

1548421

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Шарапов Николай Алексеевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛАЗМЕННОГО
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО АППАРАТА ДЛЯ ХИРУРГИИ

Специальность 01.04.14 - Теплофизика и
молекулярная физика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1995

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана

Научные руководители: доктор технических наук,
профессор Ковалов Н.П.,
кандидат технических наук
Пекшев А.В.

Официальные оппоненты: доктор физико-~~математ.~~ наук,
профессор Яценко Н.А.,
кандидат технических наук,
доцент Шукин С.И.

Ведущая организация - ГНИИ ПМИЭ МАИ им. С. Орджоникидзе

Защита состоится "16" октября 1995 г. в 15³⁰ часов
на заседании специализированного Совета по энергетическим уста-
новкам К.053.15.08 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской
Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственного
технического университета имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005,
Москва, Лефортовская набережная, корпус "Энергомашинострое-
ние".

библиотеке МГТУ имени

1995 г.

ю, просьба высылать
д. Б, МГТУ, уче-

1548421

Кузнецов Ю.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы. Одной из самых актуальных проблем хирургии на сегодняшний день является проблема остановки кровотечений, снижения интраоперационной кровопотери и борьбы с инфекцией. Наиболее полно эти проблемы решаются с помощью применения плазменных потоков, эффективность использования которых при хирургических операциях в клинике и экспериментах была показана во многих работах. В настоящее время в клинической практике используются аргонные плазменные комплексы типа "Факел-01" и гелиевые плазменные установки типа "СУПР-М". Дальнейшее расширение применения плазменных аппаратов связано с использованием в качестве плазмообразующего газа воздуха, что значительно повышает их эксплуатационные возможности и позволяет создавать полностью автономные установки, требующие для своей работы только наличия однофазной сети переменного напряжения 220 В/50 Гц. Применение воздуха вместо аргона или гелия ставит перед разработчиками ряд специфических задач, одной из которых является вопрос увеличения ресурса работы электродов воздушного микроплазматрона (ВМП). Одним из путей решения данной проблемы является замена источника питания ВМП постоянного тока на высокочастотный (ВЧ), при этом необходимо получить выходные параметры ВМП (температуру струи, тепловую мощность, КПД), достаточные для эффективной обработки биологических тканей. Возможность замены постоянного тока на высокочастотный представляется еще более заманчивой, если учесть, что практически все операционные укомплектованы электрохирургическими ВЧ-генераторами, применяемыми для рассечения биотканей и коагуляции локальных раневых поверхностей, а также мелких кровеносных сосудов. Таким образом, появляется возможность использования в качестве источника питания ВМП стандартного ВЧ-генератора, что позволит разрабатывать и производить плазменные устройства в виде приставок при значительном уменьшении стоимости последних.

Вторым вариантом применения ВМП и ВЧ-генератора является совместное использование эффекта поверхностного воздействия потоков плазмы и объемного тепловыделения в тканях за счет прохождения через них ВЧ-тока (комбинированное воздействие). В связи с этим наиболее перспективным является создание интегрированных плазменных высокочастотных систем, включающих в себя плазменный

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана

1



1548421

Шарапов Н.А. Разработка и

МГТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

и ВЧ блоки, и использовать лучшие свойства, присущие каждому методу воздействия. Особенно следует выделить вариант, реализующий для хирургической обработки обширных раневых поверхностей режим комбинированного плазменно-высокочастотного воздействия.

Диссертационная работа посвящена комплексным исследованиям теплофизических и энергетических характеристик комбинированного плазменно-высокочастотного режима и исследованию параметров ВМП при питании ВЧ-током.

Работа выполнялась в соответствии с договором № 64/94 Бот/Г94315 "Разработка аппарата плазменного хирургического высокочастотного (АПХВЧ) и технологии выполнения хирургических операций" в рамках Государственной научно-технической программы "Наукоемкие технологии".

Цель исследований. Разработка физико-технических основ применения плазменно-высокочастотных методов в хирургии, которые включают: исследование основных теплофизических и энергетических характеристик устройств для плазменного и комбинированного воздействия на биоткани, конструирование и изготовление интегрированного полностью автономного аппарата, проведение медико-биологических экспериментов с целью определения оптимальных параметров и режимов воздействия, оптимизацию режимных и конструктивных параметров аппарата.

Основные задачи исследований.

