



МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ордена ЛЕНИНА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ имени В. И. ЛЕНИНА

ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Москва, 116. Красноказарменная ул., 12.

Телефон Ж 4-01-20

АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР



ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

"ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ПРЕКРАЩАЮЩЕГО ФИБРИЛЛЯЦИЮ СЕРДЦА, И РАБОТЫ АППАРАТА, ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ТАКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ".

Начата 1/1-52г. Окончена 1/1X-53г. Шифр

Зам. директора ВЭИ
по научной части:

/Бирюков В.Г./ *В. Бирюков*

Начальник отдела:

/Бутневич Ю.В./ *Ю. В. Бутневич*

Начальник лаборатории:

/Акопян А.А./ *А. А. Акопян*

Отв. исполнитель:

/Сукков И.А./ *И. А. Сукков*

Исполнители:

В отчете 25 страниц

3 таблицы *тер.*
чертежей

30 фото

Цена 67р

Зав. лаб. Эксперим.
физиологии

В. А. Неговский
/Неговский В.А./

Мл. научн. сотрудник
лаборатории

Н. Л. Турвич
/Турвич Н.Л./

МОСКВА

1956 г. месяц сентябрь

- 2 -

С О Д Е Р Ж А Н И Е

=====

	стр.
I. А н н о т а ц и я	3
II. Краткий обзор состояния вопроса о применении электрического тока для восстановления сердечной деятельности.....	5
III. Экспериментальное исследование физиологического действия на сердце электрического тока различной формы:	
1. Экспериментальная установка и методика исследования	10
2. Результаты экспериментального исследования по определению оптимальных параметров разряда, прекращающего фибрилляцию сердца	15
IV. К вопросу о параметрах тока, прекращающего фибрилляцию сердца у человека	17
V. Разработка и изготовление аппарата-дефибриллятора:	
1. Назначение аппарата и основные требования к нему	18
2. Описание аппарата-дефибриллятора.....	19
3. Испытание образцов аппарата-дефибриллятора, изготовленных ОЭИЗ ^{ом} ВЭИ	21
VI. В ы в о д ы	22
VII. Литература	24

1. АННОТАЦИЯ

Известные в настоящее время аппараты для устранения фибрилляции сердца требуют вскрытия грудной клетки для непосредственного воздействия на сердце переменным током и поэтому не могут быть использованы для экстренной помощи при электротравме, а имеют лишь ограниченное применение в случаях возникновения фибрилляции сердца в хирургической практике.

Настоящий отчет посвящен экспериментальному исследованию параметров одиночного электрического воздействия, прекращающего фибрилляцию сердца, при наложении электродов на грудную клетку, без необходимости ее вскрытия, и разработке аппарата, генерирующего такое воздействие.

Изучение физиологического действия различной формы электрического тока проводилось на собаках, при расположении электродов по обеим сторонам грудной клетки. В опытах одновременно осциллографировались напряжение между электродами и ток, проходящий через подопытное животное. Физиологический эффект определялся по изменению формы биопотенциалов сердца, осциллографируемых до и после электрического воздействия.

В результате большого количества опытов установлено, что наиболее эффективным является одиночный импульсный ток продолжительностью около 10 мсек с амплитудой 10-20 а, в зависимости от веса животного. При этом амплитуда напряжения на животном (между электродами) достигает 1000-1600 вольт.

На основании полученных результатов разработан аппарат, дающий электрический импульс необходимой формы и величины. Поскольку аппарат предназначается

для применения при наступлении фибрилляции сердца у человека, обладающего более крупным размером и требующего для дефибриляции соответственно больший ток, аппарат рассчитан на получение импульсного тока с амплитудой до 40 ампер.

ОСМЗ'ом ВЭИ изготовлено четыре экземпляра аппарата, эффективность действия которых проверена на животных.

Работа проводилась совместно лабораторией Экспериментальной физиологии по оживлению организма Акад. медицинских наук СССР и лабораторией перенапряжений Всесоюзного ордена Ленина Электротехнического института имени В.И.ЛЕНИНА.

П. КРАТКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА О
ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ДЛЯ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Экспериментальное изучение действия электрического тока на организм животного, проведенное различными исследователями как у нас (1,2,3), так и за рубежом (4,5,6), показало, что большинство случаев смертельного поражения переменным током низкого напряжения обусловлено нарушением работы сердца. Это нарушение заключается в переходе нормальных сокращений сердца в фибриллярные-разновременные, беспорядочные сокращения отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилляция), которые лишают сердце способности ритмического нагнетания крови в сосуды и приводят таким образом к остановке кровообращения в организме. Установлено, что у крупных млекопитающих и у человека фибрилляция сердца самопроизвольно не прекращается и практически всегда приводит к смерти. Поэтому, при возникновении фибрилляции сердца, применение искусственного дыхания является недостаточным для оживления организма, так как это не устраняет фибрилляцию сердца.

Фибриллярные сокращения сердца внешне имеют вид мелких разновременных подергиваний отдельных участков сердечной мышцы. Наступление фибрилляции сердца обнаруживается с помощью электрокардиографа — аппарата, регистрирующего колебания биопотенциалов, сопутствующие каждому очередному возбуждению сердечной мышцы. Нормальные сокращения сердца сопровождаются появлением отдельных одностипных комплексов колебаний, регистрируемых на электрокардиограмме — ЭКГ (фиг.1а). Фибриллярные же сокращения сердца

сопровождаются непрерывными частыми колебаниями неравномерной амплитуды, следующими одно за другим без какой-либо паузы между ними (фиг. 1в).

Величина переменного тока, способная вызвать фибрилляцию сердца, сравнительно невелика. Экспериментами на собаках, овцах и др. животных установлено, что фибрилляция может возникнуть при прохождении через организм переменного тока промышленной частоты порядка 100 ма.

В 1899 г. Прево и Баттели в опытах на собаках показали, что возникающая под действием переменного тока 50 герц низкого напряжения (100/220 вольт) фибрилляция сердца может быть устранена последующим воздействием на организм переменного тока более высокого напряжения — 2400—4800 вольт. В этих опытах электроды помещались в ротовой полости и прямой кишке подопытного животного (7). Эти же авторы далее показали, что при наложении одного из электродов непосредственно на сердце можно прекратить фибрилляцию при значительно меньшем напряжении переменного тока 240 вольт, или же одиночным разрядом конденсатора. В последнем случае величина напряжения на конденсаторе доходила до 18 кв, при емкости конденсатора 1,74 мкф (8).

В 1932 г. Гукер и др. (9), прикладывая электроды к правой и левой стороне грудной клетки, прекращали фибрилляцию сердца у мелких собак переменным током 60 герц в 5-9а. При наложении обоих электродов непосредственно на сердце, фибрилляцию прекращалась при значительно меньшем токе—0,8 а. Продолжительность воздействия переменным током в этих опытах была от 1,0 до 0,1 секунды.

В 1936 г. Ферис и др. (5) производили опыты по прекращению фибрилляции сердца пропусканием переменного тока 60 герц через грудную клетку у собак и у более крупных животных — овец, телят и свиней. Необходимая для прекращения фибрилляцию сила тока достигала

25 а; продолжительность воздействия была в 0,08 и 0,1 секунды.

Однако, следует отметить, что несмотря на эти лабораторные успехи, переменный ток высокого напряжения нигде не нашел применения для прекращения фибрилляции сердца у людей пораженных током.

В 1940 г. Уиггерс (10) предложил применять переменный ток в случаях возникновения фибрилляции сердца у больных во время операции, когда имеется возможность вскрыть грудную клетку и наложить электроды непосредственно на сердце, что позволяет достигнуть эффект при низком малоопасном напряжении осветительной сети. Впоследствии этот способ стал применяться в хирургической практике (в особенности - в грудной хирургии) и в ряде случаев оказался успешным (11, 12, 13, 17).

За последние годы предложен ряд конструкций аппарата "дефибриллятора" для устранения фибрилляции в случаях ее возникновения у больных в клинической обстановке (14, 15, 16). Все эти аппараты имеют сходное устройство и позволяют применять переменный ток низкого напряжения (110-165 вольт). Схема одного из таких аппаратов дана на фиг. 2. Аппарат состоит из изолирующего трансформатора, мощностью в 600 ватт, потенциометра, регулирующего напряжение вторичной сети (на объекте) и педального ключа-замыкателя вторичной цепи. Трансформатор, изолирующий объект от сети, применен по соображениям безопасности. Подача напряжения на объект производится нажатием на педальный ключ, замыкающий вторичную цепь. Оптимальная продолжительность контакта не установлена и регулируется по усмотрению хирурга ("доли секунды"). В случае неуспеха при первом воздействии, производится повторное включение, или ряд повторных ("серийных") включений через интервалы в 1-1,5 секунды. Для поддержания некоторой циркуляции крови в организме до момента прекращения фибрилляции, а также и для

восстановления сердечной деятельности после прекращения фибрилляции, производится массаж сердца и применяются разные лекарственные вещества и переливание крови.

Металлические электроды, прикладываемые к сердцу, закреплены на ручках из изолирующего материала. Диаметр электродов бывает в 28, 37 и 45 мм, в зависимости от размера сердца. Прикладываемая к сердцу поверхность электродов накрывается тканью пропитанной физиологическим раствором поваренной соли (0,95%).

Во всех случаях прекращения фибрилляции сердца у людей по описанному способу, эффект достигался после ряда повторных включений. Напряжение во вторичной цепи было в 110 и в 135 вольт. Величина тока была в 1,5–2а. В последнее время высказывались предположения о целесообразности применения для прекращения фибрилляции более сильного тока — 5 а и выше (16).

Недостатки методики прекращения фибрилляции сердца переменным током привели к исследованиям по изысканию более оптимальной формы электрического воздействия для этой цели. В 1939 г. Гурвич и Юнчев (18) показали, что разрядом конденсатора емкостью в 3–5 мкф. при напряжении от 3000 до 6000 вольт можно прекратить фибрилляцию сердца у собак, не прибегая к вскрытию грудной клетки, а накладывая электроды на ее поверхность. Дальнейшими исследованиями была установлена закономерная связь между силой и продолжительностью электрического воздействия, прекращающего фибрилляцию сердца (19). Оптимальная продолжительность воздействия для прекращения фибрилляции была определена в 5–10 миллисекунд. Практически импульс такой продолжительности получался при емкости конденсатора в 10–15 мкф. и наличии в цепи разряда индуктивности в 0,2–0,3 генри. Индуктивность в цепи разряда устраняет наиболее вредный для живой ткани всплеск разрядного тока и увеличивает необходимую для ее возбуждения эффективную продолжительность разряда.

Установление возможности прекращения фибрилляции сердца разрядом конденсатора через грудную клетку, делает более реальной перспективу использования электрического тока для оказания помощи пораженным током. Помимо сравнительной безопасности в обращении, разряды конденсатора имеют то преимущество перед переменным током высокого напряжения, что они могут быть получены с помощью более портативной аппаратуры. Эксперименты, проведенные на собаках показали, что прекращение фибрилляции сердца разрядом конденсатора в течение первых двух минут после поражения приводит само по себе к восстановлению нормальной работы сердца. В случае же более позднего прекращения фибрилляции, сердечная деятельность может быть восстановлена дополнительным мероприятием, а именно, нагнетанием крови в артерию (по методике проф. В.А.Неговского). Эксперименты показали, что последующим артериальным нагнетанием крови, после прекращения фибрилляции, можно восстановить все жизненные функции организма даже в том случае, если помощь оказана спустя 8 минут после поражения.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИ-
ЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА СЕРДЦЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТОКА РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ.

1. Экспериментальная установка и методика
исследования.

Опыты для определения параметров электрических воздействий прекращающих фибрилляцию сердца и изучения физиологического эффекта таких воздействий на нормально работающее сердце проводились на собаках, которым до опыта вводился подкожно пантопон в количестве 4 мгр. на 1 кг. веса животного.

Для получения одиночных электрических импульсов различной формы была смонтирована экспериментальная установка (фиг. 3), состоящая из:

повышающего трансформатора 220/6000 в.;
трансформатора для накала кенотрона;
кенотрона (K);
конденсатора (C);
катушки самовндукции (L), состоящей из двух секций, с общей индуктивностью в 0,28 генри; активное сопротивление катушки $R_4 = 29$ ом.

Напряжение на испытуемом животном и проходящий через него ток одновременно осциллографировались при помощи магнитоэлектрического осциллографа МГО-2. Вибратор B_2 , регистрирующий напряжение, присоединялся к сопротивлению R_3 омического делителя напряжения, сопротивление которого R_2 равнялось 5000 ом. Вибратор B_1 , регистрирующий ток, проходящий через животное при разряде конденсатора, присоединялся к безиндукционному сопротивлению $R_1 = 1-7$ ом.

Разряд конденсатора производился посредством реле РМ, которое автоматически замыкало цепь при пуске фотоскамеры осциллографа.

Спытывались при различных значениях емкости конденсатора (4-24 мкф.), при наличии и отсутствии индуктивности в цепи разряда.

Электроды, прикладываемые к животному, изготовлялись из резиновых дисков диаметров в 7-8 см, покрытых металлической фольгой. Перед опытом электроды покрывались марлей, смоченной раствором поваренной соли и накладывались на правую и левую стороны грудной клетки, по линии расположения сердца. Шерсть под электродами тщательно выстригалась. Контролем правильного положения электродов по отношению к сердцу служило ощущение сердцебиения при легком нажатии пальцами на электроды. Электроды фиксировались в нужном положении посредством резиновой ленты, натянутой вокруг грудной клетки собаки.

Фибрилляция сердца у подопытного животного вызывалась переменным током от сети 120 вольт. Электроды-иглы вводились под кожу передней правой и задней левой лап. Включение тока на 1-2 секунды при этих условиях всегда вызывало наступление фибрилляции сердца. Для устранения фибрилляции производились разряды конденсатора через грудную клетку в течение первой минуты после поражения. При этом напряжение на конденсаторе последовательно повышалось для каждого последующего разряда до достижения должного эффекта. Разряд с минимальными параметрами, прекращающий фибрилляцию, в дальнейшем назван "пороговым".

Эффективность или недостаточность электрического воздействия для прекращения фибрилляции сердца, а также физиологический эффект того или иного воздействия на нормально работающее сердце устанавливались по данным записи биоэлектрических потенциалов сердца - (ЭКГ).

Биопотенциалы подавались на электрокардиограф при помощи двух игол, вколотых в кожу по средней линии грудной клетки на уровне верхней и нижней границы расположения сердца. Во время опытов животные были привязаны к станку в положении на спине.

