

УДК 616.12, 615.841, 930.24

ИСТОРИЯ ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ В СССР, РОССИИ И УКРАИНЕ: ТЕХНИКА НА СЛУЖБЕ МЕДИЦИНЫ

И.В. Венин¹, В.А. Востриков², Б.Б. Горбунов³, С.В. Селищев³

¹ Львов

² Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова, Москва

³ Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Зеленоград, Москва

Впервые результаты экспериментов по импульсной дефибрилляции на животных, проведённых Н.Л. Гурвичем (рис. 1) и Г.С. Юньевым по предложению Л.С. Штерн, были представлены в 1939 г. [1]. Сначала в исследованиях дефибрилляция осуществлялась непосредственным разрядом конденсатора через грудную клетку животного, однако уже в 1940 г.



Рис. 1. Н.Л. Гурвич во время проведения эксперимента по дефибрилляции. Москва, СССР, не позднее 1965 г. (в правом нижнем углу — первый в мире коммерческий импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ)

Н.Л. Гурвичем были проведены эксперименты с разрядом конденсатора через индуктивность [2], в результате которых были обнаружены преимущества такой разрядной схемы. В 1946 г. в США были опубликованы результаты экспериментов со ссылкой на работу 1939 г. [3], а в 1947 г. — результаты экспериментов по импульсной дефибрилляции с катушкой индуктивности в цепи разряда конденсатора [4].

Производство первого в мире серийного импульсного дефибриллятора с монополярным импульсом конструкции Н.Л. Гурвича (рис. 2) начато в 1952 г. в СССР на опытном электромеханическом заводе Всесоюзного электротехнического института им. Ленина [5-8], причём аппарат изначально был рассчитан для применения в клинике и на выполнение дефибрилляции без вскрытия грудной клетки при оказании экстренной помощи в случаях смертельных электротравм. В 1962 г. началось серийное производство дефибриллятора на Львовском заводе медицинского оборудования [9], в 1968 г. переименованном в Львовский завод радиоэлектронной медицинской аппаратуры (Львовский завод РЭМА). Первоначально он назывался просто «дефибриллятор», потому, что других аналогичных аппаратов не производилось [10]. Встречается также название «конденсаторный дефибриллятор системы Н.Л. Гурвича» [11]. Первые известные публикации электрической схемы этого дефибриллятора также относятся к 1952 г. [12, 13].

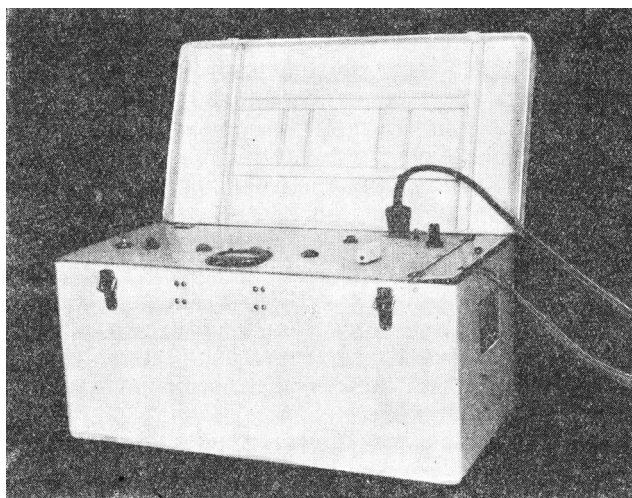


Рис. 2. Импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ [14]

Первое известное упоминание названия дефибриллятора ИД-1-ВЭИ (импульсный дефибриллятор первый Всесоюзного электротехнического института) встречается в публикации 1962 г., но с опечаткой [15]. Форма импульса дефибриллятора ИД-1-ВЭИ при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом представлена на рис. 3.

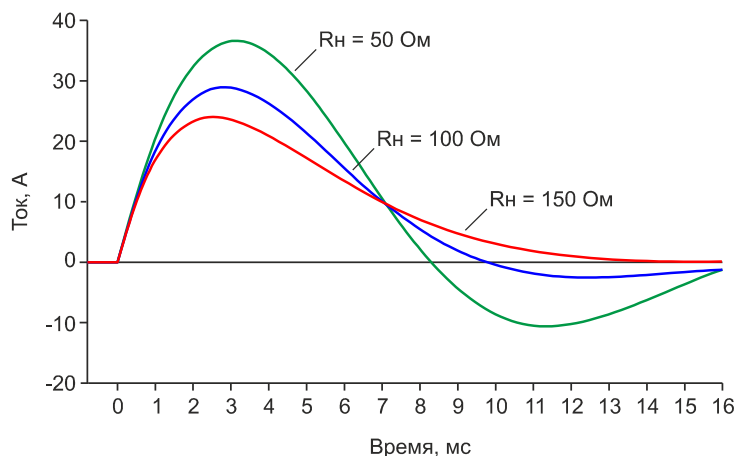


Рис. 3. Монополярный импульс дефибриллятора ИД-1-ВЭИ при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом

Следует отметить, что производство первого импульсного дефибриллятора (Prema-1, рис. 4) в Чехословацкой Социалистической Республике началось в 1957 г., а в США (Cardioverter) — только в 1962 г., через 10 лет после ИД-1-ВЭИ [16]. В обоих случаях за основу была взята схема дефибриллятора Гурвича [17]. Однако дефибриллятор Prema-1 имел конструктивный недостаток, связанный с применением в разрядном контуре катушки с железным сердечником, из-за которого не обеспечивалось сглаживание формы импульса, как в дефибрилляторе Гурвича [19, 20]. Впоследствии разработчик этого дефибриллятора, Б. Пелешка, показал ошибочность применения катушки с сердечником в эксперименте [21]. Следующий разработанный им дефибриллятор, Prema-3, уже не имел этого недостатка [20, 22].

Дефибрилляторы ИД-1-ВЭИ стали применяться в клинике сразу после начала их производства в 1952 г. [17, 18]. Известно, что в начале 50-х годов дефибрилляторы были розданы хирургическим учреждениям, которые начали

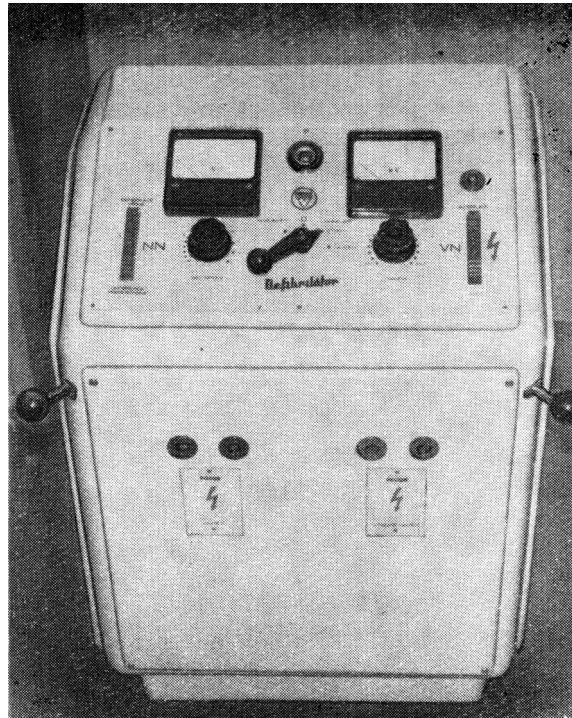


Рис. 4. Импульсный дефибриллятор Prema-1 (ЧССР) [23]

заниматься хирургией сердца, где операционный риск внезапной смерти от фибрилляции желудочков довольно велик, и один из этих дефибрилляторов с начала 1953 г. применялся в Институте хирургии имени А.В. Вишневского [19]. Известны также случаи применения дефибриллятора при операциях на сердце в этом институте начиная с 1955 г. [24]. Существует также свидетельство, что дефибриллятор использовался в Институте сердечно-сосудистой хирургии АМН СССР с 1952 г. [25]. В докладе, сделанном в декабре 1956 г., указаны две клиники, в которых дефибрилляторы применялись при операциях на сердце: клиника факультетской хирургии Второго Московского медицинского института, возглавляемая А.Н. Бакулевым (Москва) и клиника факультетской хирургии №2, возглавляемая П.А. Куприяновым (Ленинград) [26]. Методика применения дефибриллятора на обнажённом сердце во время операции в клинике описана в публикации 1955 г. [27]. Методика применения дефибриллятора в практике внутригрудной хирургии, а так же правила обращения с ним и меры предосторожности изложены в 1957 г. в монографии Н.Л. Гурвича «Фибрилляция и дефибрилляция сердца» [7]. Там же приводятся два примера успешной дефибрилляции в практике внутригрудной хирургии с

указанием значений напряжения. О первом применении дефибриллятора на Станции скорой медицинской помощи г. Москвы было доложено на семинаре, проходившем 20-23 ноября 1962 г. [28].

Также с помощью этого дефибриллятора были проведены многочисленные эксперименты на животных. В 1955 г. сообщается об успешной дефибрилляции животных в опытах с применением гипотермии [27]. В том же году в эксперименте на животных было установлено, что искусственно вызванную фибрилляцию предсердий можно прекратить разрядом дефибриллятора [29]. В 1957 г. в экспериментах на животных было установлено, что разряды даже высокого напряжения не вызывают существенных повреждений миокарда [24].

В феврале 1959 г. дефибриллятор ИД-1-ВЭИ впервые был применён в Институте хирургии им. А.В. Вишневского АМН СССР для электроимпульсной терапии при операции на сердце [30], а с мая она уже проводилась через не вскрытую грудную клетку [31]. В том же году министерством здравоохранения СССР была издана составленная Лабораторией экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР «Инструкция по применению методов восстановления жизненных функций больных, находящихся в терминальных состояниях», содержащая раздел, посвящённый дефибрилляции с помощью дефибриллятора ИД-1-ВЭИ [32]. В разделе была описана методика дефибрилляции сердца при операциях в грудной полости и при не вскрытой грудной клетке. В феврале 1960 г. было опубликовано сообщение о результатах электроимпульсной терапии фибрилляции предсердий у 10 больных как при вскрытой, так и не вскрытой грудной клетке [33]. В 1961 г. уже был накоплен опыт электроимпульсной терапии у 20 больных [34], причём у 11 из них разряд был пропущен через не вскрытую грудную клетку [16]. В «Инструкции по применению непрямого массажа сердца и искусственного дыхания при оказании неотложной помощи», выпущенной министерством здравоохранения СССР в 1963 г. (также

разработана в Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР), уже говорится о применении химических средств для прекращения фибрилляции желудочков сердца только при отсутствии электрического дефибриллятора [35]. В брошюре 1963 г., посвящённой электробезопасности, говорится о необходимости немедленного вызова машины скорой помощи с дефибриллятором во всех случаях электротравмы одновременно с началом оказания помощи пострадавшему на месте происшествия [36]. В 1965 г. была опубликована статья, обобщающая накопленный опыт электроимпульсной терапии [16]. В 1968 г. Министерством здравоохранения СССР была выпущена «Инструкция по электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца» [37]. В 1970 г. за предложение, разработку и внедрение в медицинскую практику электроимпульсного метода лечения аритмий сердца были удостоены Государственной премии СССР в области техники А.А. Вишневецкий, Б.М. Цукерман, А.И. Смайлис, А.И. Лукошевичуте, Н.Л. Гурвич и В.А. Неговский [38].

Дефибриллятор ИД-1-ВЭИ производился в четырёх модификациях, отличавшихся внешним видом, первые две из которых производились на опытном электромеханическом заводе Всесоюзного электротехнического института им. Ленина, Москва (рис. 2 и рис. 5), а остальные — на Львовском заводе медицинского оборудования (рис. 6 и рис. 7). Имеются также сведения о производстве кардиосинхронизатора СД-1 для этого дефибриллятора [39, 40]. Последняя модификация дефибриллятора имела массу 30 кг.



Рис. 5. Вторая модификация дефибриллятора ИД-1-ВЭИ, выпускавшаяся на опытном электромеханическом заводе Всесоюзного электротехнического института им. Ленина

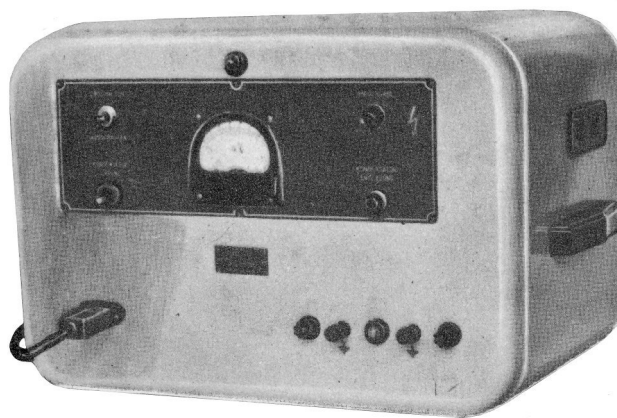


Рис. 6. Третья модификация дефибриллятора ИД-1-ВЭИ, выпускавшаяся на Львовском заводе медицинского оборудования с 1962 г.



Рис. 7. Четвёртая модификация дефибриллятора ИД-1-ВЭИ, выпускавшаяся на Львовском заводе медицинского оборудования под названием ИД-1

Воспоминания И.В. Венина

Серийное производство разработанного во Всесоюзном энергетическом институте первого в мире импульсного дефибриллятора ИД-1-ВЭИ было начато на Львовском заводе РЭМА (тогда — Львовском заводе медицинского оборудования) в 1962 г. Сохранилось техническое задание на модернизацию аппарата ИД-1-ВЭИ 1966 г., которое ссылается на действующие межреспубликанские технические условия «МРТУ-42 1805-62». Последние две цифры в номере технических условий говорят о том, что они были утверждены в 1962 г., а это значит, что не позднее 1962 г. были изготовлены опытные образцы, проведены клинические испытания (3 месяца) и была рекомендация министерства здравоохранения на серийное производство. В моей памяти сохранилось случайно замеченное, короткое сообщение в газете «Львовская правда» о том, что Львовский завод медицинского оборудования приступил к выпуску дефибрилляторов. Это могло быть в 1962 или 1963 г. (видимо это был первый, непонятый, но сохранившийся в памяти «намёк судьбы»!). В каком виде был передан на завод дефибриллятор, как выглядели

первые образцы, выпущенные заводом, какие изменения были сделаны заводом при запуске серийного производства — неизвестно. По всей видимости основным изменением была замена корпуса аппарата. Также была разработана собственная кнопка («дефибрилляция» и «сброс»). Я знал разработчика этой кнопки, А.С. Рубинштейна.

В декабре 1963 г. в структуре Львовского СКБ «Теплоконтроль» была создана Лаборатория №5 медицинской техники, которая территориально размещалась на Львовском заводе медицинского оборудования. Руководителем этой лаборатории был приглашен Борис Михайлович Олифер. Я был направлен в эту лабораторию в июне 1964 г. студентом для прохождения преддипломной практики.

