

На правах рукописи

Драницин Денис Юрьевич

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АППАРАТА ДЛЯ ЗАТОЧКИ РЕЖУЩИХ ПАР
СТРИГАЛЬНЫХ МАШИНОК**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный аграрный университет».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Поздняков Василий Дмитриевич,
ФГБОУ ВПО «Оренбургский
государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Межуева Лариса Владимировна,
профессор кафедры пищевой биотехнологии
ФГБОУ ВПО «Оренбургский
государственный университет»;

кандидат технических наук
Михайлов Александр Васильевич,
директор по производству
ООО «Оренбургский автоцентр КамАЗ»

Ведущая организация ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт мясного скотоводства»

Защита диссертации состоится 25 декабря 2013 г. в 10.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.051.02 при ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» по адресу: 460014, г. Оренбург, ул. Коваленко, д. 4 (корпус № 3, инженерный факультет), ауд. 500.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет». Объявление о защите и автореферат размещены на сайте Оренбургского государственного аграрного университета <http://ogensau.ru> и на сайте Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки Минобрнауки России <http://vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан 23 ноября 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



В.А. Шахов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Овцеводство занимает первую позицию в сельском хозяйстве по разнообразию производимой продукции, среди которой шерсть имеет наибольшее значение. Несмотря на то что машинная стрижка овец практикуется в нашей стране уже более 60 лет, производительность труда российских стригалей ниже мировых показателей.

Грамотная эксплуатация стригальной машинки предусматривает периодическое техническое обслуживание как совокупность рекомендованных к исполнению сервисных операций. Наиболее значимой и регулярной операцией по обслуживанию машинки является поддержание исправного состояния режущей пары посредством заточки ножа и гребенки. Правильная заточка режущей пары находится в числе основных факторов, определяющих качество получаемого руна, утомляемость стригаля и характер воздействия стригальной машинки на кожный покров животного.

Традиционно применяемые для заточки режущих пар дисковые аппараты ТА-1, ДАС-350 сокращают полный ресурс ножа и гребенки по числу возможных заточек в силу неравномерности истирания их рабочих поверхностей по ширине. Использование для заточки бесконечной абразивной ленты и опорной плиты позволит исправить указанный недостаток посредством изменения технологической схемы заточки. Абразивная лента обладает лучшей режущей способностью в сравнении с суспензией, применяемой на ТА-1 и ДАС-350, что способствует сокращению трудоемкости заточки.

Анализ факторов, определяющих качество заточки, позволил установить, что долговечность режущей пары в основном определяется остротой режущих кромок ножа и гребенки, а также шероховатостью их рабочих поверхностей. Применение технологии ленточного шлифования с опорной плитой для восстановления исправного состояния ножей и гребенок может повысить ресурс режущих пар без снижения долговечности их работы и увеличения трудоемкости процесса.

Цель работы. Повышение надежности режущих пар стригальных машинок при заточке ленточным шлифованием.

Объект исследования. Процесс заточки режущих пар ленточным шлифованием.

Предмет исследования. Закономерности, характеризующие взаимосвязь показателей и параметров процесса ленточного шлифования.

Методика исследований. Теоретические исследования проводились в соответствии с основными положениями и законами физики, математики и классической механики. Программа экспериментальных исследований выполнялась в лабораторных и производственных условиях согласно действующим ГОСТам и теории планирования многофакторного эксперимента. В процессе обработки результатов эксперимента использовались методы математической статистики, а также программы Statistica 10 и Microsoft Excel.

Научную новизну работы составляют:

- математическая модель процесса образования шероховатости рабочих поверхностей режущих пар при заточке ленточным шлифованием с опорной плитой;

- установленные зависимости показателей и параметров процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием с опорной плитой.