2. Результаты экспериментального исследования по определению оптимальных параметров разряда, прекращающего фибрилляцию сердца.

Основные результаты экспериментального исследования по определению пороговых величин тока, прекращающего фибрилляцию сердца у собак, приведены в таблице 1. Каждая серия испытаний в данном опыте производилась над одной и той же собакой.

В первых шести опытах испытания производились при емкости конденсатора в 24 мкф, при наличии и отсутствии в цепи разряда индуктивности (0,28 гн). Как видно из таблицы, при одной и той же емкости конденсатора, наличие индуктивности в цепи разряда сильно снижает величину амплитуды тока, необходимого для прекращения фибрилляции. Так например, в опытах 1, 2 и 3 у собак весом 8, 10 и 14 кг. при наличии индуктивности в цепи разряда фибрилляция прекращалась при амплитуде тока 6,4 а, 5,8 а и 11,2 а соответственно (см. испытания 2, 6 и 10), а при отсутствии индуктивности в цепи разряда, токи с амплитудой 9,5а, 26а и 24,6 а оказались недостаточными для прекращения фибрилляции сердца у тех же собак (см. испытания 3, 7 и 11). Из таблицы 1 видно, что при отсутствии индуктивности в цепи разряда для прекращения фибрилляции требуется ток с амплитудой в 2-3 раза большей, чем при наличии индуктивности в цепи разряда (сравни испытания 2 и 4, 6 и 8, 10 и 12). Различная эффективность разрядного тока при наличии и отсутствии индуктивности обуславливается его различной продолжительностью. С увеличением

продолжительности тока его эффективность возрастает и фибрилляция прекращается при меньшей амплитуде тока (см. осциллограммы тока на фигурах 4-11). Это согласуется с известной закономерностью об обратной зависимости между пороговой величиной электрического раздражения живой ткани и продолжительностью воздействия. Влияние продолжительности разрядного тока на его пороговую величину иллюстрируется также результатами опытов при различных значениях емкости конденсатора (см. опыты 2, 4, 7, 8 и 9). С уменьшением емкости конденсатора величина амплитуды тока для прекращения фибрилляции соответственно возрастает, так как при этом уменьшается продолжительность тока. Для прекращения фибрилляции в опытах 2 и 4 (вес собак 10 и 11 кг.) при емкости конденсатора в 24 мкф. потребовались токи с амплитудой 5,8 и 5,3 а, в опытах 7 и 8 (вес собак 12 кг.) при емкости в 8 мкф. потребовались токи с амплитудой 12,8 и 9,2 а, а в опыте 9 (вес собаки 12 кг.) при емкости в 4 мкф. потребовался ток с амплитудой в 16,7 а (см. осц. на фиг. 6, 10, 14, 15 и 16).

Для окончательного решения вопроса о наиболее оптимальных параметрах тока, прекращающего фибрилляцию, были проведены опыты по изучению физиологического действия разрядов различной формы на нормально работающее сердце. Степень вредности той или иной формы тока, прекращающего фибрилляцию, оценивалась по изменению электрокардиограммы, регистрируемой непосредственно после воздействия тока на сердце (спустя 4-6 сек). Основные результаты этих опытов представлены в таблице 2, где для сравнения приведены также соответствующие данные опытов по прекращению фибрилляции, взятые из таблицы 1 (опыты 1, 2 и 3).

Каждая серия испытаний в одном и том же опыте производилась над одной и той же собакой. В опыте 1 (вес собаки 8 кг.) при наличии индуктивности в цепи разряда, амплитуда дефибриллирующего тока составляла 6,4 а (см. фиг. 4). При тех же параметрах цепи, разрядный ток с амплитудой 3,5 а не оказывал заметного влияния на нормально работающее сердце той же собаки (см. фиг. 17); нарушение работы сердца (пароксизмаль-ная тахикардия) наступило при амплитуде тока в 9,5 а (см. фиг. 17), что превышает дефибриллирующий ток в 1,5 раза. При разрядах без индуктивности в цепи дефибрилляция сердца устранялась у той же собаки при амплитуде тока в 15,2 а (см. фиг. 5), а нарушение нормальной работы сердца отмечалось, практически, при том же значении тока - 15,9 а (см. фиг. 18).

В опыте 2 (вес собаки 10 кг.) при наличии индуктивности в цепи, амплитуда дефибриллирующего тока была равна 5,8 а (см. фиг. 6), а нарушение нормальной работы сердца наступило при токе в 12,4 а (см. фиг. 19), что в два раза превосходит величину дефибриллирующего тока. При разрядах без индуктивности в цепи, дефибрилляция сердца у той же собаки наступила при токе с амплитудой в 32,8 а (см. фиг. 7), а ток с амплитудой вдвое меньшей (14,8 а) вызывал нарушение нормальной работы сердца (см. фиг. 20).

В опыте 3 (вес собаки 14 кг.) при наличии индуктивности в цепи разряда, соотношение между величинами дефибриллирующего тока и тока, нарушающего нормальную деятельность сердца, оказалось менее благоприятным, чем в предыдущих опытах. В этом случае амплитуда дефибриллирующего тока (11,2 а) несколько превышает амплитуду тока (9 а), вызывающего нарушение нормальной работы сердца (см. фиг. 3 и 21). При отсутствии же индуктивности в цепи разряда, амплитуда дефибриллирующего тока (32,8 а) более чем в два раза превышает амплитуду тока (12,8 а), нарушающего нормальную сердечную деятельность (см. фиг. 9 и 22).

Результаты этих опытов с достаточной очевидностью показывают, что для устранения фибрилляции сердца предпочтительнее применять более продолжительный ток, но с меньшей амплитудой (разряд при наличии в цепи индуктивности), по сравнению с более кратковременным током, но с большей амплитудой (разряд без индуктивности). Более продолжительный дефибрилирующий ток с меньшей амплитудой (около 10 мсек) оказывает на сердце значительно меньшее вредное влияние, чем дефибрилирующий ток с большей амплитудой, хотя и менее продолжительный (около 2-3 мсек).

Попутно интересно отметить, что, в то время, как с увеличением веса подопытного животного амплитуда одной и той же формы дефибрилирующего тока возрастает, что является вполне закономерным, для всех трех собак различного веса (8, 10 и 14 кг.), - амплитуда тока, нарушающего нормальную деятельность сердца, оказалась практически одной и той же, а именно: при наличии индуктивности в цепи разряда - порядка 10 а, а при отсутствии индуктивности - порядка 15 а (см. табл. 2). Это обстоятельство, по нашему мнению, заслуживает большого внимания и должно быть тщательно исследовано.

В заключение следует отметить, что сопротивление грудной клетки собаки в описанных выше опытах оказалось весьма низким и в значительной степени, зависящим от приложенного напряжения. Так, например, в опыте 1 сопротивление грудной клетки собаки (вес 8 кг.) колебалось от 95 до 30 ом при напряжении от 450 до 1300 вольт соответственно. В опыте 2 (вес собаки 10 кг.) это сопротивление составляло 115-62 ома при напряжении 430-2000 в соответственно. В опыте 3 (вес собаки 14 кг.) сопротивление грудной клетки изменялось в пределах от 110 до 70 ом при напряжении 600-2300 вольт. Для иллюстрации сказанного на фиг. 23 приведены, вычисленные по осциллограмме

напряжения и тока (отношение амплитуд), величины сопротивления грудной клетки собаки весом 10 кг. (опыт 2) для разрядов с различными амплитудами. Сплошными точками указаны сопротивления при наличии в цепи разряда индуктивности, а кружочками - значения сопротивления для разрядов без индуктивности.

Указанные выше величины сопротивления относятся к случаю, когда между электродами и кожей животного проложена марля, смоченная раствором поваренной соли. При наложении сухих металлических электродов непосредственно на кожу животного, без влажной марли, сопротивление грудной клетки разрядному току существенно возрастает. Так, например, в одном опыте сопротивление грудной клетки собаки весом 25 кг. при сухих электродах оказалось равным 135 и 190 ом при напряжении на объекте 3000 и 2200 вольт соответственно. Сопротивление грудной клетки той же собаки при наличии под электродами смоченной марли составляло всего 108 и 125 ом при напряжении на объекте 2750 и 1700 вольт соответственно. Осциллограммы тока и напряжения этого опыта даны на фигуре 29.

IV. К ВОПРОСУ О ПАРАМЕТРАХ ТОКА, ПРЕКРАЩАЮЩЕГО ФИБРИЛЛЯЦИЮ СЕРДЦА У ЧЕЛОВЕКА.

Возможность устранения фибрилляции сердца у человека непосредственным электрическим воздействием на сердце, как было указано выше (см. раздел II), практически доказана в клинических условиях. При наложении электродов на сердце, переменный ток (50-60 гц) величиной 2-3 ампера прекращает фибрилляцию сердца у человека. Это значение, примерно, в два раза превышает величину тока, устраняющего фибрилляцию сердца у собаки, при том же положении электродов.

Вопрос о величине тока, устраняющего фибрилляцию сердца у человека, при наложении электродов не на сердце, а на грудную клетку, без ее вскрытия, пока еще не получил прямого практического ответа. На основании опытов на животных с весом близким к весу человека было высказано предположение, что для прекращения фибрилляции сердца у человека необходим переменный ток величиной 25 ампер (5).

Для выяснения этого вопроса были проведены опыты по прекращению фибрилляции сердца у животных различного вида и рода (собаки, овцы, козы) с различным весом, при наложении электродов на грудной клетке. Все опыты проводились токами разряда конденсатора, при наличии в цепи индуктивности. В опытах на собаках емкость конденсатора равнялась 24 мкф, индуктивность в цепи разряда - 0,28 гн, а общее активное сопротивление цепи, включая сопротивление животного, составляло около 100 ом. В опытах на овцах и козах емкость конденсатора была 14 мкф, индуктивность в цепи - 0,5 гн, а общее активное сопротивление цепи составляло около 120 ом. В обоих случаях разрядный ток имел одинаковую форму сильно затухающих колебаний (амплитуда второй

полуволны составляла порядка 30% от первой) с полупериодом колебания около 9 мсек. Основные результаты опытов приведены на фигуре 24.

Как видно из фигуры, величина тока, прекращающего фибрилляцию сердца, возрастает с увеличением веса животных и практически не зависит от их вида и рода. У всех видов животных одного и того же веса наблюдается значительный разброс в величине дефибриллирующего тока, обусловленный, надо полагать, индивидуальными особенностями того или иного животного. Наименьшие величины дефибриллирующего тока (5-7,5 а) отмечены для животных весом 3-11 кг. Для животных весом 15-30 кг. дефибриллирующий ток колеблется в пределах 8,8-17,5 а. Для животных весом 30-50 кг. величина дефибриллирующего тока колеблется в пределах 10-21,5 ампер. Для животных с наибольшим весом 61-67 кг. дефибриллирующий ток составляет порядка 21 ампер. Однако, небольшое число испытанных животных с таким весом (всего два экземпляра) не позволяет судить о пределах колебания величины дефибриллирующего тока для животных этого веса.

Несмотря на то, что организм человека сильно отличается от организма испытанных животных, тем не менее, в отношении реакции сердца на действие электрического тока, нет оснований предполагать наличие принципиальных различий между сердцем человека и сердцем этих животных, поскольку здесь речь идет о крайне сильном токе, действующем непосредственно на сердечную мышцу.

Экстраполяция полученных результатов позволяет предполагать, что для организмов с весом близким к весу (60-80 кг.) величина дефибриллирующего тока должна находиться в пределах 20-40 ампер.

У. РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ АППАРАТА-ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

1. Назначение аппарата и основные требования к нему.

Аппарат предназначается для прекращения фибрилляции сердца у человека при помощи одиночного электрического импульса. При наложении электродов на грудную клетку (сопротивление 50—100 ом), аппарат должен генерировать одиночные электрические импульсы тока, с амплитудой первой полуволны до 40 ампер и продолжительностью полуволны порядка 10 мсек. Вторая полуволна должна иметь амплитуду не более 15—20% амплитуды первой полуволны.

2. Описание аппарата-дефибриллятора.

Принципиальная схема аппарата представлена на фигуре 30, внешний вид аппарата — на фиг. 31 и 32, а на фиг. 33 показаны электроды, накладываемые на грудную клетку. Схема аппарата (фиг. 30) состоит из высоковольтной выпрямительной установки, заряжающей конденсатор емкостью $C=24$ мкф. до нужного напряжения (до 6000 вольт), и разрядной цепи, содержащей катушку самоиндукции L_2 . Индуктивность катушки составляет около 0,25 гн, а ее активное сопротивление равно около 25 ом.

Питание аппарата производится от сети 220 или 120 вольт переменного тока. Для подключения аппарата к сети служат клеммы 220 и 127. В зависимости от напряжения сети, переключатель P_1 , включающий цепь трансформатора T_2 для накала кенотрона A_1 , устанавливается в соответствующее положение. При нажатии кнопки K_2 , замыкающей цепи обмотки низкого напряжения трансформатора T_2 , производится зарядка конденсатора C и одновременно загорается неоновая лампа — указатель наличия напряжения на трансформаторе T_1 .

Время заряда конденсатора C до наибольшего напряжения δ кв. составляет порядка 3 сек. Напряжение на конденсаторе контролируется вольтметром, подключенным к делителю напряжения R_1, R_2, R_3, R_4 с общим сопротивлением около 25 мгом. После того, как напряжение на конденсаторе достигнет нужной величины, трансформатор T_1 отключается от сети переменного тока при помощи кнопки K_2 (прекращением нажатия на кнопку K_2).

Разряд конденсатора C на объект производится замыканием ключа K_1 . В аппарате предусмотрена дополнительная цепь с сопротивлением $R_5 = 100$ ом для разрядки конденсатора помимо объекта, нажатием кнопки K_3 . При работе одна обкладка конденсатора, присоединенная к кенотрону J_1 , должна быть заземлена, для чего в аппарате предусмотрена клемма δ (на схеме не указана), подлежащая заземлению. Сопротивление R_6 ограничивает ток в цепи неоновой лампы L , а индуктивность $L_1 = 0,2$ гн. ограничивает ток в цепи трансформатора T_1 . Размеры аппарата 640x320x320 мм, его вес - 48 кг.

Электроды (фиг.33) накладываемые на грудную клетку объекта, выполнены из пористой резины, покрытой тонкой металлической сеткой. Диаметр одного электрода равен 120 мм, другого - 60 мм. Электроды укреплены на резиновой ленте, посредством которой они накладываются на грудную клетку в нужном положении (фиг.34).

3. Испытание образцов аппарата-дефибриллятора,
изготовленных СЭМЗ'ом ВЭИ.