- Изучение характеристик ВМП при питании ВЧ-током, определение необходимых параметров источника ВЧ-мощности и выработка рекомендаций по конструированию установок такого типа.
- Исследование характеристик систем совместного использования постоянного и высокочастотного тока в двух режимах усиленном (УР) и комбинированном (КР), анализ возможности их применения в медицинской хирургической технике.
- Экспериментальное исследование тепловых и энергетических параметров открытого ВЧ-канала, анализ факторов, влияющих на характеристики ВЧ-разряда и результаты обработки биологических тканей.
- Оценка относительного распределения ВЧ-мощности в системе ВМП - ВЧ-канал - обрабатываемый объект.
- Анализ и обобщение результатов численного моделирования плазменного столба ВЧ-разряда, сравнение с полученными экспери-

ментальными данными.

- Разработка и изготовление макетного образца аппарата, проведение медико-биологических экспериментов, выработка рекомендаций по проектированию установок для хирургии подобного типа.

Методы исследования.

а) проектно-исследовательский - в 1 главе проведен анализ направлений и принципов использования различных методов высокоэнергетичного теплового воздействия (ВТВ) на биоткани. Проанализированы различные ВЧ - способы получения плазмы. Выбран и обоснован способ нагрева газа на основе высокочастотного дугового разряда.

б) экспериментальный - в главах 2 и 3 описаны и проанализированы результаты экспериментальных исследований теплофизических и энергетических характеристик генераторов плазмы на постоянном и ВЧ токах, а также два варианта совместного использования постоянного и ВЧ токов.

в) теоретический - в 4 главе разработана физическая модель, алгоритм расчета и прикладные программы для численного моделирования параметров плазмы слаботокового открытого ВЧ-разряда.

Научная новизна.

1. Реализован нагрев воздуха в микроплазматроне (МП) на основе высокочастотного дугового разряда атмосферного давления. Проведено сравнение и показана возможность получения плазменной струи, генерируемой ВМП с ВЧ-питанием с параметрами, аналогичными параметрам, генерируемым ВМП постоянного тока, при использовании воздушного МП постоянного тока, разработанного для медицины.

2. Впервые реализован устойчивый, легко управляемый плазменный моноканал в воздухе с получением комбинированного эффекта от воздействия воздушной плазменной струи и ВЧ-тока на обрабатываемую поверхность.

3. Исследованы мощностные и энергетические параметры плазмы слаботокового открытого ВЧ канала. Проведена оценка относительного распределения ВЧ-мощности в системе воздушный микроплазматрон - высокочастотный канал - обрабатываемый объект.

Практическая ценность.

Апробированы и исследованы различные варианты совместного использования разрядов на постоянном и высокочастотном токах. Результаты выполненной работы позволяют дать рекомендации по практическому использованию изученных вариантов для конструирования плазменно-высокочастотных установок.

По результатам работы создан интегрированный плазменный высокочастотный multifunctional автономный хирургический комплекс, позволяющий провести ширококомасштабные медико-биологические эксперименты с дальнейшим использованием результатов в практической хирургии.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертационной работы были представлены и докладывались на I (1989 г.) и II (1991 г.) Всесоюзных симпозиумах по радиационной плазмодинамике, на III Межгосударственном симпозиуме по радиационной плазмодинамике (Москва, 1994 г.). По теме диссертации опубликовано 15 работ, получено авторское свидетельство № 1824719. Кроме того, материалы исследований использованы в 5 научно-технических отчетах.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы. Работа содержит 131 страницу текста, 85 рисунков. Список литературы содержит 101 наименование.

Содержание работы.

Во введении обосновывается актуальность диссертационной работы, формулируются ее цели и задачи, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе приведена классификация методов высокоэнергетического теплового воздействия на биоткани (БТВ), применяемых в хирургии в настоящее время. В классификационной схеме (рис. 1) показаны методы воздействия, способы контакта с обрабатываемой поверхностью, основные классы аппаратов и достигаемые эффекты. Проведен анализ медицинских и технических аспектов применения наиболее перспективных методов и аппаратов. Описаны основные механизмы взаимодействия с биотканями. Показано, что наиболее пер-

