

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
КИРГИЗСКОЙ ССР  
КИРГИЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Др  $\frac{83}{208}$

*На правах рукописи*

В. Я. ЭСКИН

## ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМ В КИРГИЗИИ

*(Статистическое и экспериментальное исследование)*

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель — член-корр.  
АН Киргиз. ССР, засл. деятель науки  
Киргиз. ССР, доктор мед. наук, про-  
фессор *Г. Л. Френкель*.

Фрунзе 1962

Работа выполнена в лаборатории биофизики Института краевой медицины АН Кирг. ССР.

Диссертация составляет 275 страниц машинописи и иллюстрирована 81 рисунком и 43 таблицами. Литературный указатель охватывает 150 работ отечественных и 30—иностранных авторов.

Диссертация состоит из следующих разделов:

Введение.

Глава 1. О природных и физиологических причинах повышения электроопасности.

Глава 2. Статистическая характеристика промышленного и бытового электротравматизма в Киргизии.

Глава 3. Электротравматизм в угольных шахтах Киргизии.

Глава 4. Теоретические вопросы сравнительной опасности повышенных частот и биологического моделирования электротравмы.

Глава 5. Сравнительная опасность переменного тока разных частот при нормальном и пониженном атмосферном давлении.

Глава 6. К вопросу о моделировании электротравмы на белых мышах.

Глава 7. Высоковольтная дефибриляция и новые модели дефибрилляторов.

Заключение.

Общие выводы.

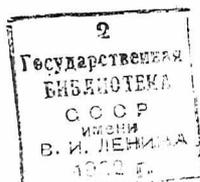
Литература.

Защита состоится «    » . . . . . 1962 г.  
на заседании Учёного Совета Киргизского государственного медицинского института.

Официальные оппоненты:

Действительный член АН Киргиз. ССР, член-корр. АМН СССР, доктор мед. наук, проф. И. К. Ахунбаев.  
Канд. техн. наук, доц. Г. С. Солодовников.

Отзывы по автореферату просьба высылать по адресу: Киргиз. ССР, г. Фрунзе, ул. Тоголока Молдо, 1, ученому секретарю Киргизского государственного медицинского института.



Идёт бурное развитие электрификации нашей страны. Недавно, когда мы праздновали 40-летие ленинского плана электрификации России, под названием «Плана ГОЭЛРО» вошедшего в историю построения социализма, стала особенно зримой вся реальность гениальных провидений того, кого Герберт Уэльс, не понимая всей реальности этой мечты, назвал «кремлевским мечтателем».

Электроэнергия является верным «другом» человека. Но если не уметь с ней обращаться, то она превращается во «врага». Поэтому надо уметь взять от электроэнергии всё её полезное, умеючи оберегаясь от таящихся в ней опасностей. Это, собственно, и составляет основу правильной эксплуатации любого электрооборудования.

Действие электрического тока на живой организм, и в первую очередь на человека, многообразно, и это многообразие всё больше и больше раскрывается в наши дни и особенно в нашей стране: всё более многочисленными становятся формы эксплуатируемой электроэнергии (постоянный ток, переменный ток самой разнообразной частоты, импульсный ток различной формы, частоты и скважности, электрические и электромагнитные поля и т. д.); в нашей необъятной стране осваиваются всё новые географические районы и электричество находит себе применение в таких разнообразных условиях, как заполярье и субтропики, как под водой, так и в высокогорье. Все эти своеобразные условия эксплуатации электроэнергии накладывают свой отпечаток и на особенности её поражающего действия. Но многое в этом отношении остаётся еще неизведанным.

Нередко приходится слышать, что едва ли стоит уделять борьбе с электротравматизмом особое внимание, поскольку он составляет лишь небольшую часть травматизма, а в общей

заболеваемости его доля вообще невелика. Такая точка зрения безусловно порочна по двум причинам. Во-первых, электротравма отличается высокой летальностью. Из прочих заболеваний с ней может конкурировать в этом отношении только инфаркт миокарда (по-видимому, общность механизма смерти при этих заболеваниях — фибрилляция желудочков сердца — и обуславливает такую высокую летальность).

Во-вторых, чисто количественные сопоставления с другими заболеваниями здесь неправомерны. В отношении большинства инфекционных и неинфекционных заболеваний в настоящее время складывается такое положение, что с ростом материального и культурного уровня жизни человек всё более отдаляется, отстраняется от патогенных факторов. Характерные примеры — ликвидация в нашей стране заболеваний холерой, малярией и др.

В отношении же электрической энергии вообще и как патогенного фактора в частности, этого сказать нельзя. Наоборот, с ростом промышленности и сельского хозяйства, с повышением культуры и улучшением быта электричество во всё большем количестве вторгается в нашу жизнь, человек приходит всё в большее общение с этим видом энергии.

Редко можно слышать, что уровень развития страны определяется количеством киловатт-часов, вырабатываемых на душу населения. И это справедливо, так как по мере приближения к коммунизму всё более реализуется в форме сплошной электрификации СССР известный ленинский тезис о том, что «Коммунизм есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

В новой Программе КПСС, принятой на XXII съезде КПСС сказано: «Электрификация, является стержнем строительства экономики коммунистического общества, играет ведущую роль в развитии всех отраслей народного хозяйства, в осуществлении всего современного технического прогресса. Поэтому необходимо обеспечить опережающие темпы производства электроэнергии».

Успешное выполнение этого положения Программы в свою очередь потребует поднять на новый, более высокий уровень технику электробезопасности. Снижения электротравматизма при росте производства и потребления электроэнергии можно добиться только при таком условии, когда электробезопасность будет развиваться в темпах, опережающих производство электроэнергии.

Для Киргизии это положение имеет большое значение ещё и потому, что наша республика занимает особое место в осу-

ществлении электрификации СССР. «По своим природным условиям Киргизия является одним из крупнейших энергетических центров Средней Азии и Южного Казахстана. Энергетические ресурсы позволяют создать на её территории как крупные высокоэкономичные гидроэлектростанции, так и тепловые электростанции на местных углях и месторождениях газа» (В. С. Луговой).

## 2

Электротравматизм в разных районах нашей обширной страны может существенно отличаться как по количественным, так и по качественным показателям. Эти отличия зависят от ряда условий:

- а) природных (климато-метеорологических),
- б) физиологических (эндемические заболевания),
- в) технических (густота и протяжённость линий электропередач, в первую очередь воздушных),
- г) социальных (осведомлённость населения в вопросах электробезопасности, оказание медицинской помощи).

Для успешной борьбы с электротравматизмом нужна прежде всего его статистическая характеристика для каждой области.

По Киргизии такая работа до 1955 года, насколько нам известно, никем не проводилась. Поэтому в 1955 году нами было начато статистическое изучение электротравматизма в Киргизии.