Практическая значимость работы. Применение разработанного *аппарата для заточки режущих пар* с заточным элементом в виде бесконечной абразивной ленты способствует повышению ресурса режущих пар по числу заточек в силу равномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки по ширине. Установленные в ходе экспериментальных исследований значения *параметров* процесса заточки режущих пар на предлагаемом аппарате позволяют увеличить долговечность работы режущей пары между заточками и снизить трудоемкость заточки.

Вклад автора в проведенное исследование. Разработана модель процесса образования шероховатости поверхности при заточке режущих пар ленточным шлифованием с опорной плитой, установлены зависимости показателей и параметров процесса заточки ленточным шлифованием с опорной плитой. Разработан опытный образец аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок с использованием абразивной ленты. Проведены экспериментальные исследования аппарата для заточки режущих пар, установлены оптимальные значения параметров процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием.

Достоверность результатов работы подтверждается 95-процентным уровнем сходимости теоретических зависимостей показателей и параметров ленточного шлифования с результатами экспериментальных исследований по заточке режущих пар ленточным шлифованием.

Реализация результатов исследований. Опытный образец точильного аппарата прошел производственные испытания на базе ООО «КХ им. Калинина» Саракташского района Оренбургской области, а также на специализированном ремонтном предприятии ООО «Никольская СХТ» Сакмарского района Оренбургской области.

Основные положения, выносимые на защиту:

- математическая модель процесса образования шероховатости рабочих поверхностей режущих пар при заточке ленточным шлифованием с опорной плитой;

- установленные оптимальные технологические параметры аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок;

- результаты сравнительной оценки долговечности режущей пары и полного ресурса ножа и гребенки при использовании разработанного аппарата и дискового аппарата ТА-1;

- результаты сравнительной оценки экономической эффективности использования аппарата ТА-1 и разработанного аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на ежегодных международных научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов (Оренбург, 2011 – 2013 гг.), на VI научно-практической конференции, проводимой в рамках дней молодежной науки (Оренбург, 2012 г.), на международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора В.А. Мороза (Ставрополь, 2012 г.), на X международной научно-практической конференции ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии (Москва, 2012 г.), на XVI международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии (Москва, 2013 г.), на Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу по Приволжскому федеральному округу (Оренбург – Уфа, 2013 г.).

Опытный образец аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок представлялся на Всероссийской выставке НТТМ-2013, где был признан лучшим в номинации «Машиностроение» и удостоен именного гранта.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 7 научных статей, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем публикаций составляет 2,75 п. л., из них автору принадлежит 1,66 п. л.

Структура и объем работы. Работа изложена на 137 страницах машинописного текста, включая 45 рисунков, 8 таблиц и 14 страниц приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *введении* обоснована актуальность темы исследования. Изложены цель работы, научная новизна и практическая ценность, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В *первой главе* «Состояние вопроса. Цель и задачи исследования» рассмотрены технологии получения овечьей шерсти, отражены этапы развития механизированной стрижки овец, определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на качественные показатели процесса стрижки овец. Представлены результаты анализа технологий и технических средств заточки режущих пар стригальных машинок.

Как показывает практика и результаты исследований В.А. Зяблова, П.Л. Полозова, П.В. Гулянского, В.И. Крисиюка, П.К. Григорова, О.Г. Ангилеева, эффективность процесса стрижки во многом определяется состоянием режущей пары стригальной машинки. Неправильно заточенные нож и гребенка существенно снижают качество получаемого руна независимо от квалификации стригальщика, состояния шерстного покрова животного и марки стригальной машинки.

Анализ технических средств и способов заточки режущих пар выявил основной недостаток точильных аппаратов, традиционно используемых для заточки режущих пар, – неравномерность истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки (рисунок 1).

