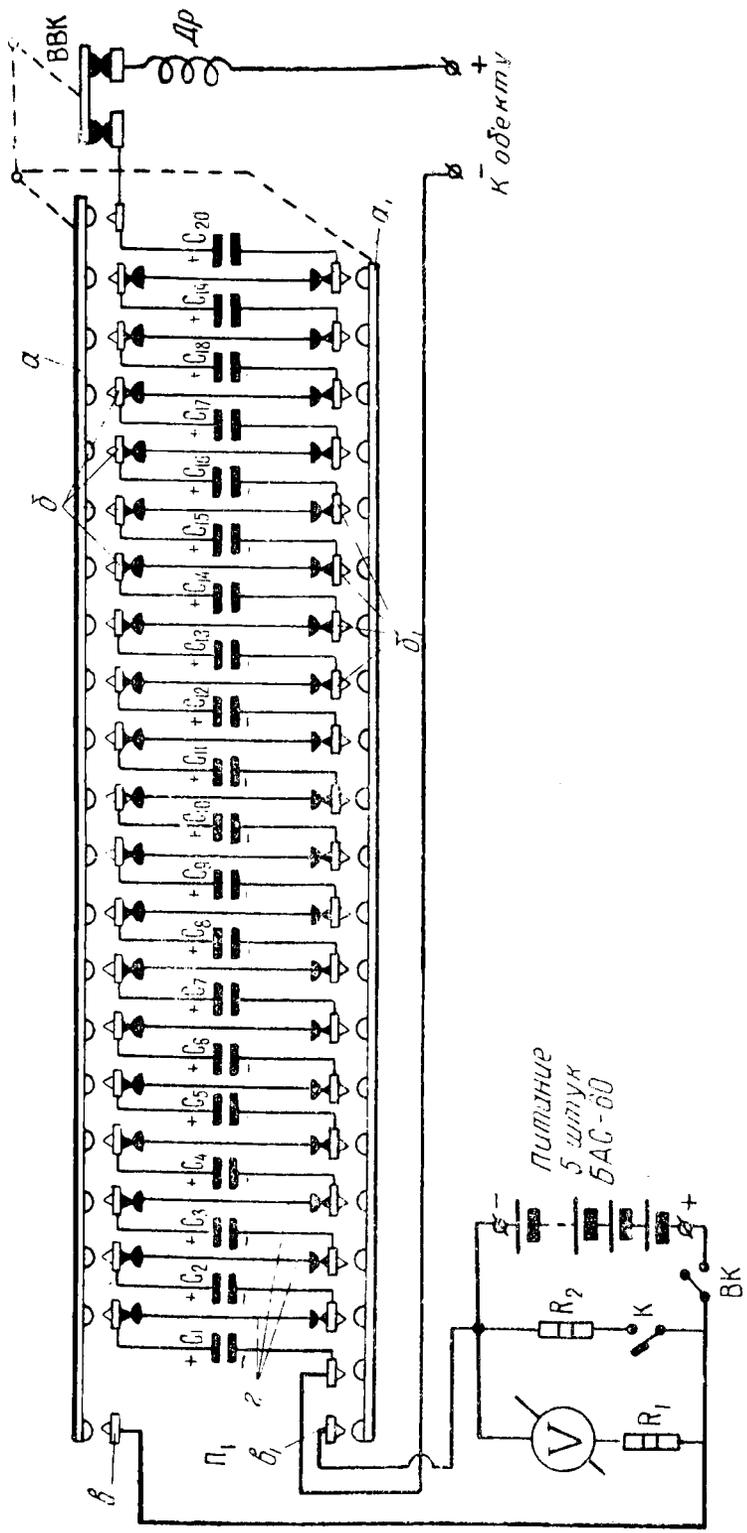


Рис. 1. Принципиальная схема дефибрилятора ДПА-2.

В обстановке экстренной помощи большое значение имеют такие эксплуатационные качества, как портативность и автономность питания прибора. Это значительно расширяет возможности его применения, например, на открытых подстанциях, при отсутствии электроэнергии низкого напряжения, а также дает возможность снабжать им машины скорой помощи. Так как при фибрилляции дорога каждая минута, то надо иметь возможность не искать электрической розетки для подключения прибора, которой, как отмечено выше, может и не быть. Здесь, для наглядности, можно привести аналогию с огнетушителем — и тот и другой должны быть всегда готовы к действию.