Источником получения информации служили данные медицинских учреждений (скорой помощи, городских и областных больниц, медпунктов ряда промышленных предприятий и угольных шахт), а также судебно-медицинской экспертизы. Там, где это оказалось возможным, анализировались причины и условия возникновения электротравм на месте происшествия, с опросом пострадавших и очевидцев. Некоторое количество данных было получено в профсоюзных организациях предприятий, а также в Отделе охраны труда Киргизского Совета профессиональных союзов.

Около 15% всех электротравм были выявлены нами в результате опроса населения и рабочих на предприятиях и до этого нигде не были зарегистрированы. Таким образом, около 85% собранных и изученных нами случаев электротравм было получено по трём официальным каналам: медицинских учреждений, судебно-медицинской экспертизы и профсоюзных органов.

Однако, значительная часть зарегистрированных электроtraвм (исключая данные профсоюзов) в Киргизии должна быть отнесена к **пассивной** регистрации, которая отличается тем, что зарегистрированные случаи не обобщаются, не анализируются и на основании их не делают выводы и не даются рекомендации по борьбе с электротравматизмом. Естественно, что такая **пассивная** регистрация в отношении борьбы с электротравматизмом равноценна отсутствию регистрации вообще.

Данные администрации и профсоюзов согласно существующим положениям не включают случаи травматизма, сопровождающиеся потерей трудоспособности менее, чем на один день. Травма считается тяжёлой, если её исходом является увечье с длительной или постоянной потерей трудоспособности.

Это положение целесообразно пересмотреть, имея в виду специфику течения электротравм. В нашем понимании **тяжёлая электротравма** — это электротравма, представляющая угрозу жизни пострадавшего в момент нахождения под током и в ближайшее время вслед за ним. Такие тяжёлые электротравмы иногда только вследствие совершенно случайных причин не оканчиваются смертельно. Именно эти случаи из-за своего, благоприятного исхода нестораживают руководство предприятий.

Архивные материалы были нами изучены за период с 1951 по 1958 гг. Полученные данные заносились в специально разработанную в нашем институте карту. В отличие от других авторов, нами изучались только **истинные** электротравмы, т. е. электротравмы, обязательным признаком которых являлось прохождение электрического тока через организм, или, что тоже самое, когда организм оказывался включённым в электрическую цепь. Поэтому в противоположность ряду авторов, такие травмы, как, например, электрическая офталмия, акустическая травма телефонисток, ожоги металлом при электро-сварке и т. п., не брались нами на учёт.

На основании изученного материала была составлена сводная таблица 1, в которой суммированы данные с 1951 по 1958 гг. (без шахт).

При оценке электротравматизма в Киргизии, мы руководствовались наиболее существенным признаком тяжести таких поражений — их **летальностью**. По нашим данным, смертельные поражения в Киргизии составляют 26,7% от общего числа электротравм. При сопоставлении этих данных с числами, приводимыми другими авторами, оказалось, что летальность от электротравм в Киргизии значительно превышает средние величины, выявленные другими авторами.

*Таблица 1*  
**Электротравматизм в Киргизии**  
за период с 1951 г. по 1958 г.

Характеристика электротравмы		Всего в %	
По тяжести	I степень	10,7	
	II степень	35,2	
	III степень	27,4	
	IV степень	26,7	
По возрасту и полу	Взрослые	мужчины	57,2
		женщины	19,4
	Дети	мальчики	19,7
		девочки	3,7
По месту жительства	городские	85,0	
	сельские	12,1	
	неизвестно	2,9	
Профессия	Электропрофессия	18,7	
	Неэлектропрофессия	47,6	
	Неизвестно	33,7	
По месту происшествия	Промышленная	33,7	
	Бытовая	32,6	
	Неизвестно	33,7	
По роду тока	Постоянный	0,7	
	Переменный	78,5	
	Высокая частота		
	Молния	2,2	
	Неизвестно	18,6	
Включение в цепь	Однополюсное	44,7	
	Двуполюсное	22,7	
	Шаговое	3,3	
	Неизвестно	29,3	
Напряжение	Высокое (>1000 в)	6,6	
	Низкое (<1000 в)	74,0	
	Пониженное (<65 в)	0,4	
	Неизвестно	19,0	
Причина поражения	По неосторожности	20,9	
	По незнанию	23,1	
	Технич. неисправность	15,7	
	Нарушение правил техники безопасности	1,5	
	Неизвестно	38,8	
Состояние организма	Нормальное	66,4	
	Болезнь	1,5	
	Опьянение	3,3	
	Неизвестно	28,8	
Помощь	Оказана	76,3	
	Не оказана	17,5	
	Неизвестно	6,2	
	Закапывание	4,8	

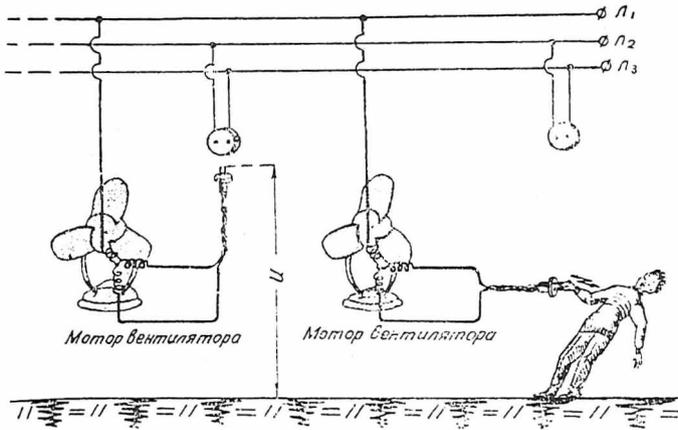


Рис. 1. Неправильное включение трёхфазных двигателей вентиляторов.  $U$  — фазовое напряжение между контактами штепсельной вилки и землей.

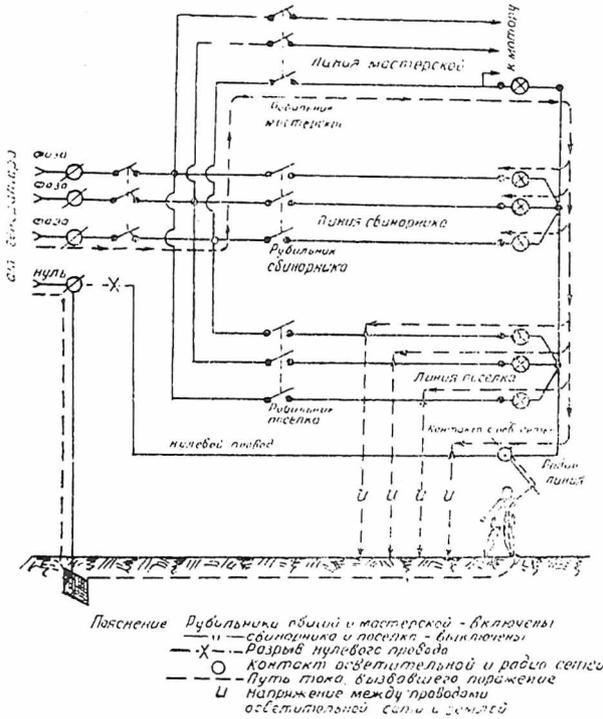


Рис. 2. Схема аварии.