В декабре 1965 г. на базе Лаборатории №5 СКБ Теплоконтроль, приказом по Львовскому Совнархозу (за три месяца до его ликвидации!), по инициативе Главного инженера Управления приборостроения Львовского Совнархоза В.И. Савельева, было создано Головное специальное конструкторско-технологическое бюро электронной медицинской аппаратуры — ГСКТБ ЭМА. 29.06.1967 г. ГСКТБ ЭМА было переименовано в СКТБ ЭМА, а 30.06.1970 г., приказом по Минмедпрому СССР, СКТБ ЭМА было реорганизовано во Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной медицинской аппаратуры — ВНИКИ РЭМА.

Первым директором — основателем ГСКТБ ЭМА и ВНИКИ РЭМА был Виктор Илларионович Савельев. Его заместителем по научной работе до 1971 г. был Борис Михайлович Олифер (обоим было в 1965 г. чуть за 30!).

Созданному во Львове в декабре 1965 г. ГСКТБ ЭМА было поручено выполнение ряда разработок, среди которых, по инициативе Львовского завода медицинского оборудования, была и модернизация выпускавшегося заводом (ориентировочно с 1963 г.) импульсного дефибриллятора ИД-1-ВЭИ.

*Следует отметить курьёзный факт — до создания ГСКТБ ЭМА, в Лаборатории № 5 СКБ Теплоконтроль была попытка подготовки к постановке на производство на Львовском заводе медицинского оборудования проекта кардиомонитора КМ-1, разработанного СКБ Биофизприбор (Ленинград). К этой работе я не имел никакого отношения — просто живой свидетель курьёзной попытки в 1964 г. наладить производство в СССР дефибриллятора переменного тока, в то время, когда уже США, через 10 лет после Н.Л. Гурвича, в 1962 г. появился первый импульсный дефибриллятор! Этот эпизод истории дефибрилляции приведён в эссе Б.М. Цукермана «Внимание... разряд!» [19], но нуждается в некоторых уточнениях. Действительно, видимо в начале 1964 г. Львовский завод медицинского оборудования получил документацию и образец кардиомонитора КМ-1 для освоения серийного производства, разработанный СКБ Биофизприбор (на шильдике сохранившегося на заводе РЭМА образца блока дефибриллятора Д-01 указано: «Дефибриллятор Д-01, №10(!), СКБ Биофизприбор, Ленинград, 1964 г.»). Соответственно, по существовавшему тогда порядку, переработка документации по нормативам производства завода на это изделие была поручена Лаборатории № 5 СКБ Теплоконтроль. Такая документация была разработана, изготовлены опытные образцы, проведены **медицинские испытания** (!), и кардиомонитор с дефибриллятором переменного тока был представлен на комиссию Министерства здравоохранения СССР на предмет рекомендации для применения в медицинской практике и серийного производства. Вот здесь-то, действительно, и вмешался Б.М. Цукерман. Но, в отличие от того, что он написал в своем эссе, комиссия поручила заменить в составе кардиомонитора КМ-01 дефибриллятор переменного тока на импульсный. Что и было выполнено — опытные образцы кардиомонитора были доработаны — в нижней части тележки был размещен конструктивно несколько видоизменённый дефибриллятор ИД-1-ВЭИ. Однако в конечном итоге кардиомонитор КМ-1 на Львовском заводе медицинского оборудования на серийное производство поставлен не был. Сейчас на заводе РЭМА (можно*

только удивляться!) сохранился блок дефибриллятора переменного тока из состава кардиомонитора (рис. 8).



Рис. 8. Дефибриллятор переменного тока Д-01

Всего, с 1966 по 1997 г. (я уволился с 31 декабря 1997 г.), во Львове (во ВНИКИ РЭМА), были разработаны, проведены медицинские испытания, получены рекомендации Министерства здравоохранения СССР, а после 1991 г. — Министерства здравоохранения Украины, утверждены технические условия и переданы для освоения серийного производства 14 моделей дефибрилляторов (из них 13 — с биполярным импульсом) и аппарат для кратковременной электроанестезии при дефибрилляции ЭЛИТАН-01.

* * *

В 1966 г. в лаборатории медицинской электроники Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Ленинград) под руководством А.Л. Барановского был разработан импульсный дефибриллятор ДИ-1 (рис. 9). Он имел массу 26 кг и мог работать в синхронном режиме совместно с кардиомонитором КМ-1,



Рис. 9. Дефибриллятор импульсный ДИ-1

разработанным той же лабораторией при участии сотрудников хирургической клиники им. П.А. Куприянова [41, 42].

Во второй половине 1968 г. на Львовском заводе РЭМА был начат выпуск пришедшего на смену ИД-1-ВЭИ монополярного импульсного дефибриллятора ИД-66, разработанного в тесном сотрудничестве с Н.Л. Гурвичем и Б.М. Цукерманом [43] (рис. 10, рис. 11). Масса этого дефибриллятора была 22 кг. Форма импульса дефибриллятора ИД-66 (рис. 12) имела незначительные отличия от формы импульса дефибриллятора ИД-1-ВЭИ.



Рис. 10. Дефибриллятор импульсный ИД-66



Рис. 11. Комплект электродов для дефибрилятора ИД-66

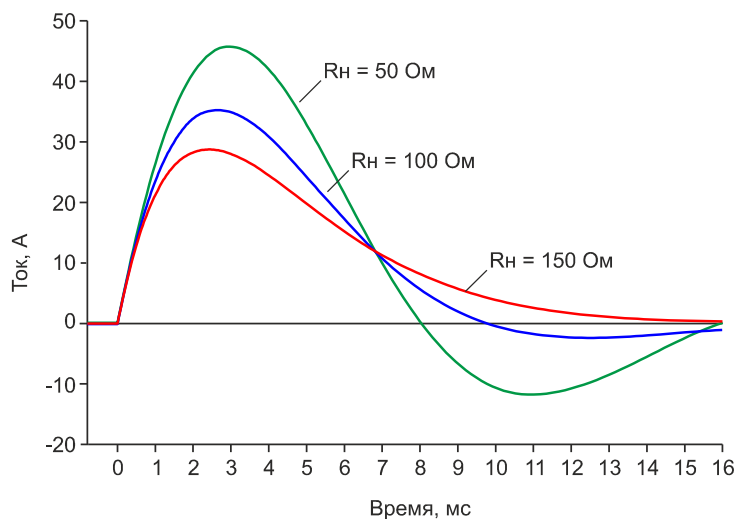


Рис. 12. Монополярный импульс дефибрилятора ИД-66 при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом

Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибрилятора ИД-66

Видимо к середине шестидесятых нарастающая потребность в дефибриляторах побудила Львовский завод медицинского оборудования искать путь модернизации дефибрилятора ИД-1-ВЭИ.

Сохранилось документ, датированный февралём 1966 г. — «Техническое задание на модернизацию аппарата ИД-1-ВЭИ», утверждённое главным инженером завода медицинского оборудования. ТЗ касалось сугубо конструкторских и технологических вопросов — замены устаревших комплектующих изделий (конденсатора СД, лампы В1-0,1/30 и др.), улучшения конструкции высоковольтной кнопки «импульс» и «разряд» (видимо речь шла о кнопке «сброс»), улучшение компоновки и внешнего вида. ТЗ было согласовано главным инженером ГСКТБ ЭМА, которое и должно было выполнять модернизацию.

Первоначально перед разработчиками дефибриллятора ИД-66 стояла задача модернизации по техническому заданию дефибриллятора ИД-1-ВЭИ выпускавшегося Львовским заводом медицинского оборудования — поиск возможной замены накопительного конденсатора (конденсатор с бумажным диэлектриком 22 мкФ, 6 кВ, применявшийся в дефибрилляторе ИД-1-ВЭИ, весил 13 кг), совершенствование кнопки в цепи разряда, бывшей наиболее ненадёжным элементом аппарата. Существенным недостатком дефибриллятора ИД-1-ВЭИ было соединение одного из электродов с заземляемым корпусом аппарата, что нередко было причиной электроудара, который получал доктор при разряде на пациента. Необходимо было уменьшить габариты и массу аппарата.

В это время я дефибриллятором не занимался, а в ранге старшего инженера разрабатывал Амплипульс-3 — аппарат для физиотерапии синусоидальными модулированными токами. Это была моя первая самостоятельная работа после окончания Львовского политехнического института. Аппарат был на ЛАМПАХ! Помимо этого я участвовал в разработке «Биофазосинхронизатора» — прибора, реализующего идеи Арсения Николаевича Меделяновского по управлению медицинской аппаратурой, например, рентгеновским аппаратом, аппаратом вспомогательного кровообращения и др., в заданной фазе электрокардиограммы и дыхания

пациента. При этом я с ужасом наблюдал, как на одном из столов мой однокурсник Мырон Кошовый «пробивал» один за другим осциллографы с помощью какого-то жуткого большого черного ящика, который шипел, свистел, а в просветы жалюзи корпуса был виден довольно большой кенотрон, светившийся голубым пламенем. Оставалось несколько месяцев до защиты технического проекта, но кроме нескольких пробитых при попытке посмотреть импульс осциллографов ничего не было. Сроки горели, и в начале апреля 1966 г. меня сделали ведущим и наградили вот этой штукой. Под впечатлением того, что я видел, я ответил, что лучше останусь старшим инженером и буду продолжать работать в группе, которая разрабатывала «Биофазосинхронизатор», но Савельев был крут — «пошёл вон из кабинета, работай, приказ на стене, десятку тебе добавили». Я тогда не понимал — это был то, что называется «ПОДАРОК СУДЬБЫ» — так назвал одно из эссе своих воспоминаний Б.М. Цукерман [44].

С апреля 1966 г. безо всякого желания начинаю. Для меня это был первый опыт разработки высоковольтного аппарата. Срок выполнения работы — конец 1967 г., 20 месяцев, нет ничего, в том числе опыта, да и знаний в этой области. Поехал в Москву — к Н.Л. Гурвичу и Б.М. Цукерману. Первый произвел несколько гнетущее впечатление — старый, запуганный (опять очередной жулик приехал украсть бесплатно его идеи). Но книгу свою с автографом подарил [45]. Прочитал всю, от корки до корки (не исключено, что я был первым, кто прочитал её всю). Но в проблему я стал входить благодаря встречам с Б.М. Цукерманом. Пока же было не до этих проблем электрофизиологии. Нет конденсатора — в ИД-1-ВЭИ он весил килограммов 13. Гурвич сказал, что в Серпухове когда-то сделали конденсатор 5 кг (видимо для ИД-1-ВЭИ), но директор «выбросил его в Оку и сказал, что делать такой никогда не будут». В начале октября 1966 г., после многократных обращений и поездок, удалось заключить договор с серпуховским филиалом ВЭИ им. Ленина по конденсаторостроению — ОКР

«Малогабаритные конденсаторы для дефибриллятора ИД-1». Но сроки никак не соответствуют разработке дефибриллятора. Было известно, что существует плёночный конденсатор К-75-11, 100 мкФ, 2 кВ, весом 2 кг, выпускаемый ленинградским «Позитроном» только для специальной военной лазерной техники на плёнке, которую закупают в ФРГ через Финляндию. Попытки получить разрешение на применение безрезультатны. Отчаянное письмо за подписью начальника ГСКТБ Минмедпрома — замминистру электронной промышленности (через голову своего министерства) и, чудо, вместо нагоняя получена копия письма этого замминистра руководству ленинградского ПОЗИТРОНА поставлять конденсаторы К-75-11 Львовскому заводу для производства аппаратов «для оживления людей»! Батарея из четырёх последовательно соединённых конденсаторов — 25 мкФ, напряжение заряда — 7 кВ, масса 8 кг (всё же не 13!), индуктивность в цепи разряда 0,22 Гн — всё, как хотел Гурвич.

В короткие сроки разрабатывается дюралевый штампованный корпус, высоковольтная кнопка «Заряд-Дефибрилляция-Сброс» с фиксированным временем замыкания контактов для цепи разряда на пациента и на внутреннюю цепь сброса заряда, выход изолирован от корпуса и заземления. Высоковольтный кенотрон в цепи заряда конденсатора удалось заменить на высоковольтные кремниевые столбы. Всё это дало возможность в короткие сроки разработать дефибриллятор, почти вдвое по отношению к ИД-1-ВЭИ снизив объём, и почти в полтора раза — массу:

— ИД-1-ВЭИ

габаритные размеры 510×330×325 мм (объём 54,7 дм³), масса 30 кг

— ИД-66

габаритные размеры 410×330×215 мм (объём 29,1 дм³), масса 22 кг

И вот финиш в срок — справка на бланке Управления по внедрению новых лекарственных средств и медицинской техники МЗ СССР, 28 декабря 1967 г.:

Комиссия по физиологическим приборам и аппаратам «рекомендует для серийного производства импульсный дефибриллятор ИД-66»!

И никто (в том числе и разработчики) не обращают внимания, что накопленная энергия — до 612 Дж, в нагрузку 100 Ом отдаётся до 490 Дж, ток в 50 Омах — 45 А, длительность полупериода — 8 мс. Ток и длительность соответствуют пожеланиям Гурвича, а энергия — так ну «немного» больше чем у Гурвича в ИД-1-ВЭИ и у Лауна в «кардиовертере»! Так вот в короткие сроки был «сотворён» самый мощный дефибриллятор в мире!

Во второй половине 1968 г. на Львовском заводе РЭМА начинается серийное производство дефибриллятора ИД-66. Через два года — серийность 1000 аппаратов в год.

* * *

Первые данные об экспериментах с биполярным импульсом были изложены в 1957 г. монографии «Фибрилляция и дефибрилляция сердца» [45]. По результатам опытов для дефибрилляции биполярным импульсом требовалось, как это сказано, «60% того количества электричества, которое дефибриллировало сердце при однополупериодном импульсе». Завершается описание экспериментов с биполярным импульсом дефибрилляции заключением, что вопрос требует дальнейшего изучения. Сохранилось письмо Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР начальнику ГСКТБ-ЭМА В.И. Савельеву от 12 февраля 1966 г. с медико-техническими требованиями на портативный импульсный дефибриллятор, подписанными зав. Лабораторией проф. В.А. Неговским и с.н.с. Н.Л. Гурвичем. Среди основных требований были следующие:

«Аппарат должен генерировать одиночный двуполупериодный импульс синусоидальной формы с соотношением амплитуды 2-го полупериода к первому не ниже 0,5:1. Максимальная величина амплитуды (первого

полупериода) должна достигать 40 ампер при сопротивлении на выходе равном 50 ом. Продолжительность периода должна быть приблизительно 6-7 мсек».

В материалах симпозиума «Фибрилляция и дефибрилляция сердца», проходившем в Москве 21-22 июня 1966 г. описаны эксперименты, в которых подтверждалось преимущество биполярных импульсов дефибрилляции перед монополярными [18]. Там же изложены и предпосылки для применения биполярного импульса. Разрядный контур импульсного дефибриллятора с подключенной последовательно конденсатору индуктивностью на низких сопротивлениях нагрузки может иметь небольшую вторую полуволну, как, например, у дефибриллятора ИД-1-ВЭИ (рис. 3). В экспериментах было установлено, что устранение второй полуволны «сопровождалось возрастанием пороговой величины импульса (первого полупериода) на величину амплитуды второго полупериода колебательного разряда». Была выдвинута гипотеза, что максимальная эффективность биполярного импульса достигается при равенстве обеих полуволн, что в дальнейшем не нашло экспериментального подтверждения.