Испытание эффективности действия аппаратов по устранению фибрилляции сердца производилось на одной и той же собаке весом 22 кг. (опыт 6, табл.1). Было испытано 4 аппарата за №№-21357, 21358, 21359 и 21360. Результаты испытаний приведены в таблице 3 и на фигурах 25-28.

Как видно из осциллограмм на фиг.25-28, продолжительность первой полуволны тока составляет порядка 10 мсек, а амплитуда второй полуволны тока не превышает 15% от амплитуды первой полуволны.

Уч. В Н В О Д И
=====

1. Опыты на животных показали, что амплитуда электрического импульса, способного устранить фибрилляцию сердца, вызванную переменным током, находится в определенной зависимости от продолжительности импульса. Разряд емкости 24 мкф. непосредственно на грудную клетку прекращает фибрилляцию сердца у собак при амплитуде разрядного тока 15-30 ампер; при этом продолжительность импульса составляет порядка 2 мсек. Разряд той же емкости через индуктивность порядка 0,3 гн. (продолжительность импульса около 10 мсек) прекращает фибрилляцию сердца у собак при амплитуде разрядного тока 6-12 ампер.

2. Опыты показали, что для устранения фибрилляции сердца предпочтительнее применять более продолжительный импульсный ток (порядка 10 мсек) с меньшей амплитудой. Более продолжительный дефибриллирующий ток с меньшей амплитудой оказывает на сердце значительно меньшее вредное влияние, чем дефибриллирующий ток с большей амплитудой, хотя и менее продолжительный (порядка 2 мсек).

3. Опыты на собаках, овцах и козах показали, что величина дефибриллирующего тока возрастает с увеличением веса животных и практически не зависит от их вида и рода. При продолжительности дефибриллирующего тока порядка 10 мсек, для животных весом около 10 кг. амплитуда тока колеблется в пределах 5-7,5 ампер, а для животных весом около 40 кг. - в пределах 13-21,5 а.

4. Сопротивление грудной клетки животных в значительной степени зависит от приложенного напряжения, уменьшаясь с увеличением последнего. При напряжении от 500 до 2000 вольт сопротивление изменяется в пределах от 120 до 60 ом (электроды диаметром

8 см. и 6 см.).

5. Экстраполяция результатов, полученных в опытах на животных весом от 8 до 50 кг. и в единичных опытах на животных весом 55-67 кг., позволяет предполагать, что для человеческого организма весом 60-80 кг. величина дефибриллирующего тока, продолжительностью около 10 мсек, должна находиться в пределах 20-40 а.

Распространение экспериментальных результатов на человеческий организм можно считать допустимым в отношении реакции сердца на прямое раздражающее действие электрического тока, поскольку здесь речь идет о крайне сильном токе, действующем непосредственно на сердечную мышцу.

6. Разработан и испытан на собаках аппарат-дефибриллятор, генерирующий одиночные электрические импульсы продолжительностью порядка 10 мсек. Напряжение на конденсаторе аппарата регулируется и может быть доведено до 3000 вольт. При сопротивлении внешней цепи (объекта) 50-100 ом аппарат способен давать разрядный ток амплитудой до 40 ампер.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Андреев Е.А. "Смерть от электрического тока". - Труды. Фран. т. XI, № 9, 1912 г.
2. Брескани М.Е., Лабетинский А.В., Суренин А.А., Стрельцов В.В. "К вопросу о механизме гибели животного при электротравме". - Вестник бурная СССР, т. 77, № 5, стр. 5-2, 1932 г.
3. Петров И.Р. и Павлов В.В. "О влиянии на организм животного переменный электротравма". Сборник "Электротравма", т. 1, стр. 5.
4. W.B. Kouwenhoven, D.R. Hooker and O.K. Langworthy. - "Heart injury from electric Shock". - Electr. Eng., 1932, N 4, p. 242.
5. L.P. Ferris, B.G. King, P.W. Spence and H.E. Williams. - "Effect of electric Shock on the heart". - Electr. Eng., 1935, N 5, p. 498.
6. J.L. Prevost et F. Battelli. - "La mort par les courants a bas voltage". - J. de physiologie et de pathologie gen. 1899, p. 399.
7. J.L. Prevost et F. Battelli. - "La mort par les Courants electriques". - J. de physiol. et de pathol. gen." 1899, I, p. 427.
8. J.L. Prevost et F. Battelli. - " Quelques effects des decharges electriques sur le Coeur des mammiferes". J. de physiol. et de pathol. gen. 1900, II, p. 40.
9. D.R. Hooker, W.B. Kouwenhoven and O.R. Langworthy. - "The effect of alternating electric Current on the heart". Amer. J. of Physiology, v. 103, p. 444. 1933.
10. C. Wiggers. - "The physiological basis for Cardiac resuscitation - Amer heart. J. v. 20, p. 413, 1940.

11. C.S. Beck and H.J. Rand.- "Cardiac arrest during anesthesia and Surgery".- J.Amer.Med.Ass., v.141, p. 1230, 1949.
12. J.L. Southworth, V.A. McKusick, E.C. Pierle and F.L. Rawson.- "Ventricular fibrillation precipitated by Catheterization. Completely recovery of the patient after forty-five minutes".- J.Amer.Med.Ass., v. 143, p. 717, 1950.
13. J. Johnson and C.R. Kirby.- "The Surgical treatment of Ventricular fibrillation"- Amer. Surgery Ass. Meeting, 1951.
14. E. Vanremoortere.- "Nouveau defibrillator electrique avec mesure de la resistance du coeur".- Arch.internat. de physiologie, v. 57, N 3, p. 347, 1950.
15. D.A. Cooley.- "Cardiac resuscitation during operation for pulmonic Stenosis".- Annal. of Surgery, 1950, XI, v. 132, N 5, p. 930.
16. W.B. Kouwenhoven and I.H. Key.- "A simple electric apparatus for the clinical treatment of ventricular fibrillation".- Surgery, 1951, XI, vol. 30, N 5, p. 781.
17. P. Santy et P. Marion.- "Resurrection Cardiaque., de-fibrillation Ventriculaire.
18. Гурвич Н.Л. и Юнгер Г.С. "О восстановлении нормальной деятельности сердца человека после экспериментальной остановки сердца". - Бюлл. Экспер. Биологии и Медицины, т. III, в. 1, стр. 55, 1949 г.
19. Гурвич Н.Л. - "Восстановление ритмической деятельности сердца человека после экспериментальной остановки сердца". - Бюлл. Экспер. Биологии и Медицины, т. III, в. 1, стр. 56, 1949 г.

Таблица 1

Данные опытов по прекращению фибрилляции сердца электрическими разрядами.

Дата опыта.	Вес собаки. кг.	№№ опыта.	№№ испытаний.	Осциллограммы на фиг.	Параметры цепи.			Параметры разряда.		Прекращение фибрилляции.
					Индуктивность. Гн.	Емкость конденсаторов. мкф.	Напряжение на конденсаторе. В.	Напряжение на объекте. В.	Сила тока. а.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.06.53	8	1	1	4а	0,28	24	1200	550	5,8	Нет
			2	4б	0,28	24	1500	550	6,4	Да
			3	5а	0	24	1000	830	9,5	Нет
			4	5б	0	24	1400	1150	15,2	Да
10.06.53	10	2	5	6а	0,28	24	1200	500	4,7	Нет
			6	6б	0,28	24	1500	590	5,8	Да
			7	7а	0	24	2000	1650	26,0	Нет
			8	7б	0	24	2500	2020	32,3	Да
17.06.53	14	3	9	8а	0,28	24	2200	750	8,1	Нет
			10	8б	0,28	24	2800	1010	11,2	Да
			11	9а	0	24	2200	1870	24,6	Нет
			12	9б	0	24	2800	2320	32,8	Да
4.07.51	11	4	13	10а	0,28	24	-	480	4,6	Нет
			14	10б	0,28	24	-	550	5,3	Да
			15	11а	0	24	-	1290	15,3	Нет
			16	11б	0	24	-	2040	>16	Да
29.06.51	10	5	17	12а	0,28	24	-	700	6,9	Нет
			18	12б	0,28	24	-	750	7,5	Да
23.10.52	22	6	19	13	0,28	24	3500	1540	17,4	Да
2.07.51	12	7	20	14а	0,28	8	3000	770	10,9	Нет
			21	14б	0,28	8	3500	870	12,8	Да
25.05.51	12	8	22	15	0,28	8	3000	960	9,2	Да
9.07.51	12	9	23	16а	0,28	4	5000	1300	15,4	Нет
			24	16б	0,28	4	6000	-	16,7	Да

Таблица 2

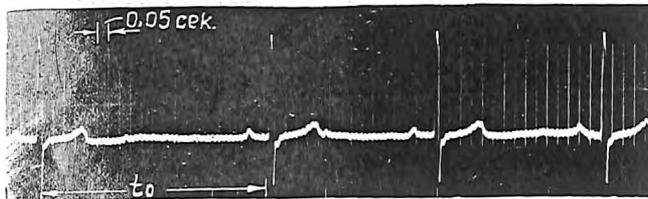
Сравнительные данные по параметрам разрядов [C=24 мкФ], прекращающих фибрилляцию сердца и вызывающих нарушение деятельности нормально работающего сердца.

Дата опыта.	№ опыта.	Вес собаки. кг.	Осциллограммы на фриз.	Индуктивность в цепи гН.	Испытание по устранению фибрилляции			Испытание на нормально работающем сердце		
					Сила тока. а.	Напряж. на собаке. в.	Прекращение фибрилляции.	Сила тока. а.	Напряж. на собаке. в.	Нарушение деятельности сердца по ЭКГ.
20.06.53	1	8	4 и 17	0,28	5,8	550	Нет	8,5	—	Нет
					6,4	550	Да	9,5	—	Да
			5 и 18	0	9,5	830	Нет	12,2	1060	Нет
					15,2	1150	Да	15,9	1280	Да
10.06.53	2	10	6 и 19	0,28	4,7	500	Нет	10	880	Нет
					5,8	590	Да	12,4	1040	Да
			7 и 20	0	26	1650	Нет	11,1	920	Нет
					32,3	2020	Да	14,8	1200	Да
17.06.53	3	14	8 и 21	0,28	8,1	750	Нет	8,2	720	Нет
					11,2	1010	Да	9	800	Да
			9 и 22	0	24,6	1870	Нет	12,7	1070	Нет
					32,8	2320	Да	15,3	1230	Да

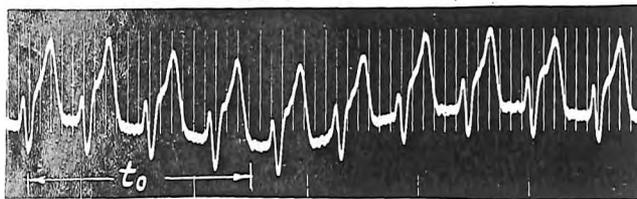
Таблица 3

результаты испытания по дефибрилляции сердца одной и той же собаки весом 22 кг четырьмя образцами аппарата-дефибриллятора.

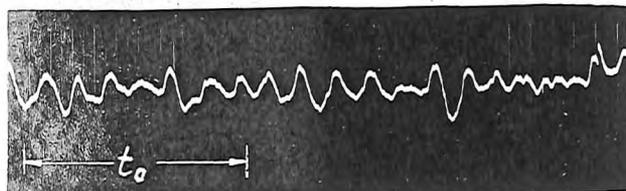
№ аппарата.	Осциллограммы на фиг.	Напряжен.	Амплитуда тока, напря-		Преграще- ние фибрил- ляции.	
		на конденса- торе.	жения на объекте и его сопротивление.	Вольт.		Ом.
		Вольт.	Ампер.	Вольт.	Ом.	
21357	25	3500	18,6	1530	82	Да
21358	26	3500	17,4	1540	88	Да
21360	27	3500	17,4	1490	85	Да
	28	3500	18,1	1580	87	Нет
21359	28	3500	20,4	1680	82	Нет
	28	6000	29,4	2200	75	Да



а) Электрокардиограмма (ЭКГ) нормальной работы сердца.



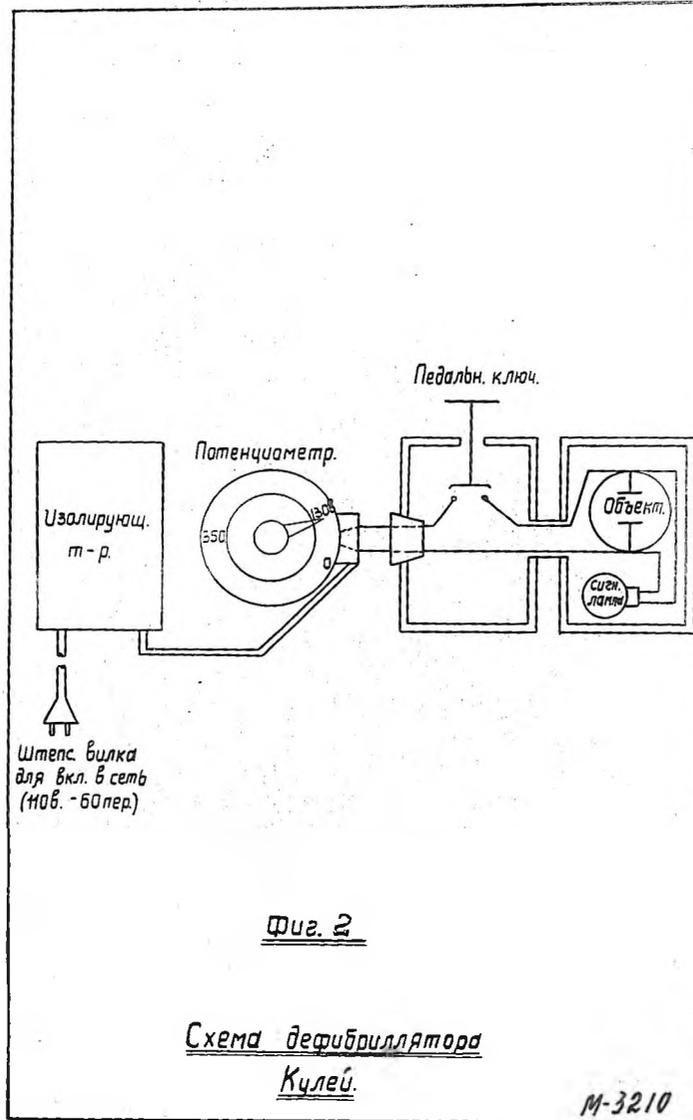
б) ЭКГ при нарушении работы сердца (Пароксизмальная тахикардия).