Особенностью электротравматизма в Киргизии является то, что примерно половина всех электротравм произошла в быту. Такого соотношения как на это обращает внимание В. Е. Манойлов, нет ни в одной из областей Советского Союза. Заслуживает специального внимания следующее положение— половина бытовых электротравм (23,4% всех электротравм) произошла с детьми, причём около 50% таких электротравм окончились смертельно.

Анализ электротравм, происшедших на производстве показал, что в Киргизии причины их те же, что и в других местах. Это: 1) недостаточная техническая грамотность обслуживающего персонала, 2) несоблюдение правил техники безопасности и 3) техническая неисправность установок.

Низкая квалификация лиц, обслуживающих электрические установки, приводила к появлению таких нарушений монтажа и эксплуатации электроустановок, результатом которых являлись тяжёлые и даже смертельные поражения людей.

Вот два примера подобных нарушения: на рис. 1 приведена неоднократно встречавшаяся нами «схема» включения в сеть трехфазных моторов через обычную двухполюсную розетку. Штырьки вилки при таком включении оказывались под фазным напряжением относительно земли, а прикосновение к ним являлось причиной электротравм.

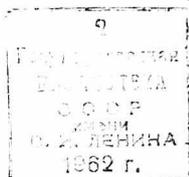
На рис. 2 приведена схема аварии, возникшей из-за того, что механик местной электростанции по технической неграмотности умышленно разрывал нулевой провод осветительной сети, в результате чего имели место одна смертельная и две несмертельных электротравмы.

Проведённое нами обследование угольных шахт треста «Киргизуголь» показало, что частой причиной электротравм на подземных работах является нарушение правил техники безопасности. Наиболее типичными поражениями являются электротравмы на погрузочно-разгрузочных работах от прикосновения к контактному проводу электровозного транспорта, вследствие пренебрежения шахтными разъединителями и несоблюдения габаритов выработки.

В подземных сетях переменного тока отмечены нарушения правил техники безопасности путём создания «искусственного нуля» кустарными устройствами для контроля изоляции фаз (схема из осветительных ламп), а также из-за применения водяных реостатов.

### 3

Для объяснения высокой летальности электротравм в Киргизии, нами были привлечены прежде всего данные, имеющие



ся в литературе, позволившие предположить, что в основе этой повышенной опасности лежит ряд природных и физиологических факторов, имеющих место в Киргизии. К природным факторам, могущим оказать существенное влияние на течение и исход электротравм, следует отнести прежде всего **пониженное атмосферное давление** (resp. пониженное парциальное давление кислорода) и **высокую температуру среды в летнее время**.

Работами А. У. Айткуловой, а также М. Д. Аксёнова и А. Ф. Пахомова было показано, что понижение атмосферного

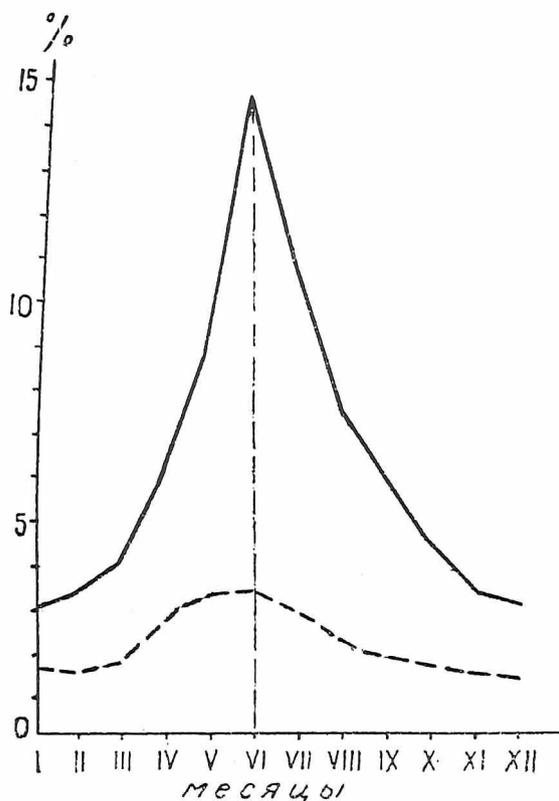


Рис. 3. Сезонные изменения электротравматизма в Киргизии. Верхняя кривая — все электротравмы (смертельные и несмертельные); нижняя кривая — только смертельные случаи.

давления приводит к увеличению патогенности постоянного и переменного токов частотой 50 гц.

Нами совместно с К. А. Ажибаевым также в барокамерных опытах на белых мышах было показано, что рост опасности электрического тока с «подъёмом на высоту» 2000 и 4000 м над ур. м. имеет место не только для частоты 50 гц, но и для повышенных частот (200 и 500 гц).

Неблагоприятное действие высокой температуры среды на течение и исход электротравмы показано в эксперименте П. П. Гончаровым и А. С. Султаналиевым, а также результатами расследования разными авторами несчастных случаев, происшедших с людьми.

Согласно нашим статистическим данным, в летнее время в Киргизии резко возрастает число электротравм. Пик электротравматизма в Киргизии приходится на июнь месяц (рис. 3).

Высокая температура — один из факторов внешней среды, в отношении влияния которого на течение и исход электротравм в настоящее время существует меньше всего сомнений. Отрицательное влияние высокой температуры настолько очевидно, что этот фактор в числе неблагоприятных фигурирует в законодательстве, определяющем вредные условия труда и соответственно, — объём защитных мероприятий. Следует отметить, что если это проведено в отношении микроклиматических условий (так называемые «горячие цеха»), то в отношении макроклиматических условий это не сделано, хотя страны с жарким климатом в летнее время представляют собою, по сути дела, «горячие цеха».

К числу неблагоприятных физиологических факторов относится распространённое в Киргизии поражение щитовидной железы. Обширные многолетние исследования акад. И. К. Ахунбаева и его сотрудников показали, что зоб у нас, к сожалению, пока ещё эндемичен, а многие случаи даже эутиреоидного зоба имеют тенденцию к гипертиреозу.

Изучение влияния нарушений деятельности щитовидной железы на опасность поражения электрическим током, посвящены экспериментальные исследования И. Р. Петрова и клинические наблюдения Н. Н. Сыренского и М. Я. Сапарова. Эти авторы отмечают отягчающее влияние дисфункции щитовидной железы на течение электротравмы.