Причиной этого недостатка является заточный элемент в виде диска, который при работе имеет различные касательные скорости на значениях радиуса

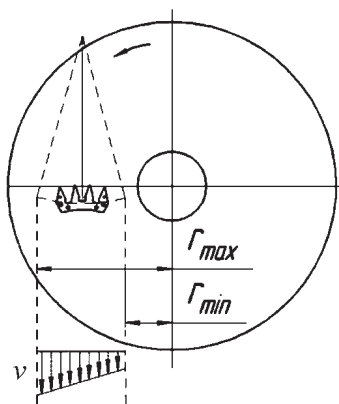


Рисунок 1 – Эпюра v касательных скоростей диска при заточке ножа на дисковом аппарате

от r_{\min} до r_{\max} (эпюра v). Неравномерность истирания приводит к появлению неплюскостности – различной толщины ножа и гребенки по ширине, что снижает ресурс режущей пары по числу возможных заточек.

Одним из вариантов решения вопроса неравномерного истирания является изменение технологической схемы процесса заточки. При заточке режущей пары на аппарате, конструкция которого предусматривает использование бесконечной абразивной ленты, скорость движения режущих зерен одинакова по всей ширине ленты, что обеспечивает равномерное удаление слоя металла.

Результаты ранее проведенных испытаний ленточных точильных аппаратов

(Lister, ВНИИОК) не позволяют дать адекватную оценку эффективности их применения, в силу того что использованные абразивные ленты обладали низкой износостойкостью и высокой зернистостью, следовательно, не могли обеспечить необходимую чистоту обработки рабочих поверхностей ножа и гребенки.

Научные и производственные достижения в области ленточного шлифования за последнее десятилетие служат достаточным основанием для более детального исследования вопроса применения абразивных лент при заточке режущих пар стригальных машинок. Использование точильных аппаратов ленточного типа позволит повысить надежность режущих пар стригальных машинок посредством качественной заточки, без применения специальной технологии их изготовления.

На основании вышеизложенного поставлены следующие **задачи** исследования:

1. Провести анализ технологий и технических средств заточки режущих пар стригальных машинок.
2. Теоретически обосновать зависимости параметров и показателей процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием.
3. Разработать аппарат для заточки режущих пар стригальных машинок ленточным шлифованием и методику оценки качества заточки.
4. Провести лабораторные и производственные исследования процесса заточки режущих пар на разработанном аппарате и дать рекомендации по его оптимальному режиму работы.
5. Дать технико-экономическую оценку результатов исследования.

Во **второй главе** «Теоретическое исследование процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием» рассмотрены современные системы ленточного шлифования и их технологические схемы. Определена система шлифования,

необходимая для использования в основе аппарата для заточки, – ленточное шлифование с опорной плитой, что позволит обеспечить равномерность истирания рабочих поверхностей режущих пар без привлечения металлоемкой технологической оснастки. Разработана модель процесса образования шероховатости рабочих поверхностей режущих пар при заточке ленточным шлифованием с опорной плитой. Получены зависимости показателей и параметров процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием.

В трудах исследователей, занимавшихся глубоким изучением процесса ленточного шлифования (Г. Эльден, В.И. Островский, Е.Н. Маслов, Е.П. Калинин, А.Ф. Бабошкин, В.С. Люкшин, Б.Н. Хватов), не приводится универсальных зависимостей, отображающих влияние параметров процесса шлифования на получаемую шероховатость. Приводимые зависимости являются характерными для конкретной технологической схемы шлифования с использованием соответствующей оснастки.

Для выявления параметров, определяющих значение шероховатости обработанной поверхности при ленточном шлифованием с опорной плитой, была разработана математическая модель исследуемого процесса исходя из методики, основанной на теории вероятностного распределения следов режущих зерен по поверхности заготовки.

Если на элементарную площадку абразивной ленты размерами $l_h \times H$, с глубиной h залегания зерна в основе ленты (рисунок 2) наложить последовательно m следов с вероятностью P_h каждый, то опорная длина профиля $R(h)$ шлифованной поверхности составит:

$$R(h) = P_m(h) = (1 - P_h)^m. \quad (1)$$

Вероятность $P_m(h)$ выражает полную съема материала на глубине h при переносе рельефа поверхности ленты на поверхность заготовки.