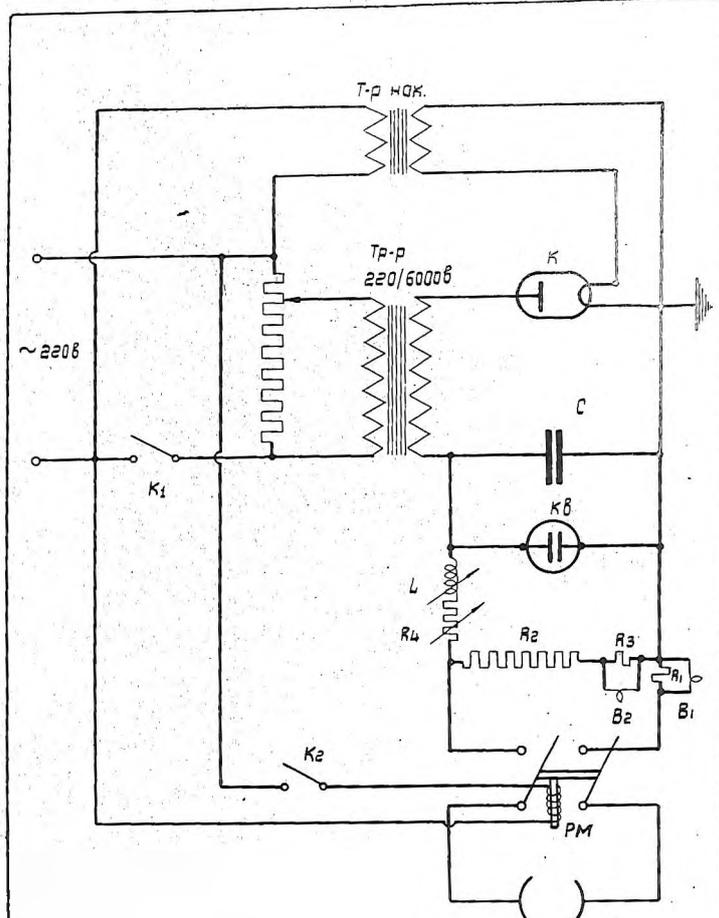


в) ЭКГ. фибрилляция сердца.

Фиг. 1.

Электрокардиограммы при различных состояниях сердца. $t_0 = 1$ сек.

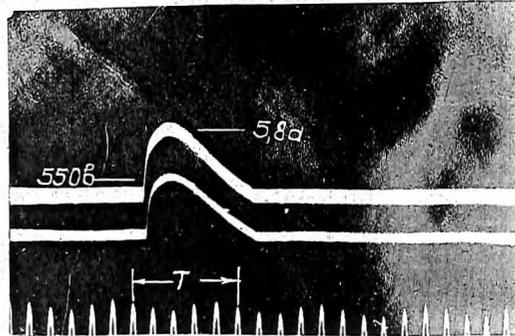
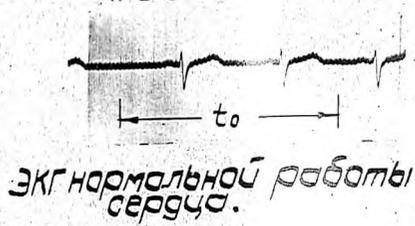




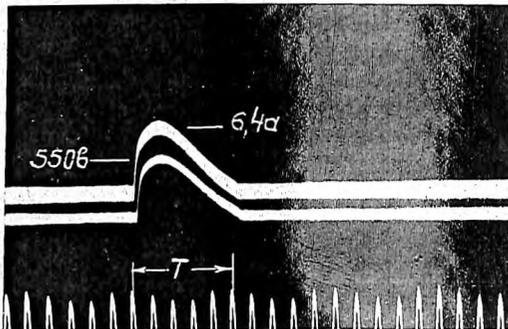
Фиг. 3

Принципиальная схема
установки по испытанию физиоло-
гического действия разрядов на
организм животного

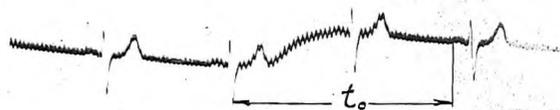
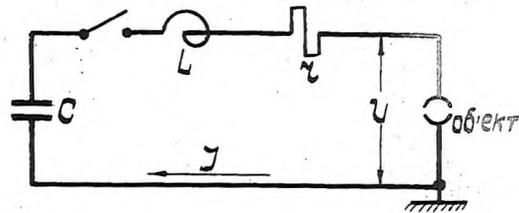
М-3211



а). Испытание 1.
(фибриляция продолжается).



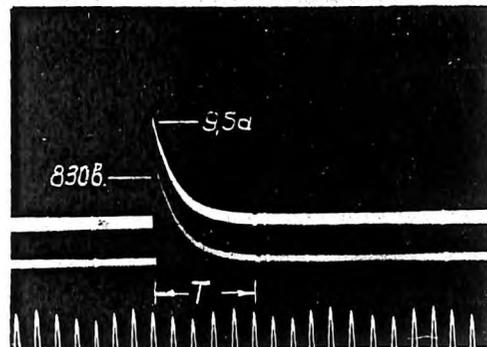
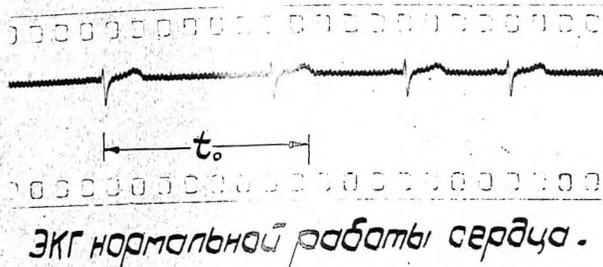
б). Испытание 2.



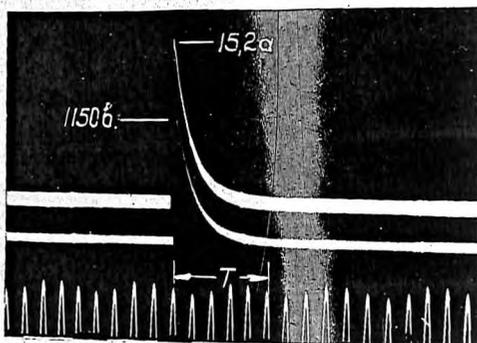
ЭКГ после испытания 2.
(фибриляция устранена).

Фиг. 4. Опыт 1 (испытание 1 и 2) по дефибрилляции разрядами при $C = 24 \text{ мкф}$, $L = 0,28 \text{ гн}$, $r = 29 \text{ ом}$, $T = 0,01 \text{ сек}$, $t_0 = 1 \text{ сек}$. Собака 8 кг.

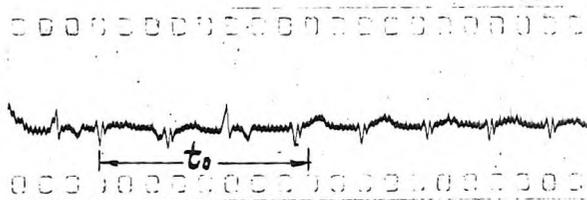
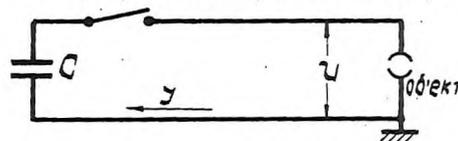
К-99У.



а). Испытание 3.
(фибриляция продолжается).

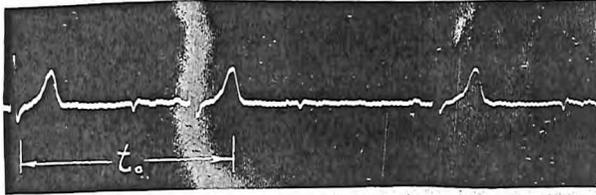


б). Испытание 4.

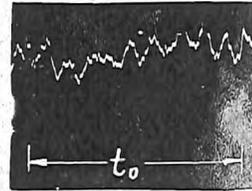


ЭКГ после испытания 4.
(фибриляция устранена).

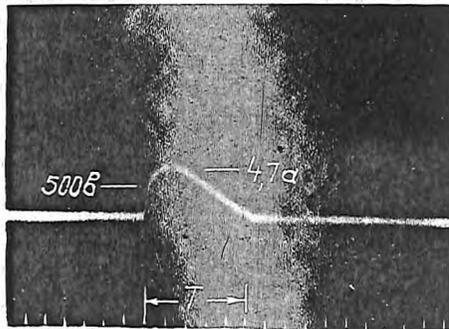
Фиг. 5. Опыт 1 (испытания 3 и 4) по дефибриляции разрядом при $C=24\text{ мкф}$, $L=0$, $T=0,01\text{ сек}$, $t_0=1\text{ сек}$. Собака 8 кг.



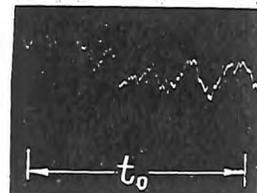
ЭКГ нормальной работы сердца.



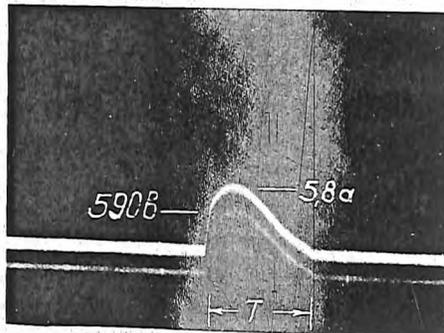
ЭКГ фибрилляция от переменного тока.



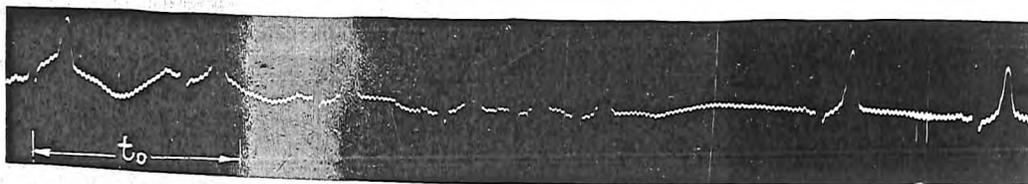
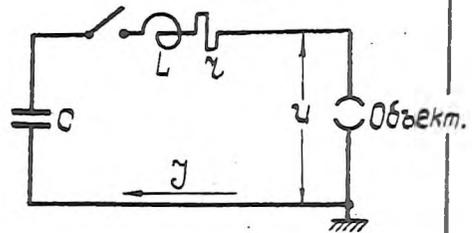
а) Испытание 5.



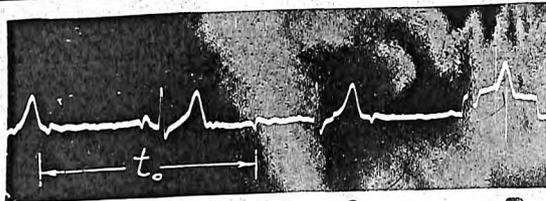
ЭКГ после испытания 5 (фибриляция продолжается).



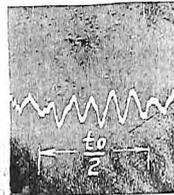
б) Испытание 6.



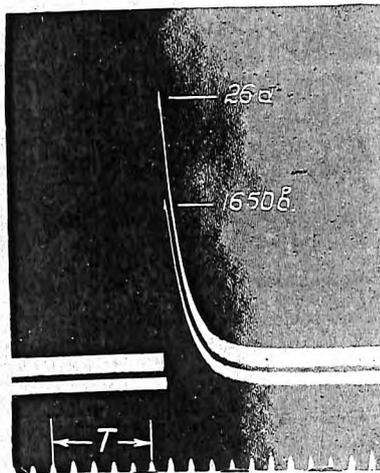
ЭКГ после испытания 6. (фибриляция устранена).
 Фиг. 6. Опыт 2 (испытания 5 и 6) по дефибриляции разрядами при $C=24\text{ мкф}$, $L=0,28\text{ гн}$, $r=29\text{ ом}$.
 $T=0,01\text{ сек}$, $t_0=1\text{ сек}$. Собака 10 кг.



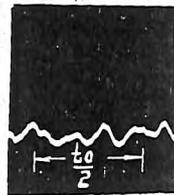
ЭКГ нормальной работы сердца.



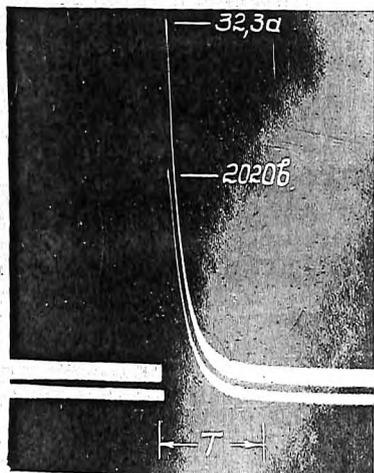
ЭКГ фибрилляция от переменного тока.



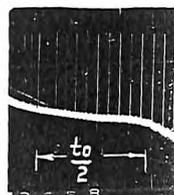
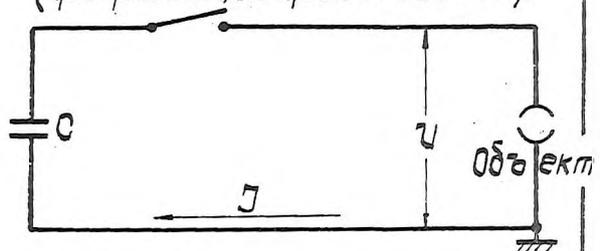
а) испытание 7.



ЭКГ после испытания 7 (фибриляция продолжается).

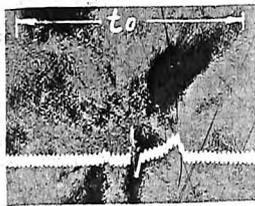


б) Испытание 8.

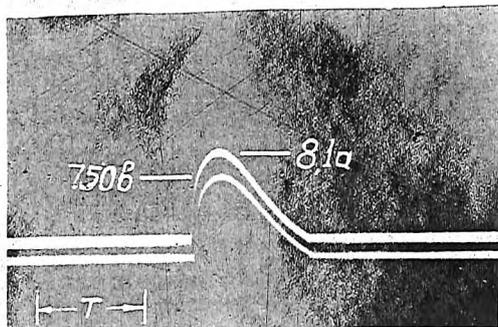


ЭКГ после испытания 8. (фибриляция устранена).