Таким образом, характерные для Киргизии природные и физиологические условия действуют однозначно в направлении повышения патогенности электрического тока. Этим в значительной мере объясняется более высокая летальность от электротравм в Киргизии, установленная нами как среди взрослых, так и, особенно, среди детей.

Природные условия — фактор, об изменении которого в широких пределах и для обширного круга людей в настоящее время говорить нереально. Тем не менее, такая точка зрения не должна порождать фатализм при оценке возможностей снижения электротравматизма, так как пути для **всех остальных условий** вполне реальны уже сегодня.

Изменение физиологических условий в Киргизии в благоприятную сторону заключается прежде всего в борьбе с эпидемической заболеваемостью зобом. Большая профилактическая и лечебная работа, проводимая в этом направлении органами здравоохранения по инициативе акад. И. К. Ахунбаева (организация противозобных диспансеров и экспедиций, хирургическое лечение зобных больных, йодирование всей поступающей в продажу поваренной соли и другие меры) привела к заметному снижению заболеваний щитовидной железы в Киргизии. В то же время необходимо при профессиональном освидетельствовании и отборе строгое соблюдение приказов министра здравоохранения СССР №549 от 12 июня 1953 г. и № 136-м от 7 сентября 1957 г., в которых говорится о противопоказанности лицам с болезнями обмена и желез внутренней секреции заниматься электропрофессиями.

#### 4

Неблагоприятные технические условия сложились в Киргизии в результате прежде всего децентрализации производства электроэнергии (наличие многих мелких электростанций) и обширной сети воздушных линий электропередач низкого напряжения.

Многочисленные случаи обрывов проводов, проходящих вдоль улиц, населённых пунктов, являются одной из ведущих причин бытовых (уличных), главным образом детских электротравм. Этому способствует неблагоприятное сочетание с метеорологическими факторами Киргизии (тяжёлые снегопады и внезапные усиления ветра более 15 м/сек).

Существенным шагом к ликвидации этого отягощающего фактора явился бы широкий переход на подземные кабельные линии электропередач низкого напряжения. Такая мера послужила бы радикальным средством ликвидации уличного электротравматизма.

Характеристика электротравматизма в Киргизии была бы неполной, если не сообщить о следующем: не располагая исчерпывающими материалами по другим республикам, по Союзу, а тем более по зарубежным странам, мы послали все наши

данные на кафедру техники безопасности Ленинградского электротехнического института им. В. И. Ульянова-Ленина (ЛЭТИ), располагающую всеми этими сведениями. И вот какая неприглядная картина получилась, судя по статье руководителя этой кафедры В. Е. Манойлова: сравнимые показатели<sup>1</sup> электротравматизма по Киргизии в 3 раза хуже, чем по Эстонии, в 5 раз хуже, чем по Грузинской ССР и в 6,5 раз хуже, чем по всему СССР.

В то же время, особенности, характерные для Киргизии, по-видимому, свойственны и остальным республикам Средней Азии, имеющим много сходных природных черт с Киргизией (горные районы, высокая летняя температура). Поэтому мы хотели бы обратить внимание товарищей, работающих в аналогичных условиях, на необходимость особого внимания к вопросам техники электробезопасности и охраны труда в этих условиях.

Возможно, что должен быть расширен объём защитных мероприятий. По этому поводу наш институт также обратился к кафедре техники безопасности ЛЭТИ. В рецензионном письме этого института от 12 июля 1957 г. за № 1677 указывается, что «... разработка защитных мероприятий в области электробезопасности, с учётом специфических условий среды, является правильной. Высокий процент смертности, установленный вами в Киргизии, и установление ряда специфических условий поражения электрическим током в эксперименте указывают на необходимость повышения требований электробезопасности при эксплуатации электрических установок в вашей республике. В числе их могут быть рекомендованы:

1. Повышение нормативов изоляции сетей и установок низкого напряжения по крайней мере в 2 раза.
2. Сокращение срока контроля изоляции до 6 месяцев вместо 1 года в год.
3. Оснащение промышленных и коммунальных предприятий контрольно-измерительной аппаратурой.
4. Введение контроля изоляции в бытовых установках».

## 5

Среди названных выше технических мер снижения электротравматизма перечислены такие меры, которые можно объединить одним общим признаком: **отстранение человека от возможности контакта с электрической целью**. Однако существ-

---

<sup>1</sup> Число жителей на одну электротравму в год при приведении к однозначной энерговооружённости и число электротравм за год, приходящееся на миллиард (миллион) киловатт-часов.

вует ещё один путь — это снижение патогенности самого электрического тока. Иными словами — применение таких видов (форм) электрической энергии, которые, обеспечивая технические нужды, обладали бы меньшим поражающим действием.

Судя по сложившемуся в электропатологической литературе традиционному мнению (Прево и Бателли, д'Арсонваль, Вольтер, Коувенховен и соавторы, И. Р. Петров и его сотрудники, Б. И. Кадыков и сотрудники), такой мерой является применение повышенных частот переменного тока. Это нашло отражение и в действующем законодательстве: «Питание электронструментов, предназначенных для работы в особо опасных помещениях и вне помещений, следует осуществлять током повышенной частоты (180—200 гц и выше)»<sup>1</sup>.

Помимо «безопасного» переносного электронструмента, повышенные частоты нашли применение и для других целей. Токами повышенной частоты питаются индукционные печи для плавки металла, установки для поверхностной закалки металла, для нагрева кузнечных заготовок. Повышенные частоты используются также для целей автоматики и телемеханики и в радиовещании.

Однако в последнее время Г. С. Солодовников и О. Ф. Ушинская (а для частных случаев — А. Ф. Пахомов) высказали сомнение в снижении опасности переменного тока с ростом его частоты по крайней мере в диапазоне 50—1500 гц. Основанием для критики упомянутым авторам послужили случаи поражения людей от установок, работающих на повышенных частотах, а также проведённые ими экспериментальные исследования. Г. С. Солодовников и О. Ф. Ушинская исследовали сравнительную опасность переменного тока повышенных частот по летальному эффекту — на белых мышах, по силе мышечного сокращения — на кроликах и по порогам кожной чувствительности — на людях. А. Ф. Пахомов также исследовал пороги чувствительности и болевой переносимости на людях.

При сопоставления материалов авторов, представляющих две крайние точки зрения на опасность повышенных частот, возникают следующие вопросы:

Первый касается возможности экстраполяции данных, полученных при исследовании порогов кожной чувствительности и болевой переносимости на параметры электрического тока, способного вызвать поражение организма.

