

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ставропольский государственный аграрный
университет»



На правах рукописи

Афанасьев Михаил Анатольевич

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
МОЛОДНЯКА ОВЕЦ**

4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение
агропромышленного комплекса

ДИССЕРТАЦИЯ

**на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный
руководитель:

кандидат технических наук,
доцент **Рубцова Е.И.**

Ставрополь – 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ И ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	10
1.1 Способы повышения продуктивности овец и перспективы использования лазерной терапии.....	10
1.2 Параметры и режимы работы существующих лазеров для воздействия на биологические системы.....	14
1.3 Результаты исследований по воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения на иммунную систему животных.....	21
1.4 Выводы, цель работы и задачи исследований.....	24
2 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ УСТАНОВКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	26
2.1 Разработка математической и компьютерных моделей физического процесса в объекте исследований.....	26
2.2 Корректировка математической и компьютерной моделей для установки лазерного облучения.....	37
2.3 Разработка конструктивно-технологической схемы установки и алгоритма управления процессом.....	44
2.4 Выводы.....	48
3 МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	50
3.1 Методики и оборудование при проведении лабораторных и полевых экспериментов.....	50
3.2 Лабораторные экспериментальные исследования автоматизированной лазерной установки.....	53
3.3 Полевые и лабораторные исследования продуктивности молодняка овец после лазерного воздействия.....	58
3.4 Выводы.....	75
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЛИ.....	78
4.1 Экономическая эффективность внедрения автоматизированной лазерной установки в овцеводческом предприятии.....	78
4.2 Выводы.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Факторами повышения эффективности отрасли овцеводства, наряду с селекционными методами, является поиск электротехнологических приемов, направленных на увеличение продуктивности овец и поддержку их здоровья. Большое значение имеет полное использование биологических и породных возможностей овец для получения соответствующих видов продукции. В любом случае необходимо учитывать биологическую природу живого организма и его адаптационные возможности.

Сегодня в овцеводстве большое внимание уделяется увеличению мясной продуктивности и улучшению ее качества. В связи с этим особую актуальность имеет направление исследований по выращиванию здоровых, жизнеспособных животных. В настоящее время имеется множество разработок по оказанию влияния различных биофизических факторов на важнейшие адаптивные системы организма, стимулирования продуктивности, повышения резистентности животных.

Использование электротехнологических способов, направленных на повышение продуктивности молодняка овец, является перспективным направлением исследований в овцеводстве. Недостаточная изученность данных способов и отсутствие адаптированного к реальным производствам оборудования приводит к нестабильным результатам, к повышенным срокам по внедрению инновационных технологий.

Работа выполнялась в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» согласно тематического плана проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 2016-2020 гг. «Разработать и научно обосновать энергосберегающие технологии производства продуктов животноводства, обеспечивающие снижение затрат труда и материальных средств, увеличение продуктивности животных, получение от них экологически чистой продукции» №1.2 и согласно

госбюджетной теме НИР во Всероссийском научно-исследовательском институте овцеводства и козоводства: (№ Госрегистрации 1201453956) «Создать новые высокоэффективные селекционные формы животных, обладающие высоким генетическим потенциалом и заданной продуктивностью на основе использования современных биотехнологических методов», а также гранта Федерального агентства по делам молодежи «Росмолодежь» от 29 мая 2008 г. №119/17.

Степень разработанности темы исследования. Способам увеличения производства мяса, в том числе баранины, посвящено много исследовательских работ. Определенная часть ученых доказывает своими разработками эффективность способов повышения продуктивности воздействием на живой организм физических методов: Бугаева И.О., Дегтярев Д.Ю., Москвин С.В., Скорых Л.Н. Одним из таких методов является низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), воздействием которого на различные сельскохозяйственные объекты занимались Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Юран С.Ю, Башилов А.М., Чудновский В.М. Научные работники уделяют большое внимание НИЛИ как фактору активизации биологических резервов организма и повышением естественной резистентности. Научно-исследовательские организации также ведут поиски повышения продуктивности с применением оптического излучения, например: Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства (ВНИИОК) – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (ГНУ НИИММП) и т. д.

Несмотря на глубину исследований с применением низкоинтенсивного лазерного исследования для повышения продуктивности животных отсутствуют автоматизированные установки для определенного вида сельскохозяйственного скота с рекомендациями по режимами работы.

Гипотеза. Проведение исследований по особенностям проникновения лазерного излучения через биологические ткани животного, можно разработать автоматизированную лазерную установку для получения стабильных результатов по повышению продуктивных показателей молодняка овец.

Цель исследований. Обосновать параметры и режимы лазерной автоматизированной установки для повышения продуктивных показателей молодняка овец.

Задачи исследований:

– провести теоретические исследования по проникающей способности лазерного излучения через биологические ткани и провести моделирование физических процессов при лазерном облучении шейного отдела молодняка овец;

- на основе результатов моделирования обосновать место расположения лазера и необходимые параметры и режимы лазерной установки;

- обосновать конструктивно-технологическую схему установки для воздействия на молодняк овец и разработать алгоритм управления ее работы;

- изготовить автоматизированную лазерную установку для лазерного облучения молодняка овец и провести экспериментальные исследования по подтверждению теоретических значений параметров и режимов этой установки;

- провести испытания установки на овцеферме по подтверждению стабильности повышения мясной продуктивности;

– дать оценку экономической эффективности использования разработанной установки при выращивании овец.

Научную новизну работы составляют:

- мультифизические модели основных процессов, протекающих в биологических тканях при воздействии лазерного излучения;

- обоснованные параметры и режимы лазерной установки лазерного воздействия на шейный отдел ягнят для повышения продуктивности и резистентности животных;

- алгоритм управления установкой лазерного воздействия на шейный отдел ягнят.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработанные мультифизические модели проникновения лазерного излучения через биологические ткани позволяют установить необходимые параметры установки и рекомендовать наиболее эффективный режим работы для обработки любых других частей тела различных животных. Параметры и режимы работы лазерной установки для повышения продуктивности, резистентности могут использоваться в технологических процессах при промышленном овцеводстве. Предлагаемый метод воздействия на тимус животного оказывает стимулирующее действие на рост организма животных, повышает жизнеспособность организма и его резистентность к неблагоприятным факторам окружающей среды, что повышает сохранность молодняка. Полученные результаты исследований дополняют и расширяют базу знаний по биологическому действию НИЛИ на животные объекты, а также доказывают его безопасность и эффективность в отрасли овцеводства. Автоматизированная установка для лазерной обработки овец, техническая новизна которой подтверждается патентом на изобретение № 2698214, может быть модернизирована и применяться для взрослых животных.

Методология и методы исследования. Научные исследования проводились с использованием методов математического моделирования совместно с прикладной программой «Comsol». Лабораторные экспериментальные исследования осуществлялись с использованием общепринятых методик и поверенного современного оборудования. Использовалась тепловизионная съемка обрабатываемых поверхностей для обеспечения безопасной дозы облучения и подтверждения теоретических значений режимов работы. Полевые экспериментальные исследования

проводились на овцефермах с высокой степенью репрезентативности выборок, что обеспечивало объективность полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- мультифизические модели основных процессов, протекающих в биологических тканях при воздействии лазерного излучения;
- параметры и режимы автоматизированной лазерной установки облучения ягнят для повышения продуктивности и резистентности животных;
- алгоритм управления установкой лазерного воздействия на шейный отдел ягнят;
- результаты лабораторных и экспериментальных исследований по сопоставлению теоретических с опытными данными и по рациональному режиму работы автоматизированной установки для лазерной обработки овец;

Достоверность выводов, научных положений и объективность проведенных исследований подтверждается применением системного, методического методов обработки полученного материала с использованием критерия достоверности.

Апробация работы. Результаты исследований и основные материалы диссертационной работы представлены, обсуждены и одобрены: на расширенных заседаниях кафедры физики, теплотехники и охраны труда ФГБОУ ВО «Ставропольского государственного аграрного университета» (2017-2021), на расширенных заседаниях отдела овцеводства, Ученого совета ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (2017-2019) и ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (ГНУ НИИММП) (2017-2021); на международных научно-практических конференциях «Современное состояние животноводства: проблемы и пути их решения», Саратов (2018); «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса», Ставрополь (2018); «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе», Ставрополь (2021); «Научные

основы создания и реализации современных технологий здоровьесбережения», Волгоград (2021); «IOP Conference Series: Earth and Environmental Science» (Серия конференций IOP: Науки о Земле и окружающей среде), Красноярск (2021); «Инновации, технологические решения и менеджмент в современной биотехнологии и биомедицине», Пущино (2022); Всероссийской научно-практической конференции электроэнергетического факультета «Современные исследования как ответ на вызовы нового времени», посвященной Дню Российской науки, Ставрополь (2022).

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены в животноводческих хозяйствах Ставропольского края: колхоз-племзавод им. Ленина, СПК колхоз-племзавод «Россия» Апанасенковского района, а также используются в научных исследованиях и в учебном процессе Ставропольского ГАУ.

Публикация результатов исследований. Основное содержание диссертационной работы и результатов научных исследований изложено в 22 научных работах, в том числе 3 в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации («Сельский механизатор», «Аграрно-пищевые инновации», «Вестник АПК Ставрополья», «Главный зоотехник»), в 5 зарубежных журналах, включенных в международную базу цитирования Scopus и Web of Science, 1 патент на изобретение и 1 монография.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа включает следующие разделы: введение, анализ методов повышения продуктивности овец и используемого оборудования, обоснование параметров и режимов установки лазерного излучения, методика и результаты экспериментальных исследований, экономическая эффективность выращивания молодняка овец при воздействии НИЛИ, заключение, рекомендации производству, список использованной литературы, приложения. Материал изложен на 122

страницах компьютерного текста, в том числе 13 страниц приложений, включая 25 таблиц и 48 рисунков. Список литературы состоит из 151 библиографических источников, в том числе 21 на иностранном языке.

1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ И ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1 Способы повышения продуктивности овец и перспективы использования лазерной терапии

Животноводство мясного направления является существенной отраслью агропромышленного комплекса России. Повышение производительности животных и улучшение качества мяса сегодня являются приоритетными для развития отрасли [39, 49, 77]. Известно, что животноводческая отрасль несет ощутимые потери от рождения животных с низкой жизнеспособностью и с их падежа на разных этапах роста и развития [125]. От рождения, а также во время роста и развития животные подвергаются постоянному воздействию внешней среды, как благоприятному, так и не очень.

В науке и на производстве постоянно ведется поиск способов сохранности молодняка, а также изучаются малозатратные методы в селекционной работе, с помощью которых можно будет объективно оценивать биологических потенциал животных [1, 2, 39, 50, 63-65, 70, 80, 121, 122].

Овцеводство является составной частью животноводства и все те проблемы, которые имеются в данной отрасли касаются и его. Сохранение и использование существующего с вновь создаваемыми генофондов, а также разработка новых технологий содержания овец являются базовыми задачами [63, 64, 93, 98].

Многочисленные исследования показали, что одним из методов получения высокопродуктивных животных является промышленное скрещивание [2, 63, 64, 120, 123, 138, 139, 140, 146-149].

Еще одним путем увеличения производства и качества баранины является нагул и откорм овец. Также в хозяйствах используют ранний отъем ягнят и выращивание их на заменителях молока и специальных кормовых добавках.

Достаточно эффективной и распространенной технологией получения высококачественной баранины является интенсивный откорм молодняка [39].

Установлено, что от баранчиков, находящихся на откорме, можно получить более высокую прибыль, так убойная масса туш возрастает на 18,2 %, что позволяет иметь дополнительно до 2,36 кг баранины [8]. При этом овцематки после интенсивного нагула отличаются высокими мясными качествами: убойный выход – 55,7 %, масса туши – 23,0 кг, коэффициент мясности – 4,9. Мясо характеризуется меньшим содержанием влаги – 55,9 %, большим содержанием жира – 28,6 %, высокой калорийностью – 3504,0 ккал [15].

При изучении эффективности откорма молодняка выявлено, что выход туши у баранчиков казахской тонкорунной, казахской полутонкорунной (типа гемпшир), дегересской курдючной полугрубошерстной пород после завершения откорма составил 53,0-55,5 % [81]. Тонкорунный молодняк после завершения откорма и реализации его на мясо в возрасте 8 месяцев, достигает высоких устойчивых кондиций: масса – 18,5; 16,3 и 14,8 кг, убойный выход – 49,5; 49,4 и 48,8 % [16].

Исследованиями установлено, что при применении биостимуляторов улучшается развитие животных, ускоряется обмен веществ и повышается уровень защитных сил организма при снижении затрат кормов на единицу прироста. Работы отечественных и зарубежных ученых показывают, что применение биологически активных добавок способствует лучшей усвояемости кормов и сохранности молодняка [24, 34, 55, 87, 88, 118, 134, 135, 143, 144].

С развитием естественных наук, достижениями в области техники и приборостроения появилась возможность изучать механизмы воздействия на живой организм физическими факторами, в том числе электромагнитными излучениями на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях [4, 29-31, 36, 37, 45-48, 105].

Известен метод биостимуляции организма с помощью лазерного излучения низких интенсивностей, позволяющий нормализовать обменные процессы животного и тем самым увеличить скорость его роста и даже снизить заболеваемость молодняка [123]. Приводятся данные по лазерному воздействию на область молочной железы у коров за 5-7 дней до- и через 10 дней

после отела способствует повышению сохранности новорожденных телят на 24,87% [107]. Доказано, что улучшение показателей естественной резистентности организма, продуктивности и сохранности молодняка при использовании НИЛИ дает основание отнести его к разряду высокоэффективных биологически активных инновационных биофизических методов стимуляции иммунокомпетентных свойств колострального молока коров и первотелок при создании экологически чистой энергосберегающей технологии выращивания крупного рогатого скота [117].

Низкоинтенсивное лазерное излучение также оказывает положительное влияние на формирование физиологических функций органов системы дыхания и сердечно-сосудистой деятельности, так в фазе новорожденности стабилизация физиологических показателей происходит уже после трехкратного воздействия лазерного излучения [111-112]. Лазерное воздействие оказывает иммунокорректирующее и репаративное действие [23, 28, 32, 33, 62, 79, 132]. Также установлено, что при воздействии НИЛИ наблюдаются положительные изменения в процессах метаболизма, повышается общая жизнеспособность организма, его резистентность к неблагоприятным факторам окружающей среды, расширяются пределы его адаптивных возможностей [51]. Результаты анализа изменения активности ферментов, предоставляющих ценную информацию о первичных биохимических механизмах стимулирующего действия лазерного излучения на функциональную активность клетки [38, 137] показали, что ферменты цикла трикарбоновых кислот, увеличивают свою активность при воздействии стимулирующими дозами низкоэнергетического лазерного излучения, а это в свою очередь дает толчок окислительно-восстановительным процессам [59-61]. При воздействии лазерного света на живой организм происходит увеличение биосинтеза нуклеиновых кислот, а также увеличение митохондрий и рибосом, что свидетельствует об активизации ядерного аппарата клетки [25-27, 71, 94, 124].

Исследованиями [24] определено, что активация биоэнергетических процессов под воздействием НИЛИ стимулирует выработку универсального

источника энергии аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) в митохондриях, ускоряя ее образование, повышая метаболическую активность клетки, стимулирует работу дыхательной цепи, вызывает перестройки в мембранных структурах митохондрии. Кровь и кроветворная система особенно чувствительны к лазерному излучению [101, 108, 109]. Так при воздействии НИЛИ в сыворотке крови происходит увеличение белка, что отражает регенераторную направленность действия инфракрасного спектра низкоинтенсивного импульсного лазера [140]. Установлена взаимосвязь низкоинтенсивного излучения с повышением микроциркуляции крови [53, 54, 143] и доказано стимулирующее влияние на систему лимф микроциркуляции [54]. Воздействие лазерного излучения на животных достоверно увеличивает количество лейкоцитов в периферической крови [99]. НИЛИ тормозит разрушение клеточных органелл тканевых компонентов и активирует их восстановление [133], также повышается способность клеток к образованию новых органелл с улучшением микроциркуляции [137]. Имеется подтверждение стимулирования репарации хроматина соматических клеток [25-27]. Проводя анализ динамики качественного состава крови, наблюдалось увеличение содержания эритроцитов, уровня гемоглобина через 24 часа после воздействия лазерного излучения, что свидетельствует об увеличении стойкости эритроцитов против разрушения, но и уменьшении количества лейкоцитов и резервной щелочности. Установлено, что по мере длительного действия низкоинтенсивного лазерного излучения отмечается существенное уменьшение резервной щелочности крови на 24 %, через 24 часа после воздействия лазерного излучения. Рекомендуется рассматривать низкоинтенсивное лазерное излучение, как фактор, стимулирующий неспецифические механизмы защиты органов размножения, оказывающий положительную динамику физиолого-биохимических показателей [20-21].

1.2 Параметры и режимы работы существующих лазеров для воздействия на биологические системы

Безопасность НИЛИ доказана десятками тысяч исследований, проведённых во всем мире. Соответствующее лазерное оборудование имеет множество важнейших характеристик и это не только мощность и длина волны. Для получения максимального эффекта нужно задавать такие параметры как: длина волны, режим работы лазерного источника, мощность, время экспозиции, локализации расположения излучателя, периодичность проведения процедуры. Всё эти параметры необходимо учитывать отдельно и в совокупности. Известно, что лазерный свет – это электромагнитное излучение оптического диапазона, обладающее такими свойствами, как когерентность, монохроматичность, поляризованность, направленность, что позволяет создать большую концентрацию энергии в нужном месте [83, 84, 85, 114, 119]. Определяющим свойством, обеспечивающим высокую эффективность НИЛИ в физиотерапии, является его монохроматичность, и в некоторой степени поляризованность [84, 85].

Установлено, что глубина проникновения НИЛИ в ткани не зависит от частоты повторяемости импульсов. Однако, чем выше мощность на поверхности, тем больше энергии проникнет на нужную глубину, поэтому увеличение частоты для импульсных лазеров используют при воздействии на проекцию внутренних органов как способ повышения эффективности воздействия на большей глубине [83, 84, 127, 128]. Выбор длины волны НИЛИ определяется объёмным распределением поглощаемой энергии, что связано с биофизическими свойствами биотканей [84, 129, 130]. Установлено, что взаимодействие лазерного излучения с биологическим объектом происходит в два этапа: непосредственное получение и поглощение световой энергии, и вторичные ответные реакции, являющиеся, основным «лечебным фактором» [84]. На основе предложенной модели в [84] биологического действия НИЛИ как термодинамического запуска Ca^{2+} процессов стало возможным прогнозирование

результата воздействия при изменении начальных условий. У лазерной терапии появилась серьёзная теоретическая и методологическая основа, позволяющая предсказывать результат проводимых мероприятий по улучшению методики, повышению её эффективности [83, 84].

При объяснении первичного механизма биологического действия НИЛИ В.М. Чудновский [126] одним из первых исходил из изменения под действием лазерного света в пространственно-ограниченном малом объёме коэффициента преломления n (в пределах $\Delta n \sim 10^{-3}$). Изменение коэффициента преломления n и связанного с ним коэффициента диэлектрической проницаемости ϵ биожидкости ведет к изменению активности ионов раствора f_i [84] и соответственно величины редокс-потенциала. Изменение ϵ снижает потенциальные барьеры важнейших биохимических реакций, запуская каскад изменений параметров гомеостаза биологической системы [84].

Установлено [84], что при поглощении лазерного излучения биотканями в связи с их оптической неоднородностью возникают локальные изменения температуры, и создаётся неравновесность для процессов диффузии, так как время температурной релаксации на два порядка меньше времени диффузии ионов в воде. В околосмембранных областях происходят изменения электрического потенциала на мембране и деформация клеточных мембран, что приводит к термодиффузионному оттоку ионов K^+ и Na^{2+} от мембраны, увеличивая дебаевскую длину экранирования мембранного потенциала [84]. Это, в свою очередь, приводит к раскрытию белковых каналов, обуславливающих активный транспорт ионов и полярных молекул, усилению процесса эндоцитоза [84].

В импульсном режиме эффект выше, чем при непрерывном режиме работы лазера что связано с временем термодинамической релаксации макромолекул (10^{-12} – 10^{-13} с) значительно меньше длительности импульса (10^{-7} с), и очень короткий, световой импульс мощностью в несколько ватт вызывает большой температурный градиент, чем непрерывное излучение в единицы милливатт [84]. Оптимальное время воздействия находится в диапазоне 100–

300 с что связано с полупериодом распространения волн повышенной концентрации ионов кальция, и синхронизацией внешнего воздействия с полупериодом этого процесса - 100 с [84].

Таким образом, для стимулирования работы митохондриального аппарата клетки, активации энергетических, пластических и пролиферативных процессов необходимо воздействовать синхронно с периодом распространения волн повышенной концентрации ионов кальция, от 2 до 5 мин [84]. Исследования [84] также показали, что эффективно комбинирование НИЛИ двух длин волны. Экспозиции и промежуток между воздействиями связаны с полупериодом распространения волн Ca^{2+} – 100 с (1,5–2 мин). Наиболее известные эффективные комбинации различных длин волн: 635 нм (непрерывный или импульсный режим) + 904 нм (импульсный режим) и 445 + 635 нм (в непрерывном режиме) [84]. Использование лазерной терапии при комбинировании НИЛИ импульсных лазеров двух длин волн (635 нм и 904 нм) проводят либо на одну зону попеременно с известными временными интервалами (100 с), либо на разные зоны.

Для каждого объекта существуют наиболее оптимальные длина волны и режим работы. Для лазерного стимулирования предпочтительнее всего длина волны 635 нм при мощности 2–3 мВт и экспозиции 20–40 с на одну точку [84]. Для различных методик экстракорпорального воздействия на проекции внутренних органов чаще всего применяют импульсное ИК НИЛИ с длиной волны 904 нм [84]. При этом решающим фактором эффективности является не только инфракрасный спектр, который обеспечивает большую глубину проникновения световой энергии, а импульсный режим работы таких лазеров [84].

Установлено [84], что при длительности импульсов 100 нс у терапевтических лазеров импульсная мощность должна находиться в пределах 5–100 Вт, поскольку такое соотношение обеспечивает оптимальную энергию импульса и максимально эффективное воздействие. Также выявлено, что чем меньше длительность светового импульса, тем больше импульсная мощность для сохранения оптимальной средней мощности и энергии. Линейная

зависимость доказана, в диапазоне от 10^{-14} до 10^{-7} с, в котором оптимальная импульсная мощность составляет, соответственно, от 109 до 10 Вт. Только импульсные лазеры позволяют изменением частоты в значительных пределах регулировать среднюю мощность, следовательно, энергетическую плотность [84]. Определена минимальная частота, на которой возможно получение результата для импульсных лазеров мощностью 5–100 Вт и длительностью импульсов 100 нс, она составляет 80 Гц [84].

Эффективность лазерного воздействия терапии во многом зависит от значения всех параметров, её составляющих: длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, площадь воздействия и частота для импульсных лазеров. Для первого максимума, действие которого реализуется в менее глубоких слоях, эффективность НИЛИ с длиной волны 635 нм выше, чем с 904 нм, для воздействия на более глубоко лежащие органы необходимо применять импульсный лазерный свет с длиной волны 904 нм [84]. Импульсное ИК НИЛИ (904 нм) лучше применять для воздействия на глубоко расположенные органы.

Оптимальная экспозиция для различных способов воздействия НИЛИ (20–40 с – стимуляция, 2–5 мин – местное и на проекцию) обусловлена синхронизацией с биологическими ритмами физиологического регулирования [85]. Общее время лазерной процедуры не должно при этом превышать 20 мин и максимальный результат достигается не ранее чем через 3–5 ежедневных сеансов [84], Таким образом, современная методология импульсного лазерного воздействия на биологические объекты предусматривает минимизацию энергетических характеристик НИЛИ и её составляющих: экспозиция меньше 5 мин, частота 80 Гц.

Лазерный свет, проникая через кожу, поглощается и рассеивается, и поэтому эффективность воздействия различается в зависимости от глубины расположения объекта обработки и длины волны лазерного источника света (рис. 1.1) [84].

Для лазерной терапии в продаже имеются специальные аппараты. Так например, предлагается использовать оборудование «Лазмик» [95]. Базовый блок аппарата ЛАЗМИК имеет блок управления, на котором регулируются параметры лазерного излучения (частота, мощность), устанавливается время процедуры и производится контроль мощности лазерного излучения.

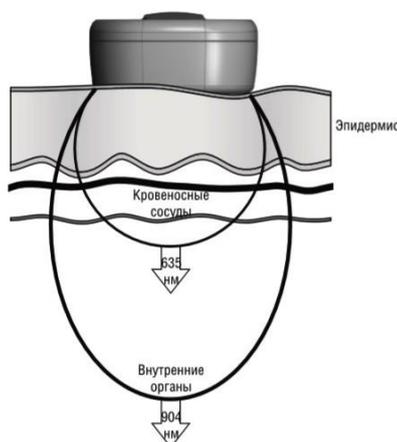


Рисунок 1.1 – Изображение распространения импульсного НИЛИ от матричных излучающих головок к аппаратам «Матрикс» и «Лазмик» (МЛ-904-80, МЛ-904-200 и МЛ-635-40) [84].

Основные характеристики приведены в таблице 1.1. Данные аппараты реализуют все методы лазерной терапии: внутрисполостное воздействие, на акупунктурные точки, на рефлекторные зоны и проекции внутренних органов, на сосуды и органы иммунной системы, внутривенное и надвенное облучение крови.

Таблица 1.1- Варианты исполнения базовых блоков лазерных аппаратов «Лазмик»

- **ЛАЗМИК-01** – 2-х канальный базовый блок – портативен, имеет небольшой вес и удобен для перемещения, позволяет подключать 2 излучающие головки
- **ЛАЗМИК-02** – 4-х канальный блок – удобен для стационарного применения, имеет 4 канала для подключения лазерных головок. Используется при наличии большого количества излучающих головок.
- **ЛАЗМИК-03** – 2-х канальный блок – имеет один выход для излучающих головок и один выход для вакуума.



Имеются характеристики излучающих головок непрерывного действия к оборудованию «Лазмик» (Таблица 1.2.).

Таблица 1.2.- Характеристики излучающих головок

СВЕТОДИОДНЫЕ ИЗЛУЧАЮЩИЕ ГОЛОВКИ К АППАРАТАМ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ЛАЗМИК	
Матричная светодиодная головка непрерывного излучения МСО3	Длина волны: 635 нм (красный спектр) Мощность излучения: 20 мВт Режим работы: непрерывный
Матричная светодиодная головка непрерывного излучения МСО4	Длина волны: 590 нм (желтый спектр) Мощность излучения: 20 мВт Режим работы: непрерывный
Матричная светодиодная головка непрерывного излучения МСО5	Длина волны: 530 нм (зеленый спектр) Мощность излучения: 10 мВт Режим работы: непрерывный
Матричная светодиодная головка непрерывного излучения МСО6	Длина волны: 470 нм (синий спектр) Мощность излучения: 15 мВт Режим работы: непрерывный

Как видно из характеристик длина волны доходит до 635 нМ, что недостаточно для глубокого проникновения в объект исследований. Тем не менее возможна комплектация матричной лазерной головкой импульсного излучения МЛ-904-80. Режим работы соответствует основным требованиям для облучения биологических объектов.

Также выпускается серийно аналогичный аппарат «Матрикс», который может комплектоваться лазерной головкой импульсного излучения ЛО-904-10 с длиной волны уже 904 нМ [95].

Используется в терапии животных аппарат магнито-инфракрасный лазерный РИКТА-МВ-22 квантовой терапии с автономным питанием и двумя лечебными излучателями повышенной мощности [96]. Аппарат, способный оказывать на организм животного одновременное воздействие четырьмя лечебными факторами: импульсным инфракрасным (ИК) лазерным излучением, пульсирующим широкополосным ИК излучением, пульсирующим красным светом и постоянным магнитным полем (Рис 1.2). Данное оборудование требует особой подготовки для работы с животными.



Рисунок 1.2 – Внешний вид аппарата магнито-инфракрасный лазерный РИКТА-МВ-22

Наиболее приемлемым для дальнейших исследований и приспособленным для установки в создаваемое оборудование является полупроводниковый лазерный ветеринарный аппарат "СТП". Так, например, «СТП-9» позволяет проводить лечение и профилактику животных больных эндометритом субинволюцией матки, маститом, а также дает положительные результаты при лечении ожогов, ран, миозитов и других заболеваний воспалительного характера. Лечение осуществляется низкоинтенсивным лазерным импульсным излучением от полупроводниковых лазерных диодов, средняя мощность которых не более 0,3 Вт с длиной волны 0,87-0,97 мкм (870...970 нм) и частотой модуляции от 10 до 2000 Гц [97]. Внешний вид аппаратов типа «СТП» представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3- Внешний вид аппаратов типа «СТП»

Данный аппарат можно будет вмонтировать в специализированную установку для обработки животного лазерным излучением.

1.3 Результаты исследований по воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения на иммунную систему животных

Стимулирующий эффект от лазерного света объясняется общебиологическим и адаптационным воздействием на защитно-компенсаторные механизмы на клеточном, тканевом, органном уровнях, способствующим активации саморегуляции [32, 33].

При наличии различных механизмов рецепции и трансформации энергии лазерного излучения низкой интенсивности живыми системами наблюдаются положительные изменения в процессах метаболизма. Снижается гипоксия в тканях, повышается их регенеративный потенциал, повышается жизнеспособность организма, его ответ к неблагоприятным факторам окружающей среды, но механизм данного взаимодействия остается до конца не изученным. Экспериментальные исследования, направленные на познание иммуноморфологических проявлений, являются эпизодическими [7, 13, 51].

Анализируя изменение активности ферментов, установлено, что они увеличивают свою активность при воздействии стимулирующими дозами низкоэнергетического лазерного излучения, что в свою очередь дает толчок окислительно-восстановительным процессам [38, 59, 60, 136].

Лечебные эффекты лазеротерапии обусловлены иммунными реакциями, а иммуноциты являются одной из основных фоточувствительных областей в организме, установлено, что лазерное излучение действует лишь на иммуноциты с нарушенной функциональной активностью [52, 78, 92, 116, 142]. Анализ данных в литературе о воздействии лазерного излучения на иммунную систему подтверждают сложность разрешения данной проблемы [14, 43, 44, 66, 109, 141, 145, 146]. Имеющиеся данные подтверждают связь НИЛИ с механизмами неспецифической резистентности [35, 131, 138, 149, 151]. Подтвержденные клинические и экспериментальные данные, свидетельствуют о стимулирующем действии гуморального и клеточного иммунитета при оптимальных параметрах действия лазерного света [73, 76, 110, 116, 146]. Установлено, что

на изменение климатических условий иммунная система реагирует увеличением концентрации Т- и В-лимфоцитов, уровня иммуноглобулинов – IgA, IgM, IgG, а симпатoadреналовая система – ростом уровня катехоламинов; при этом на стабилизацию указанных показателей уходит около 14 суток [78]. В тоже время при применении лазерной стимуляции период адаптации сокращается (на 5-6 суток), а значит лазер можно применять для ускорения процессов адаптации [25, 102].