Принципиальная схема дефибриллятора

Принципиальная схема прибора (рис. 1) во многом сходна с ранее разработанным нами дефибриллятором.¹ Конденсаторы $C_1—C_{20}$ по 400 мкф каждый (используется одна из секций электролитического конденсатора типа ЭФ 800 мкф 300 в) для накопления электроэнергии («заряд») главным переключателем Π_1 коммутируются параллельно, с соблюдением полярности, и присоединяются через выключатель ВК к источнику питания напряжением 300 в (5 штук батарей типа БАС-60). Поскольку батареи имеют довольно значительное внутреннее сопротивление, напряжение на конденсаторах, плавно нарастая, достигает максимальной величины через 5—12 секунд. Зарядка конденсаторов ведется под контролем вольтметра (микроамперметр типа М-494 на 100 мка с добавочным сопротивлением R_1 , 4 мом, тип МЛТ 2 вт). После достижения необходимой величины напряжения на конденсаторах источник питания отключается выключателем ВК и зарядка прекращается.

Высоковольтный импульс получается коммутацией конденсаторов $C_1—C_{20}$ из параллельного соединения в последовательное.

Наиболее ответственной частью схемы, осуществляющей основные коммутации, является главный переключатель Π_1 , так как при последовательном соединении конденсаторов напряжение между крайними пластинами достигает 6000 в.

Рассмотрим принцип работы этого переключателя по схеме (рис. 1). Конденсаторы $C_1—C_{20}$ постоянно присоединены к контактным пластинам б (положительный полюс) и б₁ (отрицательный полюс). В положении главного переключателя «заряд» эти контактные пластины присоединяются к токнесущим шинкам а и а₁ (параллельное соединение) и через пару контактных пластин в и в₁, конденсаторы подключаются к цепи источника питания.

При переводе переключателя в положение «разряд» (это положение и изображено на схеме) шинки а и а₁ отсоединяются как от пластин б и б₁, так и от пластин в и в₁, а замыкающие переключки г соединяют конденсаторы $C_1—C_{20}$ последовательно.

Переключатель Π_1

В конструкцию главного переключателя, по сравнению с нашей предыдущей разработкой, были внесены изменения, существенно упростившие его устройство и повысившие надежность работы.

Устройство переключателя показано на рис. 2 (А — положение «разряд», Б — положение «заряд»).

Напряжение (положение Б) подается через контактные пластины

¹ См. «Труды Ин-та краевой медицины АН Киргиз. ССР, вып. II», Фрунзе, 1959.