Второй — относится к области биологического моделирования электротравмы и включает проблему адекватности ла-

<sup>1</sup> «Техника безопасности и производственная санитария». Сборник постановлений и правил. Профиздат. 1960.

бораторных животных как биологической модели при исследовании патогенности электрического тока для человека.

При рассмотрении вопроса об экстраполяции поражающих величин из данных, полученных при изучении порогов чувствительности и переносимости, нами привлечены сведения из электропатологии и других биологических дисциплин: электрофизиологии, физиологической оптики и акустики, радиобиологии, фармакологии и токсикологии. В подавляющем большинстве случаев эти сведения отрицают наличие прямых соотношений между пороговыми и поражающими величинами физических и химических факторов.

Иллюстрацией этому могут служить эксперименты И. Р. Петрова и сотр., Б. И. Кадыкова, а также К. А. Ажибаева, показавших, что переменный ток повышенных частот способен вызвать более высокий подъем артериального давления, т. е. физиологически более активен, и в то же время значительно менее опасен в отношении способности вызвать фибрилляцию сердечной мышцы.

Эти наблюдения показывают, что прямые соотношения между порогами чувствительности и поражающими величинами отсутствуют даже внутри одной физиологической системы.

Что же касается вопросов биологического моделирования электротравмы, то первым и основным требованием, проявляемым при выборе модельного животного должна быть идентичность течения патологического процесса при электротравме, или, на крайний случай, — ведущего механизма смерти человека и данного модельного животного. К сожалению, работы, выполненные с этих позиций, почти совершенно отсутствуют, а отрасли науки, которую можно было бы назвать **сравнительной электропатологией**, пока не существует.

Наши экспериментальные исследования были посвящены выяснению следующих вопросов: 1) сравнительная опасность переменного тока повышенных частот, 2) влияние высоты на сравнительную опасность переменного тока повышенных частот, 3) механизм смерти белых мышей от действия электрического тока и оценка этого вида животных с точки зрения биологического моделирования электротравмы.

Методика проведения опытов всех серий в общем была одинакова. Мыши подвешивались на токонесущие стойки при помощи двух зажимов Бильрота, накладываемых на ухо и у основания хвоста. Подэлектродное пространство не увлажнялось.

Источником переменного тока служил звуковой генератор ЗГ-10 с дополнительным усилителем мощности. Напряжение

и величина тока регистрировались осциллографом МПО-2. Длительность действия тока задавалась реле времени с часовым механизмом.

Общая реакция животных на электротравму оценивалась в четырёхступенной классификации по Г. Л. Френкелю.

В первой серии исследовалось действие на мышей переменного тока частот 50, 200 и 500 *гц*, по 250 животных на каждой частоте.

Напряжение 70 *в* (эфф.) при продолжительности действия 1 *сек* в предварительных опытах давало примерно одинаковый процент погибших и выживших мышей на частоте 50 *гц*.

Результаты этой серии опытов: летальность для частоты 50, 200 и 500 *гц* была равна соответственно 55, 67 и 70%, т. е. **возрастала соответственно увеличению частоты.**

Во второй, третьей и четвёртой сериях исследовалось влияние пониженного атмосферного давления на сравнительную опасность переменного тока частотой 50, 200 и 500 *гц*.

Животные помещались в барокамеру, имеющую объём 100 л. Во второй серии, служившей контролем, откачка воздуха не производилась.

В третьей серии животные «поднимались на высоту» 2000 м над ур. м., в четвёртой серии — на 4000 м над ур. моря.

В этих трех сериях соблюдались одинаковые условия опытов в отношении напряжения (20 *в* эфф.), длительности замыкания цепи (0,5 *сек*), и длительности выдерживания мышей в барокамере до момента подачи тока (20 *мин*).

При снижении напряжения до 20 *в* летальность в контрольной серии на частоте 50 *гц* уменьшилась до 6%, а диапазон для выявления различий расширился. Результаты этих трех серий приводятся в таблице 2.

Рассматривая эту таблицу можно видеть, что, во-первых, — опасность переменного тока с увеличением частоты возрастает как на уровне г. Фрунзе, так и на «высоте» 2000 и 4000 м над ур. м., и во-вторых, — что количество легких электротравм (II степень), когда дыхание восстанавливается тотчас по отключении тока, с подъёмом на «высоту» уменьшается, а количество тяжёлых и смертельных электротравм (III и IV степень) — увеличивается, что свидетельствует о том, что электрический ток той же величины по мере «подъема на высоту» становится более патогенным, т. е. способным вызвать более тяжёлые нарушения деятельности организма. Это явление закономерно повторяется для каждой из трех исследуемых частот (рис. 4).

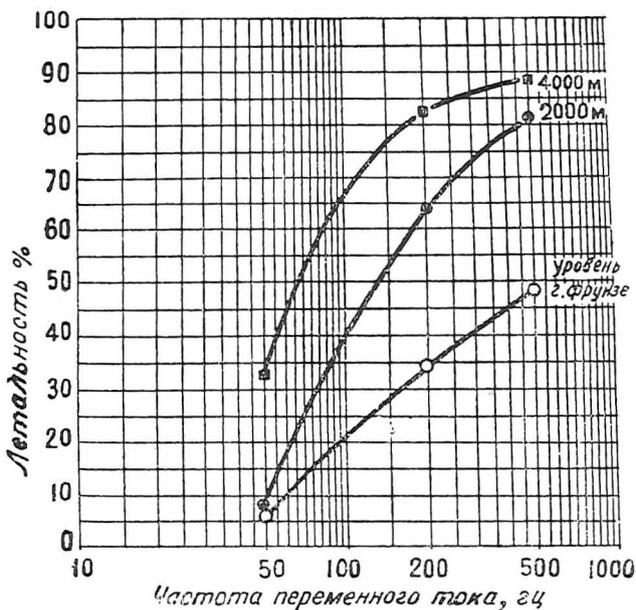


Рис. 4. Сравнительная опасность переменного тока частотой 50, 200 и 500 гц на уровне г. Фрунзе и на высоте 2000 и 4000 м над уровнем моря. Поражающее напряжение — 20 в. Барокамерные опыты.

В какой мере эти выводы, полученные в эксперименте на мышцах, могут быть использованы для решения вопросов патогенеза электротравмы человека?

Этот вопрос анализировался нами с позиции биологического моделирования электротравмы в пятой — восьмой сериях наших экспериментов.

Основное отличие методики этих серий: у всех животных регистрировалась электрокардиограмма до нанесения электротравмы и в разные сроки после электротравмы. Напряжение, подаваемое на животных — 55 в (эфф.), время замыкания цепи — 1 сек. Электроды накладывались на ухо и у основания хвоста. В части опытов (седьмая и часть восьмой серии) — ток подавался по правой кривой петле (правая передняя — левая задняя лапки).