Длина следа одного зерна (рисунок 3), выраженная функционально в зависимости от глубины залегания и износа:

$$L(h) = (h - y) \cdot \tau, \quad (2)$$

где h – глубина залегания зерна, м;
 y – координата самого выступающего зерна, м;

τ – коэффициент формы зерна;

$$\tau = \frac{d_{\text{попер}}}{d_{\text{прод}}},$$

где $d_{\text{попер}}$ – мгновенный диаметр площадки износа, м;

$d_{\text{прод}}$ – исходный размер зерна в продольном сечении (зернистость), м.

Суммарная длина следа от всех режущих зерен:

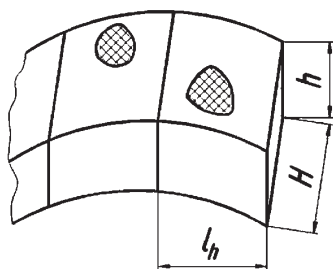


Рисунок 2 – Элементарная площадка абразивной ленты

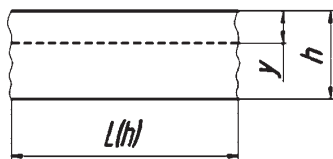


Рисунок 3 – Траектория движения одного зерна

$$S(h) = \int_0^{h-a_{\text{кр}}} K_n \cdot L(h) \cdot l_h \cdot H \cdot n_y \cdot dy, \quad (3)$$

где $a_{\text{кр}}$ – минимальная толщина среза, при которой прекращается пластическое деформирование и начинается резание, м;

H, l_h, h – размеры элементарного объема ленты, м;

K_n – содержание режущих зерен на длине рабочей поверхности ленты, м^{-1} ;

$n_y = n_0 f(y)$ – количество зерен по мере удаления от вершины неровностей зерен.

Для обозначения глубины залегания зерна, при которой оно не участвует в резании, введем величину $h_{\text{кр}}$, которая также будет задавать пределы интегрирования при нахождении значения суммарного следа зерен. Для учета совместного влияния характеристик $f(y)$ опорного профиля и шлифуемой детали введем постоянную C_k , зависящую от их твердости.

Подставив значения $L(h)$ и n_y в выражение (3), получим:

$$S(h) = K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \left(\int_0^{h-a_{\text{кр}}} L(h) f(y) dy + \int_{h-h_{\text{кр}}}^h L(h) f(y) dy \right) = \frac{1}{2} h^2 \cdot K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \left[1 - \left(\frac{a_{\text{кр}}}{h} \right)^2 + (1 - \eta) \left(\frac{2h_{\text{кр}}}{h} + \frac{h_{\text{кр}}^2}{h^2} \right) \right], \quad (4)$$

где η – коэффициент прочности абразивных зерен: $\eta = 0$, если лента работает в режиме истирания с образованием площадок износа, $\eta = 1$, если происходит самозатачивание;

n_0 – число режущих зерен на единице площади абразивной ленты, м^{-2} .

Для определения величины m представим кольцо бесконечной абразивной ленты, разбитой на x элементарных объемов длиной l_{hi} . Будем считать, что эффективную работу резания совершает ряд зерен, чередующийся через расстояние, равное половине длины пятна контакта детали с лентой (рисунок 4). Это обусловлено спецификой выбранного нами способа шлифования с опорной плитой и постоянным усилием прижатия P_y :

$$m_i = \frac{l}{x \cdot l_{hi}} = \frac{l_d \cdot T \cdot n}{x \cdot 2 \cdot l_d \cdot l_{hi}}, \quad (5)$$

где l – путь, пройденный одним зерном, м;

l_d – длина ленты, м;

T – продолжительность шлифования, с;

n – обороты двигателя, с^{-1} ;

l_d – длина детали, м.