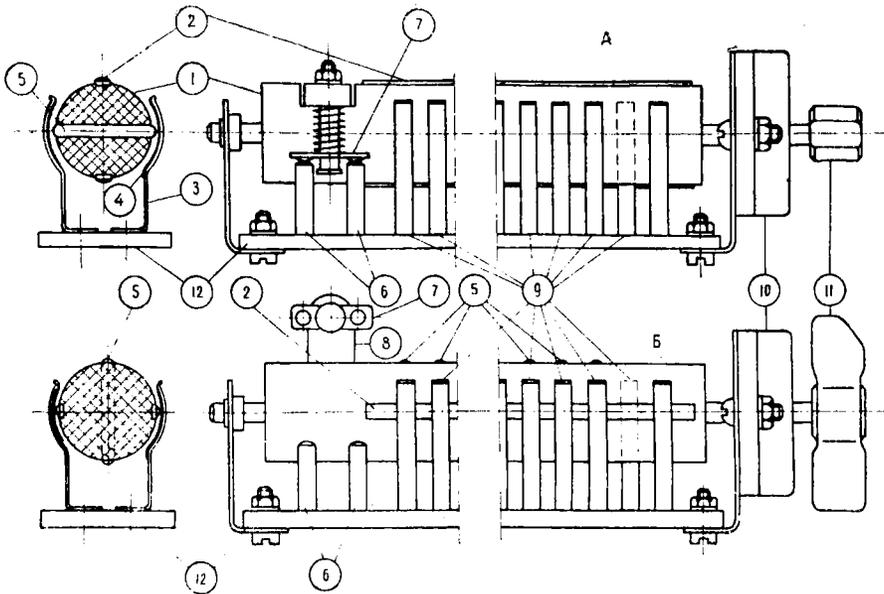


Рис. 2. Главный переключатель: А -- в положении «разряд», Б -- в положении «заряд»; 1—эбонитовый цилиндр, 2 — токогасящие шипки, 3 и 9 — контактные пластины, 4 — серебряная контактная поверхность контактных пластин, 5 — сквозные контактные штифты с наплавленным серебром торцами, 6 — контактные стойки высоковольтного выключателя ВВК, 7 — замыкающая планка высоковольтного выключателя, 8 — изоляционный кронштейн замыкающей планки, 10 — быстродействующий фиксатор, 11 — рукоятка переключателя, 12 — текстолитовое основание.

3—9, прикасающиеся к токогасящим шипкам 2, расположенным по боковой поверхности эбонитового цилиндра 1. Эти шипки располагаются по всей длине цилиндра и имеют контакт со всеми (21 пара) контактными пластинами.

При повороте ротора переключателя на 90° (рис. 2, положение А) шипки 2 занимают верхне-нижнее положение, удаляясь от контактных пластин на расстояние около 15 мм. При этом штифты 5 замыкают попарно противоположные контактные пластины и конденсаторы включаются последовательно.

В самом конце поворота, когда контактные пластины уже соединены со штифтами, срабатывает быстродействующий замыкатель высокого напряжения ВВК, объединенный на одной оси с главным переключателем, и напряжение подается на объект.

Повторная подача импульсов (заряд—разряд) производится только поворотом главного переключателя, который снабжен быстродействующим фиксатором с задержкой от пакетного переключателя типа ПКЗ-25.

Конденсаторы $C_1—C_{20}$

При использовании электролитических конденсаторов в режиме последовательного умножения напряжения к ним предъявляется ряд дополнительных требований. Технические условия на конденсаторы типа ЭФ допускают отклонение емкости от номинала на $+50 \div -15\%$. Другими словами, отклонение фактической емкости от некоторой средней для

данной группы конденсаторов может составлять более чем $\pm 30\%$. Такой разброс по емкости приводит к перераспределению напряжений на конденсаторах во время разряда, причем конденсаторы, обладающие «средней» для данной группы емкостью, разряжаются полностью, а обладающие емкостью выше средней, несут некоторый остаточный заряд той же полярности. Конденсаторы же, имеющие емкость ниже средней, не только разряжаются полностью, но и перезаряжаются напряжением обратной полярности. Такое изменение полярности хотя и существует недолго (оно снимается тотчас при возвращении главного переключателя в положение «заряд», когда все конденсаторы соединяются параллельно), тем не менее оно является нежелательным, так как расформирует часть конденсаторов и может даже привести к их пробое. Эти соображения убедили нас в необходимости отбора конденсаторов по емкости перед их монтажом в схему.

Измеряя емкость после формовки, мы отобрали из 30 конденсаторов (по две секции в каждом) 20, одна из секций которых отличалась от средней емкости не более чем на $\pm 5\%$.

Появлявшееся при этом в режиме разряда на некоторых конденсаторах напряжение обратной полярности не превышало 7 в, и было совершенно безопасно для них.

Следует отметить, что наличие в каждом конденсаторе одной неиспользуемой секции нерационально в приборе, для которого портативность и вес имеют большое значение. Устранение этого дефекта наряду с облегчением источников питания является предметом дальнейшего совершенствования прибора.

Индуктивность Др

Индуктивность Др в цепи разряда последовательно с объектом необходима для формирования импульса в более адекватный для физиологического объекта и удлинения времени разряда. Этот дроссель намотан на каркасе с внутренним диаметром 57 мм, внешним диаметром 120 мм, шириной 34 мм и шириной намотки 30 мм. Намотка многослойная, через каждый ряд — прокладка из кабельной бумаги. Провод ПЭЛ1 — 0,62, 2000 витков. Индуктивность — 0,28 мГн, активное сопротивление — около 30 Ом.

Электрические параметры блока конденсаторов

Емкость при зарядке — 8000 мкФ.

Емкость в режиме разряда — 20 мкФ.

Напряжение заряда — 0 ÷ 300 в.

Напряжение разряда — 0 ÷ 6.000 в.