В этих экспериментах, поставленных нами на 339 животных, при частоте тока 50 и 500 гц, механизм смерти был неизменно один — асфиксия в результате остановки дыхания. Ни

в одном из 160 летальных исходов мы не отмечали сердечного механизма смерти.

Таблица 2

Сравнительная опасность переменного тока 50, 200 и 500 гц при различном атмосферном давлении.

Серия, высота над ур. м.	Частота	50 гц		200 гц		500 гц	
	Степень поражения	Количество	%	Количество	%	Количество	%
Вторая серия, уровень г. Фрунзе, (контроль)	II	74	89	43	52	22	26
	III	4	5	12	14	22	26
	IV	5	6	28	34	40	48
	Всего	83	100	83	100	84	100
Третья серия, 2000 м над ур. м.	II	55	66	22	26	6	7
	III	21	25	8	10	10	12
	IV	7	9	53	64	67	81
	Всего	83	100	83	100	83	100
Четвёртая серия, 4000 м над ур. м.	II	45	54	10	12	6	7
	III	11	13	4	5	3	4
	IV	27	33	69	83	75	89
	Всего	83	100	83	100	84	100

На основании этих опытов следует признать, что изучение сравнительной опасности токов никогда не может быть полным при изучении её на мышах, поскольку один из двух ведущих механизмов смерти от электрического тока, причем наиболее опасный, в этих опытах не воспроизводится.

В связи с этим следует отметить, что экспериментальные данные, позволившие предположить отягощающее влияние пониженного атмосферного давления на течение электротравмы, по-видимому, относятся лишь к электротравмам, в основе смертельного исхода которых лежит поражение системы дыхания.

В пользу влияния высоты на сердечные механизмы смерти данных пока нет. Наоборот, эксперименты, проведенные И. К. Мищенко на собаках на умеренной высоте (3200 м над ур. м.) показали неизменность порогов фибрилляции сердца по сравнению с порогом на уровне г. Фрунзе (750 м над ур. м.).

Однако и при сердечном механизме смерти (в результате возникновения фибрилляции) возможность восстановления жизненных функций находится в зависимости от кислородного резерва организма, который в условиях пониженного парциального давления кислорода может быть уменьшен. В этих

условиях более высокая летальность при оживлении с применением дефибриллятора является результатом сокращения интервала времени, в течение которого дефибрилляция может быть эффективной.

В то же время следует отметить, что дыхательный механизм смерти, хотя и является менее опасным с точки зрения обратимости и восстановления жизненных функций, тем не менее встречается у человека чаще, чем сердечный (Коувенховен и Мильнор). Поэтому при изучении поражающего действия электрического тока на систему внешнего дыхания могут быть использованы белые мыши, всегда погибающие именно от остановки дыхания без мешающей для таких опытов фибрилляции. Окончательное же суждение о сравнительной опасности токов может быть получено только после сопоставления данных, полученных на разных видах животных (как минимум — на мышах и собаках).

Предпочтительнее другой путь — поиски такой постановки эксперимента на крупных животных (например, собаках), в котором удалось бы направленно воспроизвести дыхательный механизм смерти.

Не менее важной является сравнительная оценка **шокогенного** действия различных форм тока. В этих экспериментах целесообразно применить оригинальные методические приемы Г. Л. Любана (трансбульбарная петля тока) и Д. А. Алымкулова («оггибающая» петля). Пока об этом можно говорить лишь в порядке постановки вопроса.

## 6

Среди социальных факторов, улучшение которых необходимо для снижения электротравматизма, нами назывались осведомленность населения в вопросах электробезопасности и качество оказания медицинской помощи пострадавшим.

Электрокультура людей в широком смысле этого слова подразумевает комплекс знаний по применению электричества для различных нужд человека, умению безопасно пользоваться электрическими приборами и приспособлениями, а также быстро и квалифицированно оказывать электротехническую и доврачебную медицинскую помощь пострадавшим от электрического тока.

Для рабочих промышленных предприятий повышение знаний по электробезопасности не является проблемой, так как составляет часть производственного обучения. Другое дело в быту, где по сути это дело пущено на самотек. Между тем, в Киргизии, где бытовой электротравматизм особенно велик,

этому вопросу должно быть уделено особое внимание. Для популяризации знаний по электробезопасности должны быть использованы такие средства массовой пропаганды, как кино, радио, телевидение и печать. В связи со сказанным отметим, что наш институт подготовил популярные брошюры на киргизском и русском языках (Г. Л. Френкель. «Электр тогуна урунуп жарадар болуудан кайдайча сактануу керек жана электр тогуна урунуп жарадар болгондорго кандай жардам көрсөтүүгө болот». Фрунзе, 1958. Г. Л. Френкель и Г. С. Солодовников. «Как уберечься от поражения электрическим током и как помочь человеку при электротравме». Фрунзе, 1959.

Эти брошюры изданы Домом сапросвета Министерства здравоохранения Киргизской ССР массовым тиражом.

Говоря о качестве оказания медицинской помощи, мы имели в виду прежде всего специализированную неотложную медицинскую помощь. Особые требования к этой форме медицинского обслуживания диктуются особенностями электротравмы как патологического процесса. Эти особенности заключаются прежде всего в том, что патологический процесс при тяжелом поражении электрическим током развивается чрезвычайно быстро, приводя организм в течение нескольких секунд в терминальное состояние.

Особое значение фактор времени играет при возникновении у пострадавшего фибрилляции желудочков сердца. В этих случаях медицинская помощь может быть эффективной только если она оказывается в течение 5—6 минут от момента поражения, да и то при комплексном оживлении с применением искусственного дыхания, массажа сердца, артериального напестания крови, а главное — дефибрилляции, без которой все оживляющие мероприятия обречены на неудачу.

Организация неотложной медицинской помощи при электротравмах нам представляется целесообразной в двух видах.

Во-первых, — организация на крупных предприятиях, энергообъектах и стройках, где вероятность возникновения электротравм вследствие большого количества временных сетей и нестандартных установок более велика, специализированных пунктов оказания первой помощи при электротравмах.

Во-вторых, — организация в системе скорой помощи специализированных «штурмовых» машин для оказания помощи при терминальных состояниях. Положительный опыт создания таких машин имеется в настоящее время в городах Москве и Ленинграде (Е. И. Вольперт).

Однако и для оснащения специализированных пунктов, и для оснащения «штурмовых» машин **необходим портативный дефибриллятор с автономным питанием**, который к сожалению,

ещё не выпускается нашей промышленностью. Разработанная НИИЭХАиИ конструкция не обеспечивает напряжения импульса, достаточного для дефибрилляции через **невскрытую** грудную клетку. Помимо этого у аппарата НИИЭХАиИ зарядка конденсаторов длится около минуты, что недопустимо, так как приводит к потере драгоценного времени. Дефибриллятор, разработанный ВЭИ, при всех его положительных качествах, имеет недостаток — он получает питание от сети переменного тока, что ограничивает его применение в условиях экстренной помощи.