Первая публикация, полностью посвящённая экспериментам с биполярными импульсами [46] описывает импульс, близкий к применённому в последствии в первом в мире серийном импульсном дефибрилляторе с биполярным импульсом ДИ-03 [47], разработанном во Всесоюзном институте радиоэлектронной медицинской аппаратуры (г. Львов), выпуск которого был начат в 1972 г. на Львовском заводе РЭМА [48]. Дефибриллятор ДИ-03 имел также модификацию ДКИ-01 в комплекте с кардиосинхронизатором. В США первый дефибриллятор с биполярным импульсом, ForeRunner™, был выпущен в 1996 г., на 24 года позже [49]. На английском языке первая статья о преимуществе биполярного дефибриллирующего импульса перед монополярным вышла в 1973 г. [50]. Первые данные о применении дефибрилляторов с биполярным импульсом в США были опубликованы в 1998 г. [49]. В СССР первые данные о клиническом применении биполярного

импульса, полученного на модифицированном с помощью приставки дефибриляторе ИД-1-ВЭИ, были опубликованы в 1969 г. [51], а данные о клинических испытаниях дефибрилятора ДКИ-01 — в 1971 г. [53].

В процессе разработки дефибрилятора ДИ-03 от биполярного импульса с равными амплитудами полуволн пришлось отказаться по причине его неэффективности, и была выбрана амплитуда второй полуволны, равная 65% от амплитуды первой. Схемотехника формирования биполярного квазисинусоидального импульса с любым заданным соотношением полуволн была предложена И.В. Вениным с соавторами в 1968 г. в процессе разработки дефибрилятора [52]. Импульс дефибрилятора ДИ-03 (рис. 13) известен под названиями квазисинусоидального биполярного импульса, импульса Гурвича-Венина и импульса Гурвича. За рубежом преимущество квазисинусоидального биполярного импульса перед критически демпфированным монополярным в эксперименте на животных было показано в 1988 г. [53], преимущество перед трапецеидальным биполярным импульсом — в 1998 г. [54] и преимущество перед прямолинейным биполярным импульсом дефибриляторов фирмы ZOLL Medical Corporation — в 2005 г. [55]. Проведенные в России эксперименты на высокоомной модели свиней также показали преимущество биполярного квазисинусоидального импульса Гурвича-Венина перед двумя видами биполярного трапецеидального импульса и перед биполярным прямолинейным импульсом [56-58]. Преимущество импульса по сравнению с монополярным импульсом Эдмарка при кардиоверсии в клинике было показано в 1995 г. [59]. Результаты клинического применения импульса Гурвича-Венина в России представлены в работах [60-73].

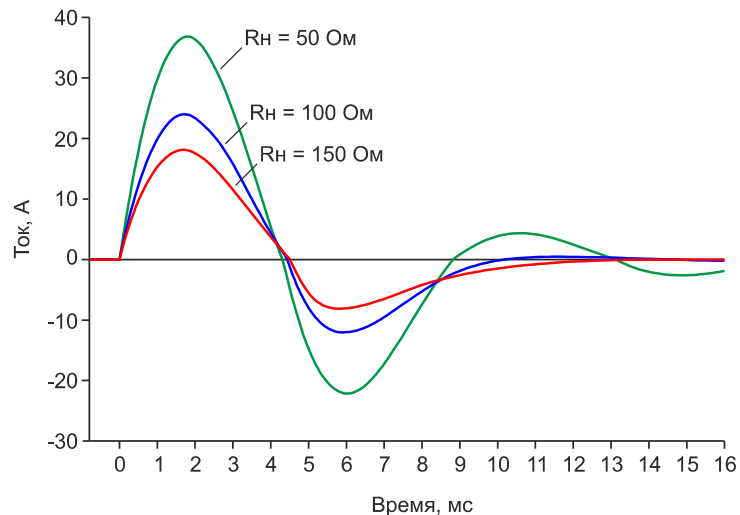


Рис. 13. Квазисинусоидальный биполярный импульс (классический импульс Гурвича-Венина) при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом

Дефибриллятор ДИ-03 (рис. 14) имел габаритные размеры 423×330×243 мм и массу 22 кг и питался от сети переменного тока 220/127 В, либо от автономного аккумуляторного блока питания БП-03 (рис. 15) с габаритными размерами 188×355×245 мм и массой 12 кг. ЭКГ-монитора дефибриллятор не имел.



Рис. 14. Дефибриллятор импульсный ДИ-03

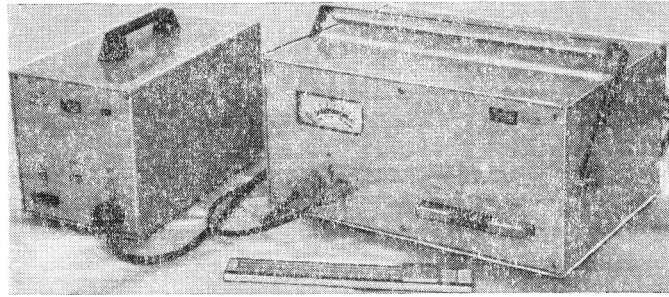


Рис. 15. Дефибриллятор импульсный ДИ-03 с блоком питания БП-03 [74]

Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибрилляторов ДКИ-01 и ДИ-03

Опытно-конструкторская разработка дефибриллятора импульсного кардиосинхронизированному ДКИ-01 проводилась во ВНИКИ РЭМА с 1967 по 1969 г., а дефибриллятора импульсного ДИ-03 — с 1968 по 1971 г.

Медицинские соисполнители: от Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР — д.м.н. Н.Л. Гурвич; от Института хирургии им. А.В. Вишневского — к.б.н. Б.М. Цукерман.

Группа разработчиков ГСКТБ ЭМА: И.В. Венин — ведущий инженер, Т.В. Пасичник, И.В. Балухавилли, А.П. Либерзон — старшие инженеры, инженер-конструктор I кат. Т.В. Радчук.

Серийное производство дефибрилляторов ДКИ-01 и ДИ-03 начато на Львовском заводе РЭМА в 1972 г. Дефибриллятор ДКИ-01 был снят с производства в 1974 г. и заменён дефибриллятором ДКИ-Н-01. Дефибриллятор ДИ-03 был снят с производства в 1982 г. и заменён дефибриллятором ДИ-С-04.

Ещё в процессе разработки дефибриллятора ИД-66, 10.10.1966 г. удалось заключить договор с Серпуховским филиалом по конденсаторостроению ВЭИ им. Ленина на разработку «Малогабаритного конденсатора для дефибриллятора ИД-1» со сроком выполнения работы декабрь 1967 г. (экземпляр Договора и Акта принятия работы сохранился). ТЗ предусматривало разработку конденсатора ёмкостью 16 мкФ с

максимальным напряжением заряда 7 кВ при минимальном весе и габаритах. Выбор ёмкости 16 мкФ обосновывался на анализе, результаты которого были опубликованы позже [48]. Опытные образцы конденсатора весили 6 кг и были получены в 1967 г. С начала 1967 г. ГСКТБ ЭМА приступило к ОКР «Разработка и исследование кардиосинхронизированного импульсного дефибриллятора», получившего в дальнейшем обозначение ДКИ-01. Совместно с медицинскими соисполнителями Н.Л. Гурвичем и Б.М. Цукерманом были разработаны медико-технические требования (МТТ), которые Комиссия по физиологическим приборам и аппаратам Министерства здравоохранения СССР утвердила 11.05.1967 г. (МТТ и справка Комиссии об утверждении сохранились).

В соответствии с МТТ, дефибриллятор ДКИ-01 должен был формировать импульс в виде «экспоненциально-затухающих колебаний приближенно синусоидальной формы». «Амплитуда первой полуволны импульса должна регулироваться в пределах от 200 до 2000 В при работе на нагрузку от 20 до 60 Ом» «длительность первой полуволны импульса должна находиться в пределах 6-8 мс при работе на нагрузку в диапазоне 20-60 Ом». «Амплитуда второй полуволны импульса должна быть порядка 40% амплитуды первой полуволны на нагрузке 50 Ом». «Амплитуда тока первой полуволны на нагрузке 50 Ом — 40 А». Предусматривалось наличие «измерительного прибора для измерения амплитуды тока первой полуволны» и контроль контакта в цепи электродов.

Замечаниями ВНИИХАИ (в дальнейшем ВНИИМТ) (замечания сохранились) предлагалось обеспечить аппарат «измерительным прибором для измерения напряжения на конденсаторе и полной энергии заряда конденсатора в джоулях».

На стадии технического проекта было выбрано значение индуктивности 0,1 Гн с активным сопротивлением 11 Ом. При ёмкости 16 мкФ это практически соответствовало параметрам импульса Лауна.

С начала 1968 г., параллельно с разработкой дефибрилятора ДКИ-01, была начата ОКР «Разработка импульсного дефибрилятора с универсальным питанием для машин скорой помощи», получившего в дальнейшем обозначение ДИ-03. МТТ были утверждены в апреле 1968 г. (МТТ сохранились). Согласно МТТ, предполагалась разработка дефибрилятора с импульсом, аналогичным импульсу, предусмотренному в МТТ на дефибрилятор ДКИ-01, но «с амплитудой первой полуволны не менее 35 А в нагрузке 40 Ом и амплитудой второй полуволны не менее 15 А» (т.е. соотношение амплитуд второй и первой полуволн 0,43 в нагрузке 40 Ом, соответственно в нагрузке 50 Ом соотношение амплитуд полуволн менее 0,4). Необходимо было предусмотреть «упаковку с аккумуляторами».

В середине 1967 г. для участия в защите технического проекта дефибрилятора ДКИ-01, в качестве представителя от Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР приехал недавно защитивший кандидатскую диссертацию В.А. Макарычев. Он передал автореферат своей диссертации и оттиски своих публикаций, показал заманчивую перспективу дефибриляторов с импульсом с двумя равными полуволнами. В конце 1967 г. у меня вместе с Т.В. Пасичником возникла идея построения разрядного контура с диодно-резисторным шунтом. Простое техническое решение (включение цепочки из диода и резистора параллельно нагрузке дефибрилятора), обеспечивало формирования дефибриллирующего импульса с любым соотношением амплитуд тока второй и первой полуволн. Это решение стало моим первым изобретением [52]. Оно простыми и надёжными техническими средствами обеспечивало реализацию дефибриллирующего импульса в соответствии с гипотезой Гурвича-Макарычева о максимальной эффективности импульса с равными амплитудами полуволн [18]. На стадии рабочего проектирования дефибриляторов ДКИ-01 и ДИ-03 их разрядный контур был дополнен диодно-резисторной цепочкой с резистором 40 Ом, что обеспечивало получение в

нагрузке 50 Ом импульса с равными амплитудами фаз противоположной полярности (рис. 16).

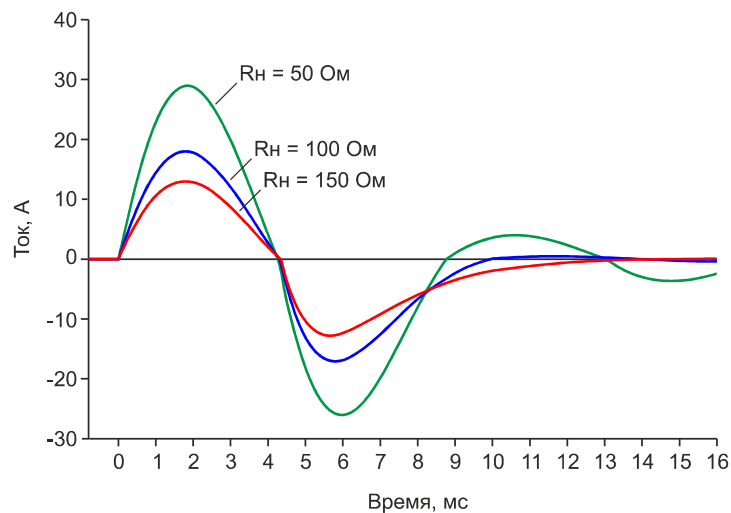


Рис. 16. Первоначальный (оказавшийся неэффективным) вариант импульса дефибриллятора ДИ-03 с равными амплитудами фаз противоположной полярности при сопротивлениях нагрузки R_H , равных 50, 100 и 150 Ом

Максимальный ток каждой из фаз импульса был не менее 25 А, т.е. сумма амплитуд тока первой и второй полуволн была 50 А, что было даже несколько больше, чем сумма амплитуд токов первой и второй полуволн в нагрузке 50 Ом дефибрилляторов ИД-1-ВЭИ и ИД-66.

В декабре 1969 г. была проведена техническая приёмка опытных образцов дефибрилляторов ДКИ-01 и ДИ-03 и, в соответствии с планами ОКР, в первом квартале 1970 г. опытные образцы дефибрилляторов были представлены на клинические испытания. Однако в начале января 1970 г. мне звонит Н.Л. Гурвич: «Игорь Викторович, мы попробовали новые дефибрилляторы (ДИ-03) в эксперименте — они мелких собак дефибриллируют при напряжении 6-7 кВ, а старые дефибрилляторы (ИД-66) — дефибриллируют при напряжении 1-2 кВ». Лечу в Москву и впервые в жизни принимаю участие в эксперименте на собаке. Действительно, порог дефибрилляции по току для биполярного симметричного импульса опытного образца дефибриллятора ДИ-03 был значительно выше порога, определяемого для практически монополярного импульса дефибриллятора ИД-66!

Отключение диодно-резисторного шунта в дефибрилляторе ДИ-03, делавшее импульс близким к монополярному, точнее практически импульсом Лауна, снижало порог дефибрилляции по отношению к симметричному биполярному импульсу, но порог оставался несколько выше, чем порог, определённый для дефибриллятора ИД-66 (очевидным объяснением этого может быть то, что длительность импульса дефибриллятора ИД-66 была примерно вдвое больше импульса дефибриллятора ДИ-03). Возникла дилемма: следовало либо убрать из аппаратов диодно-резисторные шунты и вернуться к параметрам импульса в соответствии с утверждёнными МТТ (т.е. фактически выпускать дефибрилляторы с импульсом Лауна), провести повторную техническую приёмку и провести клинические испытания, либо пойти на экспериментальные исследования совместно с группой Н.Л. Гурвича (к.м.н. В.Я. Табак и М.С. Богушевич) и найти причину неэффективности симметричного биполярного импульса. Естественно, что оба варианта требовали корректировки сроков выполнения работ (по двум темам!). Видимо в выборе второго пути сыграли роль здоровое любопытство и молодость.

С этого момента исследования проблемы эффективности биполярного импульса в Лаборатории экспериментальной физиологии АМН СССР проводились совместно с сотрудниками ВНИКИ РЭМА (Львов) [47]. Кроме меня в экспериментальных исследованиях принимал участие Г.В. Пасичник и И.Г. Балуашвилли, а в дальнейшем — Е.И. Сизова (Беленко), Г.С. Садыков и О.Л. Гонопольский.

Первые же эксперименты показали, что увеличение сопротивления резистора в диодно-резисторном шунте, приводящее к снижению соотношения токов второй и первой фаз, снижает порог дефибрилляции. В короткие сроки было изготовлено специальное оборудование для проведения экспериментов (измерительное, обеспечивающее запоминания токов и напряжений обеих фаз пяти последовательных импульсов и возможность в ходе эксперимента плавно изменять соотношения амплитуд токов второй и

первой фаз). Экспериментально было установлено, что импульс, формируемый при включении в разрядный LC-контур диодно-резисторного шунта, обеспечивает минимальный порог дефибрилляции при соотношении амплитуд второй и первой фаз импульса 0,6. Такое соотношение получалось при сопротивлении шунта, равном 80 Ом. В МТТ на дефибрилляторы ДИ-03 и ДКИ-01 были внесены изменения (сохранилась ведомость изменений, рекомендованная к утверждению Комиссией Министерства здравоохранения по аппаратам для скорой медицинской помощи 24 июня 1970 г.). Измененное требование к параметрам импульса впервые нормировало соотношение амплитуд токов второй и первой полуволн импульса на уровне $0,6 \pm 0,1$.

В документацию на дефибрилляторы были внесены соответствующие изменения и в начале 1971 г. Львовский завод РЭМА выпустил установочную партию дефибрилляторов ДИ-03. С 1972 г. этот дефибриллятор выпускался сериями по полторы-две тысячи в год. Всего Львовским заводом РЭМА с 1971 по 1981 г. было выпущено 16194 дефибриллятора ДИ-03 и 239 дефибрилляторов ДКИ-01.

Дефибриллятор ДИ-03 был конструктивно оформлен в корпусе, заимствованном из конструкции дефибриллятора ИД-66. Одинаковыми были и размещение органов управления и контроля, которые были так же заимствованы из ИД-66. Было лишь два внешних различия — в правом левом углу передней панели ДИ-03 был помещен стрелочный индикатор цепи пациента. Основным отличием была шкала пациента. В ИД-66 шкала киловольтметра была градуирована только в значениях напряжения от 0 до 7 кВ заряда конденсатора. На шкале же киловольтметра ДИ-03 кроме той же шкалы напряжения была шкала накопленной энергии от 0 до 400 Дж. Градуировать шкалу в единицах отдаваемой энергии я тогда не решился, прежде всего, из-за проблем метрологического обеспечения измерения энергии одиночного импульса.

В дефибрилляторах ДКИ-01 и ДИ-03:

— впервые был реализован асимметричный биполярный импульс (квазисинусоидальный* биполярный импульс с соотношением амплитуд тока второй и первой полуволн в пределах $0,6 \pm 01$);

* термин «квазисинусоидальный» впервые встречается в письме инженера фирмы *Physio Control* Карла Моргана академику В.А. Неговскому. Меня уже давно смущал термин «синусоидальный затухающий импульс», правильный в отношении импульсов ИД-1-ВЭИ и ИД-66 и не совсем строгий по отношению к импульсу ДИ-03 и последующих модификаций, начиная с ДКИ-Н-01. Ведь параметры импульса ДИ-03 — первой и второй полуволн (фаз), их форма, различны, что не совсем строго отвечает термину синусоидальные затухающие колебания. С этого времени (конец восьмидесятых) во всей нормативно-технической документации (МТТ, Технических условиях и стандартах [«Б»]) я стал пользоваться термином «затухающий асимметричный квазисинусоидальный импульс».

— в первых дефибрилляторах с биполярным асимметричным квазисинусоидальным импульсом (ДИ-03 и ДКИ-01) была впервые реализована методика компенсации трансторакального импеданса (ТТИ) — термин, получивший распространение с конца девяностых годов прошлого столетия. В отличие от современных методов компенсации ТТИ — коммутации силовых ячеек [75], коммутации внутреннего сопротивления дефибриллятора [76] или изменения длительности импульса [56], в дефибрилляторах ДИ-03 и ДКИ-01, а так же в последующих моделях дефибрилляторов, разработанных ВНИКИРЭМА (ДКИ-Н-01, ДКИ-Н-02, ДКИ-С-04, ДКИ-С-05 и др.), конфигурация разрядных контуров и выбор параметров их элементов обеспечивали компенсацию влияния ТТИ в диапазоне от 25 до 100 Ом на форму, длительность фаз импульса и ЭНЕРГИЮ, отдаваемую в нагрузку.

— впервые максимальная энергия, отдаваемая в нагрузку дефибриллятора, была ограничена на уровне 200 Дж (при максимальном

напряжении заряда накопительного конденсатора 7 кВ и накопленной в конденсаторе энергии 390 Дж);

— впервые в дефибриляторе был предусмотрен индикатор контакта в цепи пациента;

— впервые в дефибриляторе (ДКИ-01) был предусмотрен измеритель фактических значений дозы дефибриллирующего воздействия — амплитуды тока и напряжения в импульсе.

В процессе создания дефибрилляторов ДКИ-01 и ДИ-03 сложилось убеждение, что разработка дефибрилляторов не может идти в отрыве от медико-физиологических исследований влияния электрических параметров импульса дефибриллятора на эффективность и безопасность дефибриллирующего воздействия.

** * **

Воспоминания И.В. Венина о разработке блока питания БП-03 для дефибриллятора ДИ-03

ДИ-03 разрабатывался с 1968 г. и уже тогда надо было думать о применении в скорой помощи. Опыт такого применения на Киевской скорой помощи был у Д.Б. Зильбермана. Две бригады были оснащены дефибрилляторами ИД-1-ВЭИ (36 кг, перенос за две боковых ручки) с 1964 г. [77]. Была показана высокая эффективность ранней электроимпульсной терапии на дому в случаях осложнённых нарушений ритма. Большую часть таких больных удавалось довести до стационара живыми (по сравнению с больными, которых пытались транспортировать, предварительно не нормализовав ритм). Приезжали даже американцы знакомиться с этим опытом. Д.Б. Зильберман стал членом Комиссии Министерства здравоохранения. Соответственно МТГ на ДИ-03 было, как на дефибриллятор для скорой помощи и, соответственно, надо было как-то решить вопрос автономного питания. Я, молодой, активный, «пробрался» в кабинет к

главному инженеру Главаккумулятора — чужого министерства Минэлектротехпрома. Без положенного в таких случаях письма (надо было иметь письмо за подписью минимум начальника своего главка в Минмедпроме). По всем канонам меня должны были просто прогнать. Но попал на интересного человека — главного инженера Главаккумулятора Герасименко (инициалы, к сожалению, уже забыл). Он внимательно меня выслушал, понял проблему — относительно большие токи при небольшой энергоёмкости аккумулятора. Единственные существовавшие тогда герметичные аккумуляторы НКГ не могли давать больших токов. Вот он мне и разрешил применить кислотные аккумуляторы ЗМТР-10 (выпускались для мотороллеров). И лично, своей рукой, на своём бланке написал разрешение!!! Обычно в таких случаях отсылали к «специалистам» и начиналась морока.

Вот я и удумал тогда БП-03. В дефибриляторе ДИ-03 был «линейный» трансформатор на железе для работы на частоте 50 Гц. Поскольку нужно было лишь заряжать конденсатор, я попробовал и убедился, что если на трансформатор ДИ-03 подавать с преобразователя прямоугольные импульсы с частотой до 1 кГц, то получается вполне прилично. Так что БП-03 имел на выходе прямоугольный импульс амплитудой чуть больше 300 В с частотой 800...1000 Гц. Вот так приходилось жить и вертеться!

При разработке следующего после ДИ-03 и ДКИ-01 дефибрилятора, ДКИ-Н-01, я уже сумел получить разрешение на применение серебряно-цинковых (негерметичных) аккумуляторов (их выпускали только для «военки»). Но это уже был блок, который вставлялся в дефибрилятор (на место блока питания от сети).

* * *

В 1974 г. на Львовском заводе РЭМА был начат выпуск импульсного дефибриллятора ДКИ-Н-01 (рис. 17). Дефибриллятор также генерировал биполярный импульс, но имел новую схему разрядного контура, позволившую снизить напряжение на накопительном конденсаторе и массу прибора. Управление заданием одной из 5 фиксированных доз дефибриллирующего импульса, набором энергии и подачей разряда на пациента осуществлялось с помощью органов управления, встроенных в грудной дефибрилляционный электрод. Дефибриллятор мог питаться от одного из двух встраиваемых блоков:



Рис. 17. Дефибриллятор импульсный ДКИ-Н-01

блока питания от сети переменного тока 114...240 В 50 Гц БПС-01, или блока автономного питания от встроенной аккумуляторной батареи БПА-01. Дефибриллятор имел габаритные размеры 480×390×180 мм и массу 18 кг. Форма импульса дефибриллятора ДКИ-Н-01 при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом представлена на рис. 18.

Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибрилляторов ДКИ-Н-01

Опытно-конструкторская разработка дефибриллятора импульсного кардиосинхронизированного ДКИ-Н-01 проводилась во ВНИКИ РЭМА с 1972 по 1973 г.

Медицинские соисполнители: от Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР — д.м.н. Н.Л. Гурвич; от Института хирургии им. А.В. Вишневского — д.б.н. Б.М. Цукерман.

Группа разработчиков ГСКТБ ЭМА: И.В. Венин — и.о. старшего научного сотрудника, А.П. Либерзон — старший инженер (на стадии проработки до начала ОКР), Е.Н. Сизова (Беленко) — инженер.

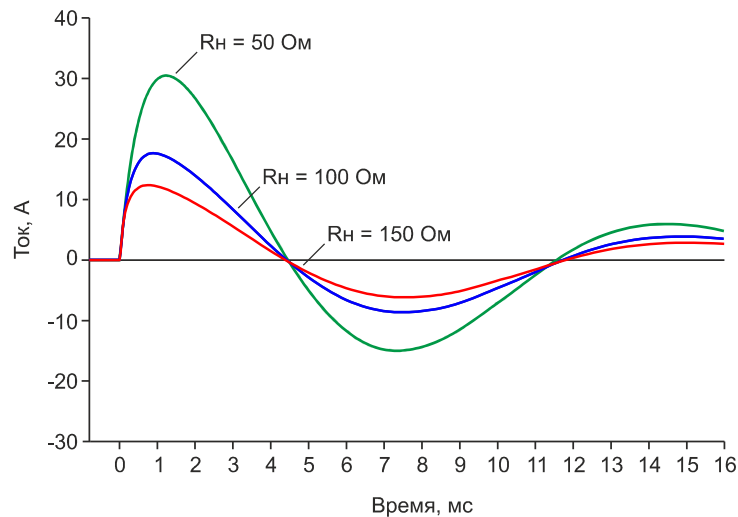


Рис. 18. Биполярный импульс дефибриллятора ДКИ-Н-01 при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом

Серийное производство дефибрилляторов ДКИ-Н-01 на Львовском заводе РЭМА было освоено в 1974-1975 гг. Дефибриллятор выпускался относительно небольшими партиями (200-300 в год). С 1979 по 1981 г. было выпущено 712 дефибрилляторов. Дефибриллятор был снят с производства в 1981 г. и заменён на дефибриллятор ДКИ-Н-02.

С большим трудом удалось добиться включения ОКР по разработке дефибриллятора «с дистанционной дозировкой воздействия — ДКИ-Н-01» в тематический план ВНИКИ РЭМА на 1972 г. Поскольку к этому времени с 1965 г. было разработано и внедрено на заводе три модели дефибрилляторов (ИД-66, ДКИ-01 и ДИ-03) у руководства института возникло мнение: «хватит плодить колебательные контуры», «разработка приборов для дефибрилляции не соответствует основному направлению института — исследование и

регистрация биоэлектрической активности пациента» (!!!). ОКР не была включена в проект тематического плана ВНИКИРЭМА на 1972 г. Однако решением «сверху» начальника Главмедтехники Минмедпрома тов. Логачева тема была включена в план института). К сожалению, из документов по этой работе сохранилось только «Выписка из протокола №6 от 21 ноября 1971 г.» Комитета по новой медицинской технике МЗ СССР. Комиссия по физиологическим приборам и аппаратам рекомендует ВНИКИ РЭМА «оставить в плане на 1972 г. ОКР: «Разработка портативного дефибриллятора с дистанционной дозировкой воздействия»).

По мнению Н.Л. Гурвича, формирование биполярного импульса, реализованное в дефибрилляторах ДКИ-01 и ДИ-03 за счёт включения диодно-резисторного шунта, не обеспечивало реализацию гипотезы о «суммации по эффекту дефибрилляции» равных полуволн тока («суммация» обеспечивалась только, если ток второй фазы был не более 0,6 тока первой фазы). Причину этого Н.Л. Гурвич видел в «изломе» крутизны заднего фронта импульса в точке смены полярности первой и второй фаз. Действительно форма первой полуволны импульса в контуре $C = 16 \text{ мкФ}$, $L = 0,11 \text{ Гн}$, нагрузка которого шунтировалась резистором 80 Ом, при сопротивлении нагрузки даже более 100 Ом соответствовала практически полупериоду синусоиды но форма второй полуволны в таком контуре при отключенном шунте 80 Ом и сопротивлении нагрузки 100 Ом приобретала вид аperiodического разряда с крутым передним фронтом. Заметный излом крутизны между первой и второй фазами для Н.Л. Гурвича, придававшего большое значение крутизне заднего фронта импульса [78], представлялся основной причиной несоответствия полученных при разработке дефибрилляторов ДКИ-01 и ДИ-03 результатов гипотезе о возбуждении «анэлектротонном» и, соответственно, не обеспечивало в полной мере реализацию гипотезы Гурвича-Макарычева об оптимальности импульса с двумя равными по амплитуде тока полуволнами [18].

Авторитет Н.Л. Гурвича сделал актуальным поиск новых схем формирования биполярного импульса, свободного от «излома крутизны» заднего фронта. Анализ схемы разрядного контура с шунтированием нагрузки индуктивностью, для которого характерно отсутствие «излома крутизны» заднего фронта в широком диапазоне нагрузок, и его исследование в экспериментах на животных [79] показали, что, хотя такая схема, при приемлемых соотношениях накопленной и отдаваемой энергии, и приемлемом весе аппарата, не обеспечивает получения равных амплитуд первой и второй фаз импульса, однако обладает рядом достоинств:

— *обеспечивает возможность формирования биполярного квазисинусоидального асимметричного дефибриллирующего импульса с параметрами близкими к параметрам импульса дефибриллятора ДИ-03 при максимальном напряжении заряда конденсатора до 4 кВ и емкости накопительного конденсатора 50 мкФ (7 кВ и 16 мкФ в ДИ-03, соответственно), т.е. обеспечивало возможность снижения до 4 кВ максимального напряжения заряда конденсатора.*

— *выбором параметров контура можно обеспечить получение импульса не только свободного от «излома крутизны», но и имеющего стабильную форму и временные параметры в широком диапазоне сопротивлений нагрузки.*

— *эксперименты на собаках, проведенные совместно ВНИКИ РЭМА и Лабораторией экспериментальной физиологии АМН СССР показали, что импульс, формируемый контуром с индуктивным шунтом, по эффективности и безопасности не уступает импульсу ДИ-03. Форма импульса и его временные параметры при изменении сопротивления нагрузки в широких пределах (от 10 до 150 Ом) практически не изменяются, что подтверждалось стабильностью порогового дефибриллирующего тока при включении последовательно с нагрузкой дополнительного резистора [79].*

Стабильность формы импульса, его временных параметров и соотношения амплитуд токов второй и первой фаз при изменении

сопротивления нагрузки в широких пределах (от 10 до 150 Ом), характерная для контура «с двумя индуктивностями», позволила реализовать идею дозирования дефибриллирующего воздействия шунтированием цепи пациента резисторами, коммутация которых определяет величину тока, проходящего через пациента. Такие резисторы могли быть размещены на рукоятке — держателе электрода для дефибрилляции [80]. На переключателе доз дефибриллирующего воздействия указывались только номера доз от 1 до 5, а в руководстве по эксплуатации приводились значения токов, соответствующих условным номерам доз от 1 до 4 соответственно: 15 А, 18 А, 23 А, 28 А с допуском ± 3 А и для дозы № 5 — «от 30 до 40 А»;

Решение ввести условные обозначения доз («номера доз») было принято после впечатляющего рассказа Б.М. Цукермана о смерти больного, доставленного скорой помощью в больницу. Больного готовили к электроимпульсной терапии. Кто-то из персонала сказал родственникам, сидевшим в коридоре: «Сейчас ему дадут 6000 вольт!». Родственники стали протестовать, электроимпульсная терапия была отменена, больной погиб. Я и подумал: что доктору, что пациенту или его родственникам, что 6000 вольт, что 360 джоулей зачастую мало что говорит. Согласовал с Б.М. Цукерманом и Н.Л. Гурвичем медико-технические требования, в котором предусматривалась нумерация доз без указания электрических величин. В дальнейшем то же было применено и в дефибрилляторах ДКИ-Н-02 и ДИ-С-04. После выхода в 1983 г. стандарта ИЕС 601-2-4-83, до его «гармонизации», в дальнейших разработках на переключателе доз стали указывать значения отдаваемой энергии.

Что касается накопительного конденсатора, в дефибрилляторе ДКИ-Н-01 вернулись к использованию пленочных конденсаторов К-75-11, 100 мкФ, 2 кВ. Но, если в дефибрилляторе ИД-66 использовалась батарея из четырёх таких конденсаторов, (общая ёмкость 25 мкФ, напряжение до 7 кВ), то дефибриллятор ДКИ-Н-01 был разработан на базе батареи из двух таких

конденсаторов общей емкостью 50 мкФ, 4 кВ и двух катушек индуктивности по 0,05 Гн. Такой контур, при напряжении заряда конденсатора до 4 кВ, обеспечивал формирование биполярного импульса с параметрами (максимальный ток, длительность полуволн и соотношение амплитуд токов второй и первой фаз импульса), близкими к параметрам импульса дефибрилятора ДИ-03. Масса батареи таких конденсаторов была 4 кг (в дефибриляторе ДИ-03 применялся конденсатор ДС-16-7 весом 6 кг, разработанный и выпускавшийся Серпуховским филиалом ВЭИ по конденсаторостроению). Снижение максимального напряжения заряда конденсатора до 4 кВ привлекло внимание к возможности применения для коммутации разрядной цепи дефибриляторов управляемых разрядников. В 1970 г. удалось заключить договор с Рязанским НИИ газоразрядных приборов на проведение НИРа (шифр «Альма-1») по определению возможности применения газонаполненных управляемых разрядников Р-24 в режиме коммутации разрядной цепи в дефибриляторе (работа разрядника Р-24 в ТУ предназначались для коммутации импульсов длительностью несколько микросекунд). По результатам НИР была разработана методика отбора разрядников из партий Р-24, которым присваивалось обозначение Р-24-1, которые обеспечивали включение цепи разряда в дефибриляторе. Время подтвердило, что разрядники Р-24-1 обеспечивали работоспособность в дефибриляторах неограниченно длительное время. До настоящего времени в клиниках встречающиеся дефибрилляторы ДКИ-Н-01, ДКИ-Н-02 и ДИ-С-04, выпускавшиеся в семидесятых-восемидесятых годах Львовским заводом РЭМА партиями до 2500 шт. в год с применением разрядников Р-24-1, которые сохраняют работоспособность до настоящего времени.

Необходимо было решить вопрос обеспечения соединения дефибрилятора с электродами. Были разосланы письма предприятия кабельной промышленности различных министерств. Позитивно отозвалось только СКБ кабельной промышленности в Каменце-Подольском Хмельницкой

области (главный инженер СКБ — В.И. Королев). Оказалось, что в этом СКБ был отдел медицинских кабелей (заведующий П.Ф. Ярмилко). Благодаря этим специалистам по нашему техническому заданию был разработан первый витой спиральный высоковольтный кабель для соединения дефибрилляторов с электродами. Это был кабель с двумя высоковольтными и тремя сигнальными проводами. В дальнейшем, для последующих разработок дефибрилляторов, разрабатывались и ставились на производство другие модификации этого кабеля с различным количеством проводов. В настоящее время эти кабели выпускаются заводом в Каменце-Подольском, а так же Уфимкабелем.

В дефибрилляторе ДКИ-Н-01:

— впервые для формирования биполярного квазисинусоидального асимметричного импульса был применён разрядный контур с шунтированием нагрузки индуктивностью;

— реализовано дискретное дозирование дефибриллирующего воздействия шунтированием нагрузки коммутируемыми резисторами, а переключатель доз впервые был установлен на держателе трансторакального электрода;

— впервые для коммутации цепей разряда и сброса, в дефибрилляторах был применён высоковольтный газонаполненный металлостеклянный управляемый разрядник типа Р 24-1;

— впервые в отечественном дефибрилляторе были применены витые спиральные кабели для соединения с электродами;

— впервые конструкция дефибриллятора предусматривала возможность применения взаимозаменяемых блоков питания — сетевого (БПС) и автономного (БПА), на базе серебряно-цинковых аккумуляторов СЦС-3,5;

Найденный при разработке дефибриллятора ДКИ-Н-01 вариант разрядного контура с индуктивным шунтом применялся во всех дальнейших разработках ВНИКИРЭМА дефибрилляторов до конца 1997 г. Конечно схема

контура модернизировалась (начиная с дефибриллятора ДКИ-С-05) — менялась ёмкость конденсатора, номиналы индуктивностей, менялась конфигурация схемы формирования импульса. Неизменным оставалось использование двух индуктивностей и управляемых разрядников. Спецификой таких дефибрилляторов была их нагрузочная характеристика — зависимость отдаваемой энергии от сопротивления нагрузки. В диапазоне сопротивлений от 25 до 100 Ом значение отдаваемой энергии было достаточно стабильным. Соответственно ток значительно изменялся при изменении сопротивления нагрузки.

* * *

В 1978 г. на Львовском заводе РЭМА был начат выпуск аппарата для кратковременной электроанестезии при дефибрилляции сердца ЭЛИТАН-01, который применялся при электроимпульсной терапии у пациентов, которым противопоказан медикаментозный наркоз (рис. 19).

Воспоминания И.В. Венина о разработке аппарата для кратковременной электроанестезии при дефибрилляции сердца ЭЛИТАН-01 (Электронаркон-01, ЭЛНАР-01, Эльнар)

Опытно конструкторская разработка аппарата проводилась во ВНИКИ РЭМА с 1974 по 1977 г.

Медицинские соисполнители: от Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР — к.м.н. В.Я. Табак; от Первого Московского медицинского института им. И.М. Сеченова — д.м.н. В.Д. Жуковский; от Института хирургии им. А.В. Вишневского — проф. Т.М. Дарбинян.

Группа разработчиков ВНИКИ РЭМА: И.В. Венин — с февраля 1975 г. заведующий научно-исследовательской лабораторией, В.И. Родионов — заведующий сектором, Т.В. Видершайн — старший инженер.

Серийное производство на Львовском заводе РЭМА начато 1978 г., снят с производства в 1986 г., заменён в производстве дефибрилятором ДЕФИНАР-01.



Рис. 19. Аппарат для кратковременной электроанестезии при дефибрилляции сердца ЭЛИТАН-01

Идея проведения электроимпульсной терапии на фоне кратковременной электроанестезии интерферирующими токами, возникла у к.м.н. В.Я. Табака (Лаборатория экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР) и д.м.н. В.Д. Жуковского (I Московский медицинский институт им. И.М. Сеченова). Используя два серийно выпускавшихся аппарата — НЭИП-1 (производства завода «Маяк» Минавиапрома СССР), предназначенный для электронаркоза при хирургических операциях, и дефибриллятор ДИ-03, с начала 1971 г. по октябрь 1972 г., В.Я. Табак (совместно с Т.М. Конторер, В.Н. Семёновым, Е.Н. Печкиным и др.), в условиях выездного Центра реанимации выполнили 131 эпизод электроимпульсной терапии на фоне кратковременной электроанестезии в условиях бригады выездного реанимационного центра, работавшей на базе больницы им С.П. Боткина. Электроимпульсная терапия проводилась больным с различными видами аритмий на фоне (в большинстве случаев) ургентного состояния, являвшегося

противопоказанием применению какого либо фармакологического или газового наркоза.

Результаты были доложены 27.01.1972 г. на Бюро Президиума Ученого медицинского Совета МЗ СССР (доклад чл.-корр. АМН СССР проф. М.И. Кузин). В заседании приняли участия и выступали лауреаты Государственной премии проф. В.А. Неговский и доктора биологических наук Б.М. Цукерман и медицинских наук Н.Л. Гурвич. Бюро президиума, в частности, отметило особую перспективность применения электроанестезии при электроимпульсной терапии и пришло к заключению о «...целесообразности разработки системы для кардиоверсии под элетронаркозом...». (Решение Бюро Президиума УМС МЗ СССР от 27.01.1972 г. сохранилось).

Когда предпринятый В.Я. Табаком и В.Д. Жуковским поиск «солидных» разработчиков «серьёзных министерств», которые взялись бы за разработку такой системы, не дал результатов, с идеей и клиническими результатами был в начале 1973 г. ознакомлен и я. На один из выездов поехал с В.Я. Табаком посмотреть в клинику на эту процедуру. Впечатление было достаточно сильным. На голове больного крепилось четыре электрода аппарата НЭИП-1. Дефибриллятор ДИ-03 заряжался. Нажималась и удерживалась кнопка «Наркоз» аппарата НЭИП и через полторы-две секунды производился разряд дефибриллятора. Воздействие наркоза прекращалось. Реакция больного на включение тока электронаркоза — более чем впечатляющая: гримаса боли и страдания на лице, судорожная реакция всего тела, практически аналогичная реакции при разряде дефибриллятора. Но больной приходит в сознание практически мгновенно после выключения электронаркоза. Опрос больного — картина, в общем, достаточно благополучная: ощущение сильное, но не болевое. Согласился бы пациент на повторение процедуры? «Если нужно — да». К этому времени я уже видел дважды в клиниках Львова и Москвы, когда при введении больного в фармакологический наркоз для проведения

электроимпульсной терапии возникала остановка дыхания. Видел, каких усилий стоило бригаде опытных врачей «раздышать» пациента. Знал и эпизоды, когда врач, учитывая риск наркозных осложнений, для спасения жизни больного, шёл на применение электроимпульсной терапии без наркоза. Понимая, что внешняя реакция пациента на включение тока электронаркоза может быть препятствием для распространения метода в клинической практике, всё же решил взяться за эту работу. Однако при попытке предложить в проект тематического плана института тему «Разработка аппарата для кратковременной электроанестезии при электроимпульсной терапии» я получил отказ с формулировкой, аналогичной формулировке при попытке включения в проект плана ОКР по дефибрилятору ДКИ-Н-01. Но 01.09.1974 г. произошла смена руководства Института — директором стал д.т.н. А.А. Смердов. Тема была включена в план 1975 г.

Безусловно, большое значение для развития работ по дефибрилляции во ВНИКИ РЭМА сыграло создание в феврале 1975 г. решением директора института А.А. Смердова научно-исследовательской лаборатории приборов для дефибрилляции со статусом самостоятельного подразделения. До этого времени группа разработчиков приборов для дефибрилляции была в составе научно-исследовательского отдела НИО-1, возглавляемого Б.М. Олифером. В штатном расписании НИО-1 была предусмотрена лаборатория приборов для дефибрилляции, должность зав. лабораторией была вакантной, я был и.о. старшего научного сотрудника.

При согласовании проекта МТТ с медицинскими соисполнителями, последние предложили в автоматическом режиме управления (экспозиция электронаркоза фиксированная) остановиться на продолжительности 1,5 секунды. Местами клинических испытаний были определены Институт хирургии им. А.В. Вишневского, Лаборатория экспериментальной физиологии по оживлению организма АМН СССР и 8-я клиническая больница (инфарктное отделение) г. Львова.

Был разработан аппарат, обеспечивающий воздействие на мозг пациента по двум каналам — с частотами 4,5 кГц и 5 кГц и двумя фиксированными значениями токов — 150 мА и 200 мА. Время воздействия в автоматическом режиме управления вначале было установлено в соответствии с МТТ — 1,5 секунды.

Опытные образцы прошли техническую приёмку и были направлены на клинические испытания. Один образец был установлен в отделении для больных инфарктом миокарда восьмой клинической больницы г. Львова (заведующая отделением — к.м.н. Л.Г. Дунчич). В начале клинических испытаний первый же эпизод проведения ЭИТ больному (8-я больница во Львове) показал, что при экспозиции электроанаркоза 1,5 секунды в автоматическом режиме сохранилась реакция больного, которую я видел раньше в эпизодах электроанаркоза, проводимого В.Я. Табаком в ручном режиме. На врачей, проводивших воздействие впервые (Л.Г. Дунчич, А.В. Николаев, А.Я. Литовчик) увиденное произвело гнетущее впечатление. Изменять величину тока и частоты в каналах не представлялось возможным — они были определены создателями методики электроанестезии интерферирующими токами (В.Д. Жуковский и др.). Решили (совместно с Л.Г. Дунчич) от пациента к пациенту уменьшать на 10 мс экспозицию тока. Наблюдения за двигательной реакцией пациентов показали, что при уменьшении продолжительности воздействия до 0,5 секунды стала уменьшаться «гримаса страдания» на лице пациента и при длительности 370 мс практически исчезла. Попытка дальнейшего уменьшения продолжительности воздействия показала, что, не смотря на внешнее относительное благополучие, при опросе пациентов после воздействия у них появились впечатления, которых не было ранее: «Всё тело сжало». Видимо пациенты стали приходить в сознание, когда не закончилась фаза мышечной релаксации после воздействия импульса электроанаркоза и дефибрилятора. Остановились на продолжительности 370 мс из которых 220 мс — экспозиция

электронаркоза до разряда дефибриллятора и 150 мс после разряда. По результатам проведения медицинских испытаний в ТУ были нормированы временные параметры электронаркоза, приведенные выше.

22.12.1977 г. (протокол № 4) (выписка из протокола сохранилась) Комиссией по аппаратам, приборам и инструментам, применяемым для анестезиологии и искусственного дыхания (председатель Комиссии Бунатян) Комитета по новой медицинской технике МЗ СССР «аппарат для электронаркоза «Электронаркон-01» был рекомендован для промышленного производства. В Регистрационном удостоверении (№78/626-54) (сохранилось), выданном Минмедпромом СССР, обозначение аппарата было изменено на «Аппарат для кратковременной электроанестезии «Эльнар»». Окончательно в производстве аппарат выпускался под наименованием «Аппарат для кратковременной электроанестезии «ЭЛИТАН-01»».

Неожиданным результатом для разработчиков аппарата «ЭЛИТАН-01» было возникновение международного сотрудничества. В середине 1981 г. в институт приехала делегация французских специалистов, работающих в области медицины и медицинской техники. Делегацию сопровождал заместитель министра Минмедпрома СССР Дворяковский. Когда делегацию привели в Лабораторию приборов для дефибрилляции, аппарат «ЭЛИТАН-01» привлек внимание профессора Франсуа Бараля — заведующего отделением реаниматологии и анестезиологии в университетском госпитальном центре в г. Безансон. Он заявил, что проблема анестезии больных с нарушением дыхания и гемодинамики, которым по жизненным показаниям необходимо проведение электроимпульсной терапии, ему хорошо знакома и понятна. Работа была включена в планы международного сотрудничества, состоялись взаимные поездки специалистов. В конечном итоге единственным реальным результатом сотрудничества (кроме нескольких поездок во Францию) были встречи с А. Канселлом — научным директором фирмы Одам в Виссенбурге. Примерно в

1982 г. проф. Ф. Бараль в очередной раз приехал во Львов с А. Канселлом, который хотел посмотреть в клинике процедуру электроимпульсной терапии, проводимую на фоне кратковременной электроанестезии. Среди прочего я рассказал А. Канселлу о наших экспериментах в Лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма по дефибрилляции «пачкой» коротких импульсов. К этому времени мы прекратили эти исследования, убедившись, что найденный в экспериментах оптимальный вариант параметров «пачки» импульсов заметно уступает в эффективности при дефибрилляции квазисинусоидальному биполярному импульсу. Однако А. Канселл, внешне не проявив интереса к этой работе, предпринял свои исследования и реализовал их в ряде дефибрилляторов, в частности DEFIGARD 5000, выпускаемых фирмой SCHILLER MEDICAL S.A.S. Более поздние теоретические исследования [81] и эксперименты на животных [82] подтвердили правильность нашей оценки в 70-х годах этого способа дефибрилляции.

* * *

Воспоминания И.В. Венина о разработке накопительных конденсаторов для дефибрилляторов

Безусловно, одним из факторов, влияющих на массу и габариты дефибрилляторов, была удельная энергоёмкость накопительного конденсатора. Спецификой режима работы накопительного конденсатора в дефибрилляторе являются относительно небольшой требуемый ресурс наработки (2500 циклов заряд-разряд) и относительно продолжительное время заряда (10-15 секунд). Поэтому параллельно с совершенствованием схемотехнических и конструктивных решений, поиском и исследованием совместно с медицинскими партнёрами новых форм импульса, постоянно велась работа по поиску разработчиков новых типов конденсаторов. Можно привести пример совершенствования накопительных конденсаторов, применявшихся в разработке дефибрилляторов во Львове:

1) Конденсатор К75-11 100 мкФ, 2 кВ, удельная энергоёмкость 100 Дж/кг. Единственный конденсатор, который был разработан не для применения в дефибрилляторах. Применялся в дефибрилляторе ИД-66 и ДКИ-Н-01.

2) Конденсатор ДС-7-16 16 мкФ, 7 кВ, удельная энергоёмкость 65 Дж/кг. Был разработан Серпуховским филиалом по конденсаторостроению ВЭИ им. Ленина специально для применения в дефибрилляторах ДИ-03 и ДКИ-01.

3) В 1976 г. был заключен договор на разработку конденсатора для дефибрилляторов с НИИ ГИРИКОНД (Объединение «ПОЗИТРОН»), Ленинград. Опытные образцы конденсатора К75-49 были получены в 1977 г. Это позволило с 1978 г. начать ОКР дефибрилляторов ДКИ-Н-02 и в 1979 г. дефибриллятора ДИ-С-04. Применялся также в дефибрилляторах ДКИ-Н-03 (дефибрилляторе 577), ДКИ-С-05, ДКИ-Н-06, ДЕФИНАР, ДЕФИНАР-КАРДИО. Нельзя не вспомнить замечательных людей, взявшихся за эту невыгодную для них разработку (ни премий, ни дополнительной зарплаты), начальника отдела высоковольтных конденсаторов В.И. Карабанова и заведующего лабораторией Г.К. Огнева.

* * *

В 1981 г. на Львовском заводе РЭМА был начат выпуск импульсного дефибриллятора ДИ-С-04 (рис. 20). Дефибриллятор имел габаритные размеры 510×400×180 мм и массу 14 кг.

Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибриллятора ДИ-С-04

Опытно-конструкторская разработка импульсного дефибриллятора ДИ-С-04 проводилась во ВНИКИ РЭМА с 1979 по 1981 г.

Медицинские соисполнители: от Лаборатории общей реаниматологии АМН СССР — к.м.н. В.Я. Табак; от Института хирургии им. А.В. Вишневского — д.б.н. Б.М. Цукерман.

Производство дефибриллятора прекращено с 1992 г. в связи с экономической ситуацией Львовского завода РЭМА.

С 1981 по 1987 г. было выпущено 10148 дефибрилляторов ДИ-С-04.



Рис. 20. Дефибриллятор импульсный ДИ-С-04

Целью разработки было:

— за счёт применения нового, специально разработанного для применения в дефибрилляторах конденсатора К75–49 47 мкФ, 4 кВ обеспечить снижение массы аппарата;

— усовершенствовать конструкцию «электрода-дозатора» (по сравнению с конструкцией, примененной в дефибрилляторе ДКИ-Н-01), уменьшить его массу и габариты, сделать более удобным в управлении;

— в связи с предстоящим снятием с производства дефибриллятора ДИ-03 обеспечить возможность применения в хирургической практике с учётом требований проекта стандарта IEC 601-2-4 в связи с предстоящим его изданием.

В разработке был заимствован ряд схемных и конструктивных решений, применённых в дефибрилляторе ДКИ-Н-01:

— использование разрядного контура с шунтирование нагрузки индуктивностью;

— применение разрядника Р-24-1 для коммутации цепей разряда конденсатора;

— использование спинного электрода;

— был применён разработанный для дефибриллятора ДКИ-Н-01 корпус.

В соответствии с требованиями ИЕС 601-2-4 в аппарате была предусмотрена пара выходных высоковольтных разъёмов для подключения хирургических электродов, положения переключателя доз от № 6 до № 10 и блокировка возможности подачи доз, предназначенных для внешнего воздействия на электроды внутренние (и наоборот).

Впервые в наших дефибрилляторах вместо линейных трансформаторов для питания электронных цепей и заряда накопительного конденсатора были разработаны преобразователи напряжения.

В связи с событиями в Чили и возникшем дефицитом серебра в стране, в применении серебряно-цинковых аккумуляторов в дефибрилляторах было отказано. Для питания дефибриллятора ДИ-С-04 в машинах скорой помощи от бортового аккумулятора был разработан блок питания БП-04 — преобразователь DC-DC. На выходных гнездах блока БП-04, предназначенных для подключения сетевой вилки дефибриллятора обеспечивалось напряжение 310 В постоянного тока. Масса блока БП-04 составляла менее 0,9 кг.

Переход на новый конденсатор, применение сетевых преобразователей обеспечили возможность снижение массы аппарата до 14 кг, т.е. на 4 кг меньше массы дефибриллятора ДКИ-Н-01. Дефибриллятор ДИ-С-04 в одном из вариантов поставки комплектовался хирургическими электродами, которые были разработаны ещё для дефибриллятора ИД-66.

* * *

В 1981 г. на Львовском заводе РЭМА был начат выпуск импульсного дефибриллятора ДКИ-Н-02 (рис. 21), который заменил ранее выпускавшийся

дефибриллятор ДКИ-Н-01. Дефибриллятор имеет габаритные размеры 385×342×140 мм и массу 8 кг.



Рис. 21. Дефибриллятор импульсный ДКИ-Н-02

Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибриллятора ДКИ-Н-02

Опытно-конструкторская разработка импульсного дефибриллятора ДКИ-Н-02 проводилась во ВНИКИ РЭМА с 1978 по 1980 г.

Медицинские соисполнители: от Лаборатории общей реаниматологии АМН СССР — к.м.н. В.Я. Табак; от Института хирургии им. А.В. Вишневского — д.б.н. Б.М. Цукерман.

Группа разработчиков ВНИКИ РЭМА: И.В. Венин — заведующий научно-исследовательской лабораторией приборов для дефибрилляции, В.И. Родионов — зав. сектором, О.Л. Гонопольский — старший научный сотрудник, Г.С. Садыков — ведущий инженер, Е.И. Сизова (Беленко) — старший инженер, В.П. Жук — инженер, Ю.М. Шинкарик — инженер.

Начало серийного производства на Львовском заводе РЭМА — в 1981 г. С производства не снимался до настоящего времени (предполагается прекращение производства в 2011 г. в связи с заменой на дефибриллятор ДКИ-Н-02Ст).

С 1982 по 1996 г. было выпущено 7412 дефибрилляторов ДКИ-Н-02.

* * *

В 1986 г. было получено регистрационное удостоверение Министерства здравоохранения СССР на дефибриллятор ДЕФИНАР-01, разработанный НПО РЭМА (рис. 22) [83]. Опытно-конструкторская работа по дефибриллятору проводилась с 1983 по 1985 г. Дефибриллятор содержал встроенный блок электронаркоза, обеспечивавший кратковременную анестезию при выполнении кардиоверсии. Дефибриллятор питался от сети переменного тока 220 В 50Гц, а также мог комплектоваться блоками преобразователей для работы от бортовой сети 12 или 24 В. Дефибриллятор имел габаритные размеры 4490×490×190 мм и массу 15 кг.



Рис. 22. Дефибриллятор ДЕФИНАР-01

В 1986 г. было получено регистрационное удостоверение Министерства здравоохранения СССР на дефибриллятор-монитор с универсальным питанием (дефибриллятор 577, ДКИ-Н-03), разработанный НПО РЭМА совместно с финской фирмой KONE (рис. 23). Этот дефибриллятор с квазисинусоидальным биполярным импульсом при массе 14 кг и габаритных размерах 180×440×320 мм имел встроенную батарею питания, а также мог питаться от сети переменного тока и бортовой сети автомобиля. Он содержал ЭКГ-монитор, на который выводилось в цифровом виде значение ЧСС, и позволял выполнять разряды в режиме

кардиоверсии. К сожалению, этот дефибриллятор так и не был запущен в серийное производство.



Рис. 23. Портативный дефибриллятор-кардиоскоп 577

***Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибриллятора 577
(ДКИ-Н-03)***

«Дефибриллятор-монитор 577» — совместная разработка ВНИКИ РЭМА и фирмы KONE (Финляндия). В соответствии с договоренностью ВНИКИ РЭМА разрабатывал собственно дефибриллятор и блок питания (от сети или встроенного аккумулятора), электроды ручные. Концерн KONE (мониторная группа отдела медицинских приборов) разрабатывала ЭКГ монитор с индикацией на малогабаритном кинескопе 11 ЛК, производимом Львовским заводом кинескопов, корпус всего аппарата.

В 1986 г. ВНИКИ РЭМА изготовило и поставило фирме KONE 40 блоков дефибриллятора. Фирма KONE в 1987 г. изготовила 40 дефибрилляторов-мониторов 577 и поставила их в СССР для комплектации машин скорой помощи.

* * *

Представление о дефибрилляторах, которые широко использовались в СССР в 1987 г., даёт приказ Минздрава СССР №1005 от 08.09.1987 г. «Об

утверждении отраслевых норм обслуживания изделий медицинской техники». В нём перечислены дефибрилляторы отечественного производства ДИС-04, ДКИ-Н-02, ДКИ-Н-01, ИД-1М-ВЭИ, ИД-1, ДИ-1, ДИ-1А, ИД-66, ДИ-03, ДКИ-01 и дефибриллятор производства ЧССР «РЕМА».

В последствии на Львовском заводе РЭМА выпускались разработанные во ВНИКИ РЭМА

дефибрилляторы-мониторы:

— ДКИ-С-05 (опытно-конструкторская работа проводилась с 1988 по 1989 г.),

— ДКИ-Н-06 (опытно-конструкторская работа проводилась с 1989 по 1990 г.) (рис. 24),

— дефибриллятор, объединённый в систему с аппаратом для кратковременной анестезии ДЕФИНАР-КАРДИО (опытно-конструкторская работа проводилась с 1992 по 1994 г.) [83].



Рис. 24. Дефибриллятор ДКИ-Н-06

Производство первого в СССР дефибриллятора-монитора с трапецеидальным биполярным импульсом ДКИ-Н-04 было начато на Ижевском мотозаводе в 1991 г. [84] (рис. 25). Дефибриллятор был разработан в ЦКБ

«ДЕЙТОН» (г. Зеленоград) группой специалистов под руководством В.А. Срединского [85].

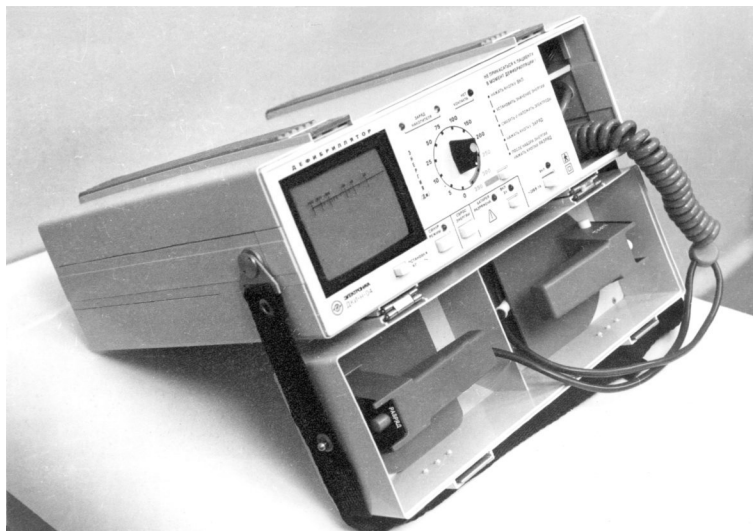


Рис. 25. Портативный дефибриллятор с универсальным питанием ДКИ-Н-04

ДКИ-Н-04 имел монитор, регистрирующий ЭКГ, питался от сети 220 В и аккумуляторов при массе 8,5 кг и габаритных размерах 360×420×120 мм. В накопителе энергии дефибриллятора использовались последовательно соединённые полярные электролитические конденсаторы, а для формирования импульса была применена тиристорная мостовая схема. Высоковольтные тиристоры были специально разработаны для дефибриллятора на НПО «Светлана» (Ленинград). Электролитические конденсаторы также специально разрабатывались в г. Сарапуле. В 1999 г. был начат выпуск модели дефибриллятора-монитора ДКИ-Н-04 с регистратором [84]. Дальнейшим развитием дефибриллятора стала модель ДКИ-Н-08 «Аксион-Х» (рис. 26), выполненная в том же корпусе (регистрационное удостоверение Министерства здравоохранения РФ получено в 2002 г.), также имеющая массу 8,5 кг. У следующего поколения дефибрилляторов, ДКИ-Н-10 и ДКИ-Н-11 (рис. 27), (регистрационные удостоверения Росздравнадзора получены в 2008 г.), масса снижена до 6 кг при габаритных размерах 380×175×270 мм.



Рис. 26. Дефибриллятор-монитор ДКИ-Н-08 «Аксион-Х»



Рис. 27. Дефибриллятор-монитор ДКИ-Н-11 «Аксион»

В 1988 г. была завершена разработка дефибриллятора ДФ-84 «Электроника» с монополярным трапецеидальным импульсом максимальной энергией 200 Дж, разработанного в НИИ Микроприборов (г. Зеленоград) и предназначенного для применения в условиях службы скорой помощи (рис. 28). У этого прибора массой 10 кг один из электродов находится на корпусе, а второй соединён с корпусом гибким проводом. В 1993 г. в Министерстве здравоохранения РФ на него было получено регистрационное удостоверение, а на заводе «Компонент» был начат выпуск.



Рис. 28. Дефибриллятор ДФ-84 «Электроника»

Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» (г. Екатеринбург) в 1991 г. разработало дефибриллятор синхронизируемый ДФР-1 (рис. 29) с биполярной квазисинусоидальной формой импульса, аналогичной форме импульса дефибриллятора ДИ-03. Дефибриллятор

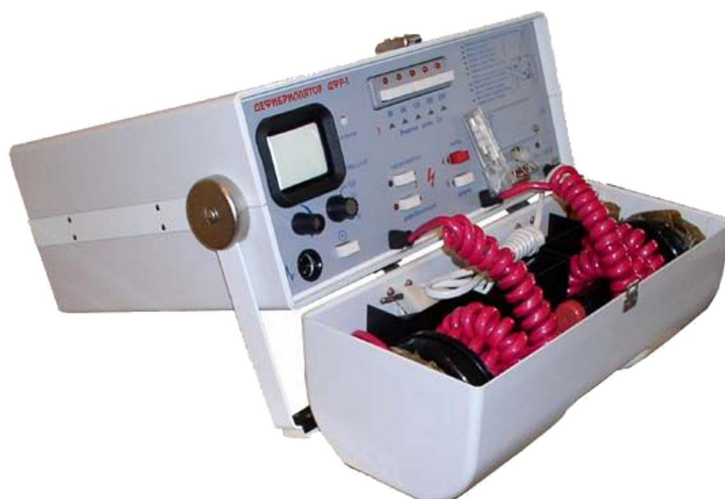


Рис. 29. Дефибриллятор синхронизируемый ДФР-1

содержал монитор ЭКГ и обеспечивал возможность дефибрилляции в синхронном режиме. Масса прибора составляла 13 кг. В том же году дефибриллятор был рекомендован к применению Министерством

здравоохранения РФ. В 2003 г. дефибриллятор был заменён в производстве дефибриллятором ДФР-02 УОМЗ.

Уже после распада СССР на Украине в 1999-2001 гг. группой специалистов под руководством И.В. Венина, работавших ранее во ВНИКИ РЭМА, в сотрудничестве с НИИ общей реаниматологии РАМН по заказу НПП МЕТЕКОЛ (г. Нежин, Украина) был разработан дефибриллятор-монитор ДКИ-Н-15Ст БИФАЗИК+ (рис. 30) с биполярным трапецеидальным импульсом, стабилизированным по параметрам в диапазоне возможных значений межэлектродного импеданса [83]. Дефибриллятор имеет массу 5,5 кг и габаритные размеры 340×360×82 мм.



Рис. 30. Кадиодефибриллятор монитор портативный с универсальным питанием ДКИ-Н-15Ст

***Воспоминания И.В. Венина о разработке дефибриллятора
ДКИ-Н-15Ст***

Только к концу 1988 г., когда сформировалась идея стабилизации тока в диапазоне сопротивлений нагрузки (по современной терминологии —

компенсации влияния изменения сопротивления грудной клетки на амплитуду тока), стало ясно, что схема с двумя индуктивностями не может обеспечить полноценной реализации идеи построения токового дефибриллятора (ССД по современной терминологии). Попытка построения таких дефибрилляторов с применением контура с двумя индуктивностями предпринималась при ОКР дефибрилляторов ДКИ-А-01 (1991-1992 гг.), ДКИ-Н-08 (1992–1994 гг.) и ДКИ-Н-09 (1995-1996 гг.). В результате возникла идея реализации токового дефибриллятора, формирующего биполярный асимметричный трапецеидальный импульс, и обеспечивающего стабилизацию основных дозоопределяющих параметров (амплитуды тока, длительности фаз и соотношения амплитуд токов второй и первой фазы). Идея была реализована при разработке группой в составе И.В. Венина, А.И. Редько и С.В. Серикова блока дефибриллятора дефибриллятора-монитора ДКИ-Н-15Ст для небольшой частной фирмы МЕТЕКОЛ в Нежине. Символ «Ст» по украинскому стандарту ДСТУ 3996–2000 обозначает, что дефибриллятор обеспечивает стабилизацию в диапазоне сопротивлений нагрузки значений амплитуды тока, длительности фаз и соотношения амплитуд тока второй и первой полуволн.

* * *

С 2003 г. на Производственном объединении «Уральский оптико-механический завод» начат выпуск дефибриллятора ДФР-02-УОМЗ [86] (рис. 31), заменившему дефибриллятор ДФР-1. Разработка была выполнена на кафедре биомедицинских систем Московского государственного института электронной техники (г. Зеленоград), заведующий кафедрой С.В. Селищев.



Рис. 31. Дефибрилятор-монитор ДФР-02 УОМЗ

Дефибрилятор имеет монитор ЭКГ и кардиорегистратор, питается от сети переменного тока или встроенных аккумуляторов. Особенностью этого дефибриллятора является обеспечение формирования формы электрического импульса, не зависящей от сопротивления нагрузки [75]. При этом форма импульса дефибриллятора (рис. 32) была выбрана отличной от импульса Гурвича [87]. При разработке дефибриллятора был использован невостробованный задел, наработанный в 1995 г. Концепция разработки модуля формирования дефибриллирующего импульса заключалась в применении компонентов силовой электроники массового производства, что способствовало снижению стоимости изделия. Для формирования импульса были использованы силовые ячейки, содержащие в качестве накопителя энергии по одному полярному электролитическому конденсатору. Для формирования первой и второй фазы использовались разные ячейки, в которых для пропускания тока противоположной полярности были предусмотрены обходные транзисторы [88]. Дефибрилятор имеет массу 10 кг и габаритные размеры 545×360×225 мм.

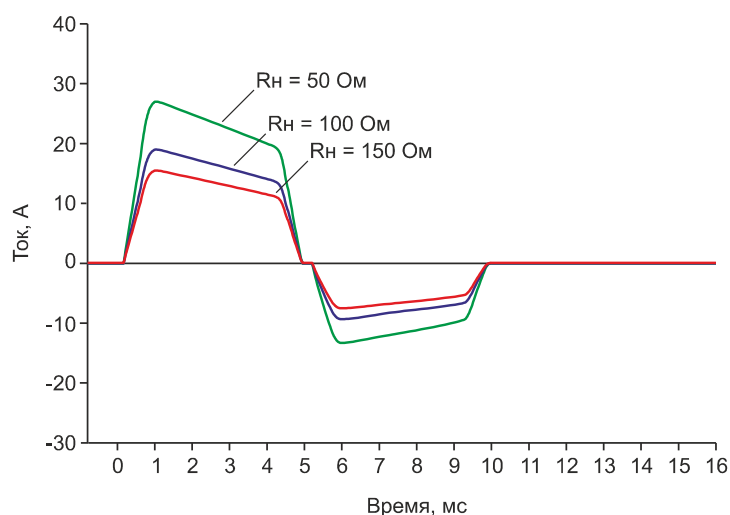


Рис. 32. Биполярный импульс дефибриллятора ДФР-02 УОМЗ при сопротивлениях нагрузки R_n , равных 50, 100 и 150 Ом

В 2006 г. НПФ «БИОСС» (г. Зеленоград) завершила разработку автоматических дефибрилляторов с биполярной трапецеидальной формой импульса АД-1 и АД-1П (рис. 33). Вариант АД-1п имеет ЖК дисплей. Дефибрилляторы питаются от перезаряжаемой или одноразовой батареи. Масса с батареей составляет 2,3 и 2,6 кг соответственно. В 2009 г. на дефибрилляторы было получено регистрационное удостоверение Росздравнадзора, а в 2010 г. — сертификат соответствия.



Рис. 33. Профессиональный автоматический внешний дефибриллятор АД-1П

Литература

Публикации, на которые даны ссылки в статье, находятся в свободном доступе в Архиве истории дефибрилляции в СССР, России и Украине [89].

1. Гурвич Н.Л., Юньев Г.С. О восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца теплокровных посредством конденсаторного разряда // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1939, Т. VIII, № 1, С. 55-58.
2. Гурвич Н.Л. Значение физической характеристики конденсаторного разряда в восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук Академии наук СССР за 1940 г. — М.: «Издательство Академии наук СССР», 1941, С. 375-376.

3. Gurvich NL, Yunyev GS. Restoration of a regular rhythm in the mammalian fibrillating heart // Am Rev Sov Med. 1946 Feb;3:236-9
4. Gurvich NL, Yunyev G S. Restoration of heart rhythm during fibrillation by a condenser discharge // Am Rev Sov Med. 1947 Feb;4(3):252-6.
5. Гурвич Н.Л. Восстановление жизненных функций организма после смертельной электротравмы // Конференция, посвященная проблеме патофизиологии и терапии терминальных состояний в клинике и практике неотложной помощи (10-12 дек. 1952 г.). Тезисы докладов. М.: Издательство Академии медицинских наук СССР, 1952, стр. 23-24.
6. Гурвич Н.Л. Восстановление жизненных функций организма после смертельной электротравмы // Труды Конференции, посвященной проблеме патофизиологии и терапии терминальных состояний в клинике и практике неотложной помощи 10-12 декабря 1952 г. Под ред. А.Н. Бакулева и др. М.: Медгиз, 1954, стр. 127-134.
7. Аппарат для дефибрилляции сердца одиночным электрическим импульсом // Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца. М.: Медгиз, 1957, С. 229-233.
8. Гурвич Н.Л., Никербоккер Г.Г., Макарычев В.А. Сравнительная эффективность одиночного электрического импульса и переменного тока для дефибрилляции сердца при электротравме // Электричество, 1966, № 3, стр. 38-40.
9. Гурвич Н.Л. Электротравма (профилактика и оказание первой помощи). Издание второе / Москва: Медицина, 1966. С. 33-34.
10. Акопян А.А., Гурвич Н.Л., Жуков И.А., Неговский В.А. О возможности оживления организма при фибрилляции сердца воздействием импульсного тока // Электричество, 1954, № 10, С. 43-49.

11. Цукерман Б. М. Опыт электрической дефибрилляции предсердий у 20 больных с митральными пороками сердца // Вестник АМН СССР, 1961, № 8, С. 32-35.
12. Неговский В.А., Гурвич Н.Л. О возможности оживления поражённых электрическим током // Фельдшер и акушерка, 1952, №6, С. 6-13.
13. Гурвич Н.Л. Восстановление жизненных функций организма после смертельной электротравмы // Клиническая медицина, 1952, Т. XXX, № 6, С. 66-70.
14. Патофизиология и терапия агонии и клинической смерти / М.: Медгиз, 1954, С. 42.
15. Неговский В.А., Мильо А., Гурвич Н.Л., Золотокрылина Е.С. Применение непрямого массажа сердца при внезапной смерти, вызванной фибрилляцией желудочков // Экспериментальная хирургия и анестезиология, 1962, № 5, С. 3-11.
16. Вишневский А.А., Цукерман Б.М. Электроимпульсная терапия аритмий сердца // Клиническая медицина, 1965, № 7, С. 5-19.
17. Неговский В.А., Гурвич Н.Л., Семёнов В.Н., Табак В.Я., Макарычев В.А. Об электроимпульсной терапии аритмий сердца // Казанский медицинский журнал, 1965, № 5, С. 5-7.
18. Гурвич Н.Л., Макарычев В.А. Электроимпульсный метод лечения аритмий сердца // Фибрилляция и дефибрилляция сердца / Материалы симпозиума 21-22 июня 1966 г. Под ред. С. М. Павленко. М.: 1966, С. 97-100.
19. Цукерман Борис. Внимание... разряд! // Интернет-альманах Port-Folio. 2005, Выпуск 89 (26 февраля 2005 года), part 43, <http://www.portfolio.org/2005/part43.htm>.
20. Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца // Основы реаниматологии. Под ред. В.А. Неговского, М.: Медицина, 1966, С. 73-74.

21. Peleska B. Optimal parameters of electrical impulses for defibrillation by condenser discharges // *Circ Res.* 1966 Jan;18(1):10-7.
22. Реанимация в кардиологии / Под ред. Проф. Д-ра Здислава Асканаса, Варшава: Польское государственное медицинское издательство, 1970, С. 74.
23. Реанимация в кардиологии / Под ред. Проф. Д-ра Здислава Асканаса, Варшава: Польское государственное медицинское издательство, 1970, С. 75.
24. Крымский Л.Д., Цукерман Б.М. Морфологические изменения в сердце после электрической дефибрилляции и прямого массажа // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*, 1957, Т.79, №11, С. 86-90.
25. Гурвич Н., Неговский В., Пелешка Б., Радушкевич В., Семёнов Н., Лукошевичуте А., Смайлис А., Цукерман Б., Берман В., Макарычев В., Семёнов В., Видугирис А., Смирнская Е. Специальное заседание по вопросам электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца // *Актуальные вопросы реаниматологии и гипотермии. Материалы Симпозиума по применению глубокой гипотермии при терминальных состояниях 15—19 сентября 1964.* М.: «Медицина», 1964, С. 137-141.
26. Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца при электротравме // *Труды конференции по электротравме 19-20 декабря 1956 г.* Под общ. ред. Г. Л. Френкеля. Фрунзе: издательство Академии наук Киргизской ССР, 1957, С. 211-215.
27. Неговский В.А., Соболева В.И. Восстановление жизненных функций организма после длительных сроков клинической смерти (экспериментальное исследование) // *Хирургия*, 1955, №9, стр. 22-26.
28. Белкин В.С. Двухгодичный опыт оказания оказания срочной медицинской помощи и ранней госпитализации больных тяжелыми формами инфаркта миокарда в условиях работы скорой медицинской помощи // *Вопросы скорой медицинской помощи: Труды семинара 20-23 ноября 1962 г.* Под ред. М.М. Тарасова, Л.Б. Шапиро. М., 1963, стр. 33-42.

29. Гурвич Н.Л., Цукерман Б.М. О возможности устранения экспериментально вызванной у собак мерцательной аритмии путем электрической дефибрилляции // Экспериментальная хирургия, 1956, № 3, С. 38-44.
30. Вишневецкий А.А., Цукерман Б.М., Смеловский С.И. Устранение мерцательной аритмии методом электрической дефибрилляции предсердий // Клиническая медицина, 1959, Т. XXXVII, № 8, С. 26-29.
31. Гурвич Н.Л., Макарычев В.А., Радушкевич В.П., Афанасьев Н.А., Поздняков Т.Н., Лукошевичуте А., Калашайтите А, Каросиене А., Вилкансиене Д., Семёнов В.Н., Берман В.С., Цукерман Б.М., Бредикис Ю.И. Оптимальные электрические импульсы при дефибрилляции. Применение импульсного тока при мерцательной аритмии, пароксизмальной тахикардии, атонических кровотечениях в послеродовом периоде. Электростимуляция сердца при оживлении // Актуальные вопросы реаниматологии и гипотермии. Материалы Симпозиума по применению глубокой гипотермии при терминальных состояниях 15—19 сентября 1964. М.: «Медицина», 1964, С. 14-22.
32. Дефибрилляция сердца // Инструкция по применению методов восстановления жизненных функций больных, находящихся в терминальных состояниях. М.: Медгиз, 1959, С. 31-36.
33. Вишневецкий А.А., Смеловский С.И., Цукерман Б.М. // Техника митральной комиссуротомии. Труды симпозиума (22-23 февраля 1960 года, г. Москва). Под ред. Л.К. Богуш и др. М., 1960, С. 35-38.
34. Цукерман Б. М. Опыт электрической дефибрилляции предсердий у 20 больных с митральными пороками сердца // Вестник АМН СССР, 1961, № 8, С. 32-35.
35. Оценка эффективности непрямого массажа сердца и способы её повышения // Инструкция по применению непрямого массажа сердца и искусственного дыхания при оказании неотложной помощи. М., 1963, С. 10-12.

36. Гурвич Н.Л. Опасность поражения электрическим током и оказание первой помощи / М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963, С. 47.
37. Вишнеvский А.А., Цукерман Б.М., Янушкевичус З.И. Инструкция по электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца. М.: 1968.
38. О присуждении государственных премий СССР 1970 года в области науки и техники. Постановление Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР 5 ноября 1970 г. // Справочник партийного работника. Выпуск 11. М.: Издательство политической литературы, 1971, С. 255-265.
39. Радушкевич В.П. Результаты наблюдений за лечением больных с мерцательной аритмией электрической дефибрилляцией // Кардиология, 1969, Т. IX, № 3, С. 10-17.
40. Радушкевич В.П., Афанасьев Н.А., Поздняков Т.П. Электрическая дефибрилляция при мерцательной аритмии // Хирургия, 1966, № 3, С. 32-37.
41. Нечаев Э.А., Барановский А.Л., Сомова Т.В. Электрическая деполяризация сердца синхронизированным импульсом // Электрическая стимуляция и дефибрилляция. Каунас, 1969, С. 50-52.
42. Барановский А.Л., Васильев А.В., Мейзеров И.В., Пахарькова А.И., Ушакова И.А. «Кадиокомплекс — 1» // Электрическая стимуляция и дефибрилляция. Каунас, 1969, С. 138-139.
43. Венин И.В., Олифер Б.М., Пасечник Т.В., Шерман А.М. Импульсный дефибриллятор // Медицинская техника, 1969, № 1, С. 58-59.
44. Цукерман Борис. Подарок судьбы // Интернет-альманах Port-Folio, 2005, Выпуск 90 (13 марта 2005 года), part 53, <http://www.portfolio.org/2005/part53.htm>.
45. Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца / М.: Медгиз, 1957, С. 117-122.

46. Гурвич Н.Л., Макарычев В.А. Дефибрилляция сердца двухфазными электрическими импульсами // Кардиология, 1967, № 7, С. 109-112.
47. Гурвич Н.Л., Табак В.Я., Богусевич М.С., Венин И.В., Макарычев В.А. Дефибрилляция сердца двухфазным импульсом в эксперименте и клинике // Кардиология, 1971, Т. XI, № 8, С. 126-130.
48. Венин И.В., Гурвич Н.Л., Либерзон А.П., Табак В.Я., Цукерман Б.М., Шерман А.М. Дефибрилляторы ДИ-03 и ДКИ-01 // Новости медицинского приборостроения, 1973, вып. 3, С. 48-53.
49. Cummins RO, Hazinski MF, Kerber RE, Kudenchuk P, Becker L, Nichol G, Malanga B, Aufderheide TP, Stapleton EM, Kern K, Ornato JP, Sanders A, Valenzuela T, Eisenberg M. Low-energy biphasic waveform defibrillation: evidence-based review applied to emergency cardiovascular care guidelines: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association Committee on Emergency Cardiovascular Care and the Subcommittees on Basic Life Support, Advanced Cardiac Life Support, and Pediatric Resuscitation. *Circulation*. 1998 Apr 28;97(16):1654-67.
50. Negovsky VA, Gurvich NL, Tabak VY, Bogushevich MS. The nature of electric defibrillation of the heart. *Resuscitation*. 1973 Dec;2(4):255-9.
51. Лукошевичуте А., Смайлис А., Гасюнас В., Тафтене С. Применение биполярного импульса в клинике для лечения мерцания предсердий // Электрическая стимуляция и дефибрилляция. Каунас. 1969, С. 53-54.
52. Венин И.В., Гурвич Н.Л., Олифер Б.М., Пасичник Т.В., Савельев В.И., Сидоров В.Н., Цукерман Б.М., Шерман А.М. Дефибриллятор / Авторское свидетельство СССР № 258526.
53. Schuder JC, McDaniel WC, Stoeckle H. Comparison of effectiveness of relay-switched, one-cycle quasisinusoidal waveform with critically damped sinusoid waveform in transthoracic defibrillation of 100-kilogram calves // *Medical Instrumentation*. 1988;22(6):281-5.

54. Walcott GP, Melnick SB, Chapman FW, Jones JL, Smith WM, Ideker RE. Relative efficacy of monophasic and biphasic waveforms for transthoracic defibrillation after short and long durations of ventricular fibrillation // *Circulation*. 1998 Nov 17;98(20):2210-5.
55. Qu F, Zarubin F, Wollenzier B, Nikolski VP, Efimov IR. The Gurvich waveform has lower defibrillation threshold than the rectilinear waveform and the truncated exponential waveform in the rabbit heart // *Can J Physiol Pharmacol*. 2005 Feb;83(2):152-60.
56. Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Гусев Д.В., Иткин Г.П., Конышева Е.Г., Мамекин К.А., Нестеренко И.В., Селищев С.В., Тельшев Д.В. Сравнение на высокоомных моделях экспериментальных животных эффективности биполярных импульсов дефибрилляции: трапецеидальных, прямолинейного и квазисинусоидального импульса Гурвича-Венина // *Медицинская техника*, 2010, № 6, С. 1-6.
57. Vostrikov V, Gorbunov B, Gusev A, Gusev D, Itkin G, Nesterenko I, Selishchev S. Efficacy of defibrillation of different biphasic waveforms in high impedance porcine model // *European Resuscitation Council Symposium* 14-15 October 2011 Valletta, Malta. *Resuscitation*. 2011 Oct;82(Suppl. 1):S14, AP019.
58. Vostrikov V, Gorbunov B, Gusev A, Gusev D, Itkin G, Nesterenko I, Selishchev S. Comparison of threshold defibrillation between quasi-sinusoidal and rectilinear biphasic waveforms in high impedance porcine model // *European Resuscitation Council Symposium* 14-15 October 2011 Valletta, Malta. *Resuscitation*. 2011 Oct;82(Suppl. 1):S16-S17, AP031.
59. Greene HL, DiMarco JP, Kudenchuk PJ, Scheinman MM, Tang AS, Reiter MJ, Echt DS, Chapman PD, Jazayeri MR, Chapman FW, et al. Comparison of monophasic and biphasic defibrillating pulse waveforms for transthoracic cardioversion // *Am J Cardiol*. 1995 Jun 1;75(16):1135-9.

60. Vostrikov VA, Holin PV and Razumov KV. Efficiency of biphasic waveforms in transthoracic ventricular defibrillation of man // Proceedings of a symposium Eighth Purdue Conference on Cardiac Defibrillation Symposium abstract: V biphasic defibrillation. American Heart Journal, 1994;128(3):638.
61. Vostrikov VA, Razumov KV, Holin PV. Transthoracic ventricular defibrillation of humans: efficiency of biphasic waveform // 15th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. Brussels, March 21-24, 1995. Posters. Clinical Intensive Care, 1995;6(2,Suppl.):84.
62. Vostrikov V, Kholin P, Razumov K. Effectiveness of quasi-sinusoidal biphasic waveform in transthoracic ventricular defibrillation of humans // 4th Congress of the European Resuscitation Council, ERC, Resuscitation, 1998;37(2):S42, O16.
63. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В. Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца у взрослых: эффективность квази-синусоидального биполярного импульса // Тезисы докладов конференции «Кардиостим-98», 5-7 февраля 1998, СПб, Вестник аритмологии, 1998, №8, С. 68, №263.
64. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В., Богушевич М.С. Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность синусоидального биполярного импульса // Тезисы докладов VI Всероссийского съезда анестезиологов и реаниматологов, М., 7-10 октября 1998, С. 83, № 164.
65. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В. Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного синусоидального импульса // Анестезиология и реаниматология, 1999, №1, С. 44-47.
66. Востриков В.А., Сыркин А.Л., Холин П.В., Разумов К.В. Внутрибольничная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного синусоидального импульса // Кардиология, 2003, №12, С. 51-58.

67. Востриков В.А., Разумов К.В., Холин П.В., Чумакин Ю.В., Рыбаков М.Ю., Халдеев С.П. Электрическая кардиоверсия мерцательной аритмии у больных ишемической болезнью сердца: эффективность биполярного квазисинусоидального импульса // Материалы 1-го Всероссийского съезда аритмологов, 1618 июня 2005 г. Анналы аритмологии, 2005, Приложение №2, С. 125, №404.
68. Востриков В.А., Разумов К.В., Холин П.В. “Внутрибольничная остановка сердца, вызванная фибрилляцией желудочков: эффективность дефибрилляции импульсом тока биполярной синусоидальной формы // Фундаментальные проблемы реаниматологии (избранные лекции и обзоры): Труды НИИ общей реаниматологии РАМН / под ред. чл.-корр. РАМН В.В. Мороза. Т. IV. М., 2005, С. 114-131.
69. Востриков В.А. Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахиаритмий // Клиническая анестезиология и реаниматология, 2008, Т. 5, №1, С. 8-15.
70. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В., Чумакин Ю.В. “Эффективность электрической кардиоверсии пароксизмальной фибрилляции предсердий // Тезисы докладов VIII Международного славянского конгресса по электростимуляции и клинической электрофизиологии сердца «КАРДИОСТИМ» 14-16 февраля 2008, Санкт-Петербург, Вестник аритмологии, 2008, приложение А, С. 47, №44.
71. Востриков В.А. Сердечно-лёгочная реанимация: дефибрилляция желудочков сердца // Тезисы докладов VIII Международного славянского конгресса по электростимуляции и клинической электрофизиологии сердца «КАРДИОСТИМ» 14-16 февраля 2008, Санкт-Петербург, Вестник аритмологии, 2008, приложение А, С. 105, №274.

72. Востриков В.А., Сыркин А.Л. Электроимпульсная терапия фибрилляции предсердий // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия, 2008, Т. 1, №3, С. 9-13.
73. Востриков В.А. Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахикардий // Руководство по нарушениям ритма сердца. Под ред. Е.И. Чазова, С.П. Голицына. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008, С. 245-272.
74. Савельев В. И. Состояние и перспективы развития разработок электронной медицинской аппаратуры в ВНИКИРЭМА // Новости медицинского приборостроения, 1973, вып. 3, С. 3-21.
75. Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Куриков С.Ф., Мамкин К.А., Селищев С.В., Старшинов Н.Н., Хлебников Ю.Б. Внешний дефибриллятор-монитор с формой электрического импульса, не зависящей от изменений сопротивления пациента // Труды научно-практической конференции ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ – 2002. ЗАО "ВНИИМП-ВИТА" (НИИ медицинского приборостроения РАМН). Москва, 2002, С. 104-117.
76. Lopin ML, Ayati S. Electrotherapy circuit having controlled peak current. Патент США №5800463. 1998.
77. Зильберман Д.Б., Тайх Я.И., Каминский В.Г., Чечик Э.А., Каменецкая Я.И., Яновский А.Д., Козлова Л.Л., Матушенко Е.А., Кравцов В.Л., Шлаен Л.М. Эффективность электроимпульсной терапии при лечении нарушений ритма с угрожающим терминальным состоянием // Кардиология, 1969, Т. IX, №7, С. 57-61.
78. Гурвич Н.Л., Табак В.Я., Богушевич М.С., Венин И.В. Значение заднего фронта электрического импульса при дефибрилляции сердца // Кардиология. 1973, №12, С. 80-83.
79. Гурвич Н.Л., Венин И.В., Табак В.Я., Богушевич М.С. Влияние сопротивления нагрузки на эффективность импульса при дефибрилляции // Новости медицинского приборостроения, 1973, Вып. 3, С. 22-26.

80. Венин И.В., Либерзон А.П., Гурвич Н.Л., Савельев В.И., Табак В.Я., Шерман А.М. Дефибриллятор / Авторское свидетельство СССР № 374081.
81. Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Мамекин К.А. Анализ биполярного импульса дефибриллятора DEFIGARD 5000 // Методы нелинейного анализа в кардиологии и онкологии: Физические подходы и клиническая практика. Выпуск 2. Под ред. Р.Р. Назирова. Москва, КДУ, 2010, С. 73-80.
82. Sullivan J.L., Melnick S.B., Chapman F.W., Walcott G.P. Porcine defibrillation thresholds with chopped biphasic truncated exponential waveforms // Resuscitation. 2007 Aug;74(2):325-31.
83. Венин И.В. История создания отечественных дефибрилляторов // Труды филиала НИИ общей реаниматологии РАМН в Новокузнецке. Т. II. 2001, С. 17-27.
84. Макаров А.Н., Мубаракшин Р.Г. Состояние и перспективы развития производства медицинской техники на ОАО "Ижевский мотозавод "АКСИОН-ХОЛДИНГ" // Медицинская техника, 2002, № 1, С. 43-48.
85. Якубовский С.В. Моя жизнь — «Дейтон» (фрагмент о разработке дефибриллятора ДКИ-Н-04) // ЦКБ «ДЕЙТОН». 40 лет. Сборник воспоминаний. Москва, Зеленоград, 2008, С. 117-119.
86. Черемных В.А., Юзефович А.В. Электроимпульсная терапия жизнеопасных тахиаритмий. Что нужно знать при использовании дефибриллятора "ДФР-2-УОМЗ" // Интенсивная терапия, 2005, № 1, С. 51-54.
87. Востриков В.А., Горбунов Б.Б. Сравнение биполярных импульсов, генерируемых внешними дефибрилляторами // Клиническая анестезиология и реаниматология, 2006, Т. 3, №6, С. 20-23.
88. Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Куриков С.Ф., Селищев С.В., Старшинов Н.Н., Хлебников Ю.Б., Черемных В.А. Устройство формирования биполярного сигнала. Патент РФ № 2218659. 2003.

89. <http://www.bms.miet.ru/russdefihist/>