Вероятность заполнения следами зерен элементарного профиля:

$$P_h = \frac{S(h)}{H} = \frac{1}{2} h^2 \cdot K_n \cdot l_h \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \left[1 - \left(\frac{a_{\text{кр}}}{h} \right)^2 + (1 - \eta) \left(\frac{2h_{\text{кр}}}{h} + \left(\frac{h_{\text{кр}}}{h} \right)^2 \right) \right]. \quad (6)$$

Уравнение (1) можно представить в виде:

$$R(h) = (1 - P_{h1})^{m_1} \cdot (1 - P_{h2})^{m_2} \dots (1 - P_{hn})^{m_n}. \quad (7)$$

Прологарифмируем обе части уравнения (7):

$$\ln R(h_0) = m_1 \ln(1 - P_{h1}) + m_2 \ln(1 - P_{h2}) + \dots + m_n \ln(1 - P_{hn}). \quad (8)$$

При разложении в ряд слагаемых выражения (8) пренебрегаем членами второго и последующих порядков вследствие малого значения величины P_{hi} .

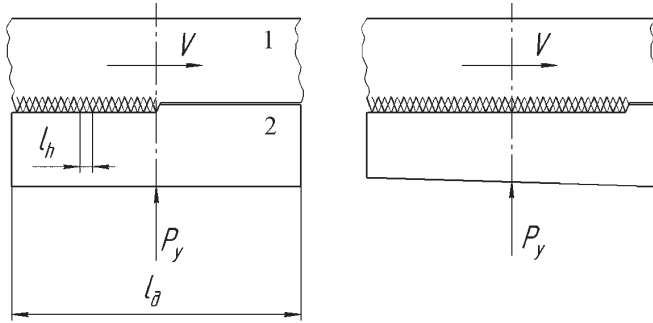


Рисунок 4 – Схема наложения следов зерен абразивной ленты 1 на рабочую поверхность ножа (гребенки) 2

В этом случае получим:

$$\ln R(h_0) = -(m_1 P_{h1} + m_2 P_{h2} + \dots + m_n P_{hn}). \quad (9)$$

Подставим в выражение (9) значения тождеств (5) и (6):

В итоге получим:

$$\ln R(h_0) = \frac{1}{8l_d} l_l \cdot T \cdot n \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot h_0^3 \times \frac{4}{3} \left(\frac{1 - 5 \frac{a_{кр}^2}{h_0}}{2 \left(1 - \frac{a_{кр}}{h_0} \right) + \frac{a_{кр}}{h_0}} \right)^2 - (1 - \eta) \left(\frac{h_{кр}^2}{h_0} - \frac{a_{кр}}{h_0} - \frac{h_{кр} a_{кр}}{h_0} \right). \quad (10)$$

Продифференцируем выражение (10) по переменной h_0 . Полученное в результате уравнение будет выражать зависимость высоты микронеровностей R , образованных режущими зёрнами на шлифуемой поверхности от всех параметров процесса шлифования. Значение R в этом случае тождественно величине шероховатости поверхности R_z по базовой длине, принимаемой в соответствии с опорной длиной профиля $R(\bar{h})$:

$$R_z = \frac{6l_d}{l_l \cdot T \cdot n \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot \Phi_R(h)} \times \left[\frac{2 \left(1 - \frac{a_{кр}}{h_0} \right)}{1 - 5a_{кр}^2} + \frac{1}{a_{кр}^2} + \frac{2(1 - h_0)^2}{h_0(5a_{кр}^2 - 1)} - \frac{4}{3(1 - \eta)(h_{кр}^2 - a_{кр}h_{кр})} \right]. \quad (11)$$

Уравнение (11) позволяет оценить степень влияния параметров процесса ленточного шлифования на высоту неровностей обрабатываемой поверхности. Увеличение глубины заделки зерна h ведет к уменьшению высоты микронеровностей R , т.е. к уменьшению шероховатости поверхности R_z . Для придания обрабатываемой поверхности необходимой величины шероховатости необходимо обеспечить минимальное