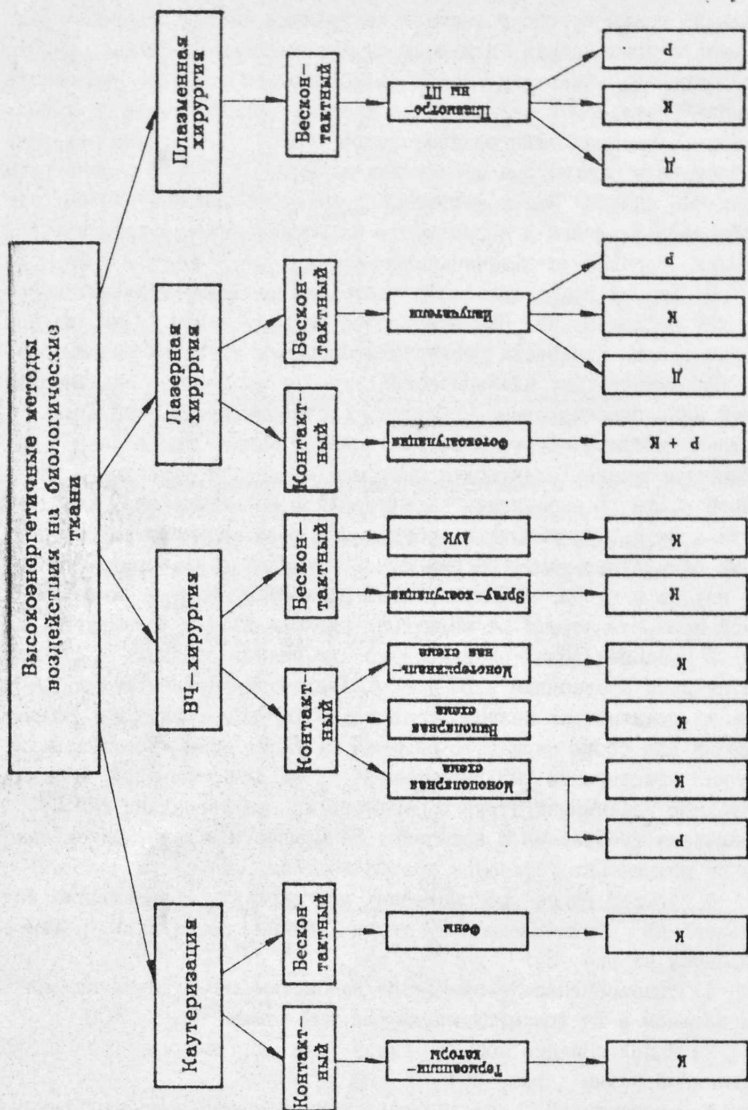


Рис. 1. Классификация методов теплового хирургического воздействия на биоткани
 Д—деструкция К—коагуляция Р—рассечение

спективными системами являются плазменные и ВЧ ЭХ системы, реализующие режим аргоно-усиленной коагуляции (АУК). Сделано заключение о возможности и целесообразности использования вместо дорогостоящих инертных газов атмосферного воздуха. На основе анализа результатов медико-биологических экспериментов с применением воздушных микроплазматронов (ВМП) определены основные требования к параметрам истекающих плазменных струй, рассмотрены различные способы высокочастотной генерации плотной плазмы атмосферного давления и возможность их применения в хирургической технике. Определены задачи исследования.

Во второй главе приводятся описание экспериментальных установок для исследований ВМП при работе на постоянном и высокочастотном токах. Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик электрических дуг и параметров плазменных струй микроплазматронов. Проведено сравнение обоих вариантов. Тепловая мощность струи и общий тепловой баланс определялись калориметрированием электродов микроплазматрона и истекающей плазменной струи. В экспериментах измерялись вольтамперные характеристики дуги (при работе на постоянном токе) и амплитудное значение разрядного тока (ВЧ-разряды). Получены зависимости тепловых потерь в катод, межэлектродную вставку и анод, а также тепловой мощности струи от величины расхода газа и тока дуги. На рис. 2 приведен общий энергобаланс для расхода воздуха 1,7 л/мин при питании постоянным и ВЧ током. Анализ полученных результатов показал практически полное совпадение характеристик микроплазматрона для обоих вариантов питания, а также возможность использования конструкции ВМП постоянного тока для генерации высокочастотных плазменных струй с параметрами, аналогичными ВМП ПТ. Определены требования к источнику ВЧ мощности и даны рекомендации по реализации установок подобного типа.

В третьей главе рассмотрены два варианта совместного использования постоянного и ВЧ токов (схемы реализации режимов приведены на рис. 3):

- 1) одновременное воздействие на биоткани воздушным плазменным потоком и ВЧ-током (комбинированный режим - рис. 3а);
- 2) использование обоих видов тока для нагрева газа в ВМП (усиленный режим - рис. 3б).