Следует пояснить, что необходимость иметь наготове дефибриллятор не снимается частыми случаями дыхательной смерти, ибо никогда неизвестно заранее, какая система «откажет» у человека первой. Особенное значение это приобретает в Киргизии, где по причинам, описанным выше, не только велика смертность от поражения электрическим током, но и **частота попадания под напряжение.**

Руководствуясь требованиями экстренной помощи при электротравмах, мы с 1957 года по настоящее время разработали **три модели портативных дефибрилляторов с автономным питанием.** В основу конструкции этих приборов положено использование электролитических конденсаторов.

Получение высоковольтного дефибриллирующего импульса достигается путем последовательной коммутации группы предварительно заряженных от источника тока конденсаторов.

Питание прибора осуществляется от гальванических батарей (первая и вторая модель — «ДПА-1» и «ДПА-2») или от аккумулятора через транзисторный преобразователь напряжения (третья модель — «ДПА-3»).

Последняя модель дефибриллятора — «ДПА-3» — отличается от предыдущих наших конструкций тем, что в прибор встроен и объединен с дефибриллятором общей коммутацией и питаемым **электрокардиоскоп, позволяющий наблюдать электрическую активность сердца пострадавшего до и после применения дефибриллятора.**

Основные технико-эксплуатационные данные дефибриллятора «ДПА-3» таковы: емкость конденсаторов в режиме разряда — 20 *мкф*, напряжение на конденсаторах — до 6 *кв*, время заряда до максимального напряжения не превышает 10 *сек*, вес — 29 *кг*.

Внешний вид дефибриллятора «ДПА-3» приведен на рис. 5, а его принципиальная схема — на рис. 6.

Импульс, генерируемый всеми тремя моделями дефибрилляторов имеет оптимальные параметры, предложенные Лабо-

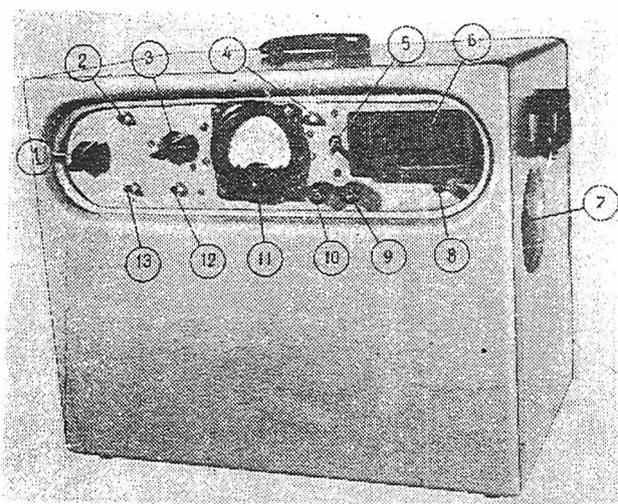


Рис. 5. Внешний вид дефибриллятора ДПА-3. Органы управления: 1—регулятор усиления электрокардиооскопа; 2 — кнопка контрольного милливольты; 3 — корректор гальванометра; 4 — кнопка вольтметра; 5—общий выключатель питания; 6—экран электрокардиооскопа; 7—рукоятка главного переключателя; 8—рукоятка механизма развертки; 9—кнопка разряда; 10 — кнопка заряда; 11 — вольтметр; 12 — кнопка, замыкающая вход усилителя электрокардиооскопа; 13 — кнопка успокоителя электрокардиооскопа.

раторией физиологии оживления организма АМН СССР и Всесоюзным электротехническим институтом.

Дефибриллятор «ДПА-1» с 1957 по 1961 г. многократно применялся для оживления животных (собак), пораженных электрическим током, как в опытах, специально поставленных для проверки дефибриллятора, так и в многочисленных экспериментах по изучению поражающего действия различных форм тока (постоянный, переменный, повышенные частоты), влияния окружающей среды (пониженное атмосферное давление), а также на лекционных демонстрациях по курсу патологической физиологии, прочитанному проф. Г. Л. Френкелем для студентов III курса Киргизского государственного медицинского института в тот же период времени.

Одной из наиболее крупных серий опытов, в которых дефибриллятор «ДПА-1» применялся в качестве оживляющего прибора, была серия по изучению сравнительной опасности постоянного и переменного токов при различном атмосферном давлении. Для этих опытов подбирались крупные собаки, весом от 12 до 25 кг. Всего в опытах использовано 122 собаки, на которых в г. Фрунзе (774 м над уровнем моря) было проведено 62

опыта и в с. Атбаши Тянь-Шаньской области (2050 м над уровнем моря) — 60 опытов. В 47 случаях в результате действия электрического тока возникла фибрилляция сердечной мышцы. Первый дефибриллирующий импульс на животное подавался спустя минимум одну, максимум — через пять минут после возникновения фибрилляции. Восстановление нормальной сердечной деятельности нам удалось в 29 случаях (из 47). Следует учесть, что дефибрилляция производилась в части случаев в поздние сроки, а в числе оживляющих мероприятий помимо дефибрилляции применялось только ручное искусственное дыхание.

Во всех случаях дефибрилляция осуществлялась через не-вскрытую грудную клетку.

## ВЫВОДЫ

1. Электротравматизм в Киргизии отличается высокая летальность и высокий процент бытового (в том числе детского) электротравматизма, что может быть объяснено неблагоприятным сочетанием **природных** (пониженное парциальное давление кислорода, высокая температура воздуха в летнее время), **физиологических** (эндемическое заболевание щитовидной железы) и **технических** (децентрализованное электроснабжение, воздушные сети электропередач, и др.) условий. В том же направлении действуют случаи нарушения правил техники безопасности на промышленных предприятиях и недостаточная осведомленность населения в вопросах электробезопасности.

2. Один из путей снижения электроопасности — применение переменного тока повышенных частот в настоящее время ещё не может быть принят, как окончательно решенный. Окончательному решению этого, как и многих других вопросов электропатологии, электротравматизма и электробезопасности должно предшествовать нахождение хорошей биологической модели. Возможно, что для изучения отдельных сторон электротравмы одна модель (один вид животного) окажется недостаточным, и правильнее говорить не о модели электротравмы в частности, а о биологическом моделировании электротравмы вообще.

3. Следует предостеречь от переноса данных электропатологического эксперимента (патогенеза электротравмы) на нормы электробезопасности без учета **«технической этиологии»** (комплекса причин и условий, вовлекающих человека в поле действия патогенного фактора) и **самогенеза** (возможности оказания эффективной помощи пострадавшему). Практические вопросы электробезопасности должны решаться комп-

лексно, с учетом патогенеза, «технической этиологии» и сано-генеза электротравмы.