На рис. 3 приведена осциллограмма тока и напряжения при разряде на сопротивление 135 Ом.

Конструктивное оформление и монтаж

Прибор размещен в металлическом корпусе размером 45×46×18 см. Вес прибора с источниками питания 23 кг. Внешний вид его показан на рис. 4. Переключатель и блок конденсатора крепятся винтами к кронштейнам, приваренным к боковым стенкам корпуса. Измерительный прибор, выключатель ВК и кнопка К крепятся на кронштейне, приваренном к верхней стенке корпуса (кнопка К предназначена для разря-

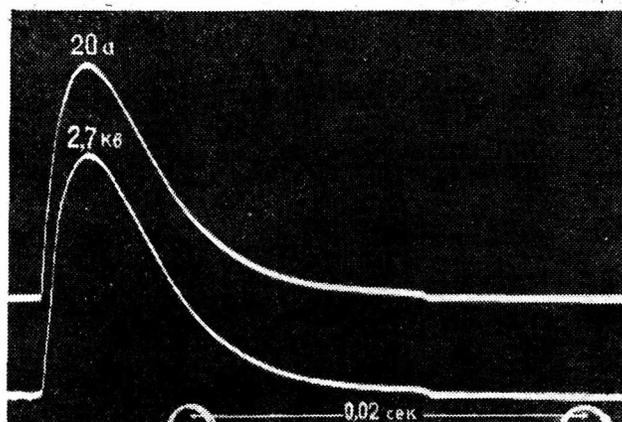


Рис. 3. Осциллограмма разряда дефибриллятора на активное сопротивление 135 ом. Конденсаторы заряжены до 5 кВ. Верхняя кривая — ток (пиковое значение 20 а), средняя кривая — напряжение на объекте (пиковое значение 2,7 кВ), нижняя кривая — отметка времени (0,02 сек).

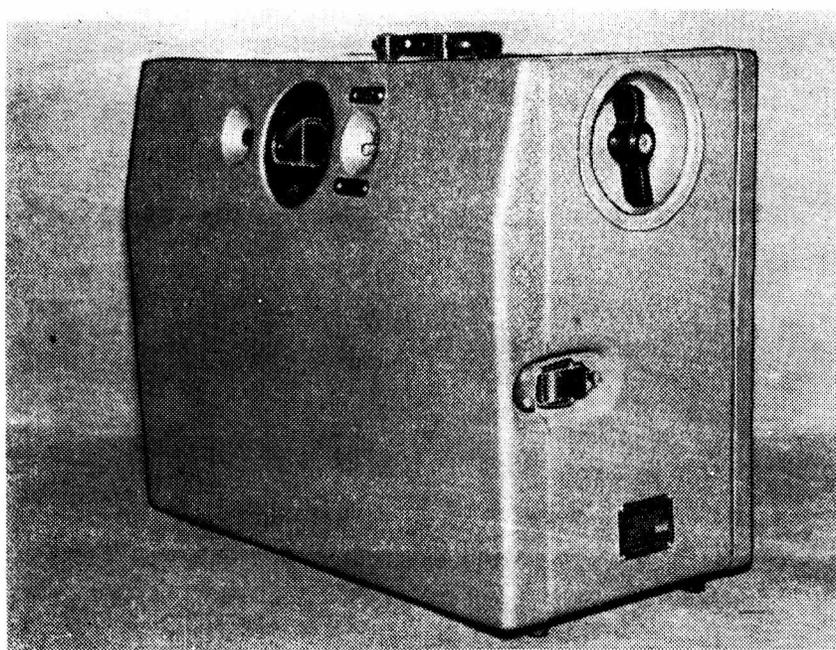


Рис. 4. Внешний вид прибора. Справа сверху — рукоятка главного переключателя.

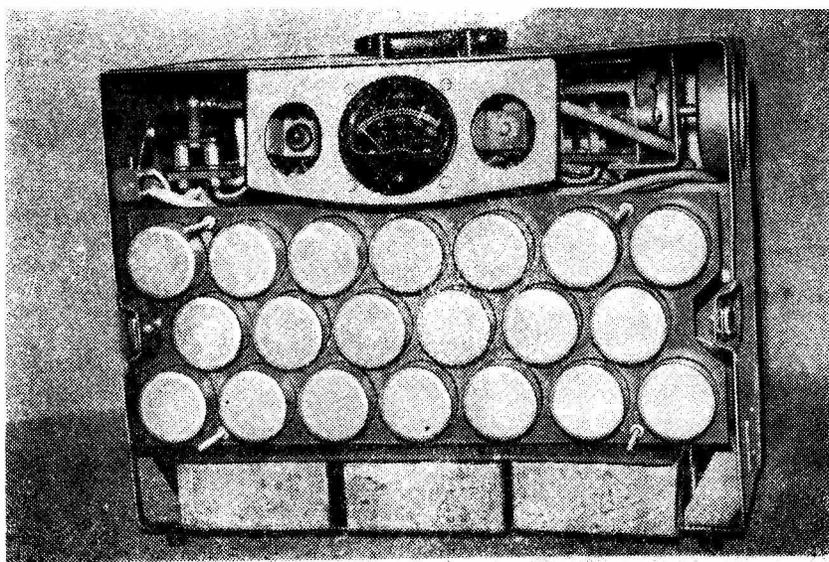


Рис. 5. Монтаж прибора. Снята передняя крышка и изоляционная панель крепления конденсаторов.

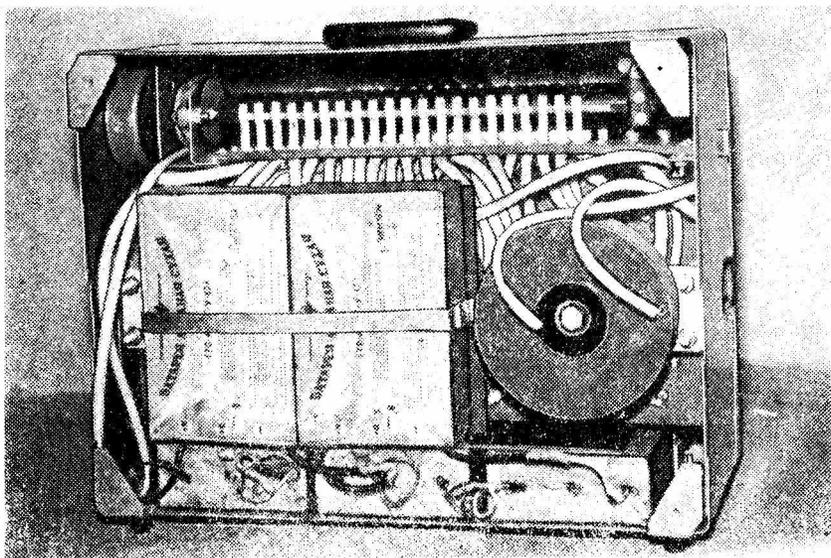


Рис. 6. Монтаж прибора. Снята задняя крышка прибора.

да конденсаторов на сопротивление R_2 1 ком в случае, если после заряда дефибриллятор не использовался по назначению).

В качестве монтажного провода использован мягкий многожильный провод в высоковольтной изоляции, типа «магнито». Монтаж прибора показан на рис. 5 и 6.

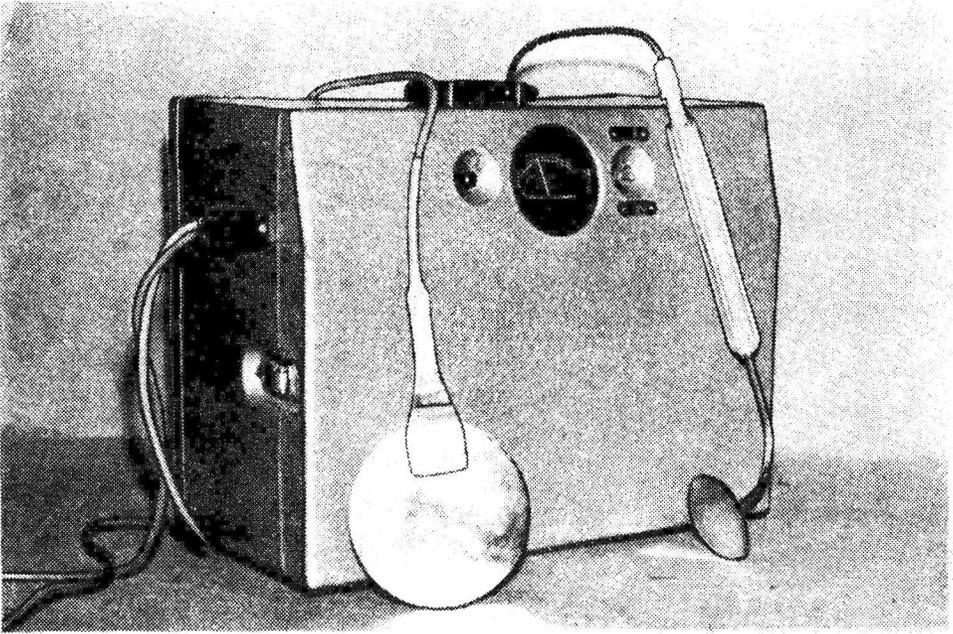


Рис. 7. На переднем плане комплект электродов для обнаженного сердца.

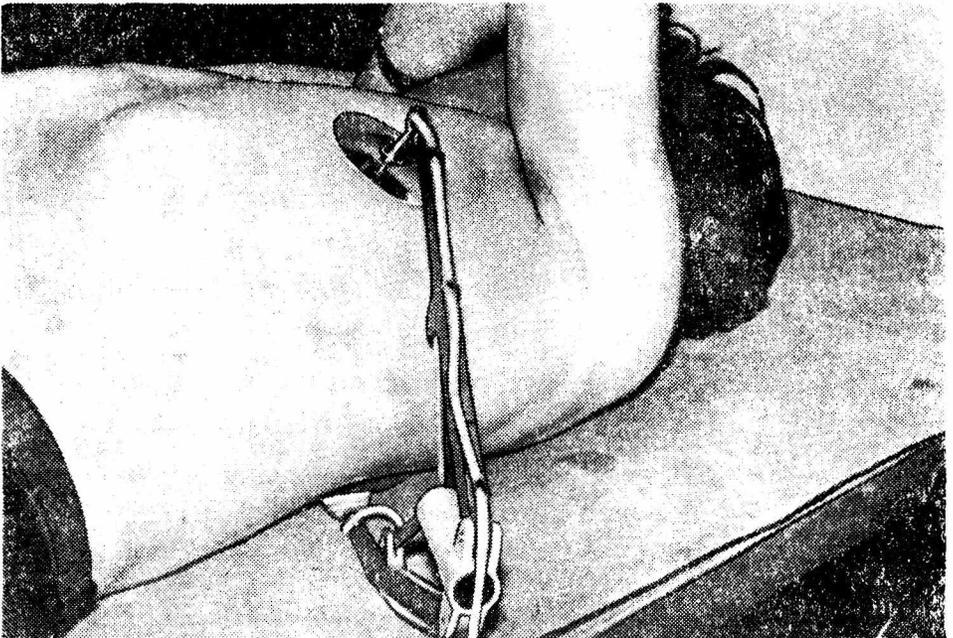


Рис. 8. Электроды для дефибрилляции через не вскрытую грудную клетку.

Электроды

В комплект прибора входят два вида электродов: для дефибрилляции обнаженного сердца (рис. 7, на переднем плане) и для наложения на не вскрытую грудную клетку (рис. 8). Электроды изготовлены из ла-

туни и хромированы; они соединяются с аппаратом при помощи высоковольтного провода типа «магнето», оканчивающегося штепсельным разъемом.

ЛИТЕРАТУРА

Акопян А. А., Ш. Л. Гурвич, И. А. Жуков и В. А. Неговский. О возможности оживления организма при фибрилляции сердца воздействием импульсного тока. Электричество, № 10, 1954.

Бек (Beck). Заболевание венечных артерий сердца. Вестник хирургии им. Грекова, № 1, 1960.

Гурвич Н. Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца. Медгиз, 1957.

Незлин В. Е. и С. Е. Карпай. Анализ и клиническая оценка электрокардиограммы. Медгиз, М., 1959.

Неговский В. А. Патофизиология и терапия агонии и клинической смерти. Медгиз, М., 1954.

Рыжков С. В. и А. Б. Горбачевич. Электрическая дефибрилляция при внезапной остановке сердца у хирургических больных. Вестник хирургии им. Грекова, № 1, 1960.

Уингерс (Wiggers). Цит. по Н. Л. Гурвичу.