В экспериментах по исследованию комбинированного режима проводилось измерение среднего ВЧ-тока, протекающего через раз-

$P, \text{ Вт}$

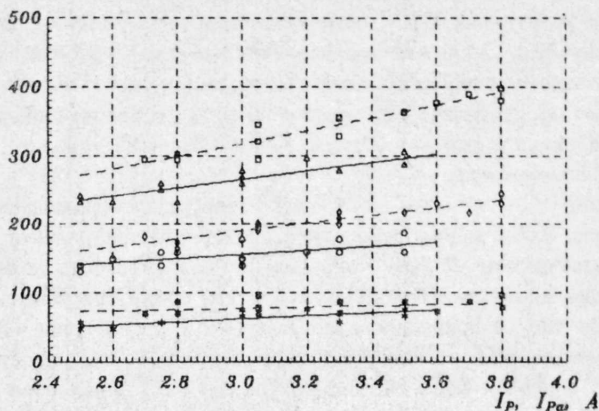
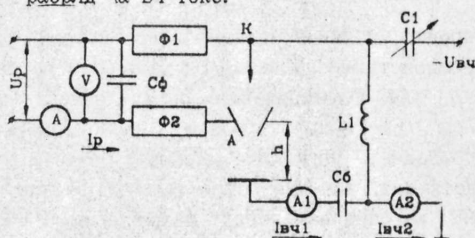
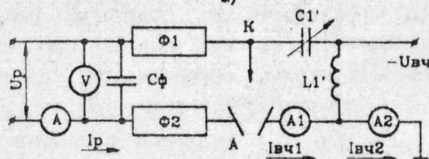


Рис. 2. Баланс мощностей в разрядах на постоянном и ВЧ-токах. Воздух, $G = 1,7 \text{ л/мин.}$ $\square, \Delta$ - потери мощности в анод; $\diamond, \circ$ - мощность, выносимая струей; $*$, $\times$ - суммарные потери в катод и МЭВ. — разряд на постоянном токе; ---- разряд на ВЧ-токе.



а)



б)

Рис. 3. Схемы электропитания комбинированного (а) и усиленного (б) режимов.

ряд и в определенных цепях электрической схемы (для определения ВЧ-мощности, вкладываемой в разряд). Исследования проводились для различных расстояний ВМП - обрабатываемая поверхность в диапазоне ВЧ-токов 0,1...0,5 А и при различных режимах работы ВМП (варьировались постоянный разрядный ток и расход газа). Параметры ВЧ-разряда определялись на основе расчета с использованием эквивалентной схемы всего разрядного тракта ВМП - ВЧ-канал - обрабатываемая поверхность.

На основе результатов обработки экспериментальных данных были определены ВАХ и мощностные характеристики ВЧ-разряда, а на основании зависимости $U=f(h)$ определены напряженность поля и энерговыделение в канале ВЧ-разряда, получен общий энергобаланс ВЧ-разряда. На рис. 4 приведено относительное распределение ВЧ-мощности в системе ВМП - ВЧ-канал - обрабатываемая поверхность. Показано, что основная доля ВЧ - мощности (до 75%) выделяется в обрабатываемой поверхности.

Результаты экспериментального исследования показали, что изменения параметров истекающей плазменной струи ВМП в рассматриваемом диапазоне параметров практически не влияют на характеристики ВЧ-разряда. Это позволяет варьировать их независимо друг от друга.

С другой стороны, наличие плазменного потока оказывает стабилизирующее воздействие на канал ВЧ-разряда и создает благоприятные условия для формирования определенной плотности ВЧ-тока ($1...10 \text{ А/см}^2$) в "приэлектродном" слое обрабатываемой поверхности, что позволяет управлять глубиной области термических изменений в биотканях, а также осуществлять режимы коагуляции или деструкции за счет изменения величины тока ВЧ-разряда (плотности тока в "приэлектродном" слое).

В заключении главы проведен анализ полученных результатов применительно к обработке биологических тканей. Определены три основных фактора, воздействующих на обрабатываемую поверхность:

- плазменная струя (температура, тепловой поток, плазмодинамический напор);
- ВЧ-мощность, выделявшаяся на поверхности биоткани (эффект ВЧ - "приэлектродного" слоя);
- ВЧ-мощность, выделявшаяся в глубине биоткани за счет прохождения ВЧ тока (ВЧ электрохирургический эффект).