4. В мероприятиях по улучшению помощи при электротравмах должно быть включено решение ряда организационных и технических вопросов. К числу первых относится прежде всего самое широкое обучение населения методам первой помощи электропораженным (искусственное дыхание и непрямой массаж сердца), так как только этим путем может быть выиграно время для оказания эффективной врачебной помощи. К организационным же мерам относится создание «штурмовых» машин скорой помощи, оснащенных современными средствами оживления и квалифицированным, специально обученным персоналом.

Технические вопросы охватывают конструирование оживляющей аппаратуры и прежде всего портативных дефибрилляторов с автономным питанием. Пример такой разработки приведен в настоящей работе.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Статистическая характеристика электропоражений в Киргизии. «Труды Института краевой медицины АН Киргиз. ССР», вып. 1, 1956. Соавтор В. А. Волкова.

2. Электротравматизм в Киргизии. «Труды конференции по электротравме». Изд-во АН Киргиз. ССР, 1957. Соавторы В. А. Волкова и Д. А. Алымкулов.

3. Влияние «высоты» на сравнительную опасность переменного тока разных частот. «Бюллетень II научной сессии Института краевой медицины АН Киргиз. ССР», 1958. Соавтор К. А. Ажибаев.

4. О сравнительной опасности переменного тока разных частот. «Бюллетень II научной сессии Института краевой медицины АН Киргиз. ССР», Изд-во АН Киргиз. ССР, 1958. Соавтор К. А. Ажибаев.

5. Портативный дефибриллятор с универсальным питанием. «Труды Института краевой медицины АН Киргиз. ССР», вып. 2, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1959.

6. Физические и физиологические причины повышения электроопасности в горных и жарких странах. Фрунзе, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1960. Соавтор К. А. Ажибаев.

7. Самодельный дефибриллятор с автономным питанием. «Всесоюзная конференция по профилактике и лечению электротравм». Тезисы докладов. М., 1960. Соавтор К. А. Ажибаев.

8. Электротравматизм в Киргизии. «Всесоюзная конференция по профилактике и лечению электротравм». Тезисы докладов. М., 1960.

9. Дефибриллятор «ДПА-2». В сб.: «Вопросы электропатологии и электротравматизма», вып. 1, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1961. Соавтор А. М. Климов.

10. К вопросу о моделировании электротравмы на белых мышах. В сб.: «Вопросы электропатологии и электротравматизма», вып. 2, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1961.

11. Электротравматизм в угольных шахтах Киргизии. В сб. «Вопросы электропатологии и электротравматизма», вып. 2, Фрунзе, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1961.

12. Дефибриллятор «ДПА-3». В сб.: «Вопросы электропатологии, электротравматизма и электробезопасности», вып. 3, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1962. Соавтор А. М. Климов.

---

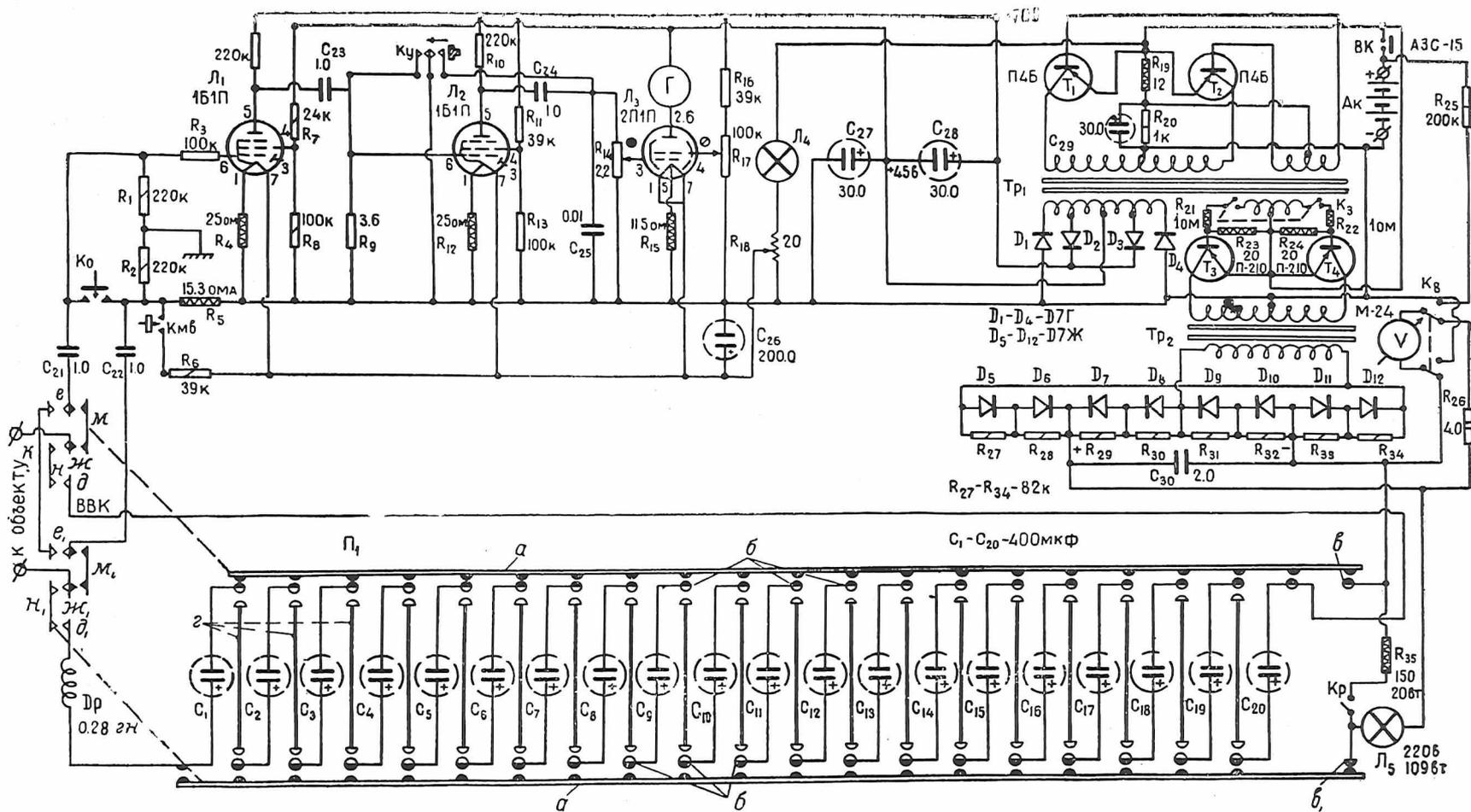


Рис. 6. Принципиальная схема дефибриллятора ДПА-3.