Выявлено стимулирующее влияние НИЛИ на естественную резистентность организма телят. Полученные данные подтверждаются лабораторными исследованиями по определению уровня бактерицидной (БАСК) и лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК), фагоцитарной активности нейтрофилов опытных животных (ФА). У обработанных телят показатели БАСК, ЛАСК, ФА были выше в среднем на 5,7; 3,6; 5,4 % соответственно по сравнению с животными, не подвергавшимся воздействию лазера [91]. При воздействии лазерного излучения в крови телят происходит увеличение клеточного и гуморального иммунитета, показателей фагоцитарной активности до 42 % в различные периоды, фагоцитарного числа, коэффициента завершенности фагоцитоза – до 100 %, фагоцитарного индекса. Все это способствует высокому уровню естественной резистентности молодняка, также происходит увеличение количества общего белка, белковых фракций сыворотки крови (альбуминов до 12 % и γ -глобулинов до 13,4 %) [111-112]. При помощи НИЛИ проводили коррекцию иммунного дефицита у новорожденных телят и установили, что лазерное воздействие на область молочной железы, у коров после отела, способствует увеличению в молозиве факторов неспецифической защиты, которые поступая в организм телят, предупреждают появление иммунодефицита [58]. При воздействии лазером на организм животных отметили повышение резистентности эритроцитов, что объясняется выбросом в периферическую кровь высокоустойчивых молодых форм эритроцитов. У белых крыс после лазерной стимуляции наблюдается увеличение количества кислотоустойчивых форм эритроцитов, что приводит к сдвигу эритрограмм влево (т.е. в сторону

увеличения в периферической крови молодых форм красных кровяных телец) [56, 106].

Литературные данные говорят о том, что в основе терапевтического действия лазерного излучения лежит активизация в организме животных общего и местного неспецифического иммунитета, и повышения метаболизма питательных веществ [5, 40-41, 57, 79]. Чаще всего профилактику различных болезней и повышение иммунитета животных проводится медикаментозными методами [40]. На сегодняшнем этапе развития ветеринарии, остается потребность в современных, результативных, безвредных средствах и методах лечения животных, и лазерная терапия может послужить универсальным и очень полезным дополнением к существующим методам лечения.

Актуальным представляется изучение влияния лазерного излучения малой мощности на организм овец и такие исследования проводятся в Ставропольском ГАУ. Проводились исследования по воздействию НИЛИ на воспроизводство овец [8-11, 103, 104]. Воспроизводительная способность сельскохозяйственных животных имеет большое значение, так как с ней связана рентабельность отрасли. В результате воздействия НИЛИ на маток овец были получены результаты по плодовитости маток, выживаемости молодняка [8]. Воспроизводительные качества маточного поголовья определялись по следующим показателям: плодовитость – по количеству ягнят с учётом живых и мертворожденных ягнят, полученных на 100 обьягнвившихся маток; сохранность молодняка учитывалась по количеству родившихся живых ягнят и численностью молодняка в период отъема. Причины падежа молодняка устанавливались в соответствии с данными хозяйственного учёта и ветеринарных документов. Наиболее жизнеспособными оказались ягнята опытных групп (Рисунок 1.4). Сохранность молодняка этих групп от рождения до отъема (4 месяца) составила 95,2 и 95,8 %. После отъема ягнят и в последующие возрастные периоды сохранность была положительна, что свидетельствует о положительном влиянии низкоинтенсивного лазерного излучения на жизнеспособность молодняка.

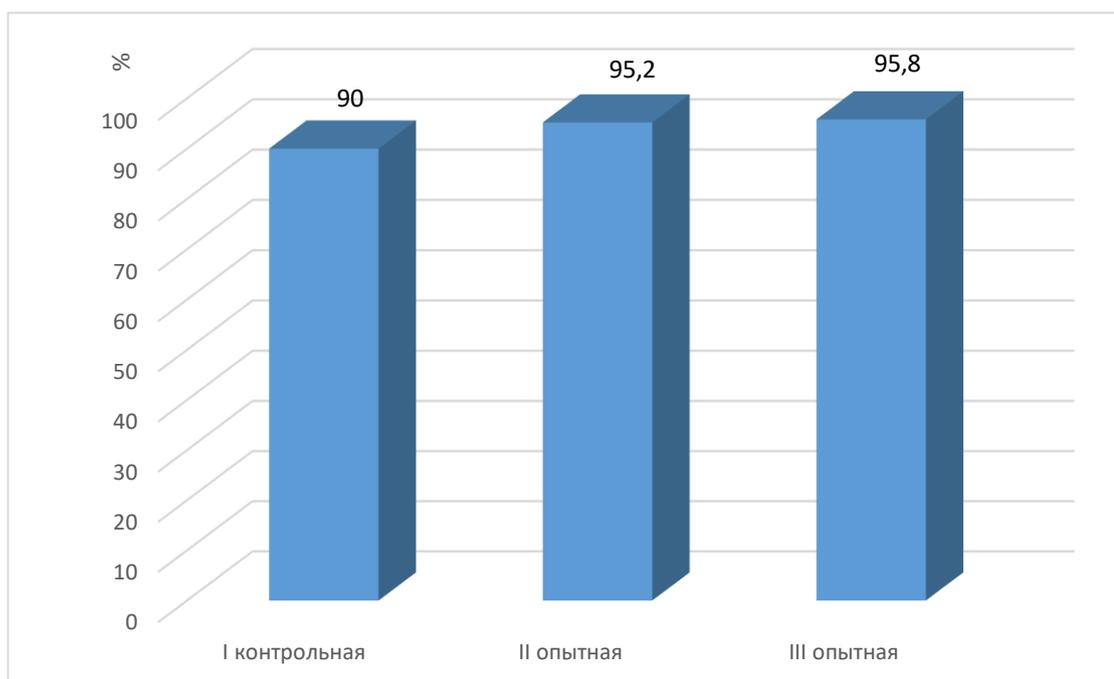


Рисунок 1. 4 – Сохранность молодняка к 4-месячному возрасту, %

1.4 Выводы, цель работы и задачи исследований

Анализ литературных источников и исследования автора показывают, что актуальными являются работы по воздействию НИЛИ на биологические объекты. Многочисленными учеными доказана безопасность воздействия лазера на животных и его терапевтическая эффективность. Имеются исследования по влиянию лазерного излучения на иммунные системы животных. В тоже время существует **проблема**: при наличии большого количества исследований в лазерной терапии и соответствующего оборудования отсутствуют автоматизированные установки для лазерного воздействия на отдельные виды животных, например, для овец.

Гипотеза. Проведение исследований по особенностям проникновения лазерного излучения через биологические ткани животного, можно разработать автоматизированную лазерную установку для получения

стабильных результатов по повышению продуктивных показателей молодняка овец.

Цель исследований. Обосновать параметры и режимы лазерной автоматизированной установки для повышения продуктивных показателей молодняка овец.

Задачи исследований:

– провести теоретические исследования по проникающей способности лазерного излучения через биологические ткани и провести моделирование физических процессов при лазерном облучении шейного отдела молодняка овец;

- на основе результатов моделирования обосновать место расположения лазера и необходимые параметры и режимы лазерной установки;

- обосновать конструктивно-технологическую схему установки для воздействия на молодняк овец и разработать алгоритм управления ее работы;

- изготовить автоматизированную лазерную установку для лазерного облучения молодняка овец и провести экспериментальные исследования по подтверждению теоретических значений параметров и режимов этой установки;

- провести испытания установки на овцеферме по подтверждению стабильности повышения мясной продуктивности;

– дать оценку экономической эффективности использования разработанной установки при выращивании овец.

2. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ УСТАНОВКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

2.1 Разработка математической и компьютерных моделей физического процесса в объекте исследований

Перед математическим моделированием необходимо получить первичные знания об объекте исследований. Для этого исследуем шейный отдел овцы и определим оптические и физические параметры всех составляющих, а также разработаем геометрическую модель. Моделирование будет вестись в программном продукте Comsol Multiphysics. Для построения температурных полей в нашем объекте будем применять численный метод расчета, а именно конечных элементов. Этот метод использует Comsol.

При взаимодействии излучения с биотканями происходит их нагрев. Количество тепла зависит от энергии излучения, времени воздействия и коэффициентов поглощения. При этом происходит локальное увеличение температуры в объекте. Установлено в литературе, что при изменении температуры от 37°C до 42°C не происходит нарушений тканей. Термическое повреждение тканей начинается при температурах 42°C - 50°C. Следовательно, нельзя проводить облучение энергией, в результате которой температура биоткани превысит 42°C.

Дифференциальное уравнение движения тепловых потоков в общем виде можно выразить широко известным выражением:

$$\rho \cdot c_{cp} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \rho \cdot c_{cp} \cdot u \cdot \nabla T + \nabla q = \sum Q_{тл}, \quad (2.1)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³; c_{cp} – общая теплоемкость среды, Дж/(кг·°C); u – скорость конвективных потоков, м/с; $q = -k_T \nabla T$ – плотность движения теплового потока, Вт/м²; ∇ – оператор Гамильтона k_T – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C); $\sum Q_{тл}$ – общая интенсивность тепловыделений, в данном случае за счет лазерного излучения, Вт/м³; T – температура, °C.

Второе слагаемое связано с конвективной составляющей теплообмена. При рассмотрении биоткани это слагаемое имеет отношение к потоку крови. Кровь может как поглощать тепло, так и добавлять его. В литературе [1, 24, 30] имеются соответствующие аналитические выражения для описания процессов, связанных с движением крови. В тоже время указывается, что при изменении температуры биоткани поток крови изменяется не сразу, а через 60-90 секунд. Так как мы собираемся обрабатывать объект не более как 1 минуту в одной точке, то температуру крови можно принять постоянной.

Таким образом с учетом вышесказанного и того что лазерный луч будет один уравнение 2.1 будет выглядеть следующим образом:

$$\sum \rho_i \cdot c_i \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \sum \nabla q_i = Q_{\text{тл}}, \quad (2.2)$$

где ρ_i , c_i – соответственно плотность и теплоемкость i –той структуры среды; q_i – теплопроводности отдельных i –тых сред.

Для создания математической модели необходимо установить краевые условия: начальные, граничные, геометрические, физические. В качестве начальных условий принимаем температуру объекта равную температуре тела животного, то есть 39°C и температура окружающей среды также постоянна и равна 25°C. На протяжении всего процесса температура внешней среды не изменяется, то есть постоянна. Плотность теплового потока постоянна по поверхности и во времени. В качестве граничных условий третьего рода принимаем, что теплообмен между поверхностью объекта исследований и окружающей средой происходит в соответствии с законом Ньютона-Рихмана и который можно записать:

$$q_{\text{ст}} = h(T_0 - T), \quad (2.3)$$

где $q_{\text{ст}}$ – теплопроводность наружной поверхности шеи или тепловые потери через кожу, Вт/м²; T_0 – температура воздуха внешней среды, °C; T – текущее значение температуры поверхности, °C; h – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°C).

Таким образом количество теплоты, отдаваемое поверхностью тела пропорционально разнице температур и коэффициенту теплоотдачи.

Для анализа количества тепла, выделенного при прохождении лазерного луча через биоткань, необходимо использовать существующие законы и принять допущения для частного случая. Оптические свойства биоткани зависят от многих параметров, в том числе существенных и несущественных. При прохождении лазерного пучка через биоткань он ослабляется в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера [1]:

$$I(z) = (1 - R) \cdot I_0 \cdot \exp(-\mu_a z), \quad (2.4)$$

где z – оптическая ось и толщина биоткани; R – коэффициент отражения при нормальном падении луча; I_0 – начальная интенсивность излучения, μ_a – коэффициент поглощения среды.

Коэффициент отражения рассчитывается по формуле [1]:

$$R = \left(\frac{1-n}{1+n} \right)^2, \quad (2.5)$$

где n – показатель преломления биологической ткани.

Анализ данных в источниках [1, 2] показывает, что коэффициент преломления кожи и остальных составляющих объекта исследований находится в пределах от 1,35 до 1,5. Таким образом коэффициент отражения, рассчитанный по формуле 2.5, находится на уровне 0,03. Следовательно, в дальнейшем анализе его можно не учитывать, тем более что поток излучения будет задаваться на уровне среднего значения и с учетом нормального закона распределения по поверхности. В тоже время известно, что при удалении лазера от обрабатываемой поверхности приводит к значительному снижению интенсивности потока, поступающего в зону воздействия. Так по данным [70-71], такое снижение может достигать 30-50% от исходного потока лазера.

Структура шейного отдела овцы достаточно сложна, но для наших расчетов мы выделим главные составляющие: кожа, мышечная ткань, позвоночник со спинным мозгом, пищевод с внутренним содержимым, трахеи и тимус.

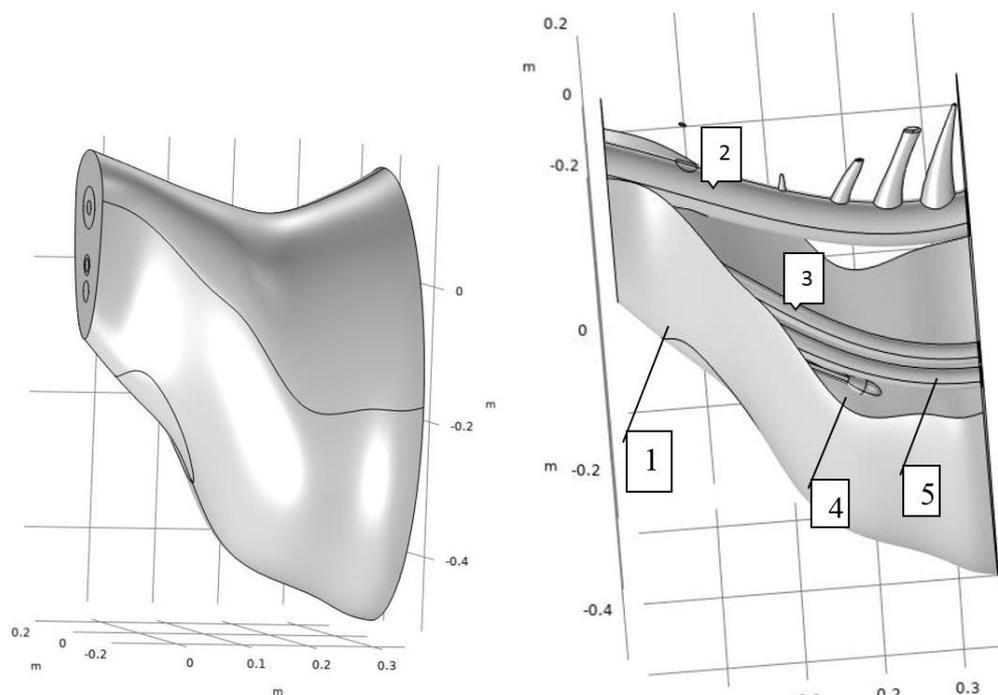
Коэффициенты поглощения отдельными структурными составляющими биотканей взяты [2, 70-71] и сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.-Коэффициенты поглощения шейного отдела овцы

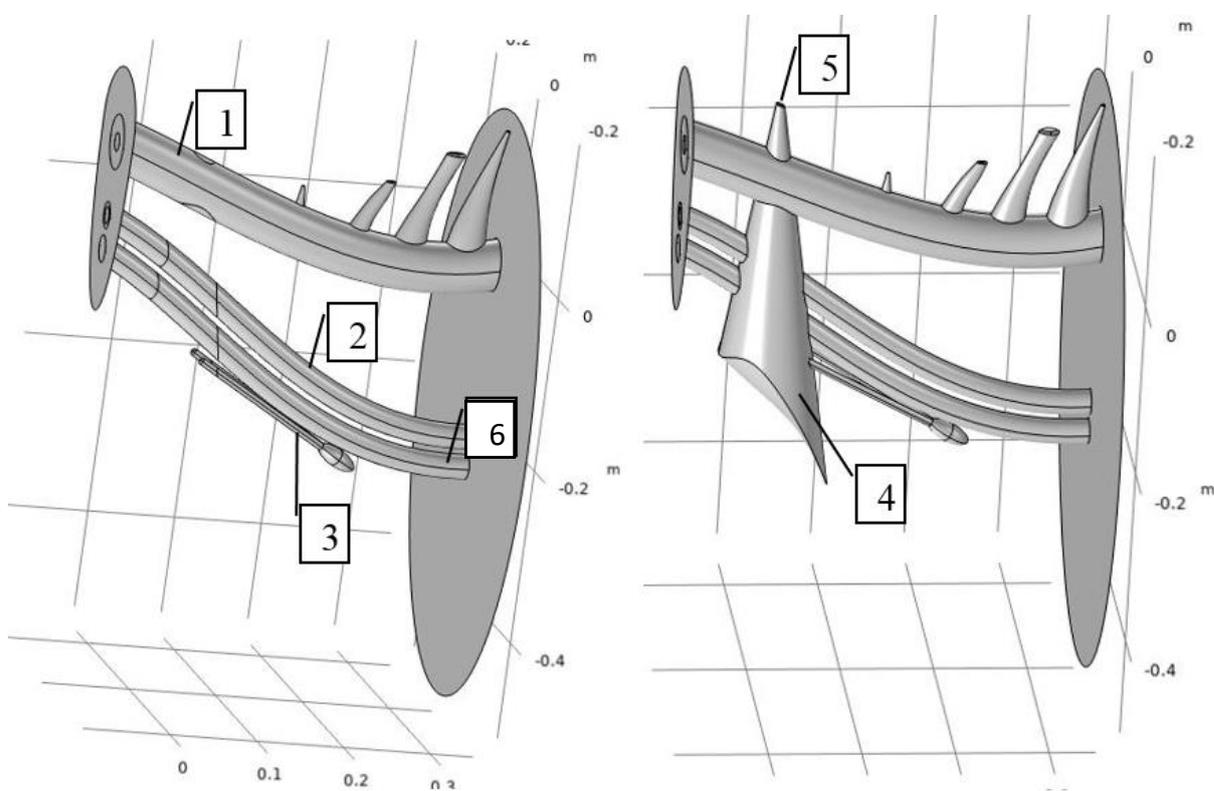
Составляющие	Коэффициент поглощения по литературе, см ⁻¹	Принятый коэффициент поглощения
кожа	0,4	0
Мышечная ткань	0,5-1	0,5
Кость	4	4
Спинной мозг	3	3
Стенки пищевода	0,8-0,9	0,8
Внутренности пищевода	0,01-0,1	0,1
Трахеи	0,8	0,8
Жир, тимус	5-7	5

Физические характеристики, в том числе теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость будут подгружаться автоматически из библиотеки программного продукта.

Следующий этап — это разработка геометрической модели объекта исследований. На основании ветеринарных данных по молодняку овец была разработана геометрия шейного отдела ягненка. Разработка геометрической модели велась в ПО Comsol и представлена на рисунке 2.1. Источник излучения первоначально разместим на поверхности шеи. С точки зрения эксплуатации лазерной установки в реальных условиях удобнее всего поводить облучение шейного отдела лазером сверху. Это позволит заводить и выводить животное из станка без помех для автоматически перемещаемой площадки с лазером. Тогда размещаем источник лазерного излучения сверху на расстоянии 5-10 см от поверхности объекта обработки. С учетом паспортного угла рассеяния зона облучения будет иметь вид как на рисунке 2.2. Непосредственно геометрия тимуса изображалась как представлена в литературе и ее вид в программе показан на рисунке 2.3.



1-наружная часть шеи; 2- позвоночник; 3-пищевод; 4-тимус; 5-трахея
 Рисунок 2.1.- Вид геометрической модели шейного отдела ягненка



1-позвоночник; 2- пищевод; 3-тимус; 4-зона облучения от лазера; 5-источник лазерного излучения; 6-трахея.
 Рисунок 2.2.- Внутренний вид структурных элементов геометрической модели с источником излучения

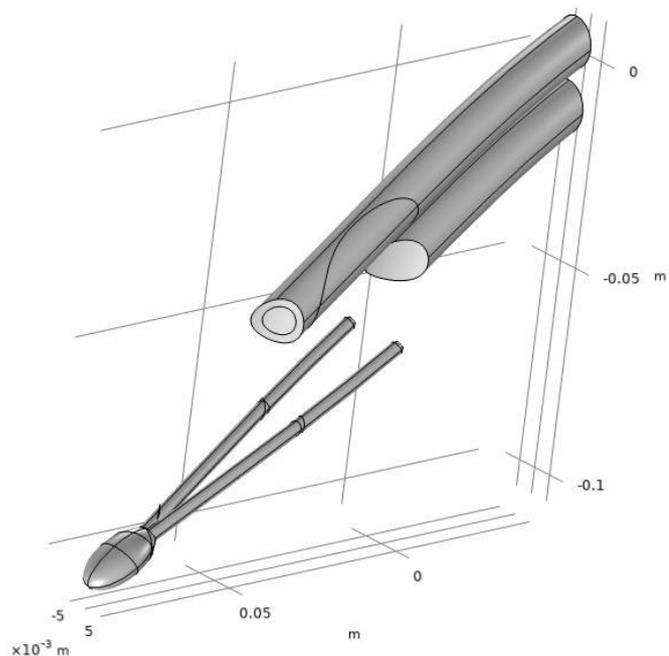


Рисунок 2.3 Вид геометрии тимуса и частей пищевода и трахеи.

После построения геометрии весь объект разбит на домены с помощью специальной вкладки построения сетки. Программный продукт сам выбирает размеры элементов сетки в зависимости от геометрии отдельных элементов и типа физического процесса подлежащего исследованию. В итоге оказалось, что объект включает 2115091 доменов и их размер находится в интервале от 7 мм до 0,5 мм. Вид объекта с нанесением сетки представлен на рисунке 2.4.

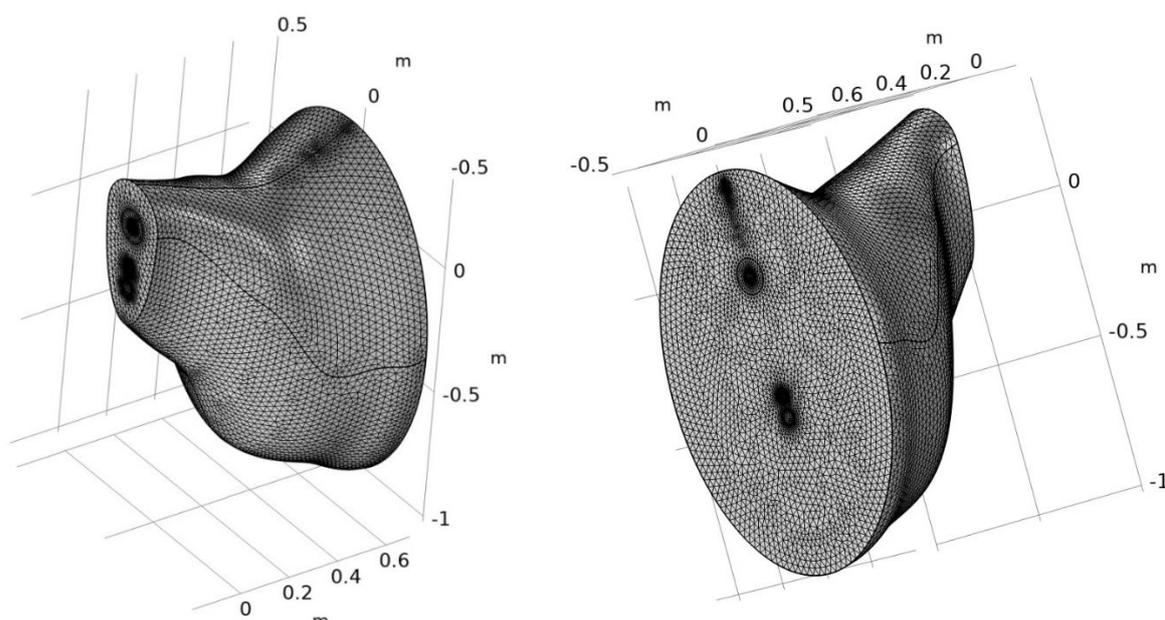


Рисунок 2.4- Вид геометрической модели с нанесением расчетной сетки

Выбор интерфейсов программного продукта осуществлялся исходя из протекающих физических процессов. Так для анализа тепловых полей в объекте был принят интерфейс «Heat Transfer in Solids», то есть теплопередача в телах. Исследование проникновения лазерного излучения в биоткани проводилось с применением интерфейса «Radiative Beam in Absorbing Media», то есть излучение с абсорбированием в материалах. Также известно, что лазерное излучение происходит импульсами с определенной частотой согласно паспорту прибора СТП-9. Тогда необходимо организовать переменную для создания частотного излучения. Для этого в блоке «Definitions» применяем вкладки «Analytic» и «Rectangle», где формируется частотная переменная. Расчеты в интерфейсах «Heat Transfer in Solids» и «Radiative Beam in Absorbing Media» будут связываться через вкладку «Multiphysics», что позволит производить учет их взаимного влияния. Математическое описание тепловых процессов в интерфейсе «Heat Transfer in Solids» произведено на основе уравнения теплопередачи (2.2). Поверхность кожи моделировалась с использованием вкладки «Thin Layer» (тонкие пленки), так ее толщина значительно меньше остальных биотканей. Теплоотдача с поверхности кожи моделировалась во вкладке «Heat Flux» с расчетом коэффициентов теплоотдачи согласно геометрическим размерам и определением текущей разницы температур. В качестве начальных условий принята температура тела животного $T_{0ж}=38^{\circ}\text{C}$, а окружающая температура воздуха равна $T_{0в}=24^{\circ}\text{C}$.

Настройка интерфейса «Radiative Beam in Absorbing Media» происходила следующим образом. В качестве ограничений принято, что луч лазера распространяется в одном направлении, проходящий свет через биоткани не испытывает внутренних преломлений и отражений, приданной длине волны лазера не наблюдается значительного излучения материала. Таким образом, интенсивность излучения, проходящего через материал, снижется по мере прохождения луча и поглощения соответствующей средой. Закон Бугера-Ламберта в ПО Comsol представлен как:

$$\frac{e_i}{|e_i|} \cdot \nabla I_i = -k_i I_i, \quad (2.6)$$

где e_i – ориентация i -го луча, k_i – коэффициент поглощения i -той среды; I_i - интенсивность i -го луча.

Общее тепловыделение связано с интенсивностью луча следующим образом:

$$Q_{\text{ТЛ}} = \sum k_i I_i, \quad (2.7)$$

В данном компьютерном продукте интенсивность излучения зависит от мощности излучения лазера по формуле:

$$I_0 = P_{\text{ср}} \cdot f(O, e), \quad (2.8)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средняя мощность лазера, Вт; $f(O, e)$ – функционал по площади, зависящий от координаты точки излучения O , распределения интенсивности излучения по излучаемой площади и направления оси излучения, (вектор e), м^2 .

Функционал по площади $f(O, e)$ связан с распределением интенсивности излучения по излучаемой поверхности. Он может задаваться по распределению Гаусса или равномерно по площади. Расчеты проводились в обоих вариантах. В первом варианте принималось распределение Гаусса при стандартном отклонении равном 2,5 мм. Во втором случае принимали равномерное распределение с радиусом излучающего окна $R_{\text{ок}}=5$ мм (данный размер по паспорту на СТП-9) и отклонением $\Delta R=4$ мм, так как животное тоже будет иметь какую-то динамику. В обоих вариантах получены схожие данные. Однако по распределению Гаусса более адекватные результаты по снижению интенсивности излучения до поверхности шеи. Поэтому все дальнейшее моделирование проводилось по первому варианту.

Средняя мощность будет выделяться с учетом импульсной работы лазера:

$$P_{\text{ср}} = P_0 \cdot \text{shim}(t), \quad (2.9)$$

где P_0 - излучающая мощность лазера, (по паспорту 1,5 Вт).

Тогда математическая модель физических процессов при облучении объекта в программном продукте с учетом начальных и граничных условий выглядит так:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \rho_i \cdot c_i \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \sum \nabla q_i = Q_{\text{ТЛ}} \\ q_i = -k_{Ti} \nabla T \\ \frac{e_i}{|e_i|} \cdot \nabla I_i = -k_i I_i \\ Q_{\text{ТЛ}} = \sum k_i I_i \\ I_0 = P_{\text{ср}} \cdot f(O, e) \\ f(O, e) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right); d = \frac{\|e \times (x-o)\|}{\|e\|} \\ P_{\text{ср}} = P_0 \cdot \text{shim}(t) \\ q_{\text{сТ}} = h(T_0 - T); T_{0\text{В}} = 24^\circ\text{C}; T_{0\text{Ж}} = 38^\circ\text{C} \\ G_{\text{Sh}} = G_{\text{Sh}}(X, Y, Z); \end{array} \right. \quad (2.10)$$

где $G_{\text{Sh}} = G_{\text{Sh}}(X, Y, Z)$ – геометрическая модель шеи.

Решение будем проводить в нестационарном режиме в течении 1 минуты.

На рисунке 2.4 показаны температурные поля шеи в объеме и в разрезе по линии показанной на левой части рисунка. На правой части в разрезе видно, что максимальная температура находится на поверхности и постепенно уменьшается по глубине проникновения. Повышение температуры наблюдается на поверхности позвоночника из-за высокого значения коэффициента поглощения.

По линии, показанной на правой части рисунка 2.5, построены графики зависимости температуры от глубины проникновения излучения (Рис.2.6). График отражает также отдельные линии по времени обработки. Можно увидеть, что максимальное значение температуры находится на поверхности шеи при времени 60 секунд и составляет 47°C . Второй всплеск температуры находится на поверхности позвоночника и при том же времени температура равна $41,5^\circ\text{C}$. Чтобы не получить, перегрев нужно конечно сократить время облучения до 10 секунд и тогда температура на поверхности шеи снизится до 41°C .

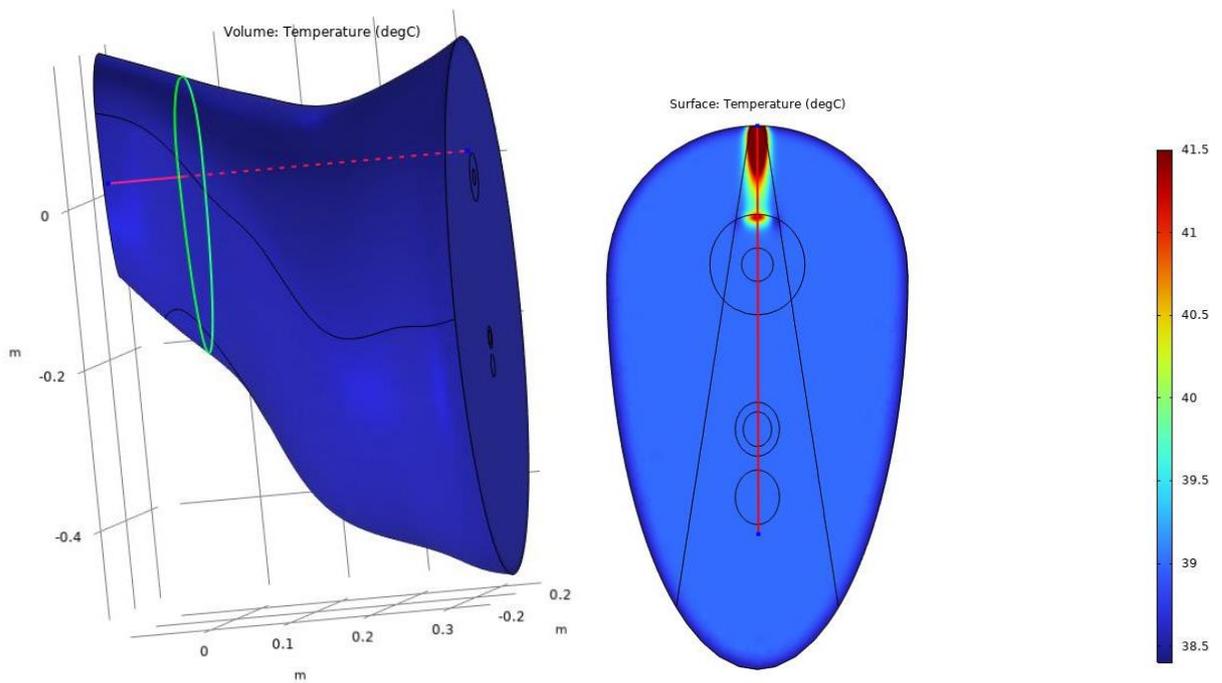


Рисунок 2.5.- Изображения температурных полей шеи в объеме и в разрезе через 60 с работы

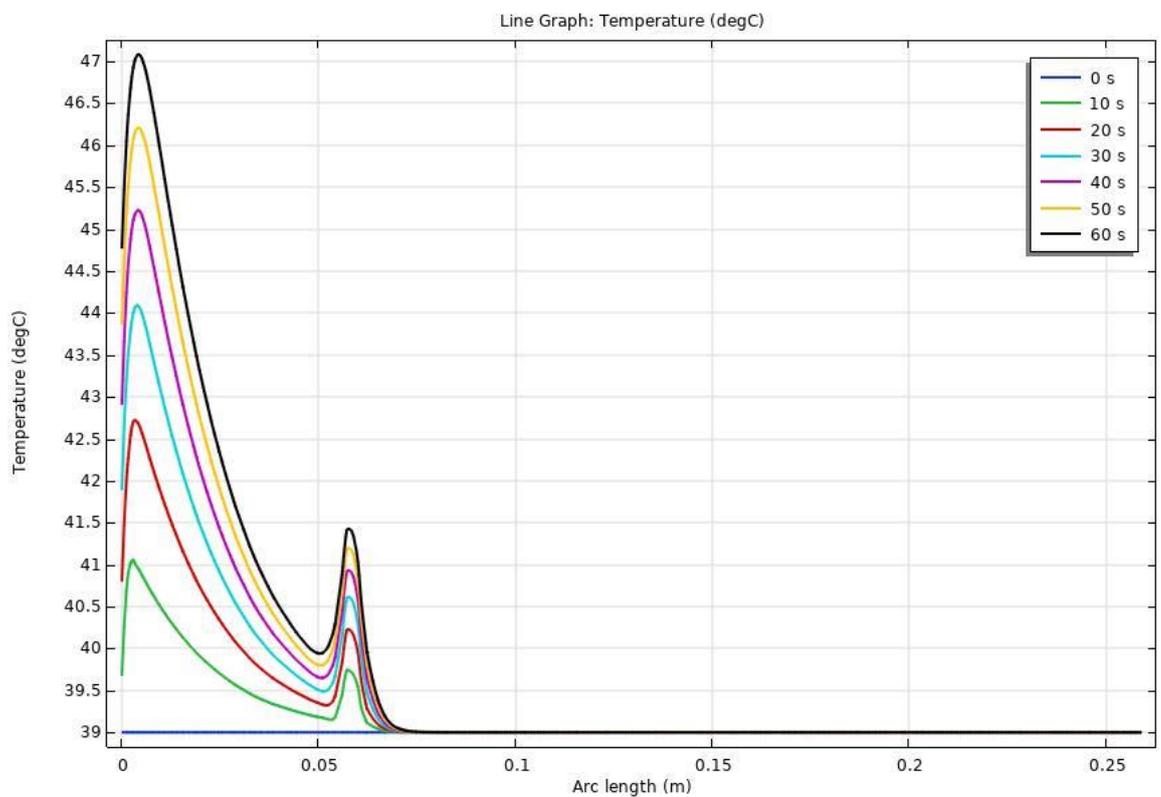


Рисунок 2.6- Графики зависимости температуры от глубины проникновения излучения и при разном времени работы

На всех рисунках можно зафиксировать, что тимус не повышает свою температуру. На рисунке 2.5 можно увидеть, что тимус не попадает в зону облучения из-за позвоночника, пищевода и трахеи. Также по температурному графику (Рис.2.6) видно, что температура отделов шеи после позвоночника практически равна начальной температуры тела. Для уточнения этого положения построены изображения интенсивности излучения в шее (Рис.2.7).

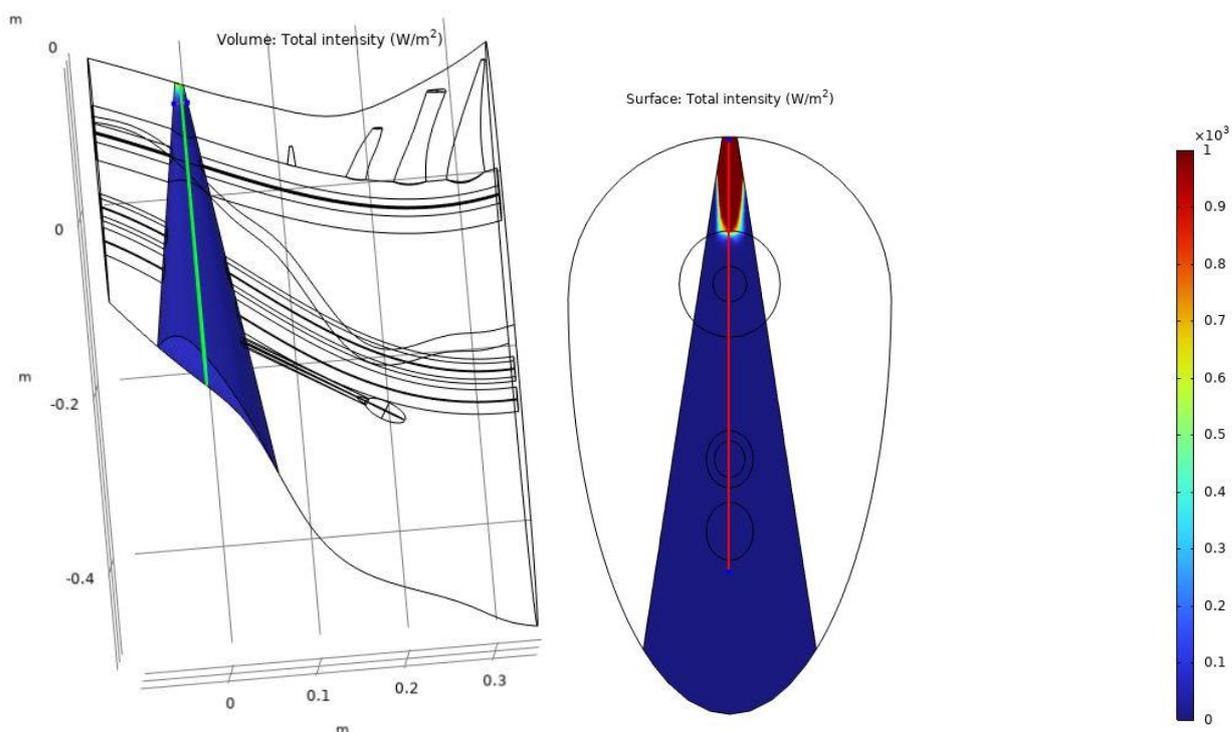


Рисунок 2.7.- Изображения полей изменения интенсивности излучения в шее, объемный вид и в разрезе

По рисунку 2.7 можно заключить, что наибольшая интенсивность находится около источника и далее она уменьшается, доходя постепенно до позвоночника. По линии на правой части рисунка 2.7 построен график изменения интенсивности излучения по глубине всех биотканей (Рис.2.8). Из рисунка 2.8 можно установить границу проникновения излучения, и она соответствует расстоянию от поверхности размещения позвоночника. Таким образом излучение за позвоночник практически не проходит. Следовательно, необходимо смещать источник излучения в сторону от позвоночника и остальных

внутренних составляющих шейного отдела ягненка. Кроме того, необходимо скорректировать геометрическую модель на предмет переноса источника излучения на какое-то расстояние от шеи, так как при эксплуатации будет трудно каждый раз прикладывать лазер к объекту. Более эффективно будет если проводить облучение в нескольких точках перемещая лазер вдоль шеи.

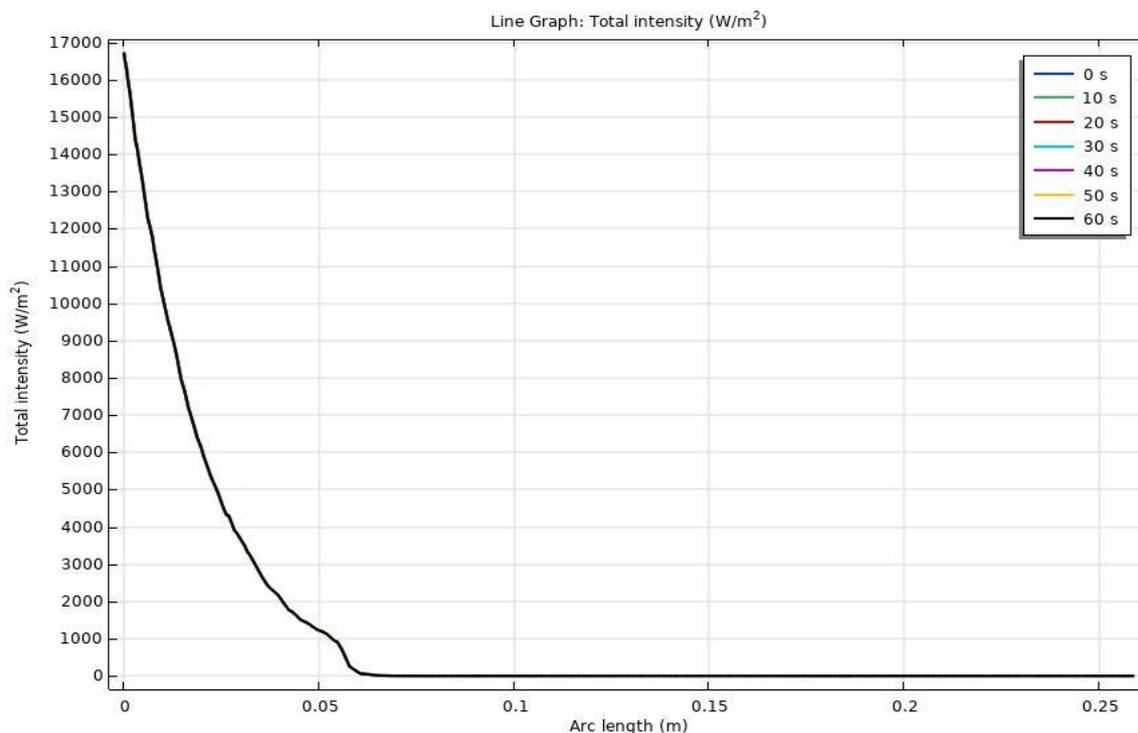


Рисунок 2.8. График зависимости интенсивности излучения от глубины проникновения луча

2.2 Корректировка математической и компьютерной моделей для установки лазерного облучения

На основе исследований изложенных в предыдущем параграфе необходимо провести корректировку математической и компьютерных моделей физических процессов в объекте исследований. Первоначально отредактируем геометрическую модель шейного отдела ягненка. После анализа прохождения луча через верхнюю часть шейного отдела было установлено, что внутренние органы шеи перекрывают поступающую энергию от лазера. Кроме того,

решено было проводить облучение в трех точках шейного отдела для увеличения вероятности попадания энергии на тимус. В результате изменения геометрии получена соответствующая модель шейного отдела. Так в поперечном разрезе (Рис.2.9) показан угол отклонения от вертикальной оси чертежа точек излучения, который составил 20° . Также на этих разрезах видно удаление источника излучения от шейного отдела, дистанция находится в интервале от 4,3 см до 4,8 см. Расстояние между точками излучения составляет 4,2 см.

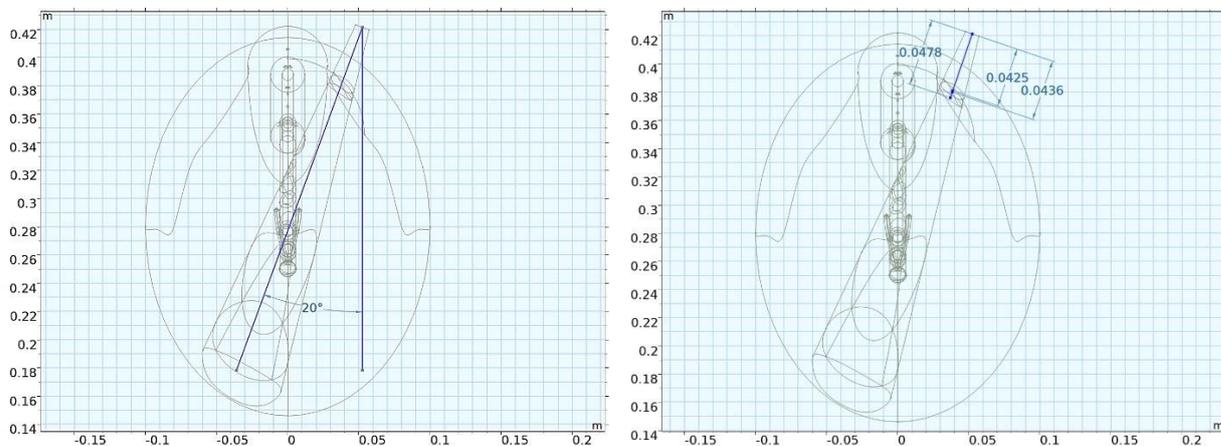


Рисунок 2.9- Вид в разрезе шейного отдела с нанесением размеров положения лучей лазера

На рисунке 2.10 показаны новые зоны облучения шейного отдела.

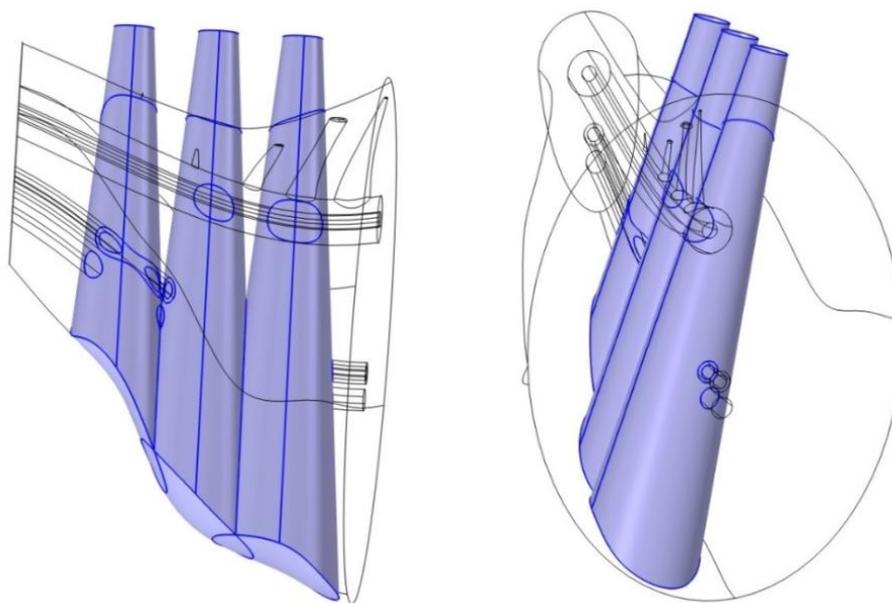


Рисунок 2.10- Вид зон облучения шейного отдела

После изменения геометрии объекта математическую модель можно представить в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \rho_i \cdot c_i \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \sum \nabla q_i = Q_{\text{ТЛ} j} \\ q_i = -k_{Ti} \nabla T \\ \frac{e_i}{|e_i|} \cdot \nabla I_i = -k_i I_i \\ Q_{\text{ТЛ} j} = \sum k_i I_{ij} \\ I_{0j} = P_{\text{ср}} \cdot f(O_j, e); j = 1, 2, 3 \\ f(O, e) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right); d = \frac{\|e \times (x-o)\|}{\|e\|} \\ P_{\text{ср}} = P_0 \cdot \text{shim}(t) \\ q_{\text{ср}} = h(T_0 - T); T_{0\text{в}} = 24^\circ\text{C}; T_{0\text{ж}} = 38^\circ\text{C} \\ G_{\text{sh}} = G_{\text{sh}}(X, Y, Z); g_{\text{beam}} = g_{\text{beam}}(x_j, y, z) \end{array} \right. \quad (2.11)$$

где $Q_{\text{ТЛ} j}, I_{0j}$ – тепловыделения и интенсивности излучения отдельными j -ми точками расположения луча; O_j – центр геометрического места j -го луча; $g_{\text{beam}} = g_{\text{beam}}(x_j, y, z)$ – геометрическое место j -го луча, изменяется только по оси x .

Первоначально была установлена длительность облучения в каждой точке 1 минута и расчетные данные моделирования выводились в отдельные файлы через 10 секунд. Результаты протекания физических процессов в первой точке были следующими. На рисунке 2.11 изображена интенсивность излучения лазера в объёмном виде и в поперечном разрезе. Здесь видно, как луч достигает кожного покрова и его интенсивность резко уменьшается по глубине проникновения.

На рисунке 2.12 Представлен график зависимости интенсивности излучения от глубины проникновения до расположения тимуса. Также на этом рисунке изображен тимус в объеме и указан уровень интенсивности излучения, который его достигает. По графику видно, что исходящая плотность мощности излучения составляет 38000 Вт/м^2 , на поверхности шеи она уже равна 29000 Вт/м^2 . Снижение интенсивности излучения связано с потерями в воздухе по длине луча и отражением от обрабатываемой

поверхности. Можно увидеть, как изменяется данный показатель по мере удаления от поверхности шеи: на наружной части интенсивность равна излучению 29000 Вт/м^2 , а на тимусе равна 140 Вт/м^2 . Такое снижение связано с поглощениями в биотканях данного объекта. Таким образом на тимус попадает максимальная энергия излучения равная 140 Вт/м^2 .

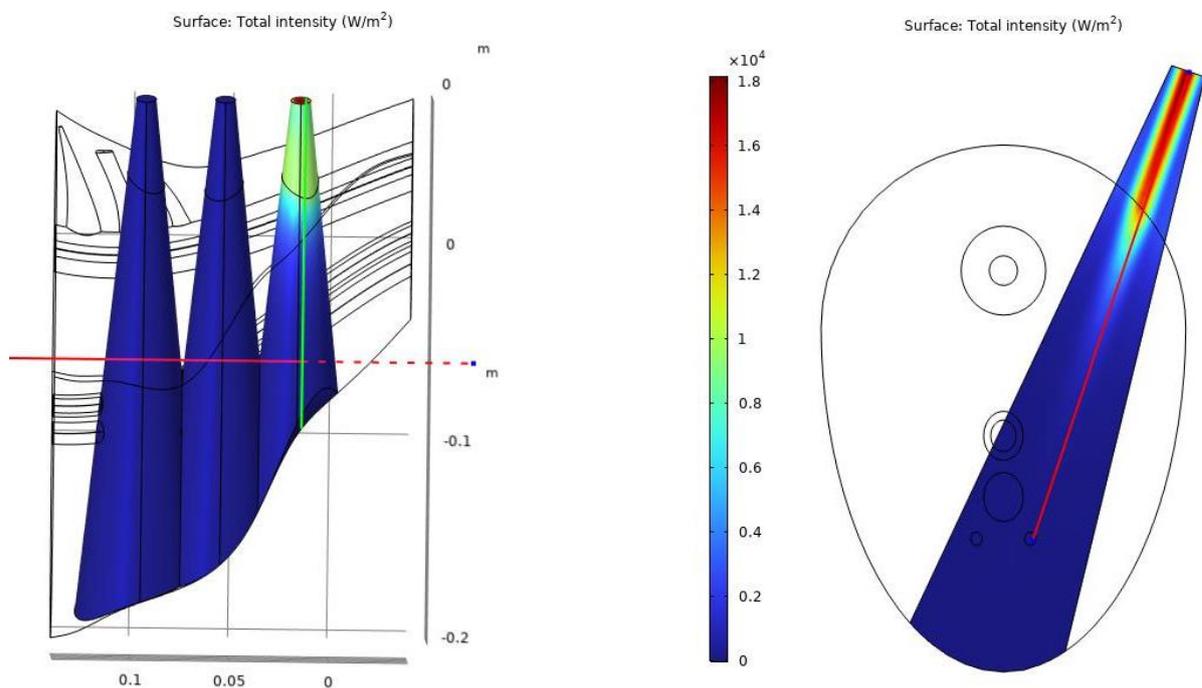


Рисунок 2.11 – Вид полей интенсивности излучения в объеме и в разрезе шеи

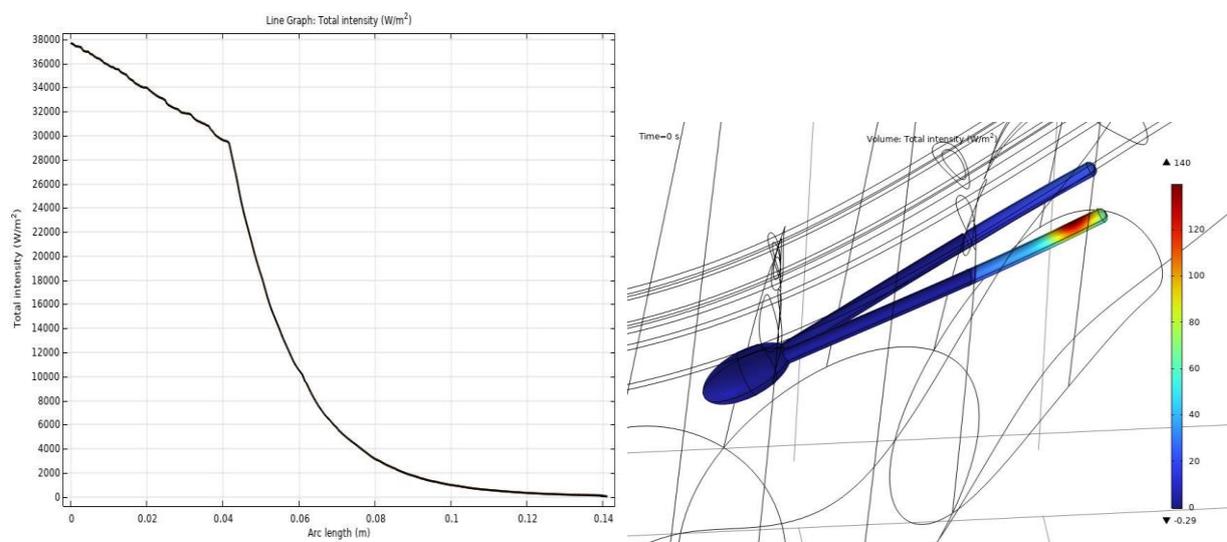


Рисунок 2.12- График зависимости интенсивности излучения от глубины проникновения в тело и изображение тимуса с уровнями попадающей интенсивности излучения

На рисунке 2.13 представлены температурные поля шейной части ягненка в объёмном виде в поперечном разрезе. На рисунке 2.14 показаны временные графики температуры по линии глубины проникновения луча рисунка 2.13.

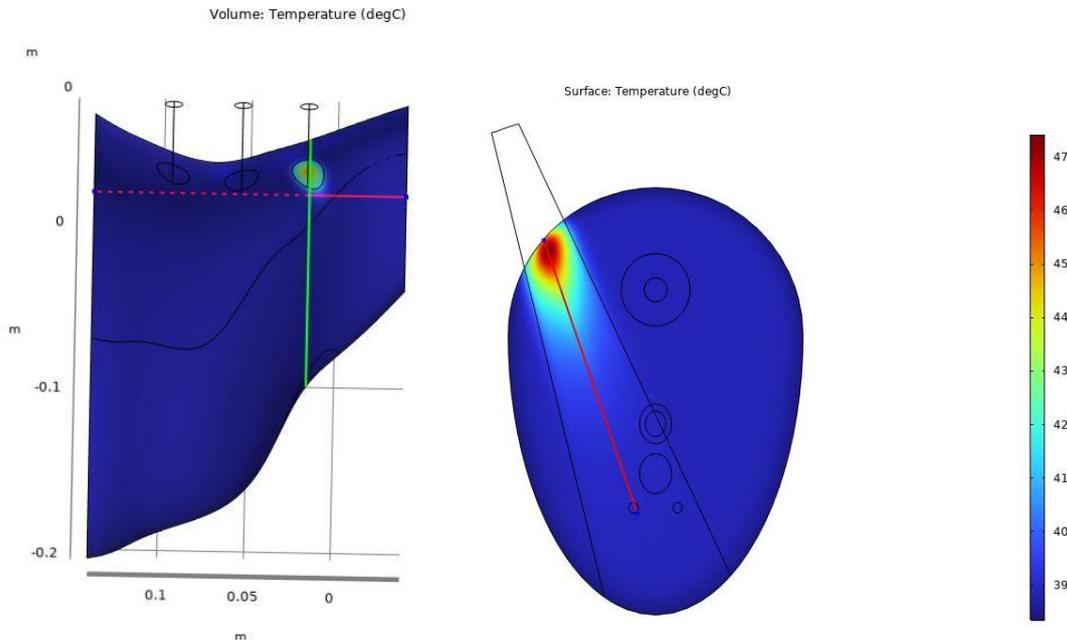


Рисунок 2.13 Температурные поля в объёмном виде и в поперечном разрезе шейного отдела

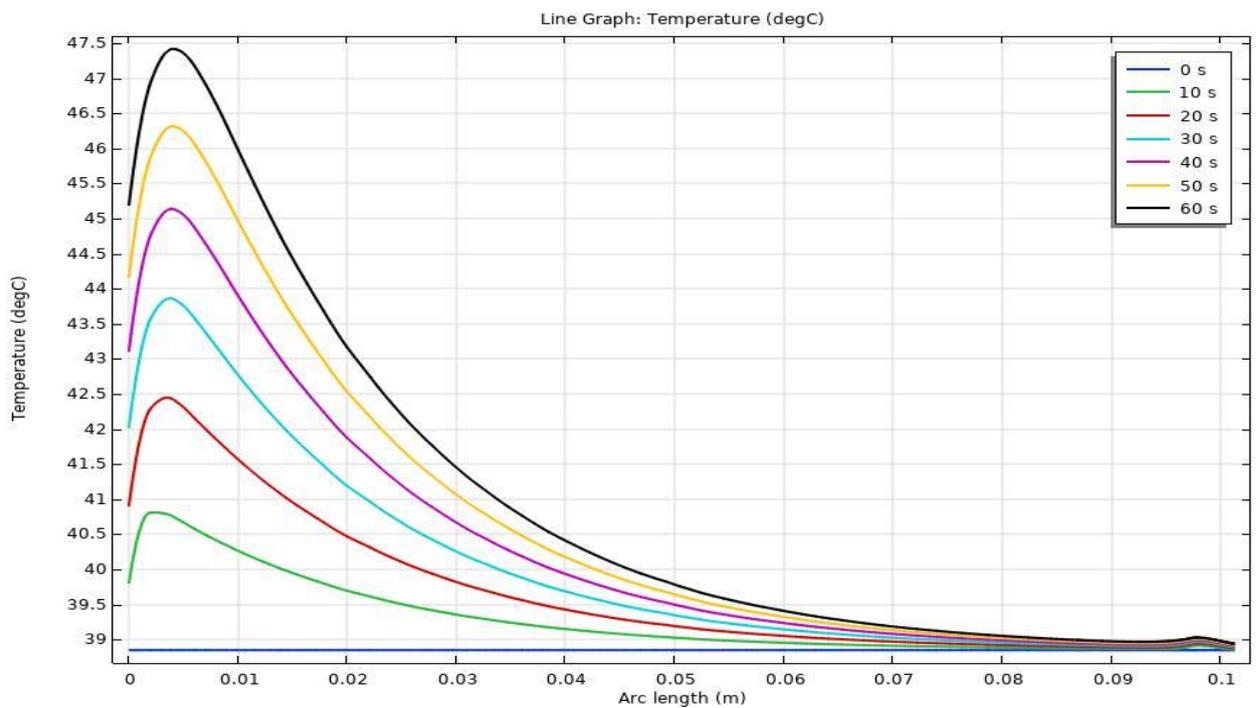


Рисунок 2.14 Графики зависимости температуры от глубины проникновения излучения лазера и по временным отрезкам времени

Вид тимуса с нанесением температурного поля представлен на рисунке 2.15. Можно констатировать, что в результате облучения лазером шейного отдела из первой точки температура тимуса в отдельных местах поднялась с на $0,2^{\circ}\text{C}$.

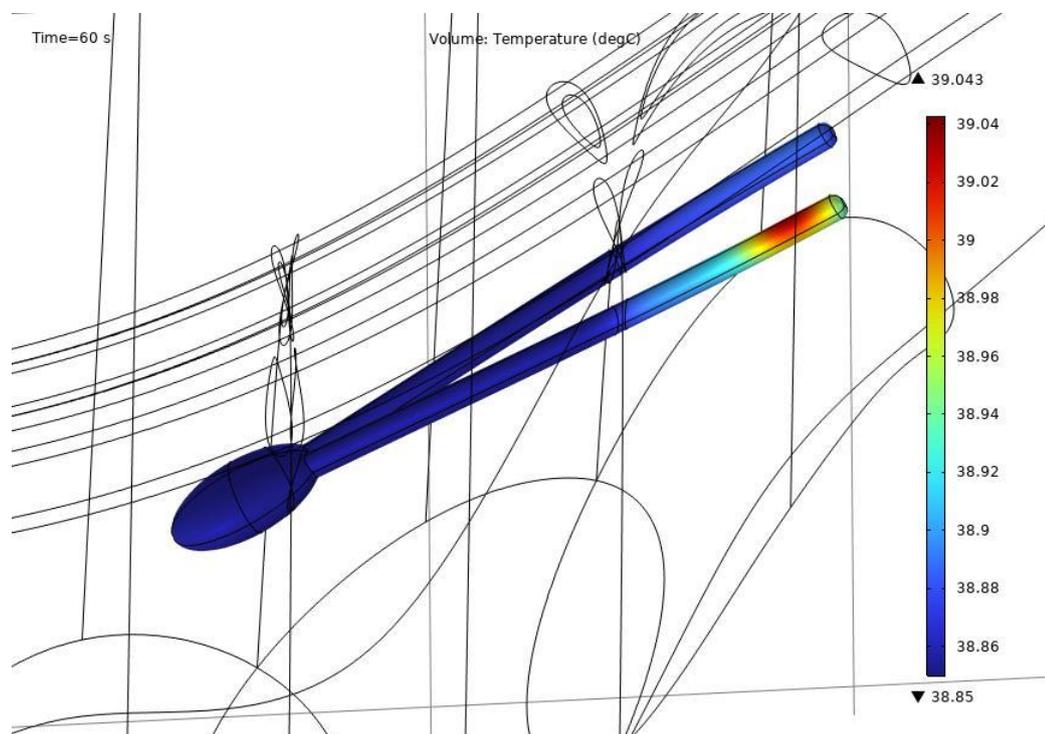


Рисунок 2.15- Вид тимуса с нанесением температурного поля

Анализ графиков рисунка 2.14 показал, что при длительности воздействия на шейный отдел из первой точки равной 60 с, температура на поверхности шеи может подняться до 47°C , что нежелательно, по причинам перегрева. Следовательно, можно рекомендовать безопасную длительность облучения равную 20-30 с. При такой длительности экспозиции температура на поверхности шеи будет около $42,5-43,5^{\circ}\text{C}$.

Аналогично были исследования температурных полей и интенсивностей излучения на второй и третьей точках. Время работы лазера составляло в каждой точке 60 секунд. На рисунке 2.16 показан тимус в объёме после получения облучения в третьей точке и значения интенсивности, получаемой им, а также представлено конечное температурное поле.

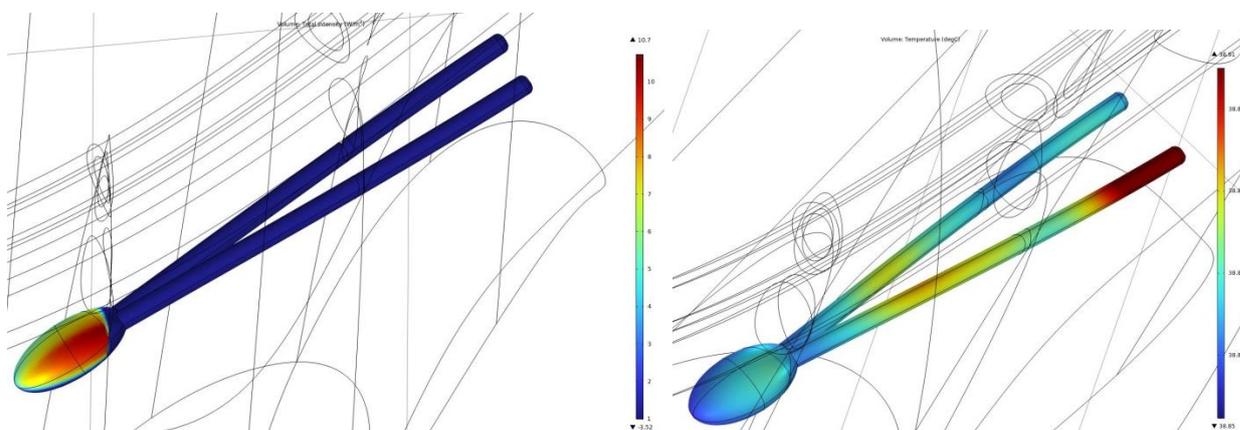


Рисунок 2.15- Вид тимуса с нанесением интенсивности получаемой энергии (слева) и температурного поля (справа)

Используя графики зависимости температуры от глубины проникновения излучения лазера по временным отрезкам времени было рекомендовано время экспозиции по точкам в следующих значениях: первая точка 25 с, вторая точка 40 с, третья точка 25 с. Результаты получения тимусом энергии излучения и изменения температуры тимуса и биотканей с максимальной температурой сведены в таблицу 2.33. Начальная температура тела животного в расчетах составляла 38,85°С

Таблица 2.33-Результаты моделирования по энергии излучения и температурного поля объекта исследований

Номер позиции лазера	Удельная энергия, на тимусе Вт/м2	Конечная температура тимуса, °С	Изменение температуры, °С тимуса	Максимальная температура части шеи, °С при времени работы	Изменение максимальной температуры шеи, °С
1	140	39,05	0,2	42,5 (25 с)	3,65
2	39	38,98	0,1	43 (40 с)	4,15
3	11	38,88	0,03	43 (25 с)	4,15

Из данной таблицы видно, что опасных превышений температуры отдельных органов шеи нет. Следовательно, необходимо принять рекомендованное время работы в отдельных точках.

2.3 Разработка конструктивно-технологической схемы установки и алгоритма управления процессом

На основании рекомендуемого режима работы лазера и с учетом опыта работы с лазером в ручном режиме [17-19, 67-69, 89, 90] была разработана конструктивно-технологическая схема установки (Рис.2.16).

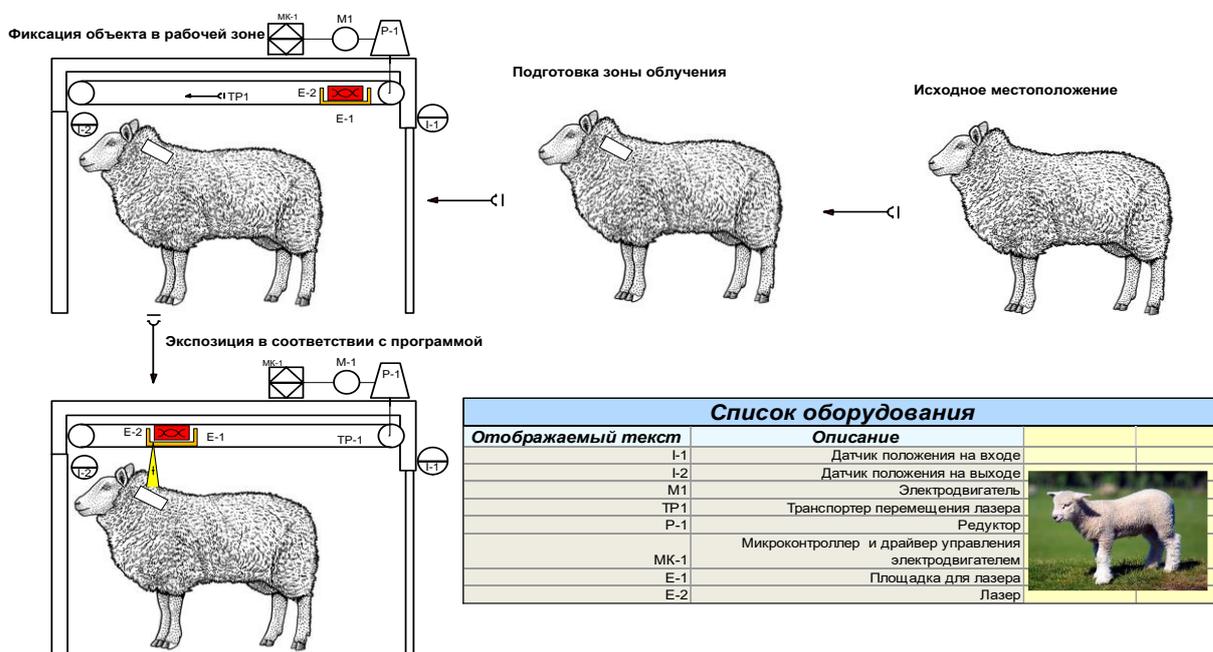


Рисунок 2.16 – Конструктивно-технологическая схема установки

Технологический процесс обработки происходит следующим образом. При появлении ягненка в рабочем месте (исходное местоположение) готовятся инструменты для выстрига шерсти на шеи. Далее объект переходит во вторую зону (подготовка зоны облучения), где определяется место для облучения на шеи и производится выстриг на правой или левой стороне от позвоночника (в зависимости от расположения лазера). В самой установке в площадке для лазера (E-1) устанавливается лазер (E-2) под углом, рекомендованным ранее. Ягненка переводят непосредственно в установку. При заходе ягненка в установку срабатывает первый датчик положения (I-1) и микроконтроллер МК-1 получает первый сигнал, что объект поступает в рабочую зону установки. Ягненок проходит до упора в установке и датчик I-2

фиксирует, что объект уже в зоне. После получения второго сигнала микроконтроллер передает далее сигнал на драйвер управления микроэлектродвигателем М-1. Электрическая машина начинает работать и осуществляет привод транспортера ТР-1 через редуктор Р-1. Площадка с лазером начинает перемещаться в сторону шеи ягненка. При достижении рабочего положения (устанавливается по времени работы электродвигателя) электропривод отключается и включается лазер. Идет процесс облучения в первой точке. По истечении рекомендованного времени работы электродвигатель вновь включается, и площадка с лазером переходит во вторую точку. Электропривод отключается и начинается процесс облучения во второй точке. Аналогично происходит облучение в третьей точке. После чего площадка с лазером возвращается в исходное положение, что фиксируется датчиком. Ягненка выводят из рабочей зоны установки.

Также разработана конструкция самой лазерной установки общий вид с нанесением основных размеров которой представлена на рисунке 2.17.

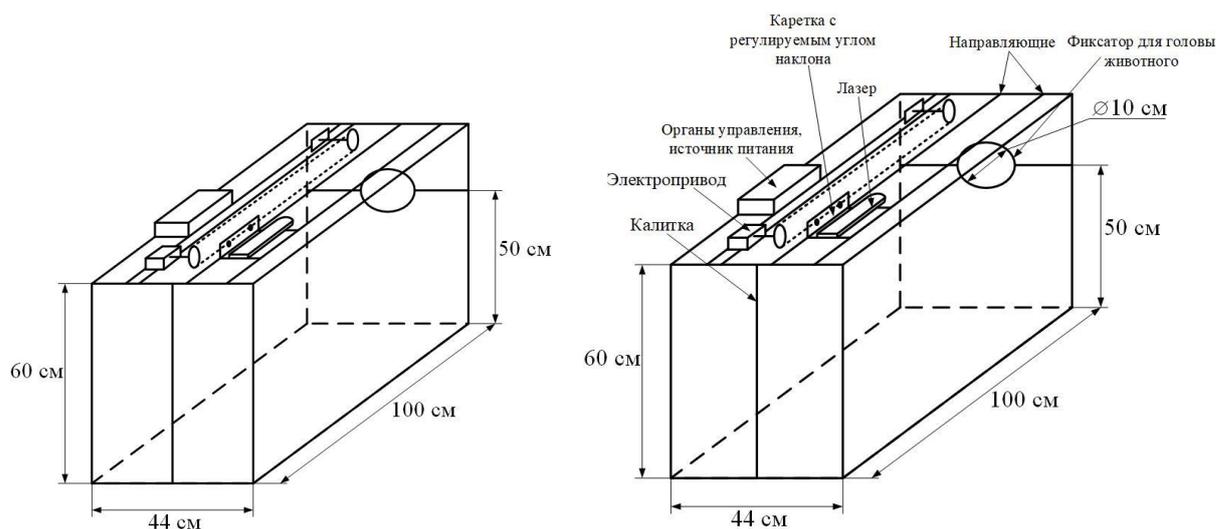


Рисунок 2.17- Общий вид лазерной установки

Разработан алгоритм управления основными функциональными процессами установки (Рисунок 2.18).

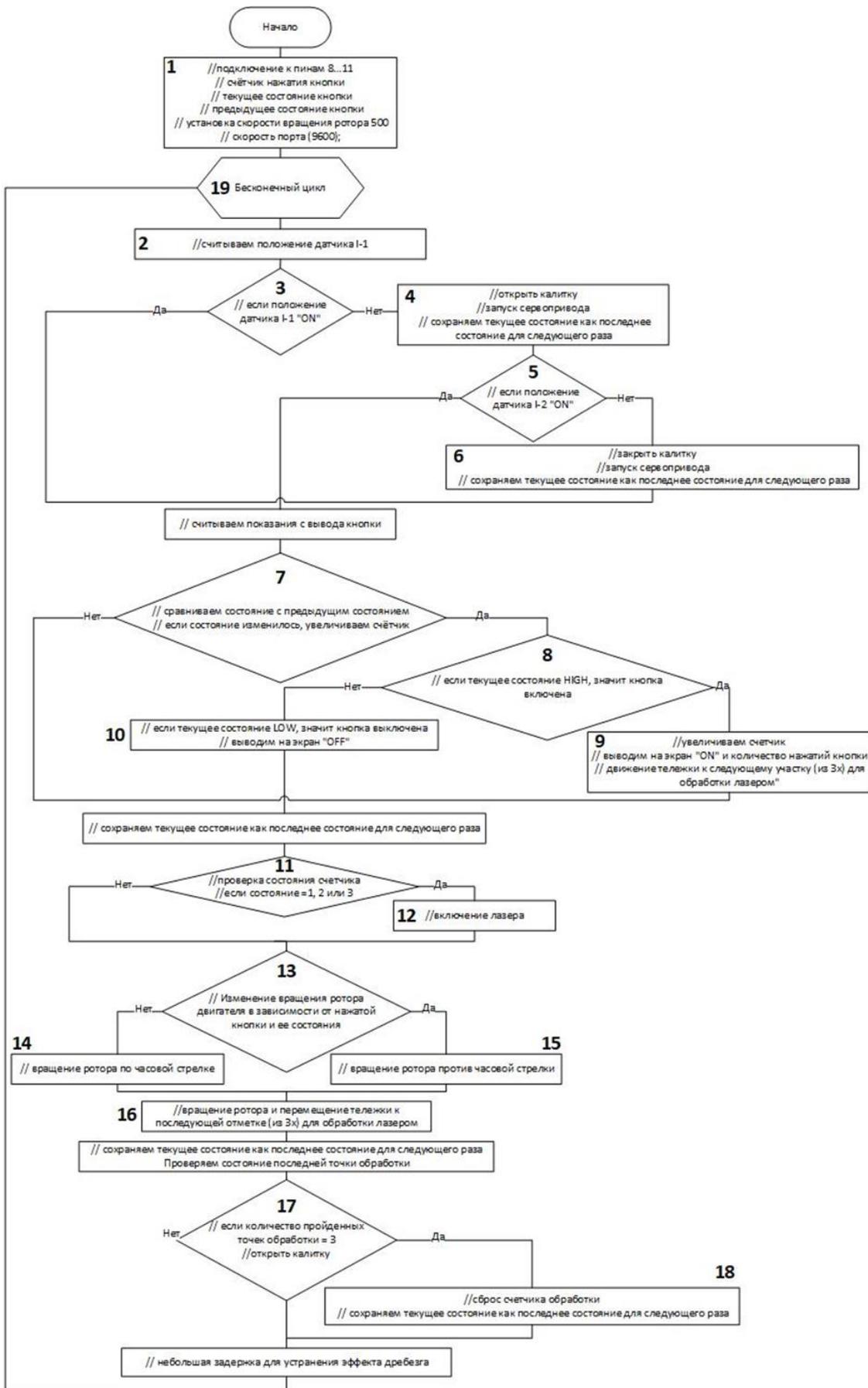


Рисунок 2.18- Блок-схема алгоритма управления основными функциональными процессами установки

В блок схему алгоритма входят следующие блоки с определенными функциями. Блок 1 производит включение лазерной установки и введение параметров и режимов работы. Блок 2 определяет начало работы опрашивает датчик наличия животного в рабочей зоне. Блок 3 производит сравнение с положением животного в рабочей зоне и принимает решение для дальнейших процедур, если животное отсутствует, то переход к блоку 4. Блок 4 открывает калитку и животное помещается в рабочую зону, калитка закрывается. Блок 5 производит контроль объекта в рабочей зоне и если животное отсутствует, то сохраняется первоначальное состояние оборудования. Блок 6 производит закрытие калитки и запуск привода площадки с лазером. Блок 7 включает привод, и площадка с лазером начинает перемещаться в сторону шеи ягненка. Блоки 8, 9, 10, 11, связаны с учетом количества животных и включений. Движение площадки с лазером к заданной точке и фиксации достижения лазера конечной точки. Блок 12 фиксирует достижение рабочего положения площадки с лазером, электропривод отключается и включается лазер. Блок 13 сравнивает положение площадки и при необходимости переводит на процедуры вращения двигателя в одну или другую стороны (Блок 14 или 15). Блок 16. По истечении рекомендованного времени работы электродвигатель вновь включается, и площадка с лазером переходит во вторую точку. Аналогично происходит облучение в третьей точке. Блок 16 производит управление по перемещению площадки к очередной точке облучения. Блок 17 проводит проверку окончания цикла облучения животного, площадка с лазером возвращается в исходное положение, что фиксируется датчиком. Ягненка выводят из рабочей зоны установки. Блок 18 осуществляет сброс счетчика обработки и сохранение текущего состояния устройства до следующего раза. Блок 19 проводит повторение всего цикла.

Данный алгоритм можно реализовать в программы управления различных микроконтроллеров.

2.4 Выводы

1. На основе теоретических исследований проникающей способности лазерного излучения через биологические ткани и полученной в программном обеспечении Comsol геометрической модели шейного отдела ягненка разработана компьютерная модель протекающих физических процессов в изучаемом объекте с лазерным излучением определенной длины волны.

2. Реализация первичной компьютерной модели физических процессов в шейном отделе ягненка показала, что внутренние органы шеи имеют высокую поглощающую способность и размещение лазера над позвоночником не позволит излучению достичь тимуса.

3. Модернизация модели физических процессов в объекте исследований с лазерным излучением позволила рекомендовать размещение лазера под углом 20° к вертикальной оси установки. Это позволит лазерному лучу проходить в стороне от позвоночника ягненка.

4. Для повышения эффективности облучения тимуса предложено проводить лазерное облучение в трех горизонтальных точках с расстоянием между ними 4,2 см и со средней дистанцией от шеи 4,5 см.

5. Реализация модернизированной компьютерной модели показала, что по мере удаления от головы на тимус падает энергия излучения от трех соответствующих точек: 140 Вт/м^2 , 39 Вт/м^2 , 11 Вт/м^2 .

6. После реализации компьютерной модели, с учетом недопустимости перегрева биологических тканей, было рекомендовано время экспозиции в трех местах фиксации лазера: 25 с, 40 с, 25 с. При таком режиме работы и данном расположении лазера температура на поверхности шеи не превысит значение в 43°C .

7. Обоснована конструктивно-технологическая схема автоматизированной лазерной установки для воздействия на молодняк овец, позволяющая проводить требуемую экспозицию облучения в автоматическом режиме.

8. Разработан универсальный алгоритм управления автоматизированной лазерной установкой, для реализации в контроллерах различного типа.

3. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Методики и оборудование при проведении лабораторных и полевых экспериментов

Лабораторные исследования проводились в ФГБОУ ВО Ставропольском ГАУ и опытном хозяйстве Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства — филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» с использованием современного измерительного оборудования. Так для тепловизионной съемки использовался тепловизор testo 876. Для получения максимальной точности после включения тепловизора производилась выдержка до 5 минут, после чего осуществлялась съемка. Во время воздействия НИЛИ на позвоночный столб в области шеи овец также подвергали тепловизионной съемке, для сопоставления с данными проведенного нами моделирования. Далее проводилась обработка изображений в программе фирмы testo, позволяющей с большой точностью выбирать зоны для анализа и построить гистограммы распределения температур. Программа автоматически рассчитывает минимальное, максимальное и среднее значение температуры в исследуемой области в виде числовых значений.

Полевые испытания проводились в опытном хозяйстве ВНИИОК. Для проведения полевых экспериментов после ягнения овцематок (полл дорсет × северокавказская мясошерстная) были сформированы три группы ягнят для последующего исследования. I группа была контрольной. Она не обрабатывалась низкоинтенсивным лазерным излучением и состояла из 20 особей. II и III группы были опытными. Ягнят из II группы (21 особь) обрабатывали с помощью лазерного излучения на 15 сутки после рождения, а III группу (24 особи) обрабатывали на 20 сутки. Облучение ягнят лазером проводили на автоматизированном станке. Перед этим в шейной области (в районе предположительного расположения тимуса) исследуемых особей выстригали шерсть. Воздействие лазером, согласно проведенному моделированию, осуществлялось в 3

точках на расстоянии 4 см каждая (для как можно полного покрытия тимуса) и на высоте не более 10 см от поверхности шеи животного, что обеспечивалось конструкцией разработанного станка (рис. 3.1). При этом общее технологическое время обработки одной особи составляло 4 мин.



Рисунок 3.1 – Внешний вид ягненка в автоматизированном станке с зоной воздействия

Исследование формирования мясной продуктивности ягнят проводилось методом отслеживания динамики живой массы, приростов, промеров статей экстерьера, контрольного убоя, товарной оценки туш в соответствии с методиками рекомендованными ВИЖ, СНИИЖК [3].

Масса исследуемых особей измерялась при рождении и затем 7 раз с месячным интервалом. Оценка телосложения исследуемых ягнят проводилась следующим образом. Из каждой исследуемой группы было отобрано по 15 ягнят, у которых после 5 месяцев с момента рождения брались промеры всех статей. Также для более детальной характеристики степени развития животных вычислялись индексы телосложения: сбитости, растянутости, длинноности, груди, перерослости, костистости. Такое количество отобранных животных обеспечивало доверительные вероятности от 0,995 до 0,999.

Таким же образом была определена мясная продуктивность в соответствии с методическими рекомендациями [3, 95]. Убой животных проводился согласно директиве 2010/63/EU. Были учтены критерии мясной продуктивности, а также определена степень развития внутренних органов животных и химический и аминокислотный состав мышечной ткани, проведен анализ полученных овчин.

Анализ структурных особенностей тимуса у исследуемых особей осуществлялся на 5 и 7 месяц после их рождения. Исследования гистологической структуры тимуса проводились в Региональном научно-диагностическом и лечебно-ветеринарном центре ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Отбор тимуса для гистологических исследований

Для исследования крови животных проводили ее забор у 10 голов из каждой группы. Отбор проходил из яремной вены в утренние часы до кормления (рис. 3.3).

Определяли морфобиохимический состав крови (эритроциты, гемоглобин, гематокрит, тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты и другие показатели), а также иммунную реактивность животных (БАСК, ЛАСК, Т и В лимфоциты).



Рисунок 3.3 – Фото забора биоматериала у животных

Условия содержания и кормления используемого подопытного поголовья в период выращивания соответствовали всем зоотехническим нормам и зоогигиеническим требованиям к животноводческим помещениям.

3.2 Лабораторные экспериментальные исследования автоматизированной лазерной установки

Для уточнения характеристик лазера СТП-9, был проведен лабораторный эксперимент. Измерен спектр излучения на специальном комплексе на базе монохроматора МДР-41. Зарегистрировано лазерное излучение в области длины волны 981-986 нм. Установлено, что излучение многомодовое с максимумами 983,6, 984,8, 985,6 нм, ширина спектра на полувысоте 2,4 нм. Далее проводилась запись временных зависимостей интенсивности с помощью цифрового осциллографа PCS500. Результаты измерений интенсивности лазерного излучения показали, что она нестационарная и представляет собой пакеты импульсов длительностью около 325 мс (Рис.3.4).

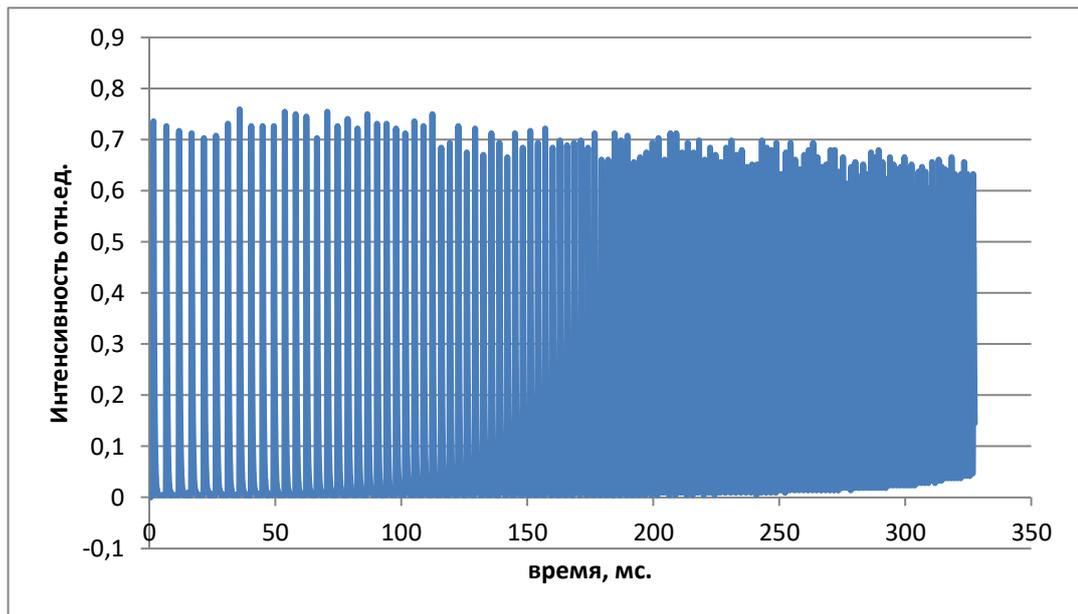


Рисунок 3.4 – Фрагмент записи пакета импульсов, длительностью 325 мс

Также отмечено, что интенсивность излучения изменяется незначительно. Частота в пакете увеличивается со временем, так период импульсов вначале пакета составляет около 6,6 мс и сокращается до 0,7 мс в конце пакета (рис.3.5). Такое же значение частоты заявлено в техническом паспорте на лазер.

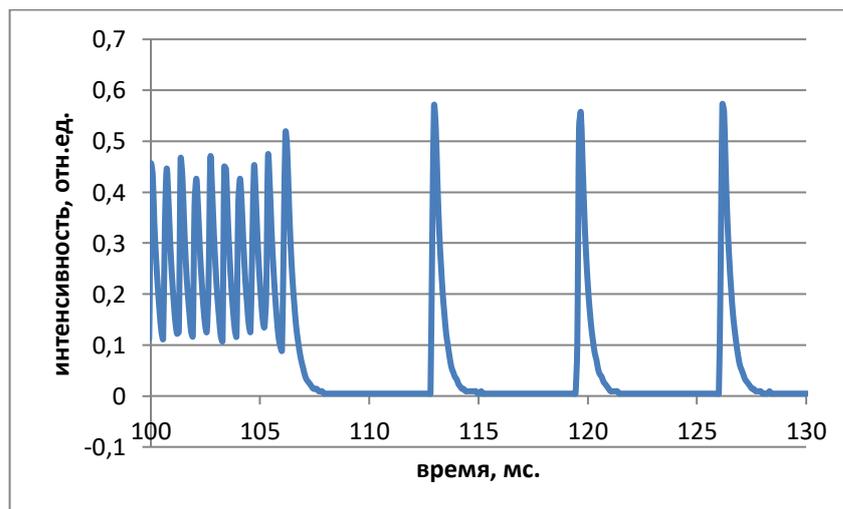


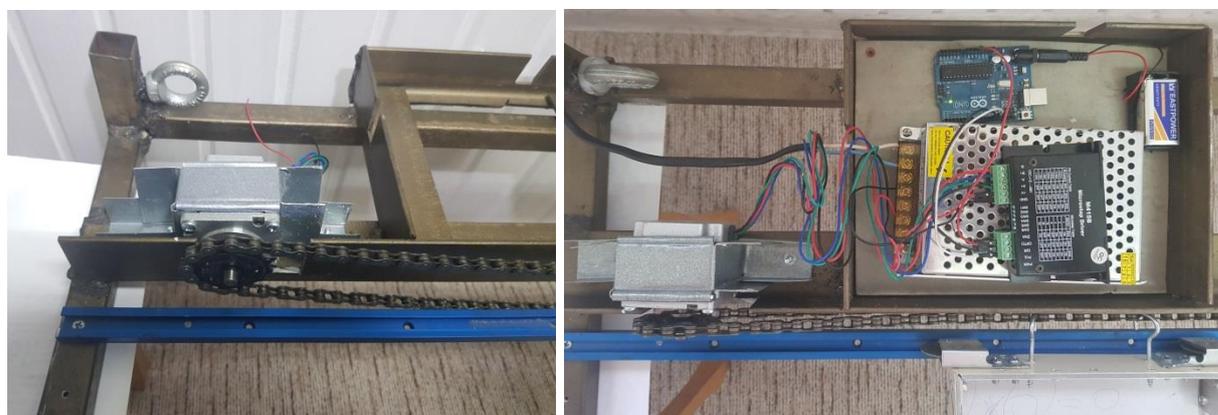
Рисунок 3.5 – Фрагмент записи периодов повторения импульсов

На основе разработанных и изготовленных опытных вариантов станка была сконструирована рама автоматизированного станка (рис.3.6). На этой раме установлена специальная мобильная площадка для лазера СТП-9. Привод

перемещения площадки с лазером осуществлялся от шагового двигателя через цепную передачу (рис. 3.7 а). На раме также имелась стационарная площадка для размещения системы управления электроприводом. (рис.3.7. б)



Рисунок 3.6 – Внешний вид рамы установки



а)

б)

Рисунок 3.7 – Внешний вид электропривода(а) и площадки с системой управления (б)

После проведения лабораторных испытаний автоматизированной установки и корректировке программного обеспечения управления дальнейшие испытания проводились уже в полевых условиях. Проверена работа автоматики и управления уже с животным. В станок помещалось животное после срабатывания датчика положения площадка с лазером двигалась к головному отделу ягненка (рис.3.8). После достижения крайней точки площадка останавливалась и проходил процесс экспозиции (рис. 3.9).



Рисунок 3.8 – Внешний вид станка с животным при начале движения



Рисунок 3.9 – Внешний вид установки во время экспозиции

Далее была проведена проверка температурного режима зоны облучения лазером. Для этого в автоматизированную установку помещался ягненок и после облучения, проводилась тепловизионная съемка внешней части шеи ягненка, подвергшейся обработке.

Тепловизионные исследования областей, подвергшихся лазерному облучению, показали следующее. На рисунке 3.10 показаны варианты тепловизионной съёмки шейных отделов трех ягнят после экспозиции, где можно наблюдать локальное повышение температуры обрабатываемых областей.

Отмечалось, что максимальная температура локальных областей не превысила 43°C.

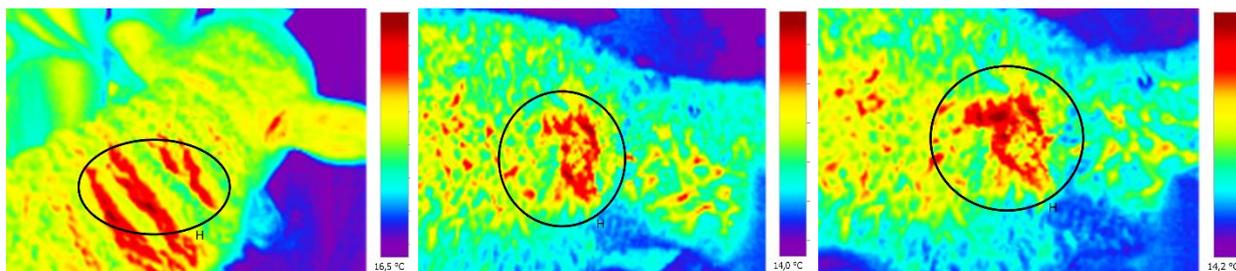


Рисунок 3.10 – Фрагменты тепловизионной съёмки шейных отделов трех ягнят

После лазерных воздействий на шею ягнят и обработки результатов тепловизионной съёмки была составлена таблица 3.1. В эту таблицу внесены температурные данные поверхности шеи ягнят до обработки и после. Превышение температуры фиксировалось по минимальной и максимальной температуре в области воздействия. Наблюдается большой разброс по температуре в областях, что связано с отражениями поверхности шеи при работе с тепловизором. Статистическая обработка полученных данных [12, 150] показала, что среднее превышение температуры поверхности после обработки по сравнению с температурой до воздействия составило 3,9°C при стандартном отклонении 2°C.

Таблица 3.1- Данные по температуре локальных областей шеи ягнят

№ животного	Изменение температуры, °С		
	минимальное	максимальное	среднее
1	+0,3	+1,4	+0,85
2	-0,1	+1,7	+0,8
3	+5,3	+6,5	+5,9
4	+2,0	+0,4	+1,2
5	+4,5	+0,8	+2,65
6	+4,9	+3,0	+3,95
7	+5,9	+3,8	+4,85
8	-0,1	+3,1	+1,5
9	+8,4	+1,9	+5,65
10	+6,3	+2,6	+4,95
11	+5,2	+5,8	+5,5
12	+5,9	+6,8	+6,35
13	+4,4	+5,8	+5,1

14	+6,2	+6,9	+6,5
15	+6,3	+5,0	+5,65
16	+4,7	+6,5	+5,6
17	+2,0	+0,4	+1,2
18	+4,5	+0,8	+2,65
19	+6,3	+2,6	+4,95
20	+0,1	+3,1	+1,6
21	+6,2	+2,6	+4,4

3.3 Полевые и лабораторные исследования продуктивности молодняка овец после лазерного воздействия

Определение прироста живой массы в динамике показало следующее. При практически одинаковой начальной массе ягнят в момент рождения в каждой группе наблюдался высокий темп увеличения ее прироста до 4-месячного возраста (рис. 3.11). В последующие возрастные периоды (от 4 до 7 месяцев) прирост живой массы, как у контрольных, так и у опытных групп ягнят шел медленнее. Наибольшая динамика отмечается у III группы исследуемых животных (соответствующие области на рис. 3.11 были заштрихованы). Так прирост к 7 месяцу в III группе составил 29,1 кг по сравнению с контролем – 27,9 кг. Таким образом, в III группе привес был больше по сравнению с контролем на 4,1%, а во II группе на 3,1%.

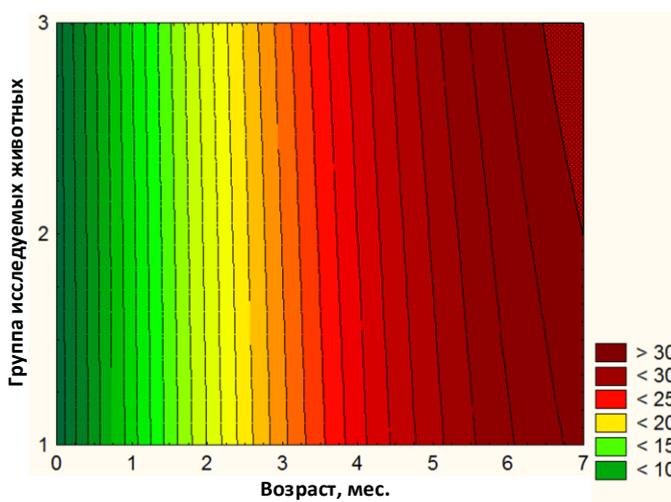


Рисунок 3.11 – Диаграмма влияния НИЛИ на динамику живой массы (кг) исследуемых групп животных

Видно стабильное превышение массы молодняка овец, подвергнутого лазерному облучению на 15 и 20 день после рождения по сравнению с ягнятами из контрольной группы. Так как наибольшие приросты наблюдались в III группе, то целесообразно проведение обработки животных низкоинтенсивным лазерным излучением на 20 сутки после рождения.

Помимо прироста массы большое значение имеют параметры телосложения формирующиеся в процессе развития исследуемых животных, только хорошо сложенные особи производят наиболее выгодную продукцию. Оценку их экстерьера проводили через 5 и 7 месяцев после рождения. Результаты данных промеров показаны в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 – Результаты измерений частей тела в возрасте 5 месяцев

Стати	Группы		
	I	II	III
Высота в холке, см	58,0	59,0	60,5
Высота в крестце, см	58,9	60,0	61,4
Глубина груди, см	24,09	24,5	24,8
Ширина груди, см	18,2	19,0	19,5
Обхват груди, см	72,1	73,0	75,0
Косая длина туловища, см	59,6	60,7	62,2
Обхват пясти, см	8,0	8,0	8,1

Таблица 3.3 – Результаты измерений частей тела в возрасте 7 месяцев

Стати	Группы		
	I	II	III
Высота в холке, см	60,7	60,9	61,2
Высота в крестце, см	61,5	61,8	62,2
Глубина груди, см	25,0	26,0	27,0
Ширина груди, см	20,0	21,0	22,0
Обхват груди, см	75,2	78,0	82,0
Косая длина туловища, см	62,3	62,7	63,2
Обхват пясти, см	8,0	8,1	8,1

Как видно из таблицы 3.2 исследуемые животные во II и III группах обладали лучшим экстерьером по сравнению с животными из I группы и преобладание сохраняется по всем измеряемым показателям. Наилучшими показателями экстерьера обладали животные из III группы. Так, например, обхват груди у данных особей увеличился на 2,9 см, а ее ширина на 1,3 см по сравнению с контролем. Еще большие различия по данным показателям получились через 2 месяца (табл. 3.3.). Так обхват груди увеличился на 6,8 см, а ее ширины на 2 см по сравнению с контролем. Данные результаты свидетельствуют об увеличении мясной продуктивности особей, подвергшихся воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения. Помимо уже указанных показателей также производились измерения индексов телосложения для более детальной характеристики развития животных (табл. 3.4 и 3.5).

Таблица 3.4 – Значения индексов телосложения в возрасте 5 месяцев, %

Индексы телосложения	Группа исследуемых животных		
	I	II	III
Сбитость,	120,9	120,3	120,6
Растянность, %	102,7	102,9	102,8
Длинноноготь, %	60,2	58,5	59,0
Грудной, %	75,8	77,6	78,6
Перерослость, %	101,6	101,7	101,5
Костистость, %	13,8	13,6	13,4

Из табл. 3.4 следует, что индексы телосложения у 5-ти месячных ягнят всех групп практически одинаковы. Причем такие показатели, как сбитость, длинноноготь у I группы животных выше относительно II и III групп на 0,3-2,7 %. Единственным параметром, который увеличился в опытных группах по сравнению с контрольной является грудной индекс, что коррелирует с ранее проведенными измерениями показанными в табл. 3.2 и 3.3. Но через 2 месяца во II и III группах большинство индексов телосложения сравнялись с контрольной, а по некоторым показателям превысили ее. Так, например, сбитость увеличилась на 3,9% и 9,2% соответственно (табл. 3.5). Отмечено, что III

группа животных к 7-ми месячному возрасту была лучшей по измеряемым показателям.

Таблица 3.5 – Индексы телосложения животных в возрасте 7 месяцев

Индексы телосложения	Группа исследуемых животных		
	I	II	III
Сбитость, %	120,5	124,4	129,7
Растянность, %	102,6	103,0	103,3
Длинноноготь, %	58,8	57,3	55,9
Грудной, %	80,0	80,8	81,5
Перерослость, %	101,3	101,5	101,6
Костистость, %	13,2	13,3	13,2

Важным критерием, который отражает протекание физиологических и биохимических процессов внутри организма животных является кровь. Ее исследование позволяет судить об интенсивности обменных процессов, которые напрямую влияют на продуктивность исследуемых особей [115]. При этом кровь является наиболее доступной для исследования частью организма и критически важно определить не выходят ли за нормы ее значения при влиянии на организм животного низкоинтенсивным лазерным излучением.

Нами были исследованы морфологические и биохимические параметры крови. Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 3.12 количество эритроцитов у ягнят всех групп значительно увеличивается с момента рождения до 2 месяцев (с $8 \cdot 10^{12}/л$ до $10,8 \cdot 10^{12}/л$). Наибольшее количество эритроцитов наблюдалось у ягнят II ($10,5 \cdot 10^{12}/л$) и в особенности III ($10,8 \cdot 10^{12}/л$) групп. После 2-го месяца жизни животных наблюдалось уменьшение количества красных клеток крови у всех групп животных. Нормальные значения данного показателя у исследуемых животных составляют от 7 до $12 \cdot 10^{12}/л$. Такая же диаграмма была получена и в ходе измерения гемоглобина в крови ягнят (рис. 3.13). Наибольшие значения его концентрации были получены во II (125 г/л) и в III (127 г/л) группе по сравнению с контрольной (122 г/л) на 2-ом месяце

жизни животных. После 2-го месяца во всех группах данный показатель снижался. Его референтные значения составляют от 90 до 133 г/л.

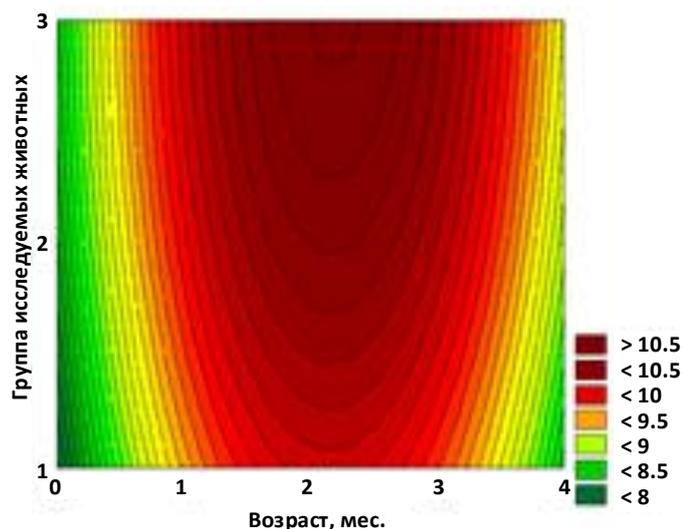


Рисунок 3.12 – Диаграмма влияния НИПИ на эритроциты (RBC, $10^{12}/л$) исследуемых групп животных

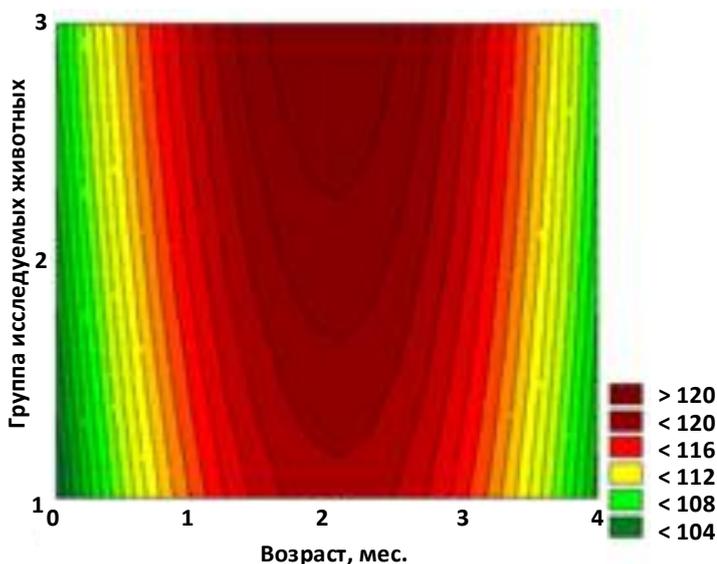


Рисунок 3.13 – Диаграмма влияния НИПИ на гемоглобин (HGB, г/л) исследуемых групп животных

Измерение отношения объема эритроцитов к объему жидкой части крови (гематокрит) показал, что на протяжении 4 месяцев данный показатель находился в норме (от 0,25 до 0,45%) и изменялся от 0,257 до 0,370, причем наибольшее его значение было у животных контрольной группы (рис. 3.14).

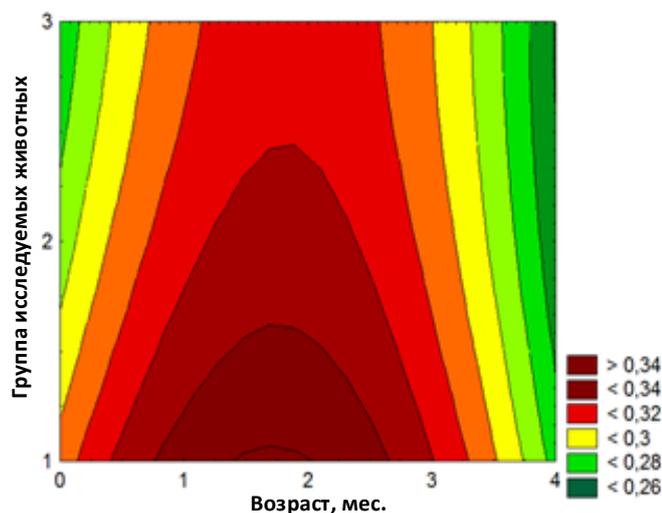


Рисунок 3.14 – Диаграмма влияния НИПИ на гематокрит (НСТ, %) исследуемых групп животных

Измерение среднего содержания гемоглобина в эритроците или так называемого параметра МСН показало, что с момента рождения до 2-го месяца наблюдается его снижение во всех группах. Далее к 4-му месяцу его значение в III группе превышает значения во II и I группах на 4,5% и 3,8% соответственно. По данному критерию можно сделать вывод об ускорении окислительно-восстановительных процессов в организме ягнят (рис. 3.15).

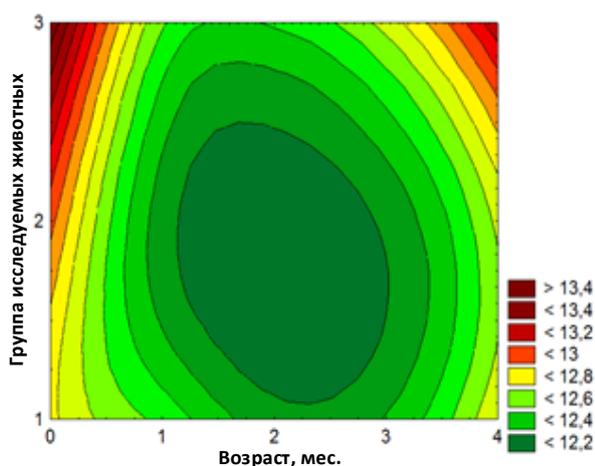


Рисунок 3.15 – Диаграмма влияния НИПИ на среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН, пг) исследуемых групп животных

В результате исследования средней концентрации гемоглобина в эритроците (МСНС) определено, что данный показатель увеличивался в течении

всех 4 месяцев во всех группах животных и к концу исследуемого временного диапазона составил у I группы 391 г/л, у II – 400 г/л, а в III – 412 г/л (рис. 3.16).

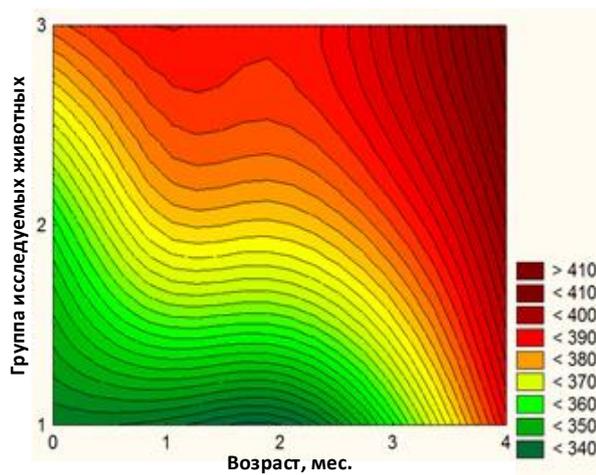


Рисунок 3.16 – Диаграмма влияния НИПИ на среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах (МСНС, г/л) исследуемых групп животных

Такой параметр как ширина распределения эритроцитов показывает, насколько сильно эритроциты различаются между собой по размерам. Данный параметр изменялся во всех группах от 12,9 до 15,3 % через 1 месяц после рождения, от 13,6 до 14,3 % через 2 месяца и от 14,2 до 16,5 % через 4 месяца.

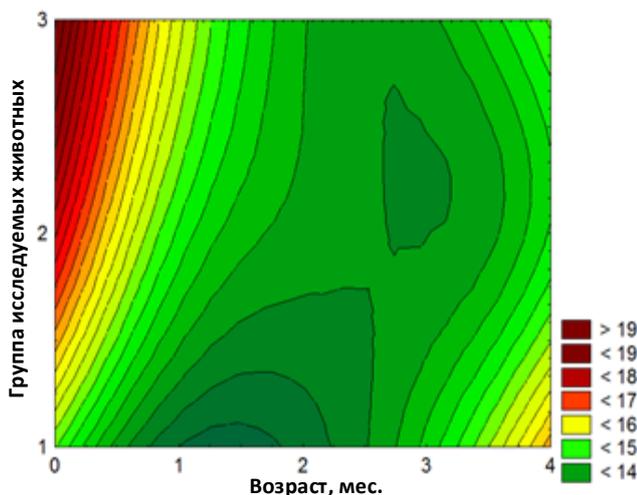


Рисунок 3.17 – Диаграмма влияния НИПИ на ширину распределения эритроцитов (RDW, %) исследуемых групп животных

Измерение количества тромбоцитов в крови ягнят показало, что при их рождении данный показатель имел максимальные значения и далее снижался

и к 4-х месячному возрасту составил в I группе – $422 \cdot 10^9/\text{л}$, во II группе – $270 \cdot 10^9/\text{л}$, а в III – $269 \cdot 10^9/\text{л}$ и в целом находился в норме ($270\text{-}500 \cdot 10^9/\text{л}$).

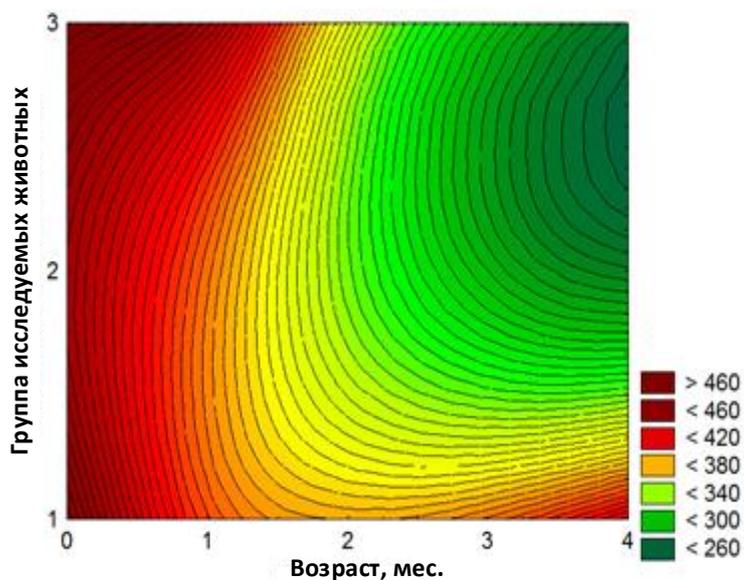


Рисунок 3.18 – Диаграмма влияния НИЛИ на тромбоциты ($\text{PLT} \cdot 10^9/\text{л}$) исследуемых групп животных

В результате гематологических исследований можно сделать вывод о том, что увеличение количества эритроцитов и гемоглобина у животных II и III групп связано с повышением окислительно-восстановительных процессов у ягнят и говорит об интенсификации обменных процессов у животных после применения низкоинтенсивного лазерного излучения.

Помимо гематологических исследований, важным является определение защитного потенциала исследуемых животных. Так содержание лейкоцитов в крови ягнят увеличивалось во всех группах до 2-го месяца, но наибольшее значение данного показателя было у III группы животных и составило $5,9 \cdot 10^9/\text{л}$. После 2-го месяца концентрация лейкоцитов падала у всех групп животных, приближаясь к уровню взрослых особей, что по всей видимости связано со стабилизацией их иммунной системы (рис. 3.19).

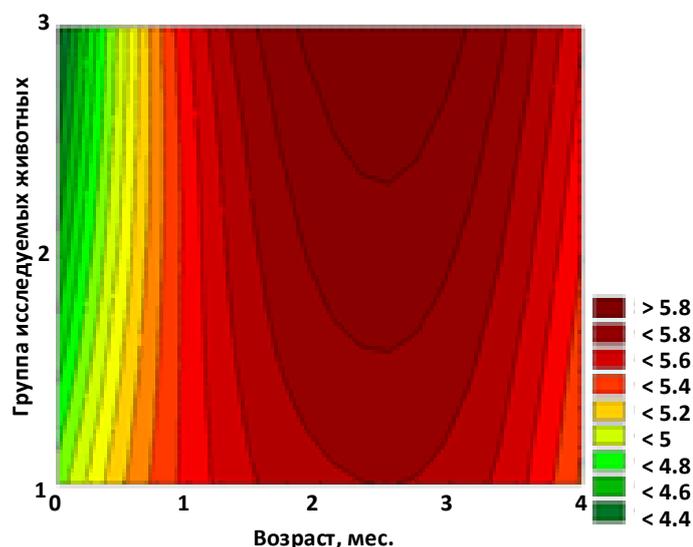


Рисунок 3.19 – Диаграмма влияния НИПИ на лейкоциты ($WBC \cdot 10^9/л$) исследуемых групп животных

Другим важным показателем, характеризующим иммунную систему животных, является количество лимфоцитов. Их увеличение у исследуемых животных во всех группах происходило в течении первых 2-х месяцев жизни и наибольшая концентрация зафиксирована у III группы особей – 50,3%. После 2-го месяца их количество уменьшалось, но преобладание III группы животных над остальными сохранилось (рис. 3.20).

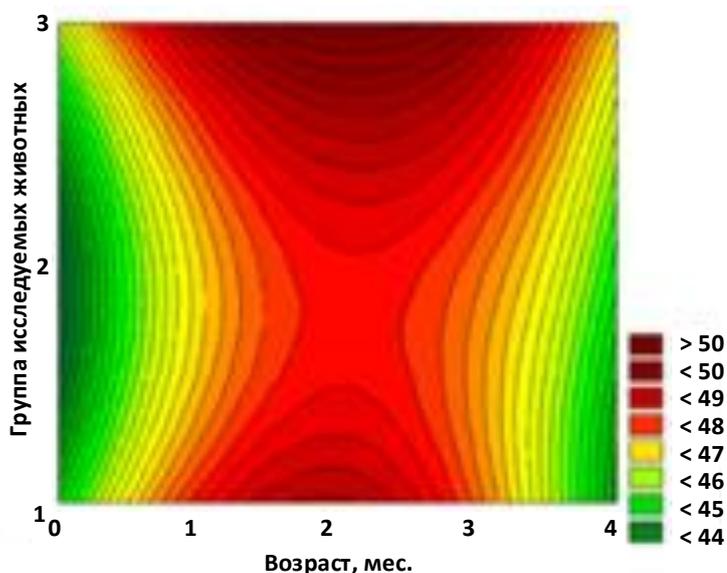


Рисунок 3.20 – Диаграмма влияния НИПИ на лимфоциты (Lymph, %) исследуемых групп животных

Преобладание III группы животных также сохранилось и при исследовании количества моноцитов и гранулоцитов (рис. 3.21).

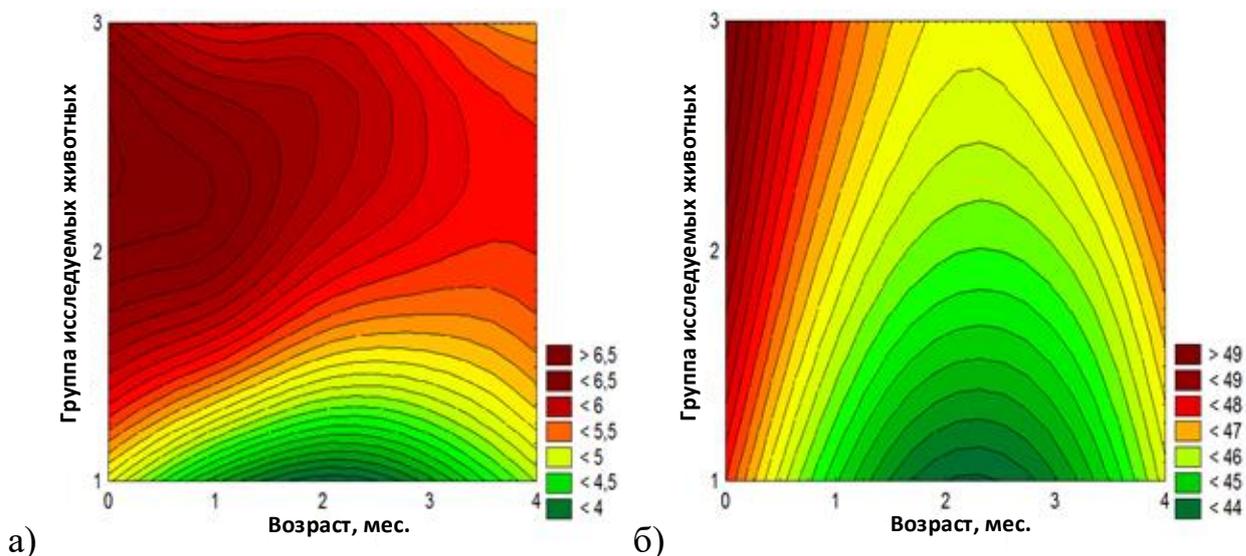


Рисунок 3.21 – Диаграмма влияния НИЛИ на моноциты в % (а) и гранулоциты в % (б) исследуемых групп животных

Проведенные исследования крови позволяют заключить следующее: использование низкоинтенсивного лазерного излучения не приводит к патологиям у ягнят.

Также проводилась оценка активности фагоцитоза и антимикробных свойств крови, общее состояние иммунной системы животных (БАСК – бактерицидной активности сыворотки крови и ЛАСК – лизоцимной активности сыворотки крови), формирование активированных лимфоцитов, обеспечивающих клеточно-опосредованный иммунитет (Т-лимфоцитов) и формирование антител обеспечивающих клеточно-опосредованный иммунитет (В-лимфоцитов). Стоит отметить, что Т-лимфоциты проходят предварительную обработку в тимусе и их увеличение будет говорить о влиянии низкоинтенсивного излучения на данный орган. Результаты исследований крови по всем четырем параметрам показаны на рис. 3.22.

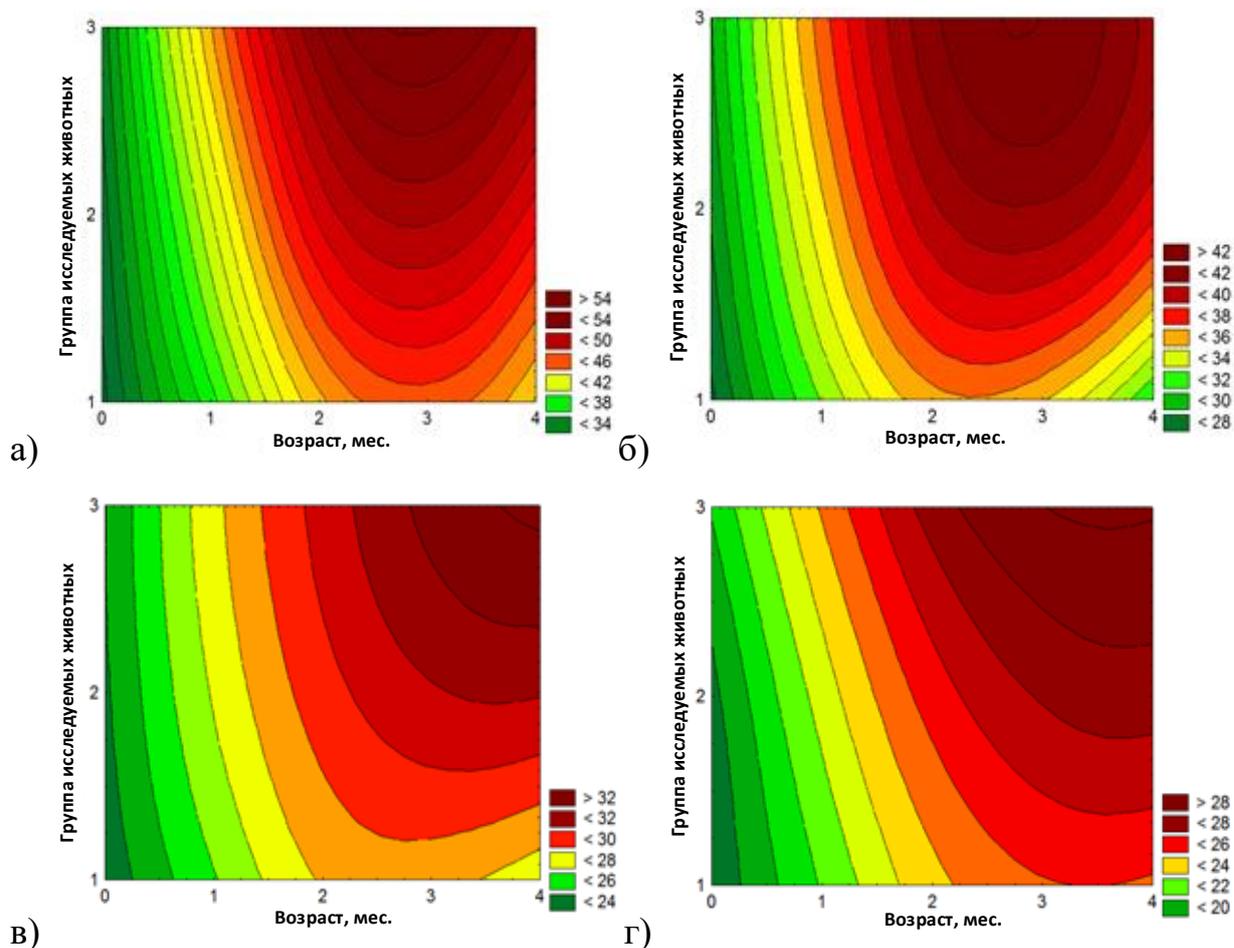


Рисунок 3.22 – Диаграммы влияния НИЛИ на: БАСК (а), ЛАСК (б), Т-лимфоциты (в) и В-лимфоциты (г) исследуемых групп животных

Как видно из рис. 3.22 у III группы животных отмечается наибольшее увеличение естественной защиты. Так показатели БАСК и ЛАСК имеют наибольшие значения к 3-му месяцу у всех исследуемых животных. При этом у III группы по сравнению с II и I показатель БАСК выше на 6,9% и 16,3%, а ЛАСК на 3,8% и 14,4% соответственно. Также у III группы к 4-му месяцу увеличилось количество Т и В лимфоцитов. По сравнению со II и I группами Т-лимфоциты в III группе увеличились на 6% и 18%, а В-лимфоцитов на 4,8% и 14,5% соответственно.

Таким образом, в результате проведенных исследований крови животных можно говорить о том, что низкоинтенсивное лазерное излучение активизирует механизмы естественной защиты ягнят. При этом наибольший эффект достигнут при воздействии лазером на 20 сутки после рождения животных.

Все результаты исследования крови животных были сведены в таблицы Приложений. П.3.1-П.3.3.

Для того чтобы провести оценку продуктивности по мясу был проведен контрольный убой животных в возрасте 5 и 7 месяцев [42]. Результаты данных исследований показаны на рис. 3.23, а также в таблицах 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6 – Показатели мясных качеств животных в возрасте 5 месяцев

Показатель	Группы		
	I	II	III
Пред убойная живая масса, кг	27,0	27,8	28,2
Масса парной туши, кг	10,7	11,1	11,4
Масса внутреннего жира, кг	0,11	0,13	0,15
Убойная масса, кг	10,81	11,23	11,60
Убойный выход, %	40,0	40,4	41,1

Таблица 3.7 – Показатели мясных качеств животных в возрасте 7 месяцев

Показатель	Группа		
	I	II	III
Пред убойная живая масса, кг	32,4	33,1	33,5
Масса парной туши, кг	13,2	13,5	13,9
Масса внутреннего жира, кг	0,15	0,17	0,19
Убойная масса, кг	13,35	13,67	14,1
Убойный выход, %	41,2	41,3	42,1



а)

б)

Рисунок 3.23 – Внешний вид туш молодняка овец в возрасте 5 месяцев (а) и 7 месяцев (б)

Животные из опытных групп превосходили животных из контрольной группы, как в 5-ти месячном возрасте, так и в 7-ми месячном возрасте. Наилучшие результаты показала III группа испытуемых. Так, например, пред убойная живая масса животных из III группы в 5-ти месячном возрасте превысила таковую во II и I группах на 1,4% и 4,3%, а по массе парной туши на 2,6% и 6,1% соответственно. Увеличение внутреннего жира во II и III группах на 0,02 и 0,04 кг соответственно по отношению к контрольной группе привело к увеличению убойной массы. Данный параметр увеличился по отношению к контролю во II группе на 3,7%, а в III на 6,8%. Также вырос и убойный выход (отношение убойной массы к пред убойной). По отношению к контролю во II группе на 1%, а в III группе на 2,7%. Согласно табл. 3.7 в 7-ми месячном возрасте пред убойная живая масса во II и в III группах превосходила контрольную группу на 2,1% и 3,3%, масса парной туши на 2,2% и 5%, убойная масса на 2,3% и 5,3%, убойный выход на 0,2% и 2,1% соответственно. При этом, как и в 5-ти месячном возрасте масса внутреннего жира во II и III группах была выше, чем в контрольной группе на 0,02-0,04 кг. Таким образом, определено, что животные опытных групп (в особенности III группы) обладают лучшими мясными качествами по сравнению с контрольной группой.

Помимо мясных качеств важны и пищевые показатели туш, определяемые сортовым и морфологическим составом мышечной ткани исследуемых животных. Для их определения была проведена сортовая разрубка и обвалка туш. Результаты проведенного анализа исследуемых туш показаны в таблице 3.8. Выход отрубов 1 сорта был выше в опытных группах по сравнению с контролем и в 5-ти и в 7-ми месячном возрасте. Помимо этого, во II и III группах было наибольшее количество мякоти. Также коэффициент мясности определяющий соотношение мышечной и костной тканей был во II и в III группах к 5-му месяцу выше, чем в контрольной на 5,4% и 9,8% соответственно. К 7-месячному возрасту данный коэффициент во II и III группах также превышал контрольную на 4,3% и 6,1% соответственно. Превосходство сортовой

разрубки туш животных из II и III групп также можно наблюдать на рисунках 3.24 и 3.25.

Таблица 3.8 – Сортной и морфологический состав мышечной ткани овец

Показатель	Группа		
	I	II	III
5 месяцев			
Выход отрубов 1 сорта, %	84,9	85,5	86,0
Выход отрубов 2 сорта, %	15,1	14,5	14,0
Выход мякоти, %	67,9	69,1	70,2
Выход костей, %	32,1	30,9	29,8
Коэффициент мясности	2,12	2,24	2,35
7 месяцев			
Выход отрубов 1 сорта, %	86,4	86,8	87,0
Выход отрубов 2 сорта, %	13,6	13,2	13,0
Выход мякоти, %	71,2	72,1	72,5
Выход костей, %	28,8	27,9	27,5
Коэффициент мясности	2,47	2,58	2,63

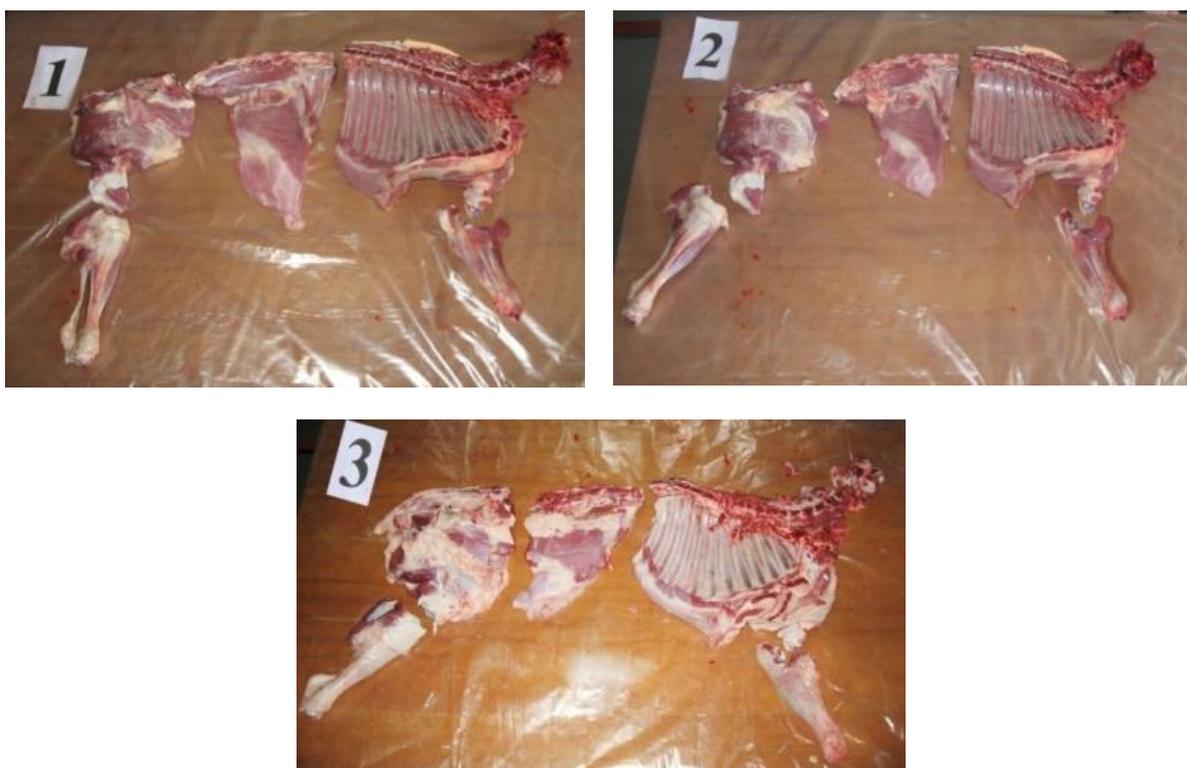


Рисунок 3.24 – Сортная разрубка туш животных в возрасте 5 месяцев

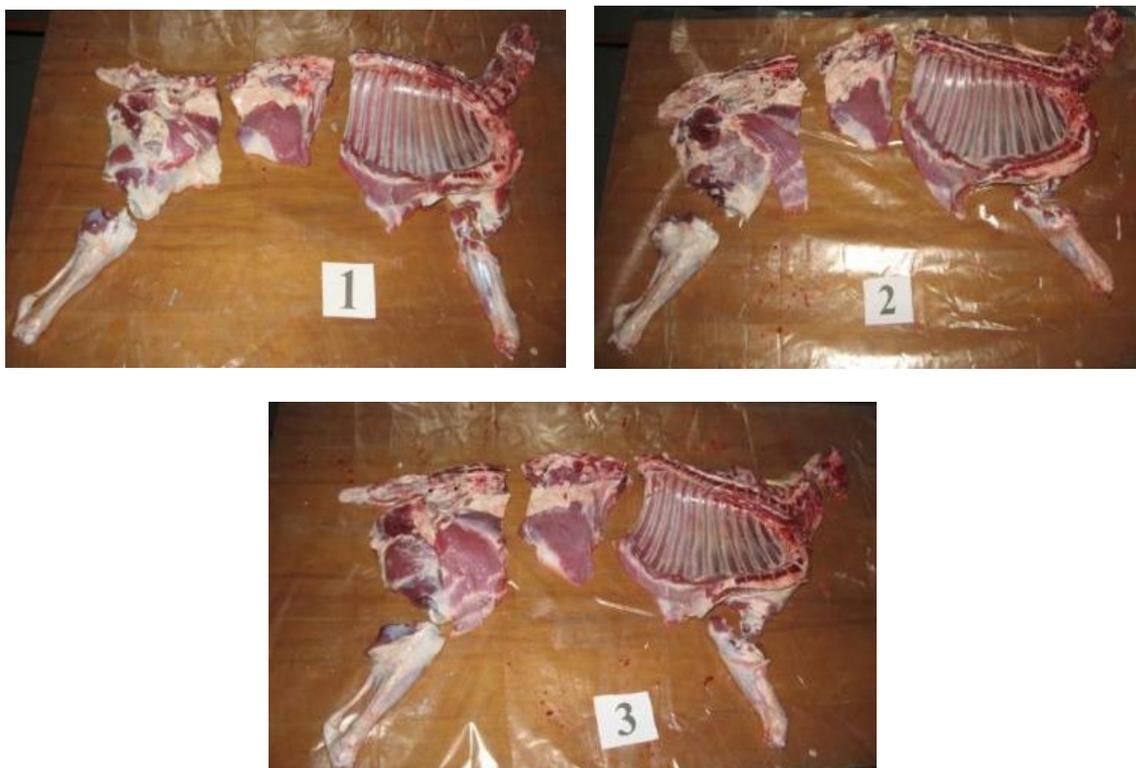


Рисунок 3.25 – Сортная разрубка туш животных в возрасте 7 месяцев

Существенное значение для развития организма животных и их продуктивности имеет формирование внутренних органов. Результаты таких исследований сведены в Приложение таблицы П.3.4-П.3.8.

Определено, что по массе выделенной крови животные из II и III групп превосходят контроль в возрасте 5 месяцев на 7,7%, а в возрасте 7 месяцев на 6,7-12,5%. Увеличение массы крови коррелирует с увеличением массы органа, отвечающего за ее прокачку по всему организму, т.е. сердца. Оно увеличилось в опытных группах по сравнению с контролем на 5,5-8% (табл. П.3.4). У животных опытных групп были увеличены: масса легких с трахеей (что свидетельствует о влиянии НИЛИ на трахею, попадающую в зону его воздействия согласно проведенному ранее компьютерному моделированию), селезенки, печени, желудка, длина толстого и тонкого кишечника. Все это говорит о лучшей степени развития внутренних органов животных из опытных групп (в особенности из III группы).

Помимо всего прочего был определен химический состав мышечной ткани для оценки влияния низкоинтенсивного лазерного излучения на его качество. Результаты этих исследований приведены в Приложении табл. П.3.6-П.3.8.

Анализ химического состава мышечной ткани молодняка овец в возрасте 5-ти месяцев показал существенные различия по содержанию влаги и жира. В мышечной ткани животных из III групп содержалось больше влаги (на 1,12%) и меньше жира (на 1,05%) по сравнению с контрольной группой. Вместе с тем разница между контрольной и II группами была несущественной. В 7-ми месячном возрасте III группа отличалась от контрольной и II групп (между которыми сохранилась несущественная разница по всем исследуемым параметрам) по количеству влаги (увеличилась на 0,25-0,63%) и золы (уменьшилась на 28,9-42,3%). Существенных изменений по протеину во всех группах и исследуемых возрастах животных не выявлено (табл. П.3.6).

Согласно проведенным исследованиям химического состава мышечной ткани негативного влияния на его качество низкоинтенсивным лазерным излучением не обнаружено. В Приложении табл. П.3.7 и П.3.8. сведены результаты исследования аминокислотного состава мышечной ткани исследуемых животных. Из них видно, что мышечная ткань животных из II и III групп обладала более высокой биологической ценностью по сравнению с контрольной группой. В 5-ти месячном возрасте сумма незаменимых аминокислот во II группе увеличилась на 6,7%, а в III группе на 8,4%. В 7-ми месячном возрасте во II группе увеличилась на 7,1%, а в III группе на 10,3%.

Также были проведены исследования по определению таких параметров полученных овчин, как масса и площадь. Данные параметры были больше у III группы животных. Так в 5-ти месячном возрасте масса овчины у III группы животных по сравнению со II была больше на 0,1 кг, а по сравнению с контрольной группой на 0,2 кг. То же касается и площади овчин. У III группы она была больше по сравнению со II группой на 1,5 дм², а по сравнению с контрольной больше на 2,5 дм². В 7-ми месячном возрасте такая же тенденция

сохранилась. По массе овчины III группа больше II на 0,2 кг и больше контрольной на 0,4 кг. По площади овчины III группа больше II на 2,6 дм² и больше контрольной на 3,2 дм² (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Параметры овчин исследуемых групп

Группа исследуемых животных	Масса овчины, кг	Площадь овчины, дм ²
5 месяцев		
I	1,8	43,7
II	1,9	44,7
III	2,0	46,2
7 месяцев		
I	2,3	50,9
II	2,5	51,5
III	2,7	54,1

Так как ранее было выявлено увеличение Т-лимфоцитов в крови ягнят, что является косвенным свидетельством влияния НИЛИ на тимус животных II и III групп, то наибольший интерес вызывает исследование морфологических особенностей данного органа. У животных I контрольной группы в возрасте 5-месяцев, при исследовании тимуса под микроскопом видно существенное разрастание белой жировой ткани, что представляет собой жировую инволюцию тимуса. При исследовании тимуса животных в 7-месячном возрасте его шейная часть подверглась глубокой инволюции. У животных II группы в 5-месячном возрасте тимус оказался без жировой инволюции. В 7-месячном возрасте у животных II группы выявлено, что тимус в состоянии глубокой жировой инволюции, однако имеются единичные тонкие лентовидные дольки. При микроскопическом исследовании тимуса у животных III группы в 5-месячном возрасте регистрируются небольшие процессы развития жировой инволюции тимуса. В 7-месячном возрасте у ягнят III группы наблюдается глубокая жировая инволюция тимуса. Данные исследования говорят о выявлении во всех группах одинаковых процессов, происходящие в тимусе. Установлено, что у овец контрольной группы жировая инволюция тимуса протекает очень активно. У опытных групп данный процесс только начинается в возрасте 7

месяцев. При микроскопическом исследовании цитоархитектоники тимуса овец в возрасте 5 и 7 месяцев у опытных групп животных установлено, что в тимусе имеются морфофункциональные резервы для терминальной дифференцировки и селекции Т-лимфоцитов.

3.4. Выводы

1. Проверка спектра излучения лазера СТП-9 в лабораторных условиях подтвердила наличие у него длины волны в диапазоне 983,6 - 985,6 нм и частоту следования импульсов соответствии с паспортными данными. Разработана и апробирована в лабораторных и полевых условиях автоматизированная лазерная установка для облучения молодняка овец низкоинтенсивным лазерным излучением на базе аппарата СТП-9. Программирование в блоке управления установки времени экспозиции и дистанций между точками облучения велось в соответствии с теоретически обоснованными значениями.

2. Исследования температурного режима после облучения ягнят с помощью тепловизионной съемки показала, что максимальная температура поверхности шейной области животных не превышала 43°C. Среднее превышение температуры поверхности после обработки по сравнению с температурой до воздействия составило 3,9°C при стандартном отклонении 2°C. Данное повышение не является опасным для животных и также свидетельствует о влиянии лазерного света на тело ягненка.

3. В результате экспериментальных исследований по продуктивности овец показало, что превышение массы молодняка овец, подвергшегося лазерному облучению на 15 (II группа) и 20 (III группа) день после рождения по сравнению с контрольными ягнятами (I группа) составило на 3,1% и 4,1% соответственно. Наибольшие приросты наблюдались в III группе, что говорит о целесообразности проведения обработки животных низкоинтенсивным лазерным излучением на 20 сутки после рождения.

4. Исследования экстерьера и индекса телосложения ягнят выявило преобладание облученных животных над контролем к 7-ми месячному возрасту. Так, обхват груди и сбитость к этому времени у животных из II группы по сравнению с контролем увеличились на 3,6% и 3,9% соответственно, а у животных из III группы на 8,3% и 9,2% соответственно.

5. Исследования эритроцитарных индексов, лейкоцитарной формулы крови, а также иммунной реактивности молодняка ягнят показали увеличение количества эритроцитов и гемоглобина у животных, подвергшихся лазерному воздействию, что связано с повышением окислительно-восстановительных процессов в их организме и говорит об интенсификации у них обменных процессов.

6. Проведение низкоинтенсивного лазерного излучения не приводит к патологиям у ягнят и в тоже время активизируются механизмы естественной защиты животных (увеличивается активность фагоцитоза и антимикробных свойств крови, количество Т и В лимфоцитов) и наибольший положительный эффект достигнут при воздействии лазером на 20 сутки после рождения животных.

7. Определения мясных качеств туш животных, а также сортовой и морфологический состав мышечной ткани показали, что в 7-ми месячном возрасте пред убойная живая масса во II и в III группах превосходила контрольную группу на 2,1% и 3,3%, масса парной туши на 2,2% и 5%, убойная масса на 2,3% и 5,3%, убойный выход на 0,2% и 2,1%, коэффициент мясности на 4,3% и 6,1% соответственно. Следовательно, можно наблюдать улучшение мясных качествах животных и о превосходстве сортовой разрубки туш животных из групп с лазерной обработкой.

8. Экспериментальные исследования выявили увеличение массы и площади полученной от исследуемых животных овчины: для III группы животных масса овчины к 7-ми месячному возрасту стала больше на 0,2 кг чем во II группе и на 0,4 кг больше чем в контрольной; по площади овчины у III группы больше чем у II на 2,6 дм² и больше контрольной на 3,2 дм².

9. В результате микроскопического исследования срезов тимуса у животных установлено, что жировая инволюция тимуса контрольной группы начинается гораздо раньше, чем у животных из II и III групп. Также у облученных животных в тимусе выявлены морфофункциональные резервы для терминальной дифференцировки и селекции Т-лимфоцитов по сравнению с контрольной группой.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЛИ

4.1 Экономическая эффективность внедрения автоматизированной лазерной установки в овцеводческом предприятии

В сельскохозяйственном производстве различают следующие виды эффективности: производственно-технологическую (использование материальных ресурсов производства), производственно-экономическую (производство продукции), социально-экономическую (реализация экономических интересов и работа предприятий в целом), а также эколого-экономическую (совокупная экономическая результативность процесса производства сельскохозяйственной продукции, с учетом воздействия сельского хозяйства на окружающую среду) [72, 86, 100].

Андрушко А.М. и ряд других авторов считают, что оценку эффективности совершенствования технологии содержания сельскохозяйственных животных, не связанного со значительными инвестициями, целесообразно осуществлять по изменению таких показателей, как:

- удой,
- среднесуточный привес,
- убойный выход мяса,
- сохранность поголовья [6, 75, 82].

Экономическая эффективность показывает конечный полный эффект от применения средств производства и живого труда, другими словами, отдачу совокупных вложений. В толковом экономическом словаре оно трактуется так: экономическая эффективность – результат экономической деятельности, характеризуемый отношением полученного экономического эффекта, к затратам факторов, ресурсов, обусловившим получение этого результата, достижение наибольшего объема производства с применением ресурсов определенной

стоимости [113]. Это определение является наиболее полным и отражающим сущность экономической эффективности, так как затраты труда являются только одним из факторов хозяйственной деятельности, и они не могут точно отражать все составляющие затрачиваемых средств. Этот же источник выделяет как отдельный термин «экономическую эффективность производства», под которым понимается соотношение получаемого эффекта (результата) производства с затратами на его осуществление.

Эффективность рассматривается авторами с акцентом на стоимостные результаты производства и показатели рентабельности, поскольку они интегрирует в себе реальное соотношение двух составных частей – затрат и экономических результатов [74].

Экономическая эффективность оценивается традиционно по:

- росту цены реализации в случаях повышения качественных характеристик продукции,
- снижению себестоимости единицы производимой продукции,
- приросту прибыли от реализации продукции
- повышению рентабельности производства [6].

Совокупное влияние всех факторов роста экономической эффективности совершенствования технологии содержания сельскохозяйственных животных при сравнительной оценке определяется по критериальному показателю прироста рентабельности

$$\Delta P_p = P_{p2} - P_{p1}, \quad (4.1)$$

где ΔP_p – изменение рентабельности продукции, %; P_{p1} – рентабельность продукции по базовому варианту, %; P_{p2} – рентабельность продукции по новому варианту, %.

Понятно, что при прочих равных условиях о целесообразности внедрения инноваций будет свидетельствовать положительное значение ΔP_p .

Эффективность выращивания овец рассчитывалась по доходу от реализации баранины в живой массе. При этом учитывались расходы на амортизацию и эксплуатацию установки лазерного облучения. Получено, что, несмотря

на одинаковые затраты на содержание овец, а также кормление, значение живой массы молодняка, подвергнутого однократному воздействию НИЛИ на 15 сутки от рождения (II опытная группа), по отношению к поголовью I контрольной группы животных было выше на 3,0%. При однократном воздействии на 20 сутки (III опытная группа) прирост составил 4,4% (таблица 4.1). Кроме того, был увеличен выход мяса в убойном весе с 40,0 % до, соответственно, 40,4 и 41,1%, что можно также учитывать при расчете эффективности реализации охлажденных туш. Затраты на содержание 1 головы молодняка овец в I группе составляли 3956 руб., что соответствовало себестоимости 1 кг живой массы на уровне 146,5 руб. Увеличение затрат по содержанию II и III опытных групп на расходы по обработке НИЛИ составило всего 1,04 и 2,03%, что ниже темпов роста живого веса поголовья опытных групп животных. Поэтому себестоимость 1 кг живой массы была снижена, соответственно, на 1,9 и 2,27%. При цене реализации продукции, сложившейся в опытном хозяйстве, на уровне 450 руб./кг в убойной массе, цена реализации 1 кг в пересчете на живую массу увеличивается с 180,0 до 181,8 и 185,0 руб. или, соответственно, на 1,0 и 2,8%. В результате совокупного влияния указанных выше факторов прибыль в расчете на 1 голову была увеличена с 905 до 1059 и 1178 руб. или в 1,17 и 1,30 раза. Это обеспечило рост уровня рентабельности производства с 22,9 до 26,5% при однократной обработке на 15 сутки и до 29,2% при однократной обработке на 20 сутки молодняка овец и их забое в 5-месячном возрасте.

Анализ результатов опытов по группам молодняка овец, забиваемых в 7-месячном возрасте, показал следующее. Прибыль в расчете на 1 голову была увеличена со 1323 до 1461 и 1583 руб. или на 10,5 и 19,7%. Это обеспечило рост уровня рентабельности производства с 29,3 до 32,1% при однократной обработке на 15 сутки и до 34,3% при однократной обработке на 20 сутки молодняка овец (таблица 4.2). Более высокий эффект в данном опыте по отношению к первому (таблица 4.1) связан, прежде всего, с неизменностью в опытном хозяйстве цены реализации мяса баранины на кости в зависимости от возраста забоя молодняка. На практике в хозяйственной деятельности более крупных

сельхозтоваропроизводителей цена на мясо более молодых ягнят может быть выше.

Таблица 4.1 – Экономическая эффективность выращивания молодняка овец до 5-месячного возраста в условиях опытного хозяйства

Показатели	Группа животных				
	I	II		III	
		значение показателя	в % к I группе	значение показателя	в % к I группе
Живая масса 1 гол. в 5-месячном возрасте, кг	27,00	27,81	3,00	28,19	4,40
Убойный выход, %	40,00	40,40	х	41,10	х
Убойная масса, кг	10,80	11,24	4,03	11,59	7,27
Затраты на содержание, руб./гол.	3956	3997	1,04	4036	2,03
Себестоимость 1 кг, руб.	146,5	143,7	98,10	143,2	97,73
Цена реализации 1 кг живой массы, руб.	180	181,8	1,00	185,0	2,75
Стоимость продукции, руб./гол.	4860	5056	4,03	5213	7,27
Прибыль, руб./гол.	905	1059	17,11	1178	30,19
Уровень рентабельности, %	22,9	26,5	х	29,2	х

Таблица 4.2 – Экономическая эффективность выращивания молодняка овец до 7-месячного возраста в условиях опытного хозяйства

Показатели	Группа животных				
	I	II		III	
		значение показателя	в % к I группе	значение показателя	в % к I группе
Живая масса 1 гол. в 7-месячном возрасте, кг	32,40	33,10	2,16	33,50	3,4
Убойный выход, %	41,20	41,30	х	42,09	х
Убойная масса, кг	13,35	13,67	2,4	14,10	5,62
Затраты на содержание, руб./гол.	4509	4556	101,04	4613	102,30
Себестоимость 1 кг, руб.	139,2	137,6	98,9	137,7	98,9
Цена реализации 1 кг живой массы, руб.	180	181,8	1,0	185,0	2,8
Стоимость продукции, руб./гол.	5832	6017,58	3,2	6195,8	6,2
Прибыль, руб./гол.	1323	1461	10,5	1583	19,7
Уровень рентабельности, %	29,3	32,1	х	34,3	х

Расчет экономического эффекта предлагаемых обработок был проведен на материалах хозяйств 1 природно-климатической зоны Ставропольского края, то есть Арзгирского, Апанасенковского, Левокумского, Нефтекумского и Туркменского районов, в которых сосредоточено около 65% поголовья овец средних по размеру товаропроизводителей Ставропольского края и в которых может обеспечиваться прибыльность ведения данной подотрасли животноводства (Табл. 4.3 -4.4).

Таблица 4.3 – Экономическая эффективность выращивания молодняка овец до 5-месячного возраста в условиях трех районов 1 агроклиматической зоны Ставропольского края

Показатели	Группа животных				
	I	II		III	
		значение показателя	в % к I группе	значение показателя	в % к I группе
Поголовье, тыс. гол.	124,1	124,1	0,0	124,1	0,0
Поголовье реализуемого молодняка, тыс. гол.	87,5	87,5	0,0	87,5	0,0
Живая масса поголовья в 5-месячном возрасте, т	2362	2433	3,0	2466	4,4
Убойный выход, %	40,00	40,40	x	41,10	x
Убойная масса, кг	945	983	104,0	1014	107,3
Затраты на содержание, тыс. руб.	311934	315178	1,04	319109	2,30
в т.ч.: расходы по обработке	0	2800	x	2800	x
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	132,1	129,5	98,10	129,4	97,99
Цена реализации 1 т живой массы, тыс. руб.	180,0	181,8	1,0	185,0	2,8
Стоимость продукции, тыс. руб.	425204	442340	4,0	456120	7,3
Прибыль, тыс. руб.	113270	127161	12,3	137012	21,0
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	x	13892	x	23742	x

Таблица 4.4 – Экономическая эффективность выращивания молодняка овец до 7-месячного возраста в условиях трех районов 1 агроклиматической зоны Ставропольского края

Показатели	Группа животных				
	I	II		III	
		значение показателя	в % к I группе	значение показателя	в % к I группе
Поголовье, тыс. гол.	124,1	124,1	0	124,1	0
Поголовье реализуемого молодняка, тыс. гол.	87,5	87,5	0	87,5	0
Живая масса поголовья в 7-месячном возрасте, т	2835	2896	2,2	2931	3,4
Убойный выход, %	41,20	41,30	х	42,09	х
Убойная масса, кг	1168	1196	2,4	1234	5,6
Затраты на содержание, тыс. руб.	355605	359303	1,04	363784	2,30
в т.ч.: расходы по обработке	0	2800	х	2800	х
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	125,4	124,1	98,90	124,1	98,94
Цена реализации 1 т живой массы, тыс. руб.	180,0	181,8	3,2	185,0	6,2
Стоимость продукции, тыс. руб.	510245	526481	3,2	542076	6,2
Прибыль, тыс. руб.	154640	167178	8,1	178292	15,3
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	х	12538	х	23652	х

Поголовье реализуемого молодняка овец в хозяйствах указанных районов в 2021 г. составляло 87,5 тыс. голов, средняя себестоимость живого веса молодняка была равна 132,1 тыс. руб./т, а цена реализации мы приняли в расчетах на уровне опытного хозяйства – 180,0 тыс. руб./т поскольку более низкая фактическая цена реализации (от 55 до 146 тыс. руб./т) связана с высокой долей внутривладельческого потребления баранины на натуроплату и общественное питание, отсутствием боен требуемой мощности. Такие результаты позволяли бы получать данным сельхозтоваропроизводителям прибыль в размере 113,3 млн. руб. в год при условии реализации молодняка овец 5-месячного возраста средним весом 27,0 кг/гол. Однократная обработка данного

поголовья низкоинтенсивным лазерным излучением на 15 сутки при том же приросте веса, что и в опытных группах, позволила бы увеличить размер прибыли до 127,2 млн. руб., однократная на 20 сутки – до 137,0 млн. руб. Годовой экономический эффект мог бы составить, соответственно, 13,9 и 23,7 млн руб. Наложение результатов проведенных опытов с забоем молодняка овец в 7-месячном возрасте при сохранении средних цен реализации позволило бы предприятиям увеличить прибыль с 154,6 до, соответственно, 167,2 и 178,3 млн. руб. Годовой экономический эффект мог бы составить 12,5 млн. руб. при однократной обработке животных на 15 сутки и 23,6 млн руб. при условии их однократной обработки на 20 сутки низкоинтенсивным лазерным излучением.

Таким образом, приведенные расчеты показали, что наиболее целесообразна однократная обработка на 20 сутки НИЛИ при выращивании молодняка овец до 7-месячного возраста. В условиях опытного хозяйства это обеспечило увеличение уровня рентабельности с 29,3 до 34,3%. В условиях средних и крупных хозяйств 1 зоны Ставропольского края обработка низкоинтенсивным лазерным излучением может дать прирост прибыли 23,7 млн руб. при условии реализации продукции по сложившимся рыночным ценам.

Для оценки значимости данного годового экономического эффекта коллектив авторов под руководством Белого Е.М. предлагает использование следующих показателей [22].

1. Прирост прибыли в расчете на рубль инвестиций:

$$\Delta \text{Пр} = \frac{(\text{Пр}_2 - \text{Пр}_1)}{И}, \quad (4.2)$$

где Пр_1 , Пр_2 – соответственно годовой размер прибыли до и после инвестиций, руб.; $И$ – размер инвестиций, руб.

2. Срок окупаемости инвестиций:

$$\text{СО} = \frac{И}{(\text{Пр}_2 - \text{Пр}_1)}, \quad (4.3)$$

В условиях применения НИЛИ хозяйствами 1 зоны Ставропольского края размер инвестиций должен составить не менее:

$$И = \frac{Пог}{НН} \cdot Ц_{ус}, \quad (4.4)$$

где Пог – поголовье молодняка (принимается 87500 гол., 110 отар); Ц_{ус} – цена установки, 170000 руб. (принята по ориентировочно по аналогичному оборудованию), НН – нормативная нагрузка поголовья в расчете на одну установку при применении для стимуляции и лечения животных.

На одно животное приходится технологически 6 минут работы установки. Тогда нормативная нагрузка на установку составит 20000 животных в год. Так как ягнение овцематок не идет равномерно в течении года, то в периоды максимума нагрузка на установку будет резко возрастать. В связи с этим принимаем нормативную нагрузку 2000 голов на установку и размер инвестиций тогда будет в размере:

$$И = \frac{Пог}{НН} \cdot Ц_{ус} = \frac{87500}{2000} \cdot 170 = 7,4 \text{ млн. руб.} \quad (4.5)$$

Однако, на практике данная сумма может быть увеличена в два раза при среднем размере маточной отары 800 гол. и выходе ягнят 100-110 гол. в расчете на 100 овцематок.

Прирост прибыли тогда будет находится в интервале:

1. Прирост прибыли в расчете на рубль инвестиций:

$$\Delta П_{\text{мин}} = \frac{(П_{р2} - П_{р1})}{И} = \frac{178292 - 154640}{7,44} = 3,18 \frac{\text{руб.}}{\text{руб.}}; \Delta П_{\text{макс}} = \frac{178292 - 154640}{7,44 \cdot 2} = 1,59 \frac{\text{руб.}}{\text{руб.}} \quad (4.6)$$

2. Срок окупаемости инвестиций в интервале получаемой прибыли составит:

$$CO_{\text{мин}} = \frac{И}{(П_{р2} - П_{р1})} = \frac{7,44}{23,652} = 0,31 \text{ года} = 4 \text{ мес.} \quad (4.7)$$

$$CO_{\text{макс}} = \frac{И}{(П_{р2} - П_{р1})} = \frac{7,44 \cdot 2}{23,652} = 0,62 \text{ года} = 7,5 \text{ мес.} \quad (4.8)$$

4.2 Выводы

1. Экономическая эффективность внедрения установок лазерного облучения в овцефермах показала, что снижается себестоимость 1 кг живой массы от 1,9 и 2,3%; при цене реализации продукции на уровне 450 руб./кг в убойном весе, прибыль в расчете на 1 голову увеличивается в интервале от 1,17 и 1,30 раза, что обеспечивает рост уровня рентабельности производства с 22,9 до 26,5% при однократной обработке на 15 сутки молодняка овец и их забое в 5-месячном возрасте.

2. Произведен расчет экономического эффекта предлагаемых обработок на материалах хозяйств природно-климатической зоны Ставропольского края, при поголовье реализуемого молодняка овец 87,5 тыс. голов и средней себестоимости живого веса молодняка 132,1 тыс. руб./т.

3. Однократная обработка данного поголовья низкоинтенсивным лазерным излучением на 15 сутки после рождения позволила увеличить размер прибыли до 127,2 млн. руб., соответственно на 20 сутки – до 137,0 млн. руб, что позволяет получить годовой экономический эффект, соответственно, 13,9 и 23,7 млн руб.

4. Проведенные экономические расчеты показали, что наиболее целесообразна однократная обработка молодняка на 20 сутки после рождения и при выращивании молодняка овец до 7-месячного возраста. В условиях опытного хозяйства это обеспечило увеличение уровня рентабельности с 29,3 до 34,3%. В условиях средних и крупных хозяйств 1 зоны Ставропольского края обработка низкоинтенсивным лазерным излучением на автоматизированных установках может дать прирост прибыли в 23,7 млн руб. при условии реализации продукции по сложившимся рыночным ценам. Срок окупаемости инвестиций на закупку установок лазерного облучения находится в диапазоне от 4 до 8 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Проведены теоретические исследования проникающей способности лазерного излучения с длиной волны 940 нм через отдельные биологические ткани, которые показали, что высокой поглощающей способностью обладают костные ткани и тимус. В программном обеспечении Comsol разработана геометрическая модель шейного отдела ягненка, которая стала составной частью компьютерной модели протекающих физических процессов в изучаемом объекте при лазерном излучении.

2. Реализация компьютерной модели физических процессов в шейном отделе ягненка с источником лазерного излучения показала, что внутренние органы шеи имеют высокую поглощающую способность и размещение лазера над позвоночником не позволит получить тимусу значительной энергии излучения.

3. На основе анализа реализации модели физических процессов с источником лазерного излучения в объекте исследований рекомендованы следующие параметры лазерной установки: размещение лазера в верхней части установки и под углом 20° к вертикальной оси; проводить облучение в трех горизонтальных точках с расстоянием между ними 4,2 см и со средней дистанцией от шеи 4,5 см. При ограничениях превышений температуры биологической ткани на уровне 43°C , средней излучающей мощности лазера 1,5 Вт с длиной волны 940 нм рекомендован режим работы лазера в трех местах фиксации лазера начиная от головы: 25 с, 40 с, 25 с.

4. Полученные решения компьютерной модели показали, что по мере удаления от головы на тимус падает энергия излучения от трех соответствующих точек: 140 Вт/м^2 , 39 Вт/м^2 , 11 Вт/м^2 , при этом температура тимуса повышается соответственно на $0,2^\circ\text{C}$, $0,1^\circ\text{C}$, $0,03^\circ\text{C}$.

5. Обоснована конструктивно-технологическая схема автоматизированной лазерной установки для воздействия на молодняк овец, позволяющая

проводить требуемую экспозицию облучения в автоматическом режиме. Разработан универсальный алгоритм управления автоматизированной лазерной установкой, для реализации в контроллерах различного типа.

6. Изготовлена автоматизированная лазерная установка для облучения ягнят, которая позволяет производить автоматическое перемещение лазера над телом животного и проводить временную экспозицию излучения в фиксированных положениях. Тепловизионное исследование шейного отдела подопытных животных показало, что после воздействия лазерного облучения температура обрабатываемых поверхностей возрастает в среднем на $3,9^{\circ}\text{C}$ при стандартном отклонении 2°C , что не опасно для животных, свидетельствует о влиянии лазерного света на тело ягненка и подтверждает результаты моделирования.

7. Экспериментальные исследования по продуктивности овец показали следующее: превышение массы молодняка овец, подвергшегося лазерному облучению на 15 (II группа) и 20 (III группа) день после рождения, по сравнению с контрольными ягнятами (I группа) составило 3,1 и 4,1 % соответственно; в 7-месячном возрасте предубойная живая масса во II и III группах превосходила контрольную группу на 2,1 и 3,3 %, масса парной туши – на 2,2 и 5 %, убойная масса – на 2,3 и 5,3 %, убойный выход – на 0,2 и 2,1 %, коэффициент мясности был выше на 4,3 и 6,1 % соответственно; увеличение массы полученной овчины от исследуемых животных для III группы к 7-месячному возрасту составило на 0,2 кг больше, чем во II группе, и на 0,4 кг больше, чем в контрольной, площади овчины у III группы больше, чем у II, на $2,6\text{ дм}^2$ и больше контрольной на $3,2\text{ дм}^2$.

8. Микроскопические исследования срезов тимуса у животных показали, что жировая инволюция тимуса контрольной группы начинается гораздо раньше, чем у животных из II и III групп; у облученных животных в тимусе выявлены морфофункциональные резервы для терминальной дифференцировки и селекции Т-лимфоцитов по сравнению с контрольной группой. Исследования эритроцитарных индексов, лейкоцитарной формулы крови, а также

иммунной реактивности молодняка ягнят показали увеличение количества эритроцитов и гемоглобина у животных, подвергшихся лазерному воздействию, что говорит об ускорении окислительно-восстановительных и обменных процессов в их организме.

9. Экономическая эффективность внедрения установок лазерного облучения в овцефермах показала снижение себестоимости 1 кг живой массы от 1,9 до 2,3 %; увеличение уровня рентабельности производства с 22,9 до 26,5 % при забое овец в 5-месячном возрасте. Расчет экономического эффекта предлагаемых обработок в хозяйствах природно-климатической зоны Ставропольского края, при поголовье реализуемого молодняка овец 87,5 тыс. голов показал возможное получение годового эффекта в размере до 23,7 млн руб. Срок окупаемости инвестиций на закупку установок лазерного облучения находится в диапазоне от 4 до 8 месяцев.

Рекомендации производству

В овцеводческих хозяйствах результаты исследования могут быть использованы при выращивании ягнят, что приведет к получению более здорового поколения и снижению падежа животных. Периодическое лазерное облучение овец в сочетании с другими способами интенсификации выращивания, в том числе с генетической работой, позволит получать больше продукции в виде мяса и шерсти. Для предприятий, изготавливающих оборудование для овцеводства АПК, результаты полезны при создании и производстве автоматизированных установок лазерного облучения животных.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют разрабатывать новые мультифизические модели процессов при лазерных обработках в других частях тела овец. Разработанные компьютерные модели можно применить при моделировании проникновения лазерного луча в различные биоткани и для других животных. Лазерное облучение в ветеринарии

позволяет успешно бороться с болезнями животных и приводит к повышению их продуктивности особенно в комплексном использовании других методов профилактики. Полученный алгоритм управления автоматизированной лазерной установкой можно реализовывать в различных микроконтроллерах и при соответствующей доработке позволяет получить полностью автоматическую установку для нескольких животных или при обработке молодняка в технологическом потоке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абилов, Б.Т. Эффективность выращивания молодняка мясошерстных овец на откорме с применением БМВД с повышенным содержанием растительного белка / Б.Т. Абилов // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2018. – № 8 (24). – Режим доступа: Alley-science.ru [http:// docviewer.yandex.ru](http://docviewer.yandex.ru) (27.12.2018).
2. Абонеев, В.В. Возрастные особенности морфологического состава крови молодняка овец разных генотипов в онтогенезе / В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых, С.Н. Шумаенко // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 2. – С. 41-42.
3. Абонеев, В.В. Методика оценки мясной продуктивности овец / В.В. Абонеев, С.А. Ерохин, Ю.Д. Квитко, И.И. Селькин, А.Н. Соколов, А.И. Суров, А.А. Омаров // Методические рекомендации для научных сотрудников, аспирантов, студентов и практических работников в области овцеводства. – Ставрополь: СНИИЖК, 2009. – 36 с.
4. Авдеев, В.С. Экспериментальное обоснование магнито-инфракрасно-лазерной терапии / В.С. Авдеев, И.И. Моисеев, М.В. Шмелев, В.Н. Чучин // Экологические аспекты эпизоотологии и патологии животных: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 1999. – С. 244.
5. Алексеев, Ю.В. Воздействие фотодинамического и светокислородного эффектов на ультраструктуру различных популяций лейкоцитов / Ю.В. Алексеев, Т.Г. Бархина, А.В. Иванов, Е.В. Давыдов, М.И. Ковалев, А.М. Ковалева // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 2. – С. 29-35.
6. Андрушко А.М. Экономическое обоснование комплементарного подхода в производственных процессах животноводства (на примере овцеводческого подкомплекса) / Вестник Института Дружбы народов Кавказа: теория экономики и управления народным хозяйством, №1 (57) 2021, с.33-39.
7. Асташов, В.В. Структура тимуса при воздействии чрескожного лазерного облучения крови с различной длиной волны / В.В. Асташов, В.И.

Козлов, Ю.И. Бородин, Ю.А. Анцырева, О.А. Зайко // Морфология. – 2017. – Т. 151. – № 3. – С. 22-27.

8. Афанасьев М.А., Шлыков С.Н. Биофизические методы повышения продуктивности и резистивности овец: монография./Волгоград, 2021.- ООО «Сфера». 119 с.

9. Афанасьев, М.А. Особенности морфологического состава крови полутонкорунных овец при использовании биофизических методов / М.А. Афанасьев, Л.Н. Скорых, Е.А. Киц, Д.В. Коваленко, Д.И. Фурсов // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 1 (33). – С. 56–60.

10. Афанасьев, М.А. .Особенности мясных качеств у молодняка создаваемого типа скороспелых овец при использовании биофизических методов / М.А. Афанасьев, Л.Н. Скорых, Д.В. Коваленко // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1 (29). – С. 60–62.

11. Афанасьев, М.А. Мясная продуктивность у молодняка создаваемого типа скороспелых овец при использовании биофизических методов / М.А. Афанасьев, Л.Н. Скорых, С.С. Бобрышов // Современное состояние животноводства: проблемы и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2018. – С. 97–98.

12. Афанасьев М.А. Исследование температуры тела животных при воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения / Афанасьев М.А., Е.И. Рубцова, В.С. Афанасьева, Н.И. Богатырев. // Сельский механизатор №9, С. 8-10.

13. Балковой, И.И. Лазерное излучение как фактор повышения неспецифической резистентности животных / И.И. Балковой, В.П. Иноземцев, Я.С. Стравский [и др.] // Квантовая терапия в ветеринарии. – М.: ПКП ГИТ, 2003. – С. 11.

14. Балмуханов, С.Б. Влияние лазерного излучения на некоторые иммунологические характеристики лимфоцитов / С.Б. Балмуханов, Р.М. Лаптева, С.А. Баншева, О.И. Макарова. – М., 1983. – 113 с.

15. Бастаев, А.У. Производить мясо экономически выгодно и в каракульском овцеводстве / А.У. Бастаев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2003. – № 4. – С. 33-35.

16. Батожаргалов, Ц.-Д.Р. Откормочные и мясные качества овец забайкальской породы / Ц.-Д.Р. Батожаргалов, Б.Б. Цибилов, Ф.Д. Высочанский // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2004. – № 1. – С. 22-24.

17. Башилов А.М. Системно-развивающееся и интеллектуально-прогрессирующее управление агротехноценозами / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник НГИЭИ. 2021. № 10 (125). С. 36-45.

18. Башилов А.М. Видеоцифровое системометрическое управление агротехнологическими процессами / Башилов А.М., Королев В.А. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4 (48). С. 68.

19. Башилов А.М. Манёвренные системы видеонаблюдения для применения в аграрном производстве / Башилов А.М. // АгроФорум. 2019. № 2. С. 44-46.

20. Беккулиев, К.М. Методы лазерной биотехнологии в воспроизводстве овец / К.М. Беккулиев, Н.К. Дуйшеев, Г.Д. Абдраева // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2014. – № 1 (30). – С. 209-212

21. Беккулиев, К.М. Новый цикл применения низкоинтенсивного лазерного излучения в животноводстве / К.М. Беккулиев, К.А. Собуров, Т.Ж. Турдубаев, М.К. Касмалиев, А.А. Казыбекова, Г.Д. Абдраева, К.С. Сыдыкбеков // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2015. – Т. 15. – № 2 (34). – С. 69-73.

22. Белый Е.М., Алексеев Ю.С. Зимина Л.Ю., Байгулова А.А. Экономика предприятия: производственные ресурсы и эффективность их использования: учебное пособие. <https://ulsu.ru/media/documents/uch-posobie-economika-organizacii.pdf> С.131-142

23. Богданов, В.П. Инструментальное и биофизическое исследование воздействия на живой организм электромагнитного излучения частотой 1000

МГц, адекватного техногенным полям / В.П. Богданов, Т.И. Субботина, А.А. Яшин // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. 7. – № 3-4. – С. 57.

24. Богуш, Н.А. О механизме общестимулирующего действия лазерного излучения / Н.А. Богуш, В.А. Мостовников, С.И. Мохорова // Доклад АНБ СССР. – Минск, 1997. – Т. 21. – № 8. – С. 759-762.

25. Бриль, Г.Е. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на генетический аппарат клетки / Г.Е. Бриль, Н.П. Панина. – Саратов, 2000. – 34 с.

26. Бриль, Г.Е. Молекулярно-клеточные аспекты терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения: учеб. пособие / Г.Е. Бриль. – Саратов, 2001. – 44 с.

27. Бриль, Г.Е. Механизмы повышения неспецифической резистентности организма при действии низкоинтенсивного лазерного излучения / Г.Е. Бриль // Успехи современного естествознания. – 2003. – № 4. – С. 32.

28. Бугаева, И.О. Влияние низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на органы иммуногенеза: дис. ... д-ра мед. наук: 03.00.02 / Бугаева Ирина Олеговна. – Саратов, 2006. – 285 с.

29. Будаговский А. Межклеточная коммуникация посредством когерентного излучения / Будаговский А., Будаговская О., Будаговский И. // Фотоника. 2016. № 3 (57). С. 148-164.

30. Будаговский А.В. Проверка гипотезы о мутагенном действии низкоинтенсивного лазерного излучения видимой области спектра / Будаговский А.В., Соловых Н.В., Будаговская О.Н., Янковская М.Б. // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 57-61.

31. Будаговский, А.В. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / А.В. Будаговский, И.Б. Ковш. – М.: Техносфера, 2008. – 272 с.

32. Буйлин, В.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия / В.А. Буйлин, А.И. Ларюшин, М.В. Никитина // Свето-лазерная терапия: руководство для врачей.

– Тверь : Триада, 2004. – 256 с. – Режим доступа: <http://www.alcommedica.ru/info/liter/stati/NILI.html> (28.07.2018).

33. Буйлин, В.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия с применением матричных импульсных лазеров / В.А. Буйлин. – М.: Техника, 2000. – 124 с.

34. Булгакова, Е.С. Биологически активные кормовые добавки в овцеводстве / Е.С. Булгакова, И.А. Василенко // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. науч. статей. – Ставрополь: АГРУС, 2017. – С. 5-8.

35. Васильева, В.С. Возможность профилактики рецидивирующих маститов при использовании низкоинтенсивного лазерного излучения / В.С. Васильева, А.В. Голубцов, С.Н. Семёнов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (46) – С. 58-64.

36. Вершинин М.Н. Стимулирование растительных организмов лазером / Вершинин М.Н., Юран С.И. // В сборнике: Актуальные вопросы энергетики АПК. Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летию плана ГОЭРЛО. 2021. С. 19-21.

37. Вершинин М.Н. Об использовании полупроводникового лазера для стимуляции растительных организмов / Вершинин М.Н., Юран С.И., Зарипов М.Р. // В сборнике: Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, 2021. С. 94-98.

38. Виноградов, В.В. Гормоны, адаптация и системные реакции организма / В.В. Виноградов. – Минск: Наука и техника, 1989. – 222 с.

39. Геращенко, Л.В. Продуктивность, биологические особенности молодняка овец разных пород при откорме: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Геращенко Леонид Васильевич. – Ставрополь, 2006. – 28 с.

40. Голубцов, А.В. Механизм влияния на организм животных низкоинтенсивного лазерного излучения, используемого в ветеринарной практике / А.В. Голубцов, В.В. Василисин, С.Н. Семенов, А.П. Золототрубов

// Ученые записки Казанской Государственной Академии Ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – Казань, 2008. – С. 42-46.

41. Голубцов, А.В. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения для повышения естественной резистентности телят-гипотрофиков / А.В. Голубцов, В.В. Василисин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2 (25). – С. 51-59.

42. ГОСТ Р – 52843-2007. Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах. Технические условия. Использование и издательское оформление. – М.: Стандартинформ, 2008. – 11 с.

43. Грига, Э.Н. Влияние импульсного низкочастотного тока на морфологические показатели крови / Э.Н. Грига, Ю.А. Карпенко, Е.А. Киц, О.Э. Грига, С.Е. Боженков // Сб. науч. тр. Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь: СНИИЖК, 2014. – Т. 1. – № 7 (1). – С. 180-185.

44. Грига, Э.Э. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики и лечения острого послеродового эндометрита у коров: дис. ... канд. вет. наук: 16.00.07 / Грига Эдуард Эдуардович. – Ставрополь, 2007. – 194 с.

45. Дегтярев, Д.Ю. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на динамику живой массы ягнят / Д.Ю. Дегтярев, Л.Н. Скорых, Е.А. Моренко // Еврофермер. – 2006. – № 5. – С. 24-25.

46. Дегтярев, Д.Ю. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на биохимический статус и продуктивность молодняка овец: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.04 / Дегтярев Денис Юрьевич. – Волгоград, 2009. – 130 с.

47. Дегтярев, Д.Ю. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на естественную резистентность молодняка овец / Д.Ю. Дегтярев, Э.Н. Грига // Вестник ветеринарии. – 2008. – № 44. – С. 47-48.

48. Дегтярев, Д.Ю. Динамика изменения естественной резистентности молодняка овец при применении низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) / Д.Ю. Дегтярев // Актуальные проблемы ветеринарного акушерства,

гинекологии и биотехники размножения животных: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / Ставроп. ГАУ. – Ставрополь, 2007. – С. 87-89.

49. Дейкин, А.В. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, Д.В. Коваленко, В.И. Трухачев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 576-583.

50. Дмитрик, И.И. Способ гистологической оценки качественных показателей мясной продуктивности овец с учетом морфоструктуры тканей: методические указания / И.И. Дмитрик, Г.В. Завгородняя, Е.П. Берлова, М.И. Павлова, Ю.А. Беляева, Е.Г. Овчинникова. – Ставрополь: СНИИЖК, 2010. – 16 с.

51. Желтышева, А.С. Изучение состояния процессов перекисного окисления липидов у больных угревой болезнью (Материалы XVI Междунар. конгресса по реабилитации в медицине и иммунореабилитации, Париж, 2011 г.) / А.С. Желтышева // Журнал аллергологии и иммунологии. – 2011. – Т. 12. – № 1. – С. 31.

52. Залеская, Г.А. Реакция периферической крови экспериментальных животных на комбинированное воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения / Г.А. Залеская, В.М. Насек, Р.Д. Зильберман // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2018. – Т. 63. – № 2. – С. 201-208.

53. Захаров, С.Д. Адгезивные и агрегационные свойства лейкоцитов крови при лазерном облучении / С.Д. Захаров, Б.В. Еремеев, С.Н. Перов [и др.] // Методы лазерной биофизики и их применение в биологии и медицине. – Тарту, 1989. – С. 59-92.

54. Захарова, Е.И. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на лимфатические микрососуды: применение низкоинтенсивных лазером и излучения миллиметрового диапазона в эксперименте и клинике / Е.И. Захарова, Г.Е. Бриль; под ред. Г.Е. Бриля. – Саратов, 1994. – С. 55-58.

55. Зиянгирова, С.Р. Зависимость продуктивности овец романовской породы от использования добавок "Биогумитель" и "Глауконит" в рационе кормления / С.Р. Зиянгирова, Р.Р. Сайфуллин // Аллея науки. – 2018. – Т. 1. – № 8 (24). – С. 327-330.

56. Исайкина, Е.Ю. Влияние лазерного излучения на морфологические, физико-химические и биохимические показатели крови коров, больных субклиническим маститом / Е.Ю. Исайкина, Н.К. Комарова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6 (44). – Ч. 1. – С. 95-98.

57. Карпуть, И.М. Микробные препараты и лазеры в повышении резистентности и профилактике болезней молодняка / И.М. Карпуть, М.П. Бабина, А.Н. Козловский, Н.И. Богданов, И.З. Севрюк, А.В. Притыченко, Т.В. Бабина // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2004. – Т. 40. – № 1. – С. 70-71.

58. Катаранов, А.А. Коррекция иммунного дефицита у новорожденных телят лазерным излучением / А.А. Катаранов, В.С. Авдеев // Квантовая терапия в ветеринарии. – М.: ПКПГИТ, 2003. – С.49.

59. Клебанов, Г. И. К вопросу о механизме лечебного действия низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения / Г.И. Клебанов, М.В. Крейнина, Е.А. Полтанов [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2001. – № 3. – С. 286–289.

60. Клебанов, Г.И. Первичные и вторичные молекулярно-клеточные механизмы квантовой терапии: проблемы физической биомедицины / Г.И. Клебанов; под ред. Г.Е. Брилля. – Саратов: СГМУ, 2003. – С. 42-53.

61. Клебанов, Г.И. Свободнорадикальный механизм лазеротерапии при лечении различных заболеваний / Г.И. Клебанов, Ю.О. Теселкин, И.В. Бабенкова [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1997. – Т. 123. – № 4. – С. 395-398.

62. Козлов, В.И. Взаимодействие лазерного излучения с биотканями / В.И. Козлов // Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической медицине. – М., 1997. – С. 24-34.

63. Колосов, Ю.А. Совершенствование продуктивных качеств кавказской породы овец Ростовской популяции / Ю.А. Колосов, А.В. Бородин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 4. – С. 14-16.

64. Коник, Н.В. Пути повышения продуктивности овец ставропольской породы / Н.В. Коник // Аграрная наука. – 2010. – № 10. – С. 26-30.

65. Коник, Н.В. Селекционные и технологические аспекты совершенствования овец ставропольской породы (на примере Саратовского Заволжья) : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.07; 06.02.10 / Коник Нина Владимировна. – п. Персиановский, 2011. – 31 с.

66. Кончугова, Т.В. Иммуномоделирующие эффекты низкоинтенсивного лазерного излучения / Т.В. Кончугова, С.Б. Першин, А.А. Миненков // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1997. – №1. – С. 42-45.

67. Королёв В.А. Аграрные электророботизированные модульные структуры / Королёв В.А., Башилов А.М. // Вестник аграрной науки Дона. 2022. № 1 (57). С. 65-77.

68. Королев В.А. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами / Королев В.А., Башилов А.М. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4 (48). С. 68-75.

69. Королев В.А. Моделирование процессов управления в АПК / Королев В.А., Башилов А.М. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4 (48). С. 49-55.

70. Кривко, А.С. Продуктивность овец породы советский меринос улучшенной популяции, создаваемой на основе генетических ресурсов отечественной и зарубежной селекции: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Кривко Антон Сергеевич. – п. Персиановский, 2014. – 116 с.

71. Крюк, А.С. Терапевтическая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения / А.С. Крюк, И.В. Хохлов, В.А. Мостовников [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1986. – 231 с.

72. Кукин И.И. Особенности развития эффективности сельскохозяйственного производства в историческом аспекте // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 11 (80). С. 142-146.

73. Купин, В.И. Влияние лазерного излучения неповреждающей интенсивности на систему иммунитета / В.И. Купин [и др.] // Советская медицина. – 1985. – № 7. – С. 8-12.

74. Куприенко С.В. Развитие технологий будущего (монография). Одесса, 2018.С.55-61

75. Кусакина О.Н. Методические подходы к оценке эффективности развития молочного животноводства с использованием информационных технологий: монография / О.Н.Кусакина, Н.В.Банникова, Т.Н.Костюченко и др. / Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2017. – 172 с.

76. Лаптева, Р.М. Системная реакция компонентов иммунитета на низкоинтенсивные лазерные излучения / Р.М. Лаптева, С.А. Баншеева, Т.С. Фрязинова // Новое в лазерной медицине и хирургии: тез. междунар. конф. – М., 1990. – Ч. 2. – С. 51-52.

77. Лушников, В.П. Повышение мясной продуктивности ставропольских овец / В.П. Лушников, А.П. Семенов, Е.А. Шеховцева // Зоотехния. – 2000. – № 4. – С. 26.

78. Львова, Л.В. Сохранение традиций / Л.В. Львова // Журнал «Провизор». – 2001. – № 17. – Режим доступа: http://provisor.com.ua/archive/2001/N17/art_10.php (31.04.2018).

79. Мальцева, Б.М. Опыт применения лазера для лечения животных (крупный рогатый скот) / Б.М. Мальцева // Ветеринария. Реферативный журнал. – 2002. – № 3. – С. 798.

80. Мамонтова, Т.В. К вопросу использования элементов малозатратной технологии в овцеводстве / Т.В. Мамонтова, М.М. Айбазов, М.И. Сингурова //

Сб. науч. тр. Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 476-480.

81. Мизарбеков, С.Ш. Нетрадиционный источник откорма жмых из семян табака, в рационах молодняка овец на откорме / С.Ш. Мизарбеков, Н. Шалм, А.Н. Чеботарев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2004. – № 2. – С. 36-42.

82. Морозов Н.М. Технологическая модернизация животноводства - основа повышения эффективности и качества продукции // Вестник ФГБОУ ВО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2010. № 5 (44). С. 32-36.

83. Москвин, С.В. Основы лазерной терапии / С.В. Москвин, В.А. Буйлин. – М.; Тверь : Триада, 2006. – 256 с.

84. Москвин, С.В. Основы лазерной терапии (Эффективная лазерная терапия) / С.В. Москвин. – Тверь : Триада, 2016. – Т. 1. – 896 с.

85. Москвин, С.В. Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоэнергетическим лазерным излучением 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (биологические науки) Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук Тула – 2008.

86. Оглоблин Е.С. Эффективность сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. 2006. №10. С. 8-9.

87. Павлова, М. В. Гигиена выращивания ягнят с применением кормовых добавок ЛАРИКАРВИТ и БАЦЕЛЛ: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 06.02.05 / Павлова Марина Владимировна. – Чебоксары, 2017. – 20 с.

88. Павлова, Р.Н. О механизме биологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения / Р.Н. Павлова, Л.Л. Резников, В.Н. Бойко [и др.] // К вопросу биологии. – 1989. – № 3. – С. 302-305.

89. Пат. 2698214 Российская Федерация, МПК А61D3/00 (2006.01), А01К 1/06 (2006.01) Станок для фиксации мелкого рогатого скота/ Афанасьев М.А., Айбазов А.-М.М., Скорых Л.Н., Мастепаненко М.А., Кисюк В.А., Коваленко Д.В., Копылова О.С., Фурсов Д.И., Сергиенко А.С., Лабынцев А.С.;

патентообладатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ. –№2018139580; заявлено 08.11.2018; опубликовано. 23.08.2019. –6 с.

90. Пат. 216431 U1 Российская Федерация Устройство для лазерной обработки семян и растений / Юран С.И., Вершинин М.Н., Зарипов М.Р.; Патент на полезную модель 216431 U1, 03.02.2023. Заявка № 2022117730 от 28.06.2022.

91. Пайтерова, В.В. Влияние НИЛИ на естественную резистентность телят в раннем постнатальном онтогенезе / В.В. Пайтерова, В.И. Максимов, А.Н. Козловский // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2009. – № 4. – С. 59.

92. Першин, С.Б. Влияние импульсного инфракрасного лазерного излучения на гормонопродукцию тимуса (экспериментальное исследование) / С.Б. Першин, А.А. Миненков, В.Д. Сидоров, Н.А. Деревнина, М.В. Запевалов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – № 4. – С. 39-42.

93. Пономаренко, О.В. Влияние сроков стрижки полутонкорунных маток на шерстную продуктивность и качество потомства: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Пономаренко Олег Васильевич. – Ставрополь, 2016. – 129 с.

94. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани: учебное пособие / Пушкарева А.Е. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.

95. Сайт: <https://matrix-med.ru/lazmik/bazovye-bloki-lazmik/> Аппарат ЛАЗМИК — базовые блоки.

96. Сайт: <http://innocom.by/catalog-items/veterinaryj-lazernyj-apparat-rikta-mv-22/> Ветеринарный лазерный аппарат рикта-МВ-22.

97. Сайт: <https://katushki-mishina-norma.ru/lazer/lazer-perenosnoj-stp-9/> Лазер переносной СТП-9.

98. Салаев, Б.К. Биологические особенности и технологические приёмы повышения продуктивности курдючных овец Калмыкии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.02.10 / Салаев Бадма Катинович. – М., 2018. – 50 с.

99. Самоделкин, А.Г. Влияние неинвазивного способа лазерного облучения крови на гематологические показатели у молодняка лисиц в период адаптации организма после отъема / А.Г. Самоделкин, М.Н. Иващенко, И.А. Куимов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 41-42.
100. Санду И.С. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации) /Под ред. И.С. Санду, В.А. Свободина, В.И. Нечаева, М.В. Косолаповой, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 228 с.
101. Саркисян, А.П. Влияние различных режимов облучения гелиево-неоновым лазером на морфологический состав периферической крови и костного мозга животных / А.П. Саркисян // Актуальные вопросы оздоровления внешней среды и здоровья человека. – Л., – 2000. – С. 60–61.
102. Сержантова, А. И. Биологический эффект воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на меридиан лёгких свиней: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.07; 03.03.01 / Сержантова Анна Ивановна. – Новосибирск, 2011. – 142 с.
103. Скорых, Л.Н. Продуктивные показатели, иммунная реактивность молодняка создаваемого типа скороспелых овец при использовании низкоинтенсивного лазерного излучения / Л.Н. Скорых, А.А. Омаров, Д.В. Коваленко, М.А. Афанасьев, Е.А. Киц // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 3 (27). С. 27-29.
104. Скорых, Л.Н. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на продуктивность овец / Л.Н. Скорых, Д.В. Коваленко, М.А. Афанасьев, В.А. Кисюк // Сельский механизатор. 2017. № 1. С. 32-33.
105. Соловых Н.В. Повышение эффективности клонального размножения растений *in vitro* посредством лазерной обработки / Соловых Н.В., Будаговский А.В. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1-2. С. 34-36.

106. Стояновский, С.В. Повышение продуктивности и борьба с болезнями сельскохозяйственных животных в условиях промышленного животноводства / С.В. Стояновский // Тез. докл. науч.-произв. конф. – Львов, 1981. – С. 28–30.
107. Стравский, Я.С. Влияние квантовой терапии на сохранность новорожденных телят / Я.С. Стравский // Квантовая терапия в ветеринарии. – М.: ПКПГИТ, 2003. – С. 51.
108. Талалаев, С. А. Влияние лазерной акупунктуры на рост, развитие и мясную продуктивность молодняка овец северокавказской мясошерстной породы: дис. ... канд. с.-х. наук: 06. 02. 04 / Талалаев Сергей Алексеевич. – Ставрополь, 2008. – 113 с.
109. Талалаев, С.А. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на откормочные и убойные качества валушков северокавказской породы / С.А. Талалаев, Ю.Д. Квитко, Л.Н. Скорых // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2008. – № 4. – С. 50-51.
110. Тараканов, В.А. Модуляция функции нейтрофильных гранулоцитов низкоинтенсивным лазерным облучением / В.А. Тараканов, И.В. Нестерова, Н.В. Колесникова [и др.] // Иммунология. – 1994. – Вып.2. – С. 39-41.
111. Тезиев, Т.К. Воздействие различных режимов лазеропунктуры на рост и резистентность телят / Т.К. Тезиев, Т.А. Оказов // Рациональное использование ресурсов в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Владикавказ, 2008. – С. 257-259.
112. Тезиев, Т.К. Рост и физиологическое состояние телят при лазеропунктуре / Т.К. Тезиев, Т.А. Оказов // Нетрадиционное растениеводство. Селекция. Этиология. Экология и здоровье: материалы 16 Междунар. симпозиума (15-23 сентября 2007 г.). – Алушта; Симферополь, 2007. – С. 708-712.
113. Толковый словарь «Экономика предприятия», 2005. 536 с.

114. Топорков В.Н. Электроимпульсные технологии в сельском хозяйстве / Топорков В.Н., Королев В.А., Башилов А.М. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2 (46). С. 50-55.

115. Торжков, Н.И. Состав крови как показатель продуктивности животных разных генотипов / Н.И. Торжков, С.Д. Полищук, В.В. Иноземцев // Зоотехния. – № 3. – 2008. – С. 17–18.

116. Трапезников, Н.Н. Потенцирующее действие лазерного излучения на показатели клеточного и гуморального иммунитета / Н.Н. Трапезников, В.И. Купин, З.С. Кадагидзе // Вопросы онкологии. – 1985. – Т. 31. – № 6. – С. 115-116.

117. Трофимов, А.Ф. Разработка методов сочетанного биофизического и биологического воздействия на продуктивные и резистентные качества телят / А.Ф. Трофимов, В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – Горки: Белорусская Государственная сельскохозяйственная академия. – 2010. – № 13 (2). – С. 415-422.

118. Трухачев, В.И. Кормление баранчиков ташлинской породы шротом подсолнечным / В.И. Трухачев, Т.И. Антоненко, Е.В. Череповский // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности: сб. науч. статей. – Ставрополь: Изд-во СГАУ «АГРУС», 2018. – С. 23-27.

119. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях./ Тучин В.В. – Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 1997.-384 с. (2-е изд., испр. и доп.-М.: «Физико-математическая литература».-488 с.).

120. Филатов, А.С. Мясная продуктивность и откормочные качества баранчиков разных генотипов / А.С. Филатов, Н.Г. Чамурлиев, А.А. Танашова, И.С. Федоренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 4. – С. 153-157.

121. Филатов, А.С. Научно-практическое обоснование методов повышения продуктивных и воспроизводительных качеств производителей в племенном овцеводстве и скотоводстве: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.04 / Филатов Александр Сергеевич. – Волгоград, 2006. – С. 312.

122. Фримель, Г. Иммунологические методы / Г. Фримель ; пер. с нем. А. П. Тарасова. – М.: Медицина. – 1987. – 472 с.

123. Чечушкова, М.А. Изменение скорости роста поросят под действием низкоинтенсивного лазерного излучения / М.А. Чечушкова, Г.А. Котомина // Студент и научно-технический прогресс: материалы XL Междунар. науч. студ. конф. – Новосибирск, 2002. – С. 211-212.

124. Чижова, Л.Н. Руководство по определению резистентности у овец / Л.Н. Чижова, А.К. Михайленко, Л.В. Ольховская, С.Ф. Силкина, Н.Г. Марутянц, Е.Н. Барнаш, Г.Н. Шарко, С.В. Криворучко, В.Ю. Ромахова // Методические рекомендации для научных сотрудников, зооветспециалистов, работников племобъединений, аспирантов, студентов биологических факультетов ВУЗов. – Ставрополь: СНИИЖК, 2013. – 25 с.

125. Чижова, Л.Н. Способ оценки, прогноза продуктивности сельскохозяйственных животных в раннем возрасте на основе биохимических тест- систем, генетических маркеров / Л.Н. Чижова, А.К. Михайленко, Л.В. Ольховская [и др.] // Методические рекомендации для научных сотрудников, зооветспециалистов, работников племобъединений, аспирантов, студентов биологических факультетов ВУЗов. – Ставрополь, 2010. – 40 с.

126. Чудновский, В. М. Лазерная биостимуляция, модели и механизмы: диссертация ... доктора биологических наук : 03.00.02. - Владивосток, 2002. - 236 с. : ил.

127. Юран С.И. Об использовании полупроводникового лазера в агротехнологиях / Юран С.И., Зарипов М.Р., Вершинин М.Н. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 194-197.

128. Юран С.И. Влияние интенсивности лазерного излучения на растительные организмы / Юран С.И., Вершинин М.Н., Зарипов М.Р., Сибгатуллин Т.А. // В сборнике: Аграрная наука - 2022. материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. 2022. С. 606-608.
129. Юран С.И. Устройство лазерной предпосевной обработки семян / Юран С.И., Зарипов М.Р., Вершинин М.Н. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 131-134.
130. Юран С.И. Энергетические параметры лазерного облучения растений / Юран С.И., Зарипов М.Р., Вершинин М.Н. // В сборнике: Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса. Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Ижевск, 2022. С. 308-312.
131. Alexandratou, E. Human fibroblast alterations induced by low power laser irradiation at the single cell level using confocal microscopy / E. Alexandratou, D. Yova, P. Hadris [et al.] // Photochemical & Photobiological Sciences. – 2003. – Vol. 1 (8). – P. 547-552.
132. Assia, E. Temporal parameters of low energy laser irradiation for optimal delay of post-traumatic degeneration of rat opticnerve / E. Assia, H. Rosner, M. Belkin [et al.] // Brain Res. – 1989. – Vol. 9. – P. 205-212.
133. Baulton, M. Effects of Laser Irradiation on the Proferation of Human Fid robbasts in vitro / M. Baulton, J. Marchall // Laser internional Congress on Laser in Medicine and Surgery. – Bologna, 1985. – P. 233.
134. Baum, J. Moglichkeiten und Grenzen der Akupunktur in der Schmerzambulanz / J. Baum // Akupunktur. 1986. – Vol. 14. 2. – P. 95-104.
135. Beauvoit, B. Time-resolved spectroscopy of mitochondria, cells and rat tissues under normal and pathological conditions / B. Beauvoit, T. Kitai, H. Liu, B. Chance. – Bellingham, SPIE. – 1994. – Vol. 2326. – P. 127-136.
136. Brun, L.V. Experimental study of the nonsteroidal anti-inflammatory drugs application under using low-intensity infrared laser radiation / L.V. Brun // Ukrainian Biopharmaceutical Journal. – 2017. – № 1. – С. 30-34.

137. Chelyshev, Yu.A. Effect of infra-red low-power laser irradiation on regeneration of myelin axons / Yu.A. Chelyshev, A.A. Kubitsky // *Las. Med. Sei.* – 1995. – Vol. 10. – P. 273-277.
138. Dougherty, T.J. The structure of the active component of hematoporphyrin derivate / T.J. Dougherty, W.R. Potter, K.R. Weishaupt // In: Dorion D. R., Gomer C. J., editors. *Porphyrin localization and treatment of tumors.* – New York: Alan R Liss Inc., 1984. – P. 301-314.
139. Dronyk, G.V. Methods for creating highly productive genotypes of the Bukovinian type of the Askanian Karakul sheep breed / G.V. Dronyk, T.O. Chernomyz, O.B. Lesyk, M.V. Pokhyvka // *Biology Animal.* – 2010. – T. 12. – № 2. – C. 358-361.
140. Jackson, D.A. *Optical Fiber Sensors* / D.A. Jackson, A.N. Chester, S. Martellucci, A.M. Verga Scheggi. – NATO ASI Series 132. – 1987. – 466 p.
141. Kandolf-Sekulovic, L. Immunomodulatory effect of low-intensity near-infrared laser irradiation on contact hypersensitivity reaction / L. Kandolf-Sekulovic, M. Kataranovsri, M.D. Pavlovic // *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* – 2003. – Vol. 19. – № 4. – P. 203-212.
142. Karn, T. Long-term and short-term responses of human lymphocytes to He-Ne laser irradiation / T. Karu, N. Smolyaninova, A. Zelenin // *Laser in Life Sei.* – 1991. – Vol. 4. – № 3. – P. 167-178.
143. Kozlov, V.I. Blood microcirculation under photodynamic process / V.I. Kozlov, K.T. Zaitzev, O.A. Terman // *J. Clin. Laser Med. Surg.* – 1992. – Vol. 10. – P. 95-103.
144. Mehmet, Z. Fattening performance and carcass traits of lambs obtained by crossing the Hasmer and Hasak sheep types with the Akkaraman breed / Z. Mehmet, E.T. Mehmet, A.H. Aktaş, A. Necdet, C.Y. Tulay // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences.* – 2013. – № 6. – C. 337-345.
145. Mester, E. Stimulation of wounds healing by means of laser rays. Investigation of the effects in immune competent cells / E. Mester, S. Nagyhoeskay // *Act. Chir. Acad. Sei. Hung.* – 1978. – Vol. 19. – № 2. – P. 192-200.

146. Mester, E. The stimulative low power laser rays on biological systems. Investigation of the effects on immune competent cells / E. Mester, G. Ludam, M. Sefyer // *Act. Chir. Acad. Sci. Hung.* – 1978. – Vol.19. – № 2. – P.163-170.

147. Rong, H. Chronic mild stress induces fluoxetine-reversible decreases in hippocampal and cerebrospinal fluid levels of the neurotrophic factor S100B and its specific receptor [text] / H. Rong, G. Wang, T. Liu [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2010. – 11 (12). – P. 5310-5322.

148. Smithies D.J., Butler P.H. Modelling the Distribution of Laser Light in Port-Wine Stains with the Monte Carlo Method // *Physics in Medicine and Biology.* – 1995. – Vol. 40. – P. 701-733.

149. Solomon, A.S. Neon helium laser inspiration reduced anoxia – the caused degeneration of the rabbit cells of a nerve ganglion Solomon / A.S. Solomon, Amir, V. Lavie // *Effects of the laser of low energy on biological systems SPIE S 1883 editions of Hearings 17.01-22.01.93.* – Los Angeles, USA, 1993. – P. 130–136.

150. Valvano J.W. Tissue Thermal Properties and Perfusion // *Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue* / Ed. by Welch A.J. and van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 445-488.

151. Wray, S. Characterization of the near infrared absorption spectra of cytochrome and haemoglobin for the noninvasive monitoring of cerebral oxygenation / S. Wray, M. Cope, D.T. Delpy // *Bioch. et Biophys. Acta.* – 1988. – Vol. 933. – P. 184-192.

Таблица П.3.1 – Особенности эритроцитарных индексов и тромбоцитов крови ягнят

Показатель	Возрастной период, мес.	Группа исследуемых животных		
		I	II	III
Эритроциты (RBC x10 ¹² /L)	Новорожд.	8,4	8,3	8,1
	1 месяц	8,5	10,0	10,4
	2 месяца	10,3	10,5	10,8
	4 месяца	8,6	8,8	9,1
Гемоглобин (HGB, g/L)	Новорожд.	105,8	106,2	106,8
	1 месяц	107,4	110,5	113,6
	2 месяца	121,5	125,2	127,0
	4 месяца	104,7	105,6	105,8
Гематокрит (HCT, %)	Новорожд.	0,306	0,307	0,278
	1 месяц	0,312	0,282	0,289
	2 месяца	0,370	0,336	0,332
	4 месяца	0,268	0,264	0,257
Средний объем эритроцитов (MCV, fL)	Новорожд.	36,6	39,4	40,9
	1 месяц	39,5	35,5	37,1
	2 месяца	35,8	37,2	34,1
	4 месяца	42,0	33,2	42,5
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH, pg)	Новорожд.	12,6	13,0	13,6
	1 месяц	12,7	12,1	12,2
	2 месяца	12,2	12,2	12,5
	4 месяца	12,7	12,6	13,2
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC, g/L)	Новорожд.	345,8	345,9	384,2
	1 месяц	344,2	391,8	393,1
	2 месяца	328,4	372,6	382,5
	4 месяца	390,7	400,0	411,7
Ширина распределения эритроцитов (RDW, %)	Новорожд.	15,0	17,8	19,1
	1 месяц	12,9	14,2	15,3
	2 месяца	13,6	14,3	14,0
	4 месяца	16,5	14,2	15,2
Тромбоциты (PLT x 10 ⁹ /L)	Новорожд.	479,0	443,0	458,0
	1 месяц	370,0	401,0	494,4
	2 месяца	382,2	329,0	337,0
	4 месяца	422,0	270,0	269,0

Таблица П.3.2 – Лейкоцитарная формула крови молодняка овец

Показатель	Возрастной период, мес.	Группы исследуемых животных		
		I	II	III
Лейкоциты (WBCx 10 ⁹ /L)	новорожденные	4,9	4,5	4,2
	1 месяц	5,4	5,5	5,7
	2 месяца	5,6	5,8	5,9
	4 месяца	5,3	5,4	5,5
Лимфоциты (Lymph, %)	новорожденные	44,8	43,0	46,2
	1 месяц	48,3	47,1	49,4
	2 месяца	49,1	48,1	50,3
	4 месяца	44,0	45,4	46,9
Моноциты (Mon, %)	новорожденные	5,2	6,1	6,3
	1 месяц	4,1	6,8	5,4
	2 месяца	3,6	5,7	6,2
	4 месяца	4,9	5,5	5,3
Гранулоциты (Gran, %)	новорожденные	47,5	48,8	49,5
	1 месяц	45,2	46,5	47,6
	2 месяца	43,5	45,7	46,3
	4 месяца	46,2	47,1	48,7

Таблица П.3.3 – Данные по иммунной реактивности молодняка овец

Показатель	Возрастной период, мес.	Группа исследуемых животных		
		I	II	III
БАСК	новорожденные	32,50	32,78	33,33
	1 месяц	35,28	39,17	43,13
	2 месяца	44,42	49,41	53,08
	4 месяца	42,91	47,47	51,28
ЛАСК	новорожденные	27,08	28,18	29,09
	1 месяц	31,21	33,64	36,06
	2 месяца	36,06	40,53	42,12
	4 месяца	30,72	38,64	40,34
Т-лимфоциты	новорожденные	23,4	23,8	24,0
	1 месяц	25,4	27,0	27,8
	2 месяца	28,6	29,6	30,2
	4 месяца	27,2	31,2	33,2
В-лимфоциты	новорожденные	18,4	18,6	20,2
	1 месяц	20,6	22,2	23,8
	2 месяца	23,8	25,6	27,8
	4 месяца	24,8	27,6	29,0

Таблица П.3.4 – Морфологические показатели внутренних органов исследуемого молодняка овец в возрасте 5 месяцев

Показатель	Группа исследуемых животных		
	I	II	III
Масса выделенной крови, кг	1,2	1,3	1,3
Масса сердца, г	138,0	150,0	146,0
Масса легких с трахеей, г	368,0	378,3	388,0
Масса селезенки, г	69,0	78,0	88,0
Масса печени, г	367,0	420,0	438,0
Масса почек, г	81,0	88,0	93,0
Длина толстого отдела кишечника, м	5,4	5,5	5,5
Длина тонкого отдела кишечника, м	18,0	19,0	20,2
Масса желудка (без содержимого), кг	1,1	1,1	1,2

Таблица П.3.5 – Морфологические показатели внутренних органов исследуемого молодняка овец в возрасте 7 месяцев

Показатель	Группа исследуемых животных		
	I	II	III
Масса выделенной крови, кг	1,4	1,5	1,6
Масса сердца, г	178,3	188,0	190,0
Масса легких с трахеей, г	408,0	419,0	427,0
Масса селезенки, г	89,0	98,0	104,0
Масса печени, г	468,0	508,0	512,0
Масса почек, г	91,3	100,0	107,0
Длина толстого отдела кишечника, м	5,8	6,0	6,1
Длина тонкого отдела кишечника, м	21,0	22,3	23,0
Масса желудка (без содержимого), кг	1,4	1,5	1,6

Таблица П.3.6 – Химический состав мышечной ткани молодняка овец

Группа исследуемых животных	Общая влага, %	Сухое вещество, %			
		Всего	В том числе		
			сырая зола	сырой протеин	сырой жир
5 месяцев					
I	73,28	26,72	1,22	19,78	5,72
II	73,21	26,79	1,18	19,85	5,76
III	74,40	25,60	1,25	19,68	4,67
7 месяцев					
I	67,74	32,26	1,38	24,0	6,88
II	68,0	32,0	1,25	23,95	6,80
III	68,17	31,83	0,97	23,91	6,95

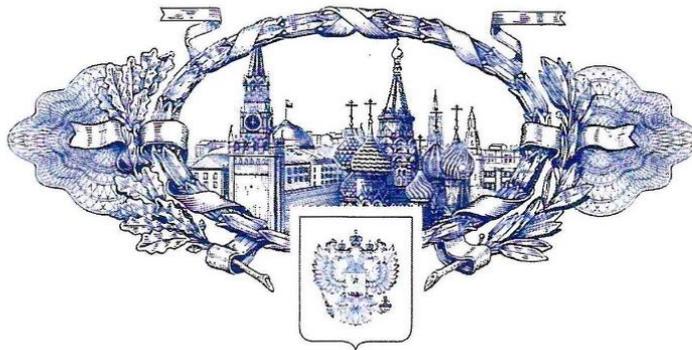
Таблица П.3.7 – Аминокислотный состав мышечной ткани молодняка овец разных групп в возрасте 5 месяцев

Показатель	Группа животных		
	I	II	III
Незаменимые аминокислоты			
Валин	0,98	1,06	1,07
Изолейцин	0,87	0,94	0,95
Лизин	2,24	2,39	2,44
Треонин	1,13	1,21	1,24
Лейцин	2,00	2,14	2,18
Метионин	0,33	0,35	0,36
Фенилаланин	0,93	1,00	1,02
Сумма	8,48	9,09	9,26
Заменимые аминокислоты			
Аспаргиновая кислота	1,05	1,13	1,14
Глицин	0,85	0,91	0,93
Аланин	1,11	1,18	1,21
Серин	1,03	1,10	1,12
Глутаминовая кислота	2,60	2,78	2,83
Тирозин	0,93	0,99	1,01
Гистидин	0,89	0,96	0,97
Аргинин	1,69	1,81	1,85
Сумма	10,15	10,86	11,06
Незаменимые/ Заменимые	0,84	0,84	0,84

Таблица П.3.8 – Аминокислотный состав мышечной ткани молодняка овец разных групп в возрасте 7 месяцев

Показатель	Группа животных		
	I	II	III
Незаменимые аминокислоты			
Валин	0,61	0,66	0,67
Изолейцин	0,40	0,43	0,45
Лизин	1,60	1,71	1,74
Треонин	0,75	0,81	0,83
Лейцин	1,81	1,92	2,04
Метионин	0,42	0,49	0,51
Фенилаланин	0,66	0,71	0,73
Сумма	6,25	6,73	6,97
Заменимые аминокислоты			
Аспаргиновая кислота	0,92	0,95	0,99
Глицин	0,75	0,81	0,83
Аланин	0,85	0,91	0,93
Серин	0,86	0,92	0,93
Глутаминовая кислота	2,28	2,43	2,48
Тирозин	0,91	0,97	1,00
Гистидин	1,25	1,34	1,36
Аргинин	1,49	1,58	1,63
Сумма	9,31	9,91	10,15
Незаменимые/ Заменимые	0,67	0,68	0,69

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2698214

Станок для фиксации мелкого рогатого скота

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ставропольский государственный аграрный университет" (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018139580

Приоритет изобретения 08 ноября 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 23 августа 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 08 ноября 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Иелиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 698 214** (13) **C1**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

*A61D 3/00 (2006.01)**A01K 1/06 (2006.01)*

(52) СПК

*A61D 3/00 (2019.05)**A61D2003/003 (2019.05)**A01K 1/0613 (2019.05)**A01K 1/062 (2019.05)*(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 23.08.2019)

(21)(22) Заявка: **2018139580**, **08.11.2018**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.11.2018Дата регистрации:
23.08.2019Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **08.11.2018**(45) Опубликовано: **23.08.2019** Бюл. № **24**(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 132986 U1, 10.10.2013. RU 6513**
U1, 16.05.1998. SU 685284 A1, 15.09.1979. RU
75276 U1, 10.08.2008. US 3099249 A1,
30.07.1963. US 2139710 A1, 13.12.1938. US
4549501 A1, 29.10.1985. US 2010319630 A1,
23.12.2010.Адрес для переписки:
355017, г. Ставрополь, пер.
Зоотехнический, 12, СтГАУ, ОИС
(патентный отдел)

(72) Автор(ы):

Афанасьев Михаил Анатольевич (RU),
Айбазов Али-Магомед Муссаевич (RU),
Скорых Лариса Николаевна (RU),
Мастепаненко Максим Алексеевич (RU),
Кисюк Василий Адамович (RU),
Коваленко Дмитрий Вадимович (RU),
Копылова Оксана Сергеевна (RU),
Фурсов Дмитрий Игоревич (RU),
Сергиенко Александр Сергеевич (RU),
Лабынцев Алексей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Ставропольский
государственный аграрный университет"
(RU)

(54) Станок для фиксации мелкого рогатого скота

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к станкам для фиксации мелкого рогатого скота, например ягнят, козлят, при проведении зооветеринарных обработок и акупунктуре. Станок содержит раму 1, закрепленную с помощью петель 3 с боковинами 2, и фиксатор головы 7. Станок дополнительно снабжен возвратными пружинами 4, ограничителем 5 наклона боковин, ремнями 6 для удержания животного, прорезями с проушинами, подвижной кареткой 8. Возвратные пружины 4 расположены в передней и задней частях станка. Ограничитель 5 наклона боковин 2, которые выполнены подвижными, выполнен с возможностью регулирования наклона в зависимости от размера животного. Ремни 6 для удержания животного в подвешенном состоянии закреплены с помощью прорезей, выполненных сквозными, на верхней части подвижных боковин 2, а проушины выполнены между прорезями в виде горизонтальных планок, расположенных на внутренней части подвижных боковин. Фиксатор головы 7 выполнен из двух металлических стержней, закрепленных между собой в виде V-образной формы. Фиксатор головы 7 выполнен подвижным с возможностью регулирования по высоте и длине туловища животного и закреплен на подвижной каретке 8. Изобретение обеспечивает высокую надежность и удобство фиксации животного, а также снижение трудозатрат и улучшение качества



Международная научно-практическая конференция AGRITECH V 2021
«ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ АГРАРНО-ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
17-18 июня 2021 г.

ДИПЛОМ I степени НАГРАЖДАЕТСЯ

победитель Международного смотра-конкурса
лучших инновационных разработок

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»

*За разработку приема повышения
продуктивности, резистентности молодняка
овец на основе биофизических методов*

Афанасьев М.А., Шлыков С.Н.,
Мастепаненко М.А., Омаров Р.С.

Академик-секретарь отделения
сельскохозяйственных наук РАН,
академик РАН



Ю.Ф. Лачуга

Председатель комитета сельского
хозяйства Волгоградской области



М.В. Морозова

г. Волгоград - 2021 г.

Утверждаю:

Ректор
ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный
университет», профессор


И. В. Атанов
« 20 11 г.

Утверждаю:

Председатель колхоза-племзавода им.
Ленина Апанасенковского района


Н.Н. Васильев
20 11 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов в сельскохозяйственное производство

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», кандидат технических наук, доцент кафедры физики, теплотехники и охраны труда Рубцова Е.И., соискатель кафедры физики, теплотехники и охраны труда Афанасьев М.А. с одной стороны, и представитель Колхоза-племзавода им. Ленина Ставропольского края главный зоотехник Шарко И.Н с другой стороны, составили настоящий акт о том, что результаты работы: согласно тематического плана проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Ставропольского ГАУ на 2016-2020 гг. внедрены в Колхоз-племзавод им. Ленина Апанасенковского района Ставропольского края.

1. Вид результатов, которые внедрены: применение лазерной установки способствует повышению гуморального иммунитета молодняка овец, усиливает интенсивность обменных процессов.
2. Форма внедрения: рекомендации, контроль за их исполнением.
3. Новизна результатов внедрения НИР: улучшение качественной продукции овцеводства.
4. Объем внедрения: 500 голов овец.
5. Годовой экономический эффект: применение автоматизированной лазерной установки для обработки ягнят улучшило показатели мясной продуктивности на 5,6% и способствовало росту уровня рентабельности производства.

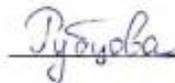
6. Социальный и научно – технический эффект: улучшение условий труда, повышение качества мясной продукции.

Предложение по дальнейшему внедрению результатов работы:

Для получения экологически безопасной продукции необходимо применять разработанную лазерную установку, провести ее дальнейшую автоматизацию с целью увеличения пропускной способности.

**Представители
ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный университет»**

Кандидат технических наук, доцент кафедры
физики, теплотехники и охраны труда

 Рубцова Е.И.

Соискатель кафедры физики, теплотехники и
охраны труда

 М.А. Афанасьев

**Представители
Колхоз-племзавод им. Ленина**

Главный зоотехник



И.Н. Шарко

Утверждаю:

Ректор
ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный
университет», профессор

 И.В. Атанов
2021 г.



Утверждаю:

Председатель СПК колхоз-племзавод
"Россия" Апанасенковский район

 Н.В. Мацко
« 21 » 2021 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов в сельскохозяйственное производство

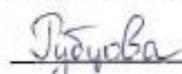
Мы, нижеподписавшиеся, представители в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», с одной стороны и представитель СПК колхоз-племзавод "Россия" Ставропольского края с другой стороны, составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ согласно тематического плана Ставропольского ГАУ на 2016-2020 гг., а именно разработанная лазерная установка, позволяющая повысить продуктивность и резистентность молодняка овец, улучшить качество мясной продукции внедрены в СПК колхоз-племзавод "Россия" Апанасенковского района Ставропольского края.

Объем внедрения составил 300 голов овец и позволил увеличить рост уровня рентабельности производства до 6,5 %.

Для повышения продуктивности, резистентности овец наряду с традиционными зоотехническими приемами рекомендуется применять разработанную лазерную установку, а также изготовить большее количество таких установок.

**Представители
ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный университет»**

Кандидат технических наук, доцент кафедры
физики, теплотехники и охраны труда

 Рубцова Е.И.

**Представители
СПК колхоз-племзавод "Россия"**

Главный зоотехник

 А.А. Москаленко

Соискатель кафедры физики, теплотехники и
охраны труда

 М.А. Афанасьев

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной работе
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет», профессор



А.Н. Бобрышев
А.Н. Бобрышев

17 февраля
2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Наименование материалов, предложенных для внедрения.

Материалы кандидатской диссертации Афанасьева Михаила Анатольевича на тему «Параметры и режимы лазерной установки для повышения продуктивных показателей молодняка овец».

Кем предложено: соискателем ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» Афанасьевым М.А.

Где внедрено. В научно-исследовательскую работу «Лаборатории по применению физических факторов и лазерного излучения в АПК» и в учебный процесс кафедры физики, теплотехники и охраны труда в курс физики раздел оптика по образовательным программам бакалавриата и специалитета, направления подготовки: 35.03.06 – Агроинженерия, 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, 36.03.02 – Зоотехния, 35.03.07 – Технология производства и переработки с.-х. продукции, 36.05.01 – Ветеринария, 36.03.01 – Ветеринарно-санитарная экспертиза Ставропольского государственного аграрного университета.

Эффективность внедрения. Углубление знаний по применению лазерного излучения в животноводстве.

Протокол № 9 от 01.02.2023 года

Ответственный за внедрение:

заведующий кафедрой

физики, теплотехники и охраны труда

ФГБОУ ВО «Ставропольский

государственный аграрный университет»,

кандидат физико-математических наук, доцент

А.А. Яновский