Анализ показал, что одновременное воздействие трех факторов

$P, \text{ Вт}$

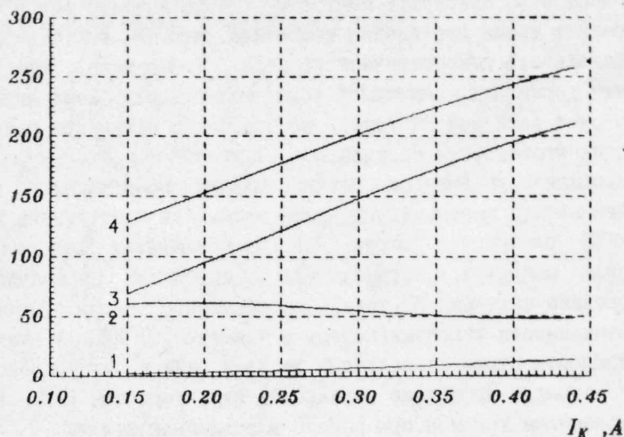


Рис. 4. Баланс мощностей в ВЧ-разряде. $h = 10 \text{ мм}$. 1 - потери ВЧ-мощности в канале ВМП; 2 - ВЧ-мощность, выделившаяся в канале ВЧ-разряда; 3 - ВЧ-мощность, выделившаяся в приповерхностном слое; 4 - суммарная мощность ВЧ-разряда.

$E, \text{ В/см}$

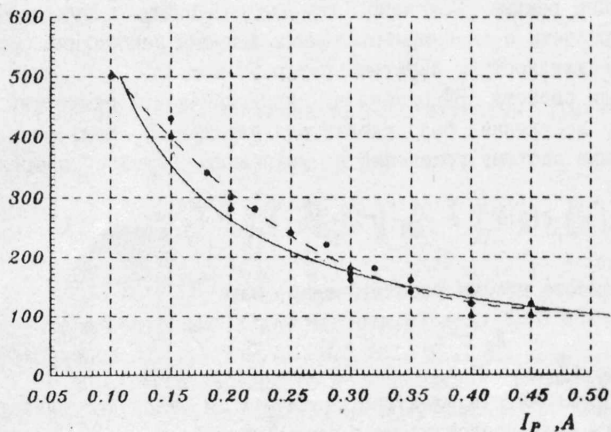


Рис. 5. Зависимость напряженности поля в канале ВЧ-разряда от тока разряда. — расчет; эксперимент.

позволяет повысить плотность мощности в зоне воздействия и тем самым сократить время достижения гемостаза, что, в свою очередь, повышает надежность гемостатического слоя. Кроме того, имеется возможность управлять величиной зоны термических изменений в тканях (за счет величины ВЧ-тока), что особенно важно при коагуляции крупных кровеносных сосудов.

Исследование усиленного режима работы проводилось с использованием метода калориметрирования элементов конструкции ВМП и истекающей плазменной струи. В экспериментах измерялись электрическая мощность, потребляемая от источника постоянного тока, и средние значения ВЧ-тока, протекающего через разряд. Получены зависимости тепловых потерь в конструкцию ВМП, а также тепловой мощности струи от величины расхода газа и ВЧ-мощности, вводимой в разряд. Проведено сравнение характеристик ВМП при питании постоянным током и при работе в усиленном режиме. Показано, что при одинаковой суммарной мощности, вводимой в разряд, характеристики истекающей струи и тепловые потери в конструкцию практически одинаковы.

Четвертая глава посвящена разработке и описанию математической модели открытого токового ВЧ-канала, образующегося в комбинированном режиме. Показано, что для надежного согласования результатов расчета с экспериментальными данными необходимо использовать двухжидкостную двухтемпературную модель.

Исходя из свойств ВЧ-разрядов, цилиндрической симметрии и обоснованных допущений был сделан ряд упрощений, позволивший свести исходную систему уравнений к уравнению баланса энергии

$$-\frac{1}{2} \delta |E|^2 + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left[r \lambda \frac{dT}{dr} \right] = 0 \quad (1)$$

Электропроводность плазмы рассчитывалась как

$$\sigma = \frac{K \delta e^2 n_e}{m \nu_e} \quad (2)$$

В дальнейшем зависимости электропроводности и теплопроводности от температуры были представлены в виде функций

$$\delta(T) = \delta_0 \exp(\alpha_1 T); \quad \lambda = \lambda_0 \exp(\alpha_2 T) \quad (3)$$

$$\lambda(T) = C_1 \exp(\alpha_1 T) \quad (4)$$

Произведя ряд математических преобразований уравнения баланса энергии (1), получаем уравнение радиальной зависимости температуры тяжелой компоненты в виде

$$T = \frac{1}{a_1} \left\{ \ln \left[\frac{2}{a} \ln \left(\frac{a_1 a b E^2}{8 C_1} r^2 + \exp(-\alpha_0) \right) + \epsilon_0 \right] \right\} \quad (5)$$

где $\epsilon_0 = \exp(a_1 T)$ при $r = 0$.

