



УДК 57.089.001.66

МЕТОД ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОСВАРКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Драгомирецкий Никита Ярославович ¹, Лебедев Алексей Владимирович ¹

¹ Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт" им. Сикорского

Адрес для переписки: Драгомирецкий Никита Ярославович, магистрант

Место работы: Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт" им. Сикорского, 03056, м.Киев-56, проспект Победы, 37

Email: ndrago@ukr.net

Аннотация. Высокочастотная электросварка биологических тканей является эффективным методом лечения в офтальмологии. Это метод электрохирургического воздействия, который минимизирует возможность разрушающего воздействия электрического тока на соединении или рассоединении мягких живых тканей. Метод широко используется в общей хирургии для соединения тканей. Установлено, что сварной шов возникает при прохождении электрического тока высокой частоты через ткань. С помощью этого метода можно проводить серьезные операции, такие как сварка сетчатки, резекция опухолевой ткани и многие другие операции.

Для операций в хирургической офтальмологии стало важным знание оптимальных параметров сварки, таких как температура сварки, механическая нагрузка на ткани, время сварки и напряжение. Для определения этих параметров было проведено моделирование сваривания и резекции биологических тканей в специальном программном обеспечении. В результате были получены модели зависимостей, которые могут определять оптимальные параметры сварки.

Высокочастотная электросварка биологических тканей - бескровный и надежный метод в офтальмологии. Восстановительный период намного быстрее, чем при терапии другими методами.

Ключевые слова: сварка биологических тканей, офтальмологическая хирургия, моделирование и инструмент

Введение. На сегодняшний день отслоение сетчатки является одним из распространенных заболеваний в хирургической офтальмологии, а меланомы, которые образуются в середине глаза, составляют 75 – 80 % внутриглазных опухолей. Существует много методов лечения, но не все

из них эффективны. Для того что бы операция прошла успешно и в дальнейшем исключить возможность рецидива, врачи занимаются поисками новых методов лечения.

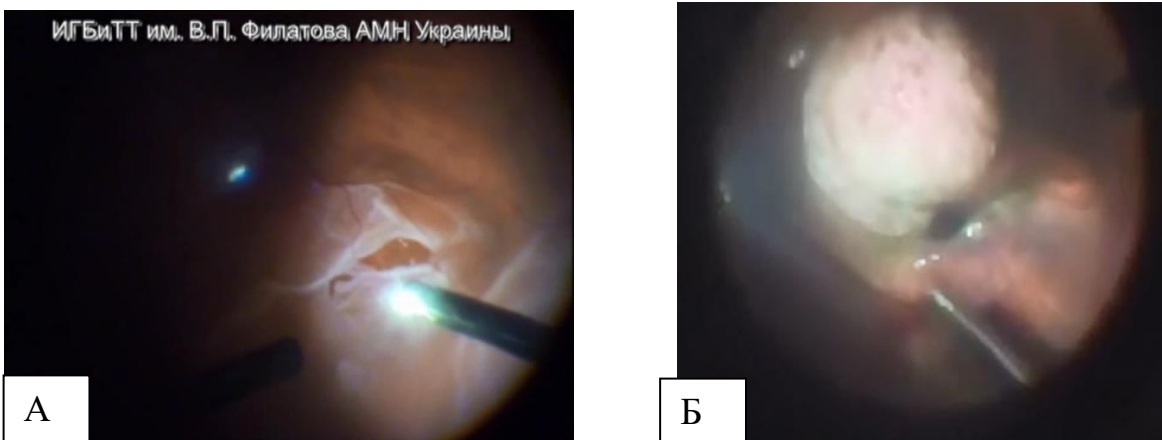


Рисунок 1. А - Сварка сетчатки под микроскопом; Б - Резекция меланомы под микроскопом

Электрический ток определенной частоты, который проходит сквозь биологические ткани, создает прочное соединение за счет коагуляции белка. Благодаря высокочастотной сварке, в отличие от других методов, становится возможным проведение без кровопотерь и менее длительных микрохирургических операций в офтальмологии.

Цель и задачи исследования. Моделирование процесса электросварки биологических тканей электрохирургическим инструментом при отслоении сетчатке и резекции меланомы в программном обеспечении Abaqus. Проведение исследований для нахождения оптимальных условий для соединения сетчатки к склере и резекции меланомы с помощью построения графиков зависимостей температуры и механической нагрузки от электрического напряжения и времени сварки.

Материалы и методы. Для операций в хирургической офтальмологии важно знать оптимальные параметры сварки, такие как температура сварки, механическая нагрузка на ткани, время сварки и напряжение. Для определения этих параметров было проведено моделирование сваривания биологических тканей в специальном программном обеспечении. Моделирование проводилось методом конечных элементов в программе Abaqus.

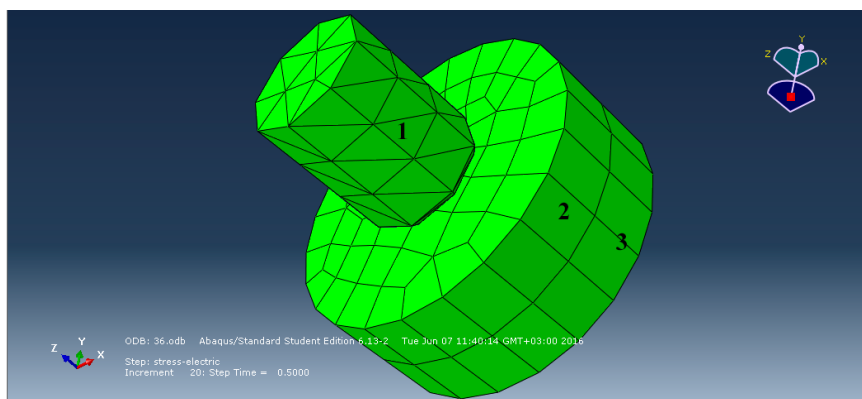


Рисунок 2. Метод конечных элементов в программе Abaqus: 1 – электрод, 2 – сетчатка, 3 – склера

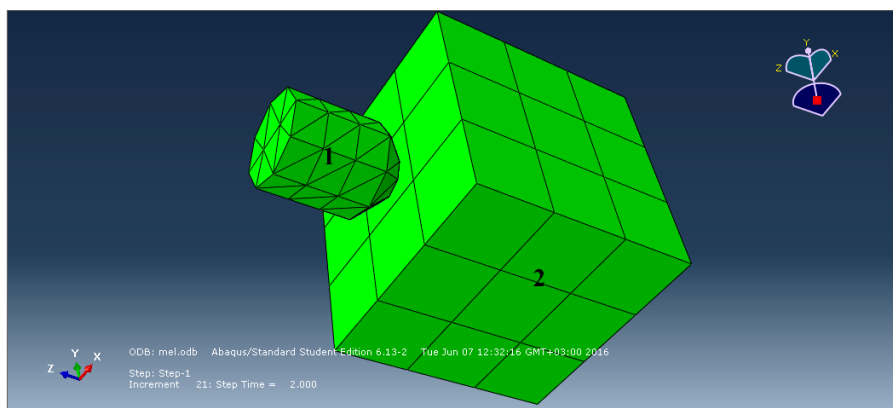


Рисунок 3. Метод конечных элементов в программе Abaqus: 1 – электрод, 2 – меланома

Для моделирования использовались реальные значения биологических тканей (модуль Юнга, коэффициент Пуассона) и характеристики электрода (материал, электрическая и теплопроводность). После подбора материалов были проведены исследования.

Экспериментальные данные и их обработка. В результате первых исследований была доработана форма электродов, а именно углы изгиба, которые существенно влияют на функциональность инструмента (рис. 4).

В модели при отслоении сетчатки электрический ток передавался через биологическую ткань при взаимодействии электрода с тканью. На электрод подавалось определенное усилие нажатия. Чтобы найти оптимальные параметры сварки в ходе эксперимента, были изменены значения приложения силы к электроду, время сварки и электрическое напряжение. Безопасная температура сварки составляет 60 - 70 градусов. Чтобы найти оптимальную температуру, была проведена выборка параметров исследования. В результате были получены модели зависимости, которые могут определять оптимальные параметры сварки.

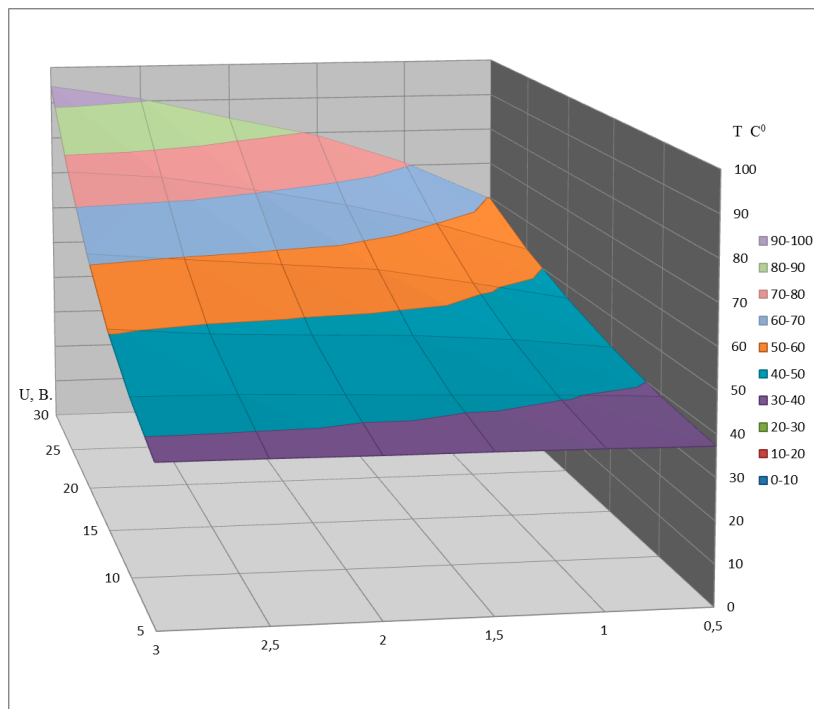


Рисунок 4. Диаграмма зависимости температуры в зоне сварки от электрического напряжения и длительности сварки

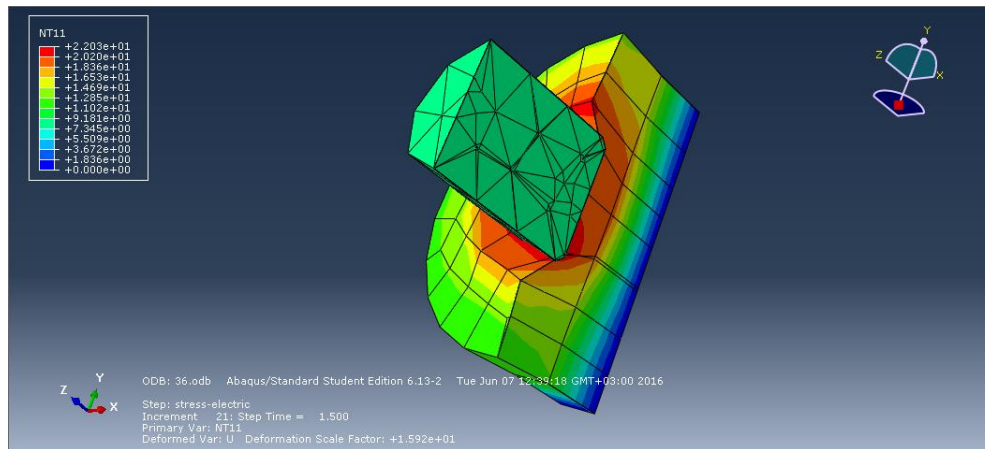


Рисунок 5. Распространение температуры по модели при электрическом напряжении 20 Вольт и длительности сварки 1.5 секунды

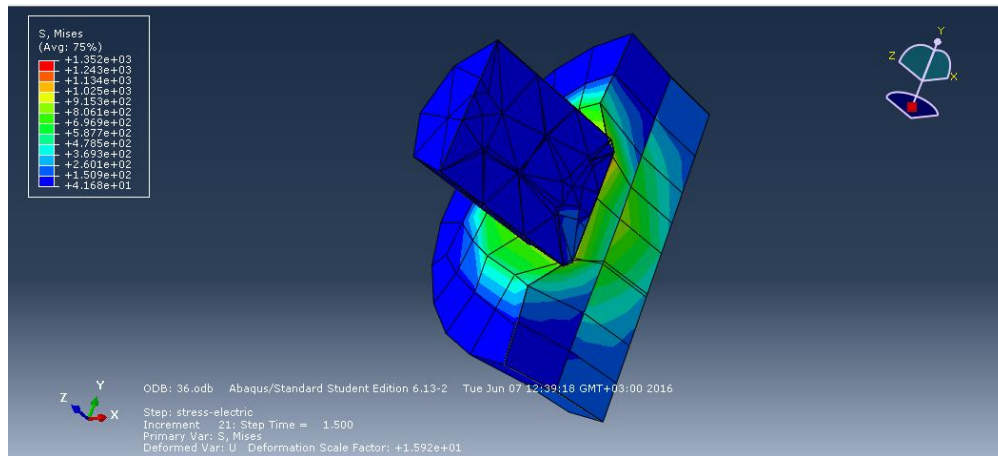


Рисунок 6. Распространение механической нагрузки по модели при электрическом напряжении 20 Вольт и длительности сварки 1.5 секунды

В среде Abaqus так же была построена модель сварки в случае образования меланомы внутри глаза. Для резекции опухоли электрическое напряжение должно быть выше, чем напряжение в случае сварки при отслоении сетчатки. Что бы найти безопасные условия сварки была проведена выборка параметров.

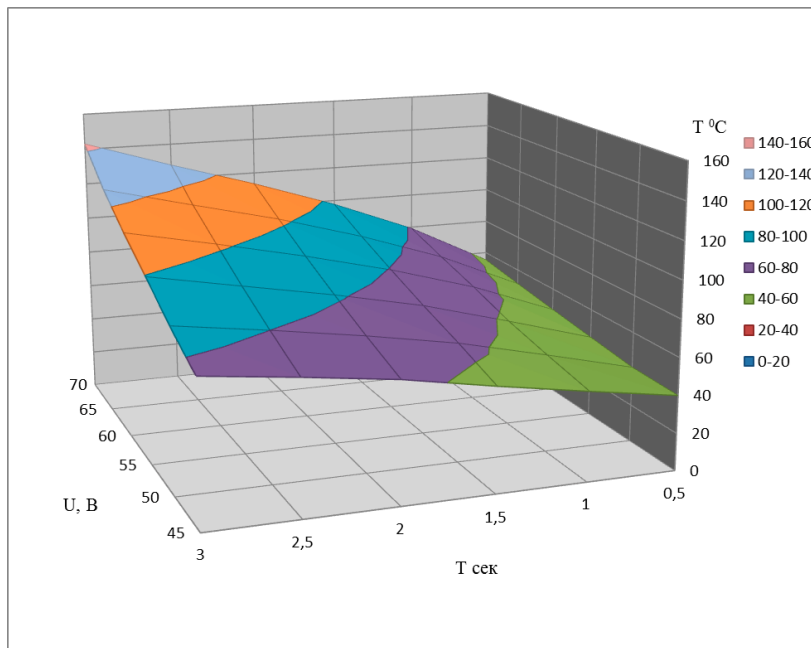


Рисунок 7. Диаграмма зависимости температуры в зоне контакта электрода с тканью от электрического напряжения в длительности сварки.

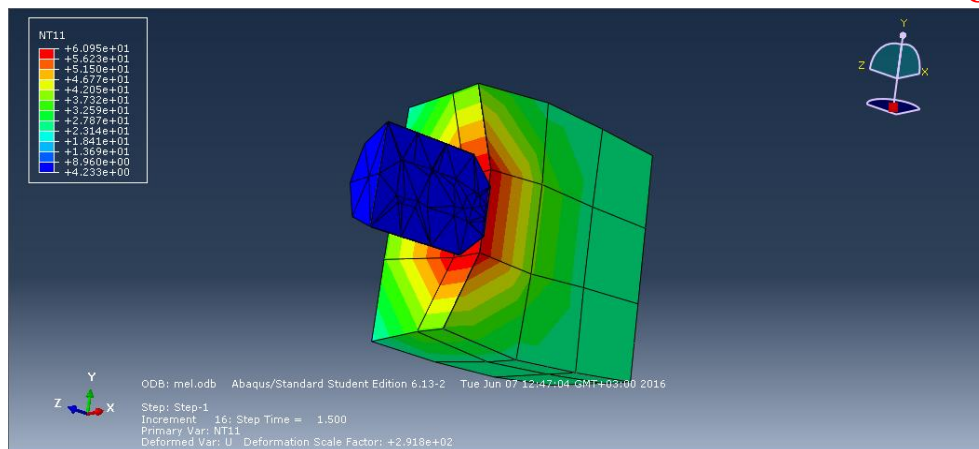


Рисунок 8. Распределение температуры по модели при напряжении 70 Вольт и длительности сварки 1.5 секунды

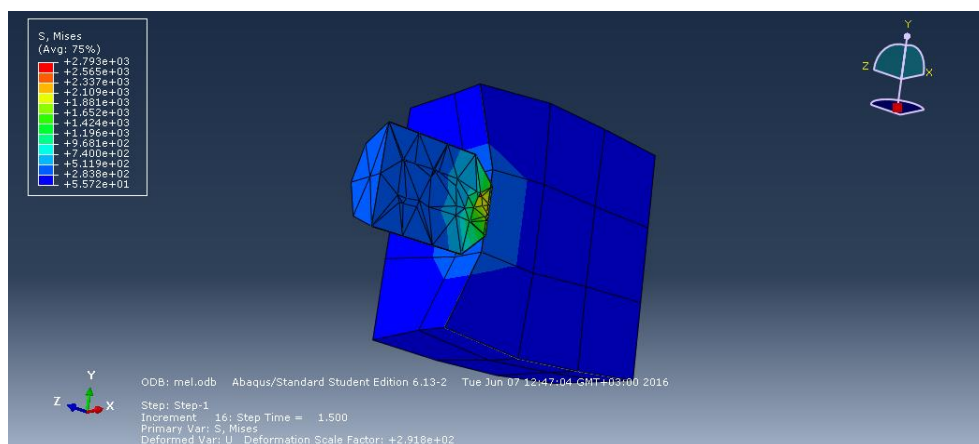


Рисунок 10. Распределение механической нагрузки по модели при напряжении 70 Вольт и длительности сварки 1.5 секунды

Результаты исследования.

1. По результатам выборки и моделирования были найдены оптимальные параметры, которые позволят проводить безопасную сварку биологических тканей.
2. Благодаря программному обеспечению Abaqus появилась возможность проведения экспериментов без использования подопытных животных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аніна Є. І. Офтальмологічна допомога населенню України / Є. І. Аніна, В. І. Левтюх // Хірургічне та медикаментозне відновлення зору. XII офтальмол. симпозиум. тез. доп. - Чернівці, 2001. - С. 8.
2. Бирич Т., Марченко Л., Чекина А. Врожденные патологии органа зрения - Одесса 2014 г.
3. Білоусова Інна. Інструмент і технологія для високочастотного електрозварювання сітківки ока // Бакалаврська дипломна робота 2014 р.
4. Волков В.В. Актуальные и, по-видимому, наиболее перспективные направления в изучении биомеханики функционирования органа зрения в нормальном и патологическом состояниях / В.В. Волков // Сборник трудов II семинара «Биомеханика глаза». – М., 2001, С. 3-6.
5. Драгомирецький Н.Я. Моделі впливу механічного навантаження та температури мікроелектрохірургічного інструмента на тканини ока // Бакалаврська дипломна робота 2016 р.
6. Иомдина Е.Н. Биомеханические свойства склеры и возможности ее укрепления при миопии./ Е.Н. Иомдина // Дис.канд. биол. наук, 1984, – С.169.
7. Панова И.Е. Транспупиллярная термотерапия в органосохранном лечении увеальной меланомы / И.Е. Панова, Н.В. Бухтиярова, И.Н. Ефименко // Офтальмохирургия и терапия. 2004. - Т.4. — С. 32-36.
8. Пасечникова Н.В. Применение высокочастотной электросварки для ретинопексии в эксперименте / Н.В. Пасечникова, В.А. Науменко, С.С. Родин, [и др.] // Тез. XII съезда офтальмологов Украины, 26-28 мая, Одесса. - 2010. - С.201-202.
9. Уманец Н. Эндовитреальная резекция меланомы хориоидеи с использованием высокочастотной электросварки // ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П. Филатова АМН Украины»
10. Пат. US7025764 B2, US 10/310,203. BONDING OF SOFT BIOLOGICAL TISSUES BY PASSING HIGH FREQUENCY ELECTRIC CURRENT THERETHROUGH / Boris E. PATON, Vladimir K. LEBEDEV, David S. VORONA, и др. – Оpubл. 11.04.2006
11. Пат. US6562037 B2, US 09/022,869. Bonding of soft biological tissues by passing high frequency electric current therethrough / Boris E. PATON, Vladimir K. LEBEDEV, David S. VORONA, и др. – Оpubл. 13.05.2003