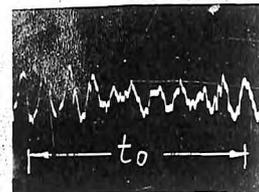
Фиг. 7. Опыт 2 (испытания 7 и 8) по дефибрилляции разрядами при $C=24 \text{ мкф}$, $L=0$, $T=0,01 \text{ сек}$, $t_0=1 \text{ сек}$. Собака 10 кг.



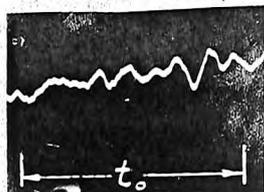
ЭКГ нормальной работы сердца.



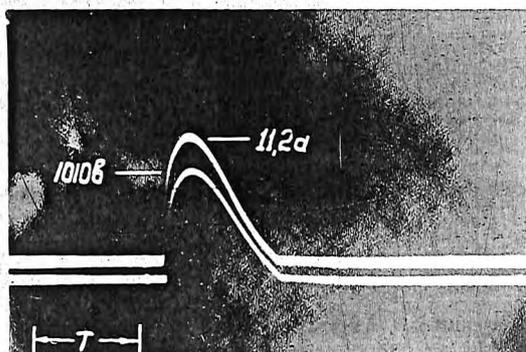
а) Испытание 9.



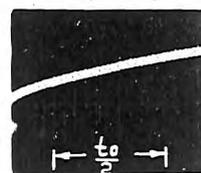
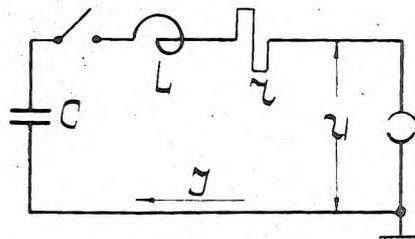
ЭКГ после испытания 9 (фибриляция продолжается).



ЭКГ фибрилляция от переменного тока.

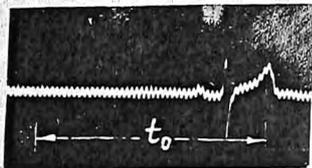


б) Испытание 10.

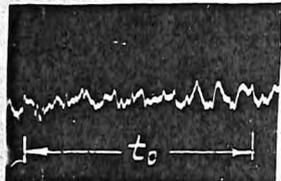


ЭКГ после испытания 10 (фибриляция устранена).

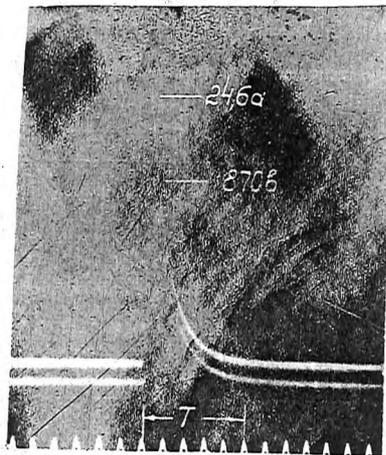
Фиг. 8. Опыт 3 (испытания 9 и 10) по дефибриляции разрядом при $C=24$ мкф, $L=0,28$ гн, $r=29$ ом, $T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек. Собака 14 кг.



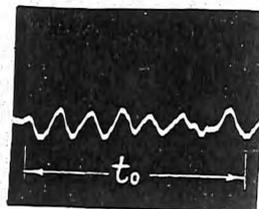
ЭКГ нормальной работы сердца.



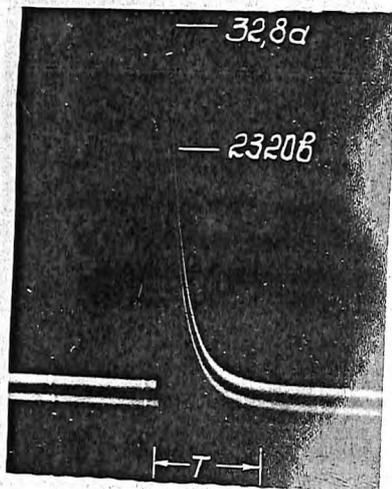
ЭКГ фибрилляция от переменного тока.



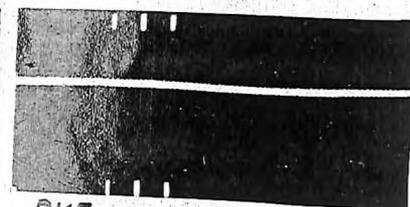
в) Испытание 11.



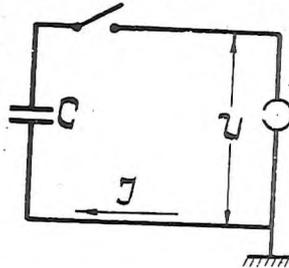
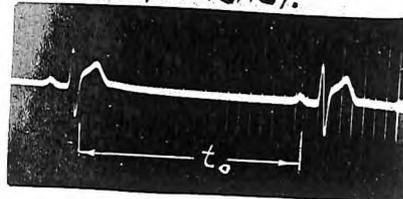
ЭКГ после испытания 11 (фибрилляция продолжается).



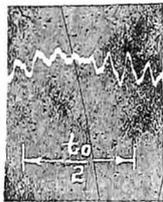
б) Испытание 12.



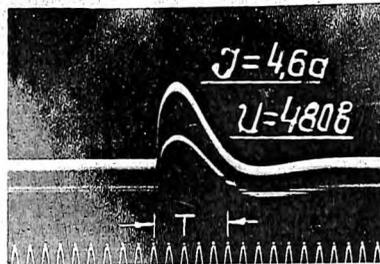
ЭКГ после испытания 12 (фибрилляция устранена).



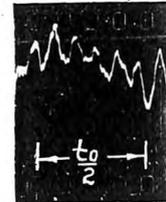
Фиг. 9 Опыт 3 (испытания 11, 12) по дефибрилляции разрядами при $C=24 \text{ мкф}$, $L=0$, $T=0,01 \text{ сек}$, $t_0=1 \text{ сек}$. Собака 14 кг.



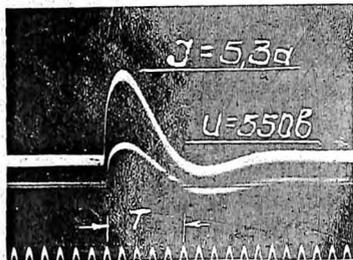
ЭКГ фибрилляция
от переменного
тока.



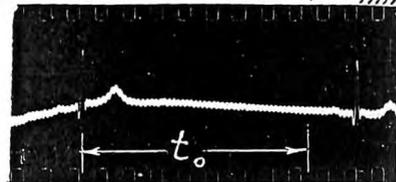
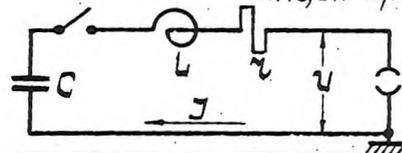
а). Испытание 13.



ЭКГ после испыта-
ния 13 (фибрил-
ляция продолж.).

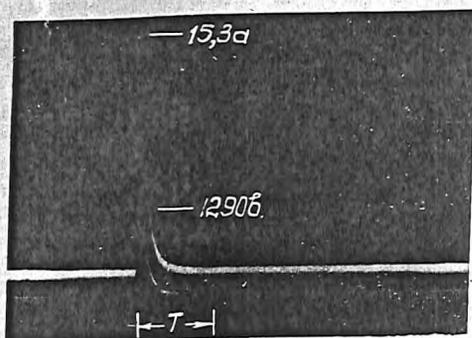


б). Испытание 14.

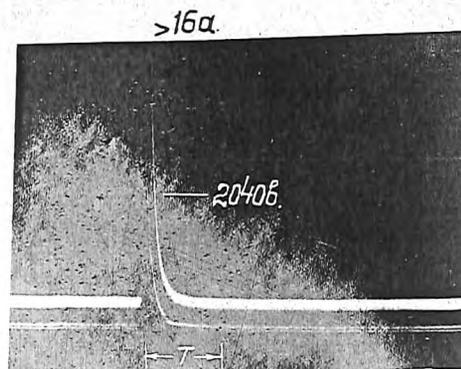


ЭКГ после испытания 14
(фибриляция устранена).

Фиг. 10. Опыт 4 (испытания 13 и 14) по дефибрил-
ляции разрядами при $C = 24 \text{ мкф}$,
 $L = 0,2 \text{ вгн}$, $\zeta = 29 \text{ ом}$. Собака 11 кг.
 $T = 0,01 \text{ сек}$, $t_0 = 1 \text{ сек}$.

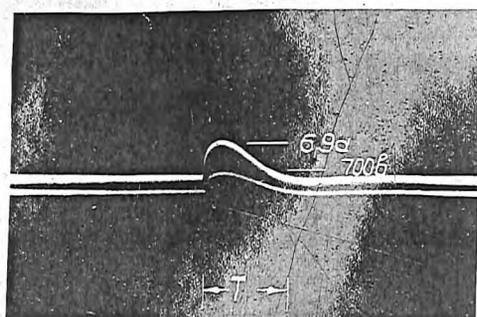


а). Испытание 15.

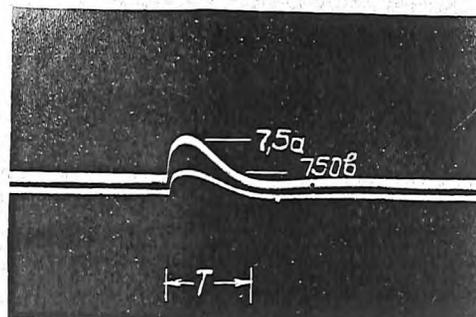


б). Испытание 16.

Фиг. 11. Опыт 4 (испытание 15 и 16) по дефибрилляции разрядом при $C=24 \text{ мкф}$, $L=0$, $T=0,01 \text{ сек}$. Собака 11 кг. (Фибрилл. устранена после испыт. 16).

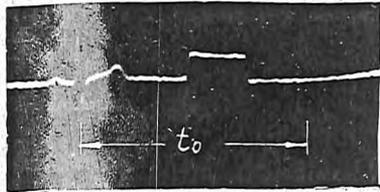


а) Испытание 17.

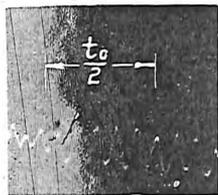
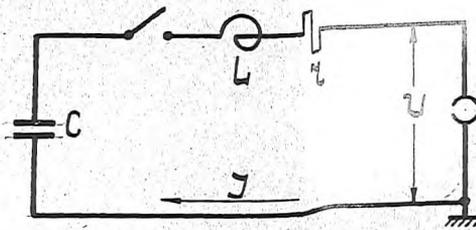


б) Испытание 18.

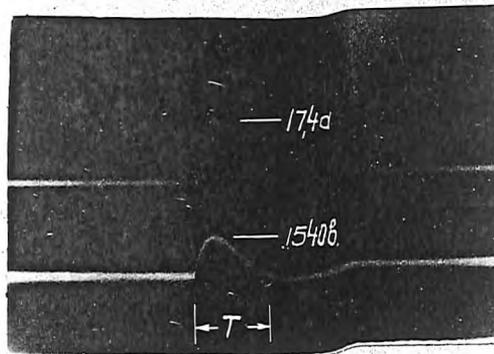
Фиг. 12. Опыт 5 (Испытания 17 и 18) по дефибрилляции разрядом при $C=24 \text{ мкф}$, $L=0,28 \text{ гн}$, $r=29 \text{ ом}$, $T=0,01 \text{ сек}$. Собака 10 кг. (Фибрилл. устранена после испыт. 18).



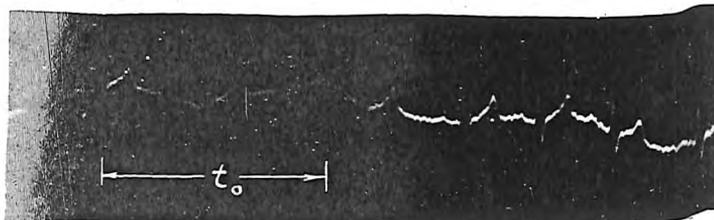
ЭКГ нормальной
работы сердца.



ЭКГ. фибрилляция
от переменного тока.

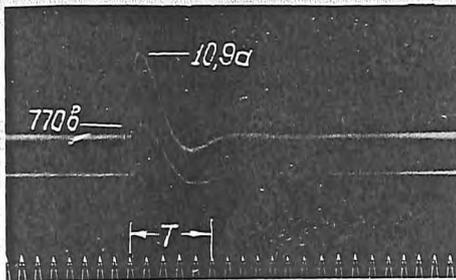


Испытание 19.

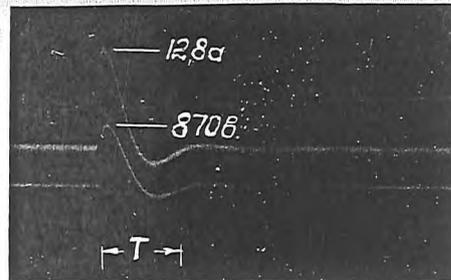


ЭКГ после испытания 19
(фибриляция устранена).

Фиг. 13. Опыт 6 (испытание 19) по дефибрилляции разрядами при $C = 24 \text{ мкф.}$
 $L = 0,28, \quad r = 29 \text{ ом. } T = 0,01 \text{ сек. } t_0 = 1 \text{ сек.}$
Собака 22 кг.

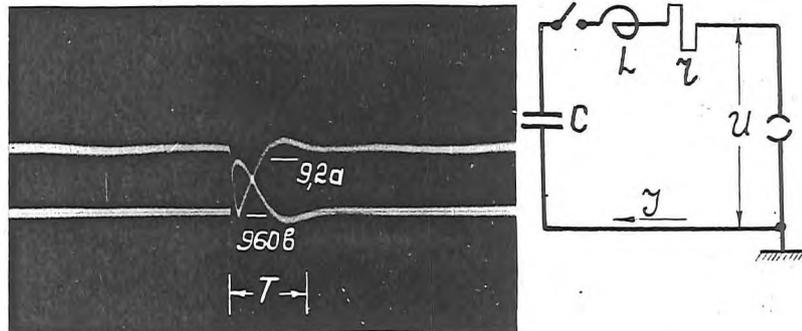


а) Испытание 20
(фибрилляция продолжается).



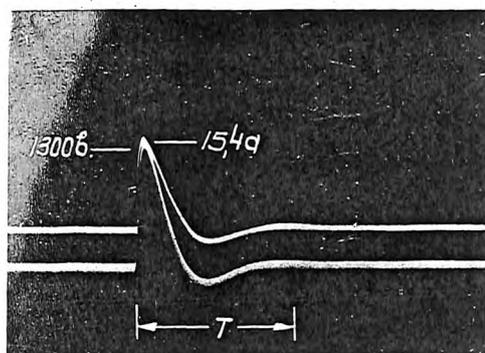
б) Испытание 21
(фибрилляция устранена).