Температура электронной компоненты определялась как

$$T_e = T \left[1 + \frac{\omega^2 + \nu_0^2}{2 \nu_0^2} \left[\sqrt{1 + \frac{4 \nu_0^2}{\omega^2 + \nu_0^2} \left(\frac{E_a}{E_p} \right)^2} - 1 \right] \right] \quad (6)$$

$$E_p = \sqrt{\frac{3m}{e^2} kT \delta (\omega^2 + \nu_e^2)} \quad (7)$$

$$\nu_0 = \nu_e \sqrt{\frac{T_e}{T}} \quad (8)$$

Приведенная система уравнений замыкалась интегральным уравнением сохранения тока дуги

$$I = 2\pi E \int_0^\infty \delta r dr \quad (9)$$

и уравнением связи температуры на оси разряда и погонной мощности

$$P = 16\pi \lambda_k \frac{kT^2}{U_t} \quad (10)$$

Система уравнений решалась со следующими граничными условиями:

$$\begin{aligned} r = 0: \quad \frac{\partial T_e}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial n_e}{\partial r} = 0, \\ r = \infty: \quad T = T_\infty \quad n = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Расчет проводился для частоты ВЧ-поля 1,76 МГц и диапазонов разрядных ВЧ-токов 0,1...0,5 А.

В результате численного моделирования параметров плазмы в зоне открытого ВЧ-канала были получены вольт-амперные, мощностные и пространственные энергетические характеристики плазмы в зависимости от тока разряда. Получено хорошее согласование результатов расчета с экспериментальными данными комбинированного режима. На рисунках 5 и 6 приведены некоторые результаты

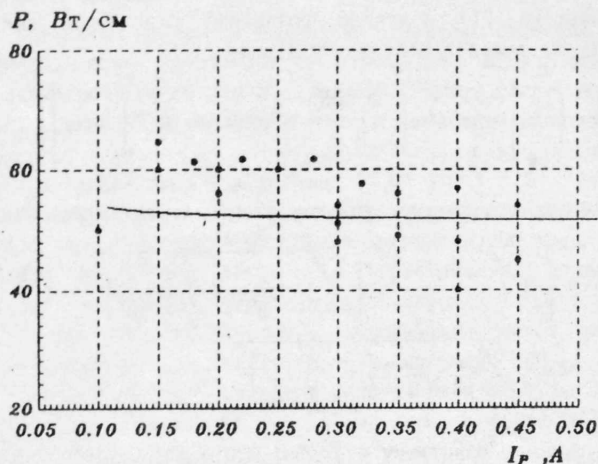


Рис. 6. Мощность, выделяемая на единице длины ВЧ-разряда, в зависимости от тока разряда. — расчёт; эксперимент.

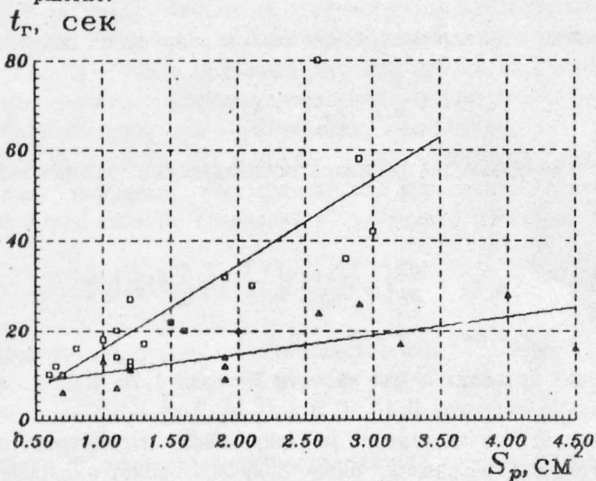


Рис. 7. Зависимость времени коагуляции раневой поверхности печени от обрабатываемой площади. $\square$ - режим "Плазменная коагуляция"; $\triangle$ - режим "Комбинированная коагуляция".

численного моделирования и их сравнение с данными эксперимента.

В пятой главе рассмотрена концепция построения интегрированных автономных плазменных высокочастотных установок, включающих в себя высокочастотный генератор и плазменный блок. Описан макетный образец аппарата плазменного хирургического высокочастотного (АПХВЧ), предназначенного для применения в практической хирургии и позволяющего проводить рассечение биологических тканей, коагуляцию как локальных, так и обширных раневых поверхностей, а также осуществлять деструкцию патологических образований и нежизнеспособных тканей. АПХВЧ является многофункциональным аппаратом с тремя режимами работы: "ЭХВЧ" (электро-хирургический высокочастотный), "Плазменная коагуляция" и "Комбинированная коагуляция". Рабочими органами аппарата являются два независимых манипулятора - электрохирургический и плазменный.

Электрохирургический манипулятор (используется в режиме "ЭХВЧ") предназначен для рассечения мягких тканей и коагуляции мелких кровеносных сосудов методами контактной монополярной электрохирургии. Плазменный манипулятор (режимы "Плазменная коагуляция" и "Комбинированная коагуляция") предназначен для обработки биотканей как только потоком воздушной плазмы, так и потоком плазмы в комбинации с ВЧ током. Он позволяет производить коагуляцию обширных раневых поверхностей и кровеносных сосудов диаметром до 1.5 мм, а также осуществлять деструкцию тканей. АПХВЧ является функционально законченным и полностью автономным аппаратом, требующим для своей работы только наличия однофазной сети переменного напряжения 220 В/ 50 Гц.

Описаны некоторые результаты медико-биологических испытаний, которые проведены с участием автора. По данным макроисследований определены наиболее эффективные диапазоны режимов обработки биотканей. В экспериментах осуществлялось воздействие воздушной плазменной струей и плазменной струей в комбинации с ВЧ-током на раневую поверхность печени, селезенки и легких беспородных собак. Показано, что при использовании обоих вариантов воздействия обеспечивается надежный гемостаз на обширных ранах этих органов, причем на легких гемостатический эффект обеспечивается одновременно с аэростазом. Проведенные сравнительные оценки вариантов воздействия (рис. 7) демонстрируют значительное увеличение скорости достижения гемостаза при обработке биотканей

в комбинированном режиме, особенно это проявляется при коагуляции крупных кровеносных сосудов.

ВЫВОДЫ

1. Проведено изучение и сравнение характеристик воздушного микроплазматрона при питании постоянным и высокочастотным токами. Показана возможность получения параметров истекающей струи, генерируемой ВМП с высокочастотным питанием, аналогичных параметрам, генерируемым ВМП постоянного тока при использовании воздушного микроплазматрона, разработанного для медицины.

2. Предложен и исследован комбинированный режим обработки обширных раневых поверхностей и крупных кровеносных сосудов, при котором поток плазмы, генерируемый микроплазматроном постоянного тока, используется как идеальный транспортный канал для подвода ВЧ-энергии к биологическим тканям. Показано, что в этом режиме до 75% ВЧ-мощности отделяется в поверхностном слое обрабатываемой биоткани.

3. Проведено экспериментальное исследование энергетических параметров открытого ВЧ-канала и проанализированы факторы, влияющие на воздействуемую поверхность. Проведена оценка относительного распределения ВЧ-мощности в системе ВМП - ВЧ-канал - обрабатываемая поверхность.

4. Разработана математическая модель и алгоритм расчетов параметров плазмы канала ВЧ-разряда в комбинированном режиме в двухжидкостном приближении с учетом температурной неравновесности. Рассчитанные по этой модели распределения основных параметров плазмы в ВЧ-канале, а также энергетические и мощностные характеристики разряда хорошо согласуются с экспериментальными данными.

5. Предложена и обоснована новая схема плазменных хирургических установок, обеспечивающих высокоэффективную обработку биологических тканей (рассечение, коагуляцию обширных раневых поверхностей, деструкцию патологических образований).

6. Разработан и создан экспериментальный образец плазменного хирургического высокочастотного аппарата, использующий все лучшие качества плазменных хирургических аппаратов на постоянном токе, аппаратов аргоно-усиленной коагуляции и электрохирургических аппаратов.

7. Предварительный цикл медико-биологических исследований,

проведенный в Московском окружном военном госпитале №1586 на органах экспериментальных животных (печень, селезенка, легкие), продемонстрировал высокую эффективность предложенного метода для коагуляции обширных раневых поверхностей и крупных кровеносных сосудов. При обработке раневых поверхностей легких наряду с гемостазом во всех случаях обеспечивался надежный аэрозтаз.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Шарпов Н. А. Методы исследования теплофизических характеристик плазменных струй микроплазматронов для хирургии // "Современные проблемы газодинамики и теплообмена и пути повышения эффективности энергет. установок": Тез. докл. VI Всесоюз. школы-семинара - М.: 1987. - С. 144.