Фиг.14 Опыт 7 (испытания 20 и 21) по дефибрилляции разрядом при $C=8\text{ мкф}$, $L=0,28\text{ гн}$, $r=29\text{ ом}$, $T=0,01\text{ сек}$. Собака 12 кг.

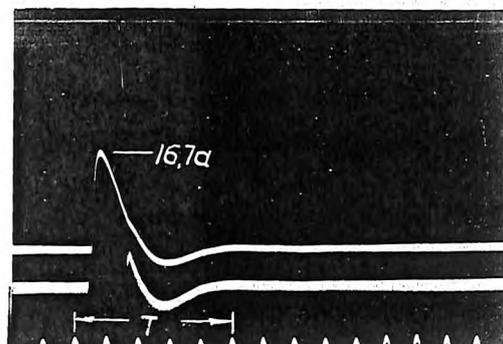


Испытание 22.

Фиг.15. Опыт 8. (Испытание 22) по дефибрилляции разрядом при $C=8\text{ мкф}$, $L=0,28\text{ гн}$, $r=29\text{ ом}$, $T=0,01\text{ сек}$. Собака 12 кг.



а) Испытание 23.
(фибрилляция продолжается).

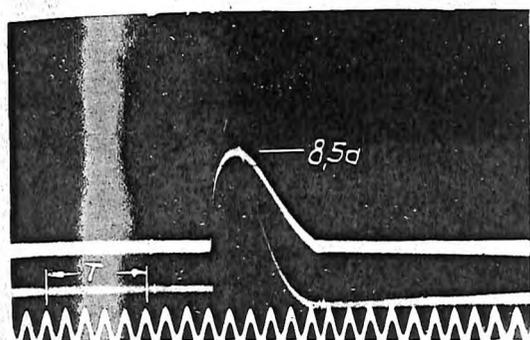


б) Испытание 24.
(фибрилляция устранена).

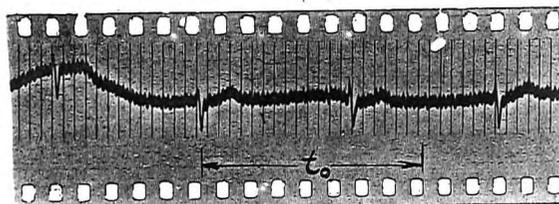
Фиг. 16

Опыт 9 (испытания 23 и 24) по дефибрилляции разрядами при $C=4$ мкф, $L=0,28$ гн, $z=290$ м, $T=0,01$ сек. собака 12 кг.

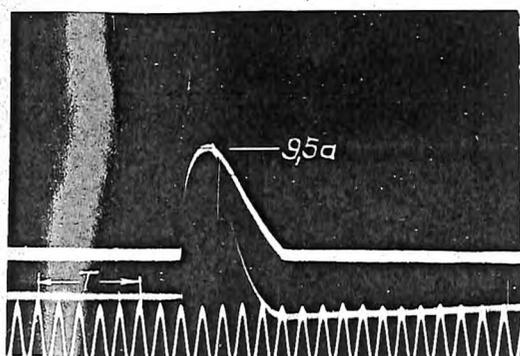
М-3600



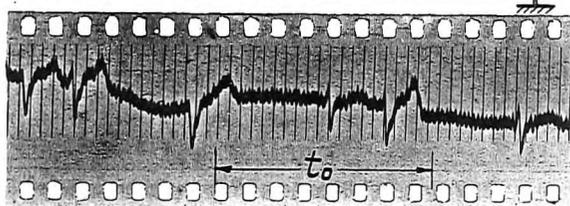
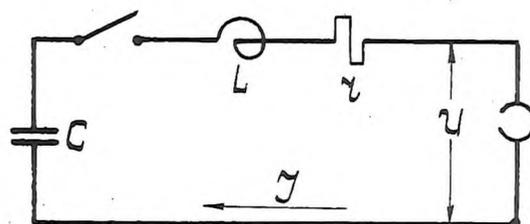
а) Испытание 1.



ЭКГ после испытания 1.

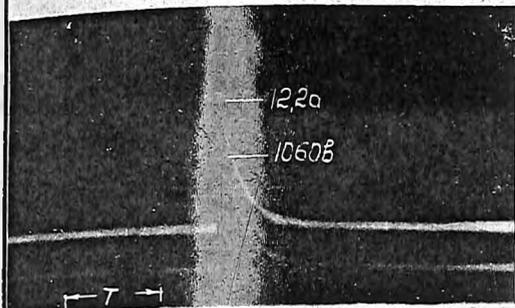


б) Испытание 2.

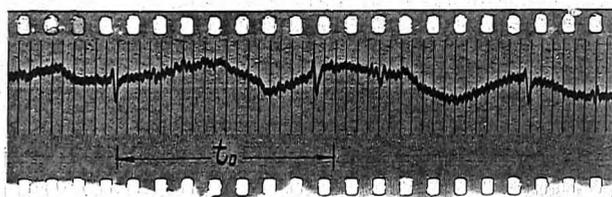


ЭКГ после испытания 2.

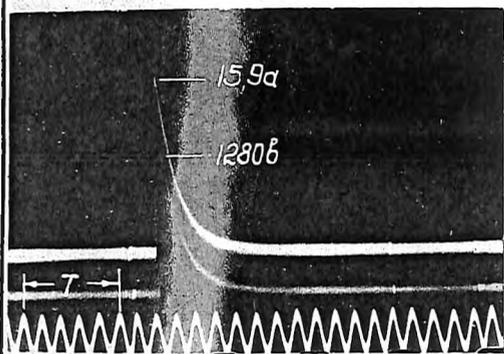
Фиг. 17. Опыт 1. (Испытания 1 и 2. Табл. 2) Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C=24$ мкф, $L=0,28$ гн, $r=29$ ом, $T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек. Собака 8 кг.



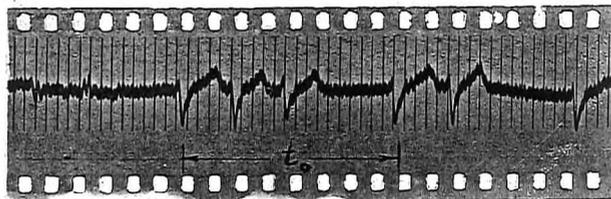
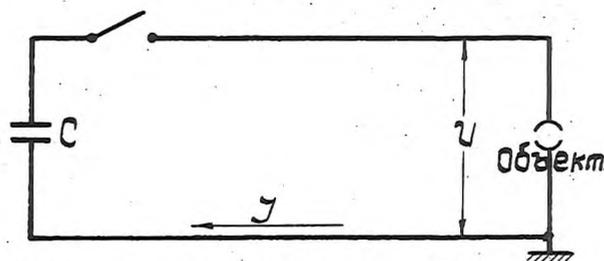
а) Испытание 3.



ЭКГ после испытания 3.



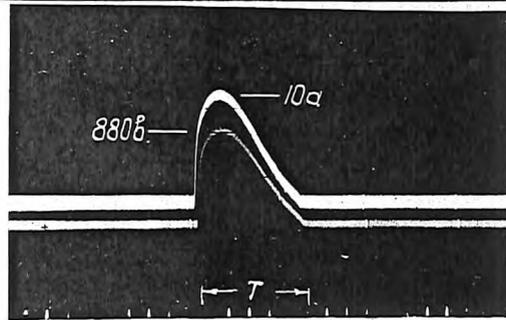
б) Испытание 4.



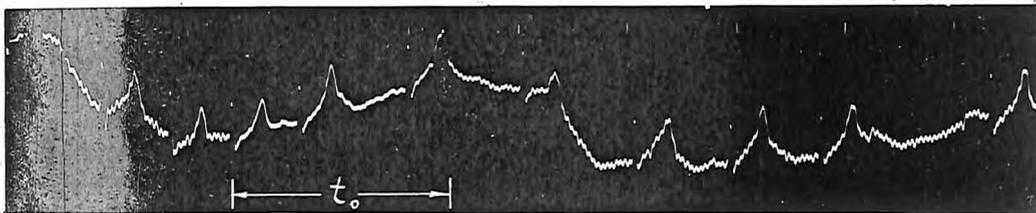
ЭКГ после испытания 4.

Фиг. 18. Опыт 1. (Испытания 3 и 4. Табл. 2) Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C=24 \text{ мкф}$, $L=0$; $T=0,01 \text{ сек}$; $t_0=1 \text{ сек}$. Собака 8 кг.

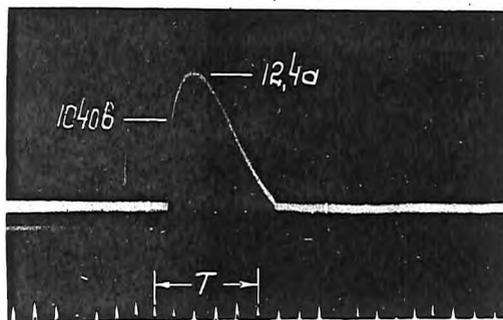
K-1001



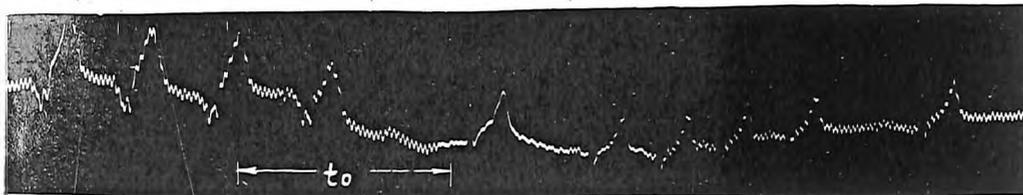
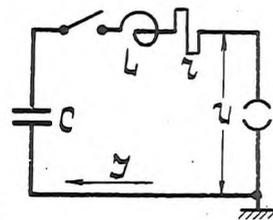
а) испытание 5.



ЭКГ после испытания 5.



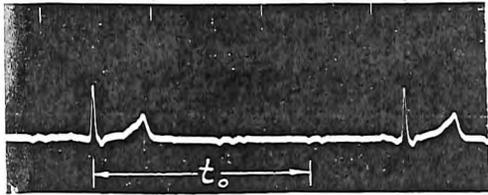
б) испытание 6.



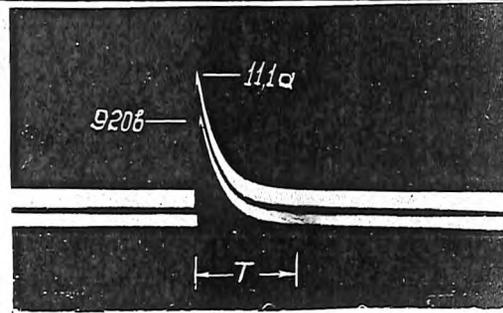
ЭКГ после испытания 6.

Фиг.19. Опыт 2. (Испытания 5 и 6, см. таблицу 2).
 Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C=24\text{ мкф}$, $L=0,28\text{ гн}$, $r_l=29\text{ ом}$. Собака 10 кг.
 $T=0,01\text{ сек}$, $t_0=1\text{ сек}$.

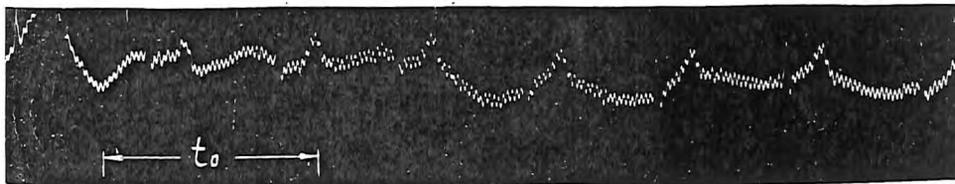
K-1002



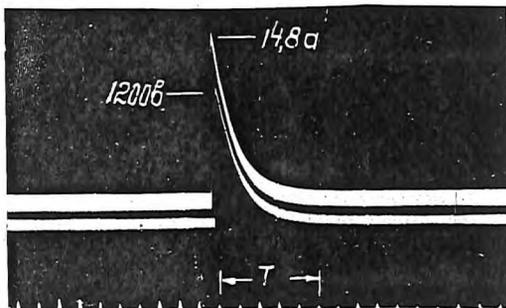
ЭКГ нормальной работы сердца.



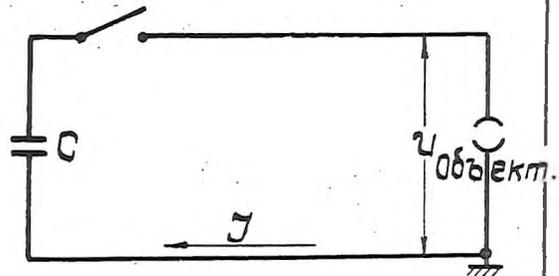
а) Испытание 7.



ЭКГ после испытания 7.

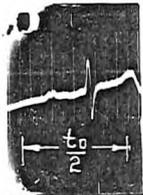


б) Испытание 8.

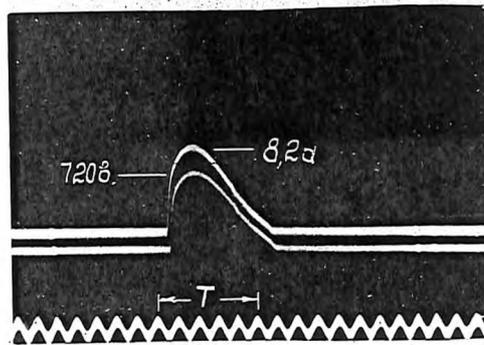


ЭКГ после испытания 8.

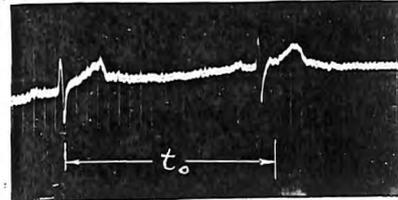
Фиг. 20. Опыт 2. (испытания 7 и 8). Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C = 24 \text{ мкф}$, $L = 0$. $t_0 = 1 \text{ сек}$, $T = 0,01 \text{ сек}$.



ЭКГ нормальной работы сердца.



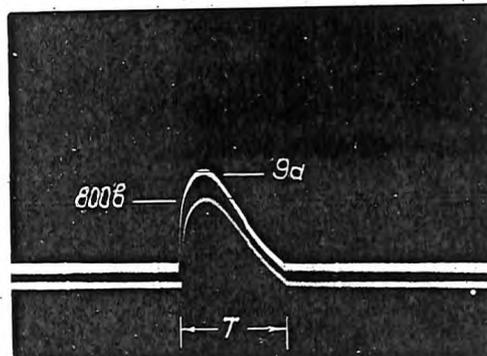
а) Испытание 9.



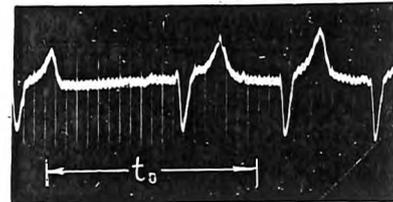
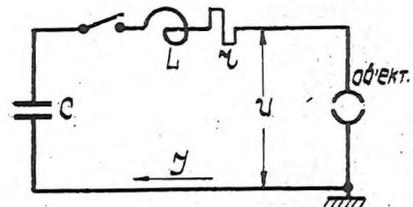
ЭКГ после испытания 9.



ЭКГ нормальной работы сердца.

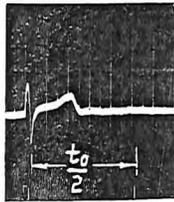


б) Испытание 10.

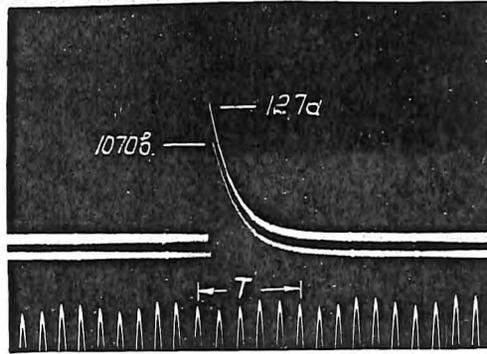


ЭКГ после испытания 10.

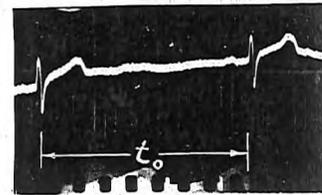
Фиг. 21. Опыт 3. (испытания 9 и 10, см. таблицу 2).
 Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C=24\text{ мкф}$, $L=0,28\text{ гн}$,
 $r=29\text{ ом}$, $T=0,01\text{ сек}$, $t_0=1\text{ сек}$.
 Собака 14кг.



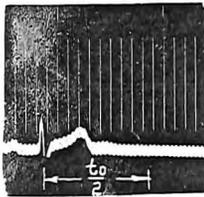
ЭКГ нормальной работы сердца.



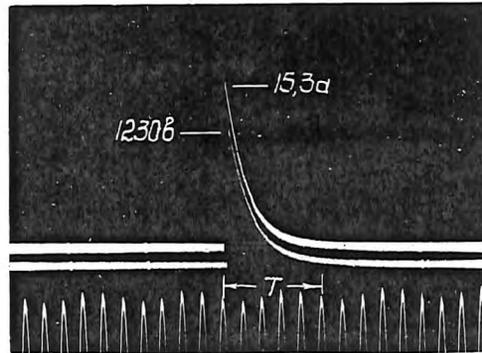
а) Испытание 11.



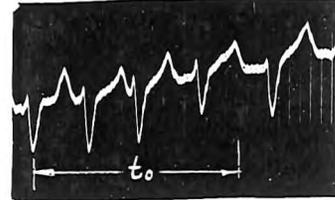
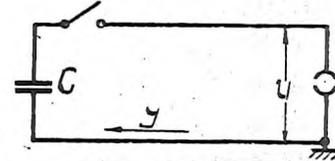
ЭКГ после испытания 11.



ЭКГ нормальной работы сердца.

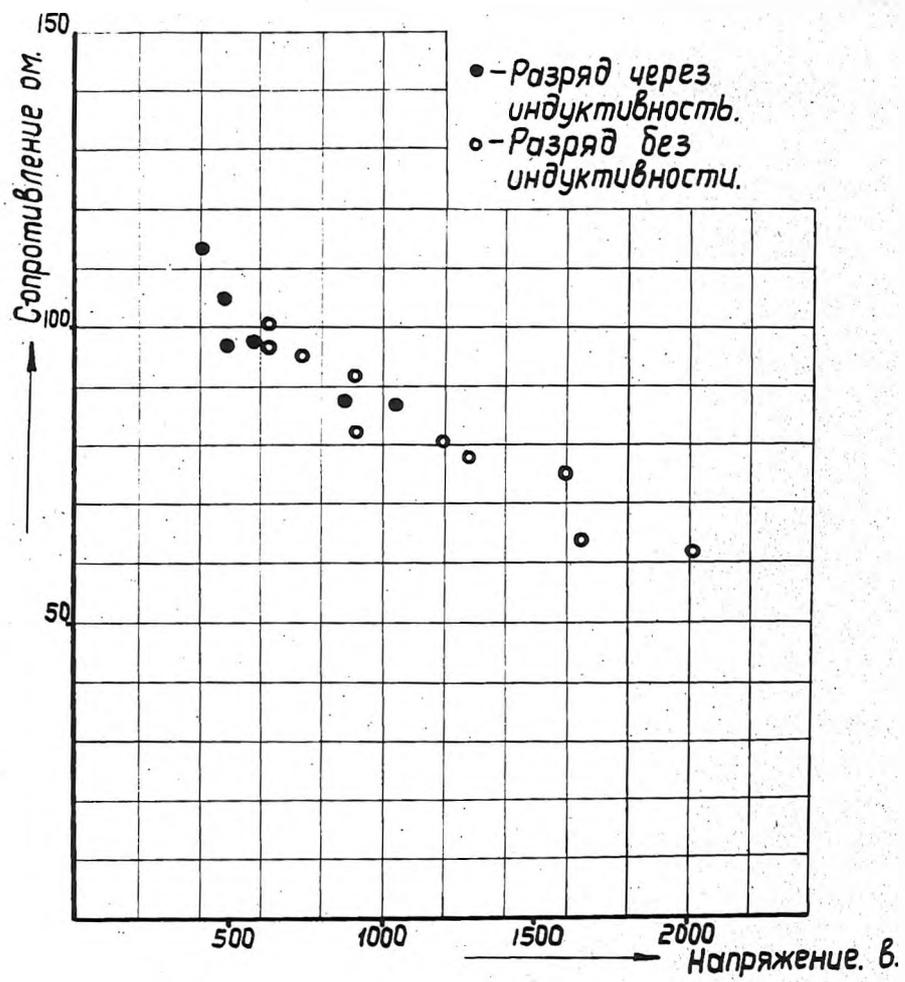


б) Испытание 12.



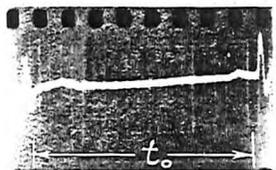
ЭКГ после испытания 12.

Фиг. 22. Опыт 3. (Испытания 11 и 12 см. таблицу 2). Действие разрядов на нормально работающее сердце при $C=24\text{ мкф}$, $L=0$, $T=0,01\text{ сек}$, $t_0=1\text{ сек}$.

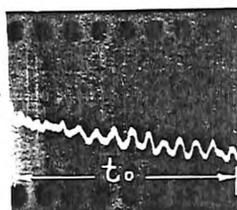


Фиг. 23. Сопротивление грудной клетки собаки
весом 10 кг. [опыт 2].

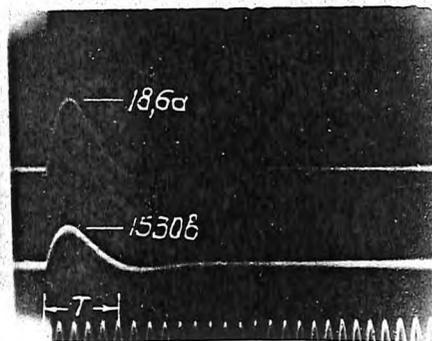
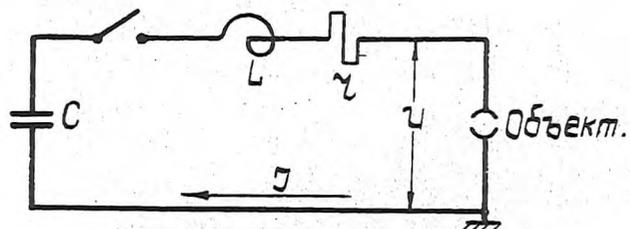
К-988



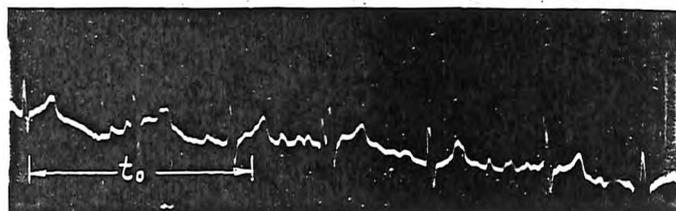
ЭКГ нормальной работы сердца.



ЭКГ фибрилляция от переменного тока.



Испытание 1.

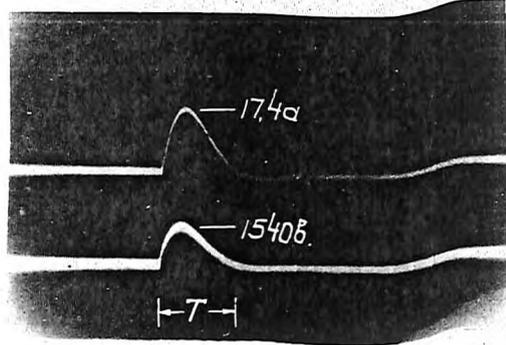
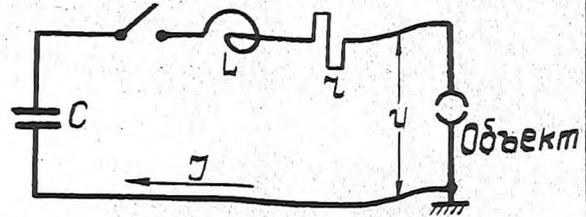


ЭКГ после испытания 1
(фибрилляция устранена).

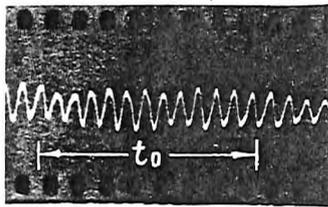
Фиг. 25. Лабораторное испытание аппарата-дефибриллятора н 21357 (таблица 3). $T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек.
Собака 22 кг.



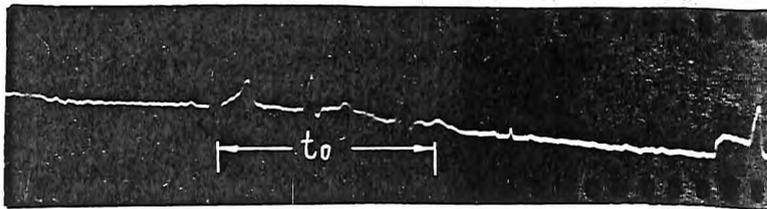
ЭКГ нормальной
работы сердца.



Испытание 2.

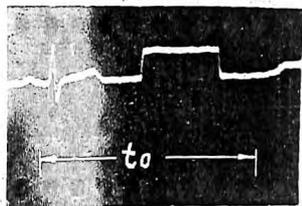


ЭКГ фибрилляция от
переменного тока.

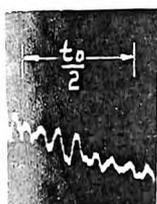


ЭКГ после испытания 2.

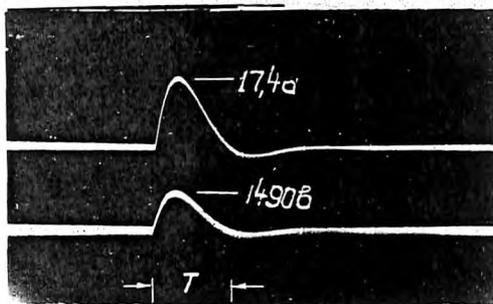
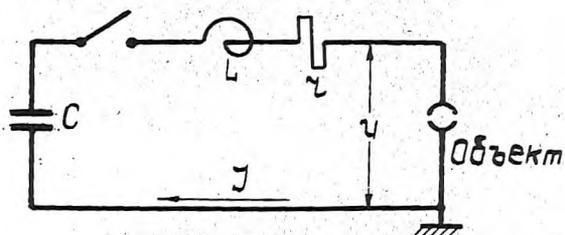
Фиг. 26. Лабораторное испытание аппарата-дефибриллятора № 21358 (таблица 3). $T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек.
Собака 22 кг.



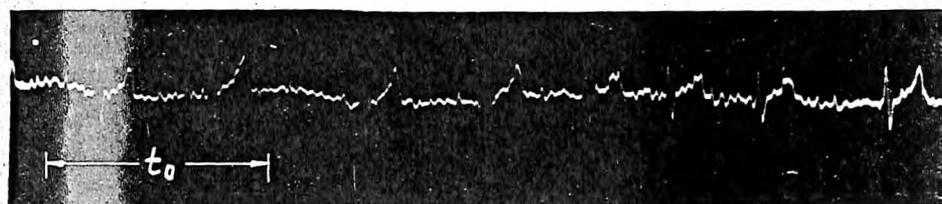
ЭКГ нормальной
работы сердца.



ЭКГ фибрилляция
от переменного тока.



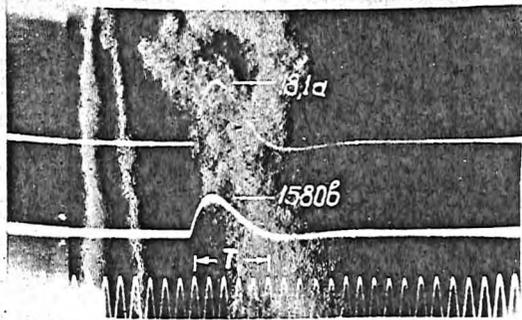
Испытание 3.



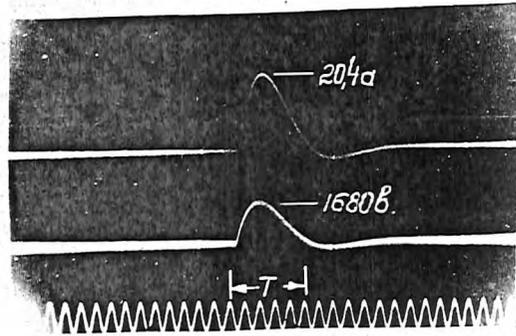
ЭКГ после испытания 3.

Фиг. 27. Лабораторное испытание аппарата
дефибриллятора № 21360.
(таблица №3). $T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек
Собака 22 кг.

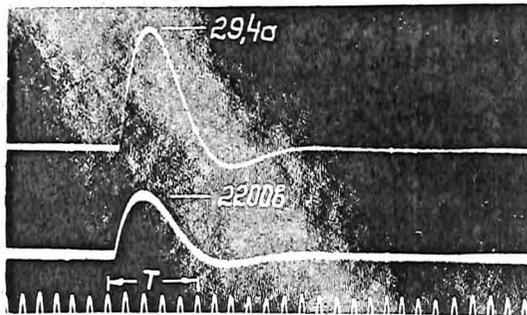
К-1008



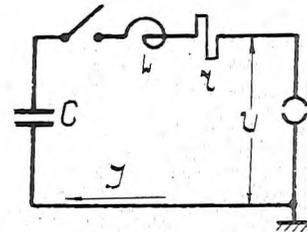
Испытание 4.



Испытание 5.



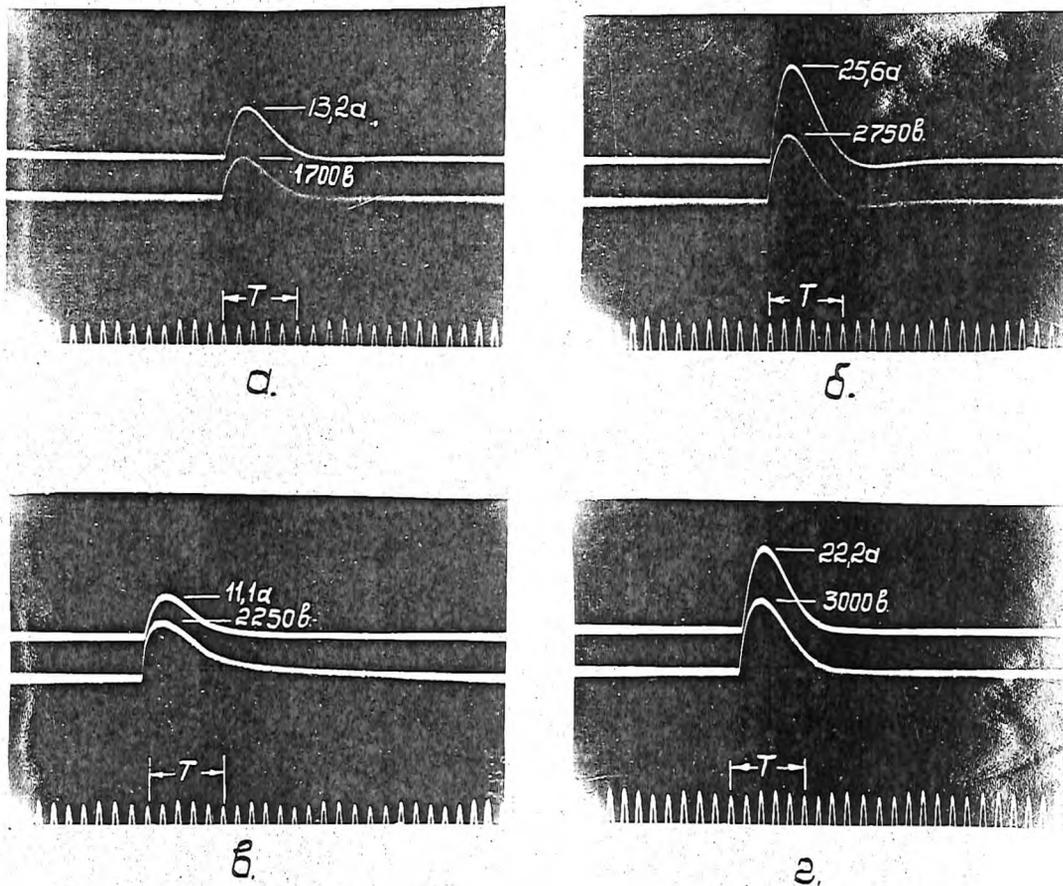
Испытание 6.



ЭКГ после испытания 6.

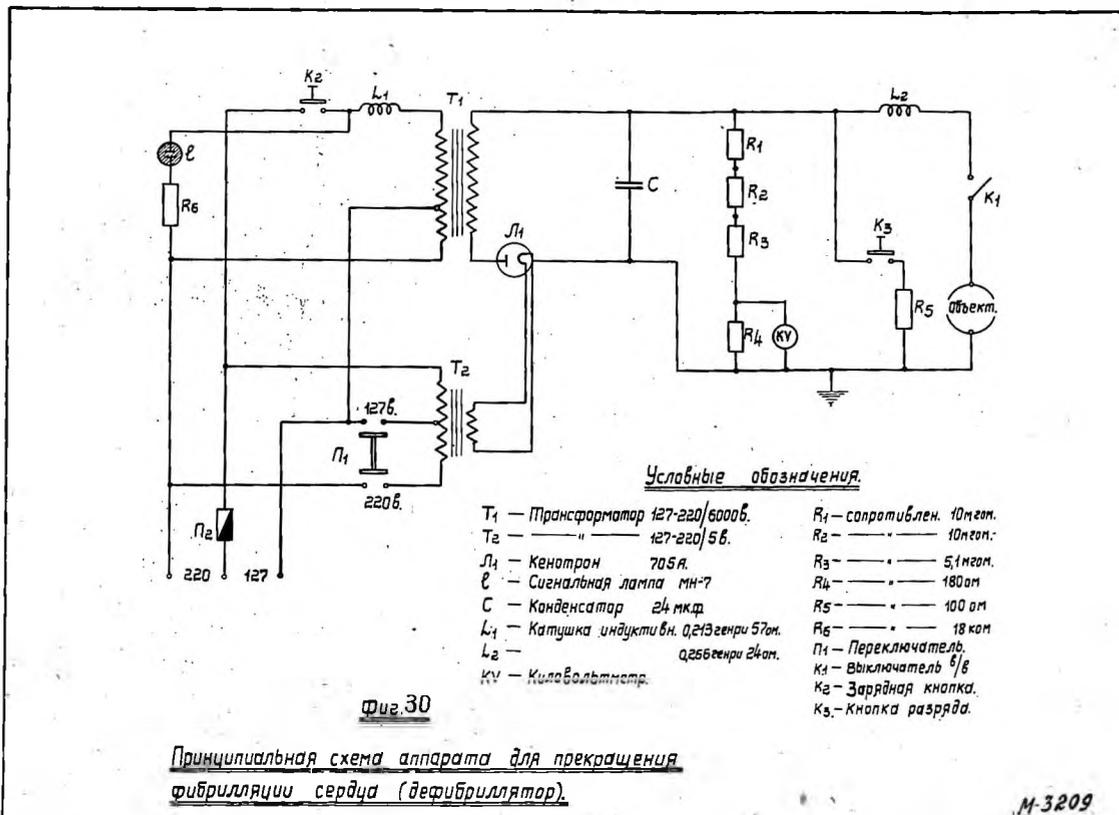
Фиг. 28. Лабораторное испытание аппарата дефибриллятора №21359 (табл. 3).

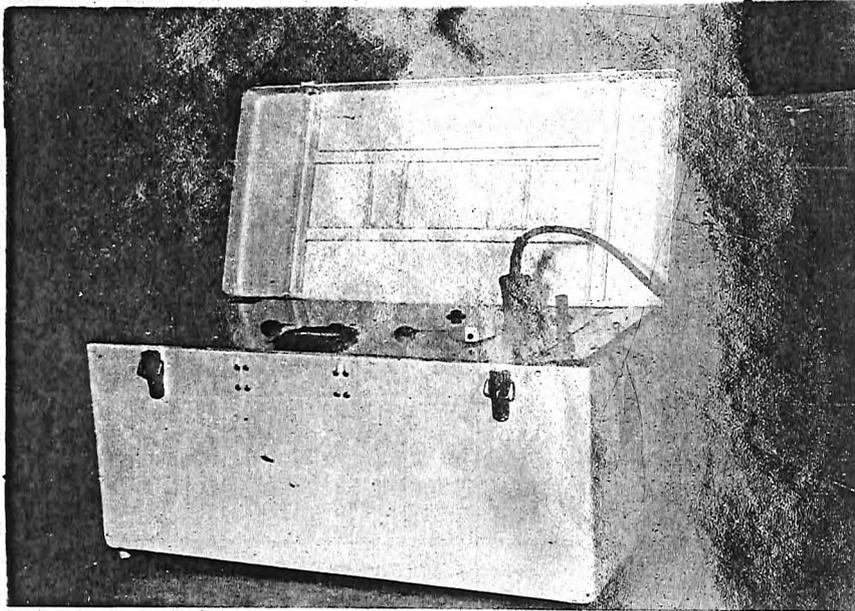
$T=0,01$ сек, $t_0=1$ сек. Собака 22 кг.



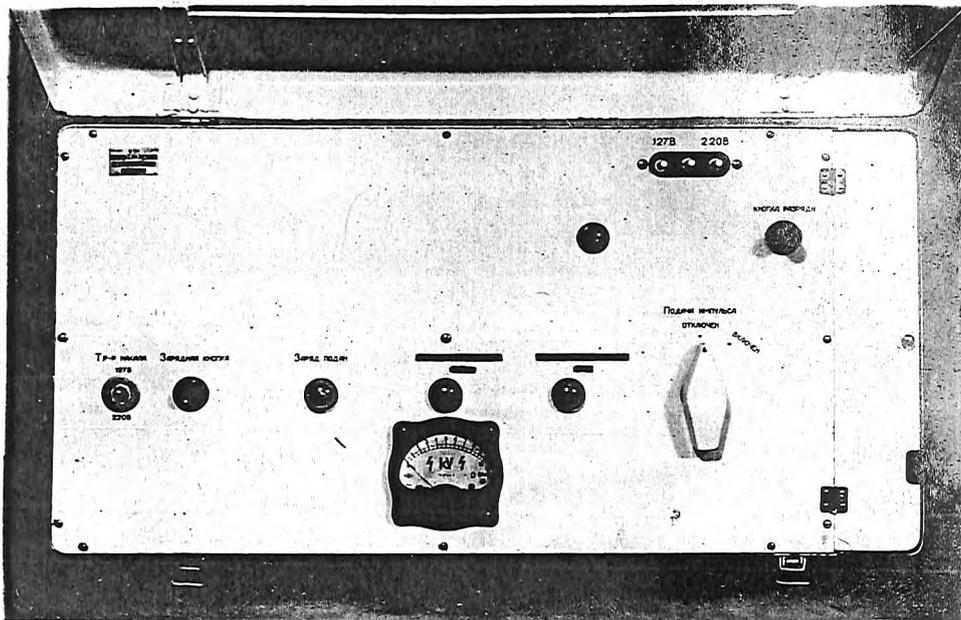
Фиг. 29. Осциллограммы разрядов через грудную клетку животного при влажных электродах („а“ и „б“) и при сухих электродах („в“ и „г“). напряжение на конденсаторе 3,5 кВ („а“ и „б“) и 6 кВ („в“ и „г“). $T=0,01$ сек. Собака 25 кг.

K-1010



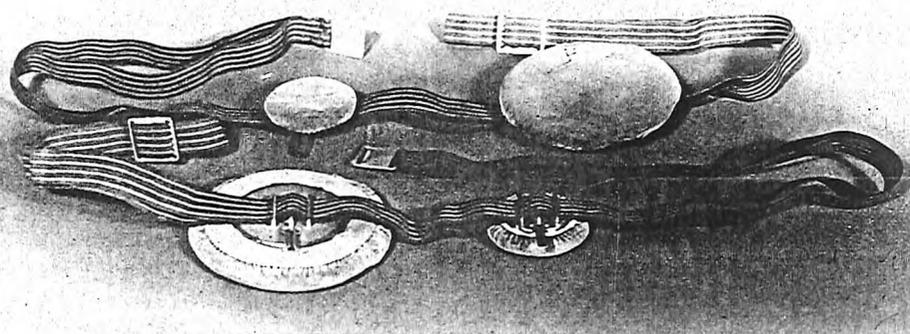


Фиг.31. Внешний вид аппарата для прекращения фибрилляции.

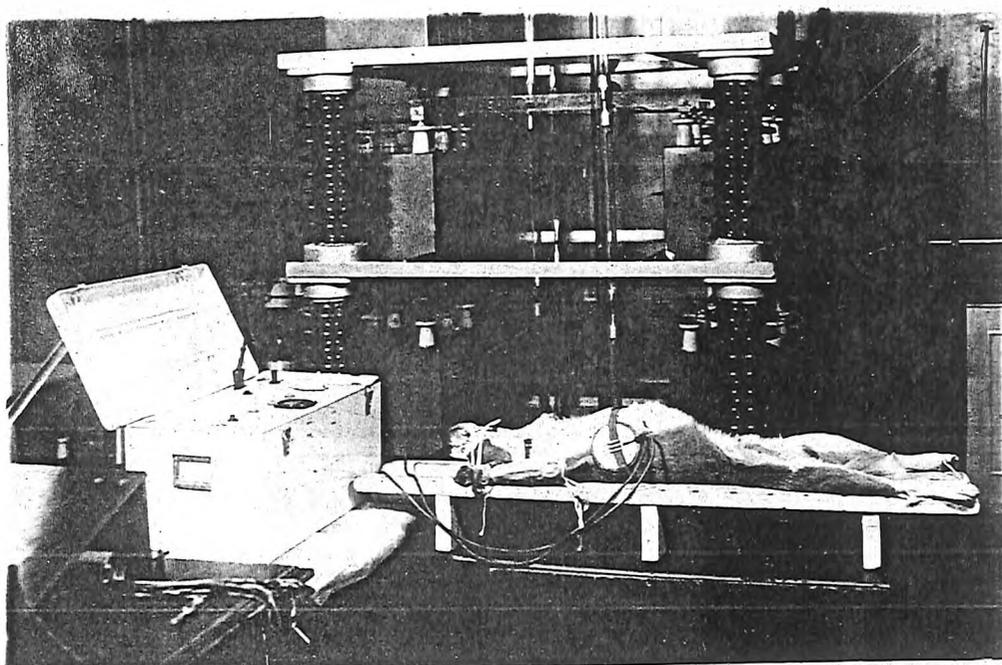


Фиг.32. Панель управления аппарата.

K-1011



Фиг. 33. Внешний вид электродов (с наружной и внутренней стороны).



Фиг. 34. Внешний вид экспериментальной установки по оживлению после электротравмы.

K-1012