2. Исследование и разработка плазменных устройств для воздействия на биологические ткани / Н. П. Козлов, А. В. Пекшев, Н. А. Шарпов и др. // Труды ВНИИИМТ (М.). - 1987. - № 4. - С. 8-12.

3. Козлов Н. П., Пекшев А. В., Шарпов Н. А. Экспериментальное исследование дуги ВЧЕ-разряда в инертных газах // I Всес. конф. по генераторам низкотемпературной плазмы. Тез. докл. - Новосибирск, 1989. - С. 111-112.

4. Козлов Н. П., Пекшев А. В., Шарпов Н. А. ВЧЕ-разряд атмосферного давления в инертных газах // I Всес. симпози. по радиационной плазмодинамике: Тез. докл. - М., 1989. - С. 116-118.

5. Конструкторско-технологические разработки плазменных установок и комплексов типа "Факел" медико-биологического назначения / Н. П. Козлов, А. В. Пекшев, Н. А. Шарпов и др. // I Всес. симпози. по радиационной плазмодинамике: Тез. докл. - М., 1989. - С. 139-145.

6. Изучение термических процессов в тканях печени и селезенки при воздействии плазменными потоками / А. В. Пекшев, Н. И. Суслов, Н. А. Шарпов и др. // Актуальные вопросы хирургической гастроэнтерологии: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. - Курск., 1987. - С. 107-108.

7. А. С. № 1824719 СССР, МКИ³ А 61 В 17/36. Плазменное хирургическое устройство "Факел" / Н. П. Козлов, А. В. Пекшев, Н. И. Суслов, Ю. С. Протасов, В. Н. Мотиков, М. В. Найдено, Н. А. Шар-

пов « СССР ».

8. Плазменный хирургический комплекс ПХК "Факел-9" / Н.П. Козлов, А.В. Пекшев, Н.А. Шарапов и др.

// "Машины, приборы, стенды": Каталог МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М., 1990. - С. 58-59.

9. Клинический плазменный хирургический комплекс "Факел-9М" / Н.П. Козлов, А.В. Пекшев, Н.А. Шарапов // "Машины, приборы, стенды": Каталог МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М., 1990. - С. 59-60.

10. Теплофизические аспекты использования в медицине плаз-
модинамических и радиационных методов / Н.П. Козлов, А.В. Пек-
шев, Н.А. Шарапов и др. // II Всес. симпоз. по радиационной плаз-
модинамике: Тез. докл. - М., 1991. - С. 35-36.

11. Суслов Н.И., Тартынский С.И., Шарапов Н.А. Фазово-струк-
турные изменения в живых биологических тканях при воздействии
излучения аргонового и АИГ-лазеров // II Всес. симпоз. по радиа-
ционной плазмодинамике: Тез. докл. - М., 1991. - С. 29-30.

12. Шарапов Н.А., Маликов В.Н., Суслов В.И. Сравнительное
исследование ВМП при работе на ВЧ и постоянных токах // Тезисы
докладов III Межгосударственного симпозиума по радиационной
плазмодинамике. - М.: Издательство "Инженер", 1994. - С. 146-147.

13. Пекшев А.В., Шарапов Н.А., Дюмин М.И. ВМП с комбиниро-
ванным питанием // Тезисы докладов III Межгосударственного сим-
позиума по радиационной плазмодинамике. - М.: Издательство "Инже-
нер", 1994. - С. 140-141.

14. Пекшев А.В., Шарапов Н.А., Дюмин М.И. Экспериментальные
исследования слаботоочного ВЧ-разряда в струе ВМП // Тезисы док-
ладов III Межгосударственного симпозиума по радиационной плазмо-
динамике. - М.: Издательство "Инженер", 1994. - С. 144-145.

15. Козлов Н.П., Шарапов Н.А., Вагапов А.Б. Расчет парамет-
ров плазмы слаботоочного ВЧ-разряда в воздухе // Тезисы докладов
III Межгосударственного симпозиума по радиационной плазмодинами-
ке. - М.: Издательство "Инженер", 1994. - С. 142-143.

Подписано к печати 8.06.95

Заказ 258 Объем 1.0 п.л. Тираж 100 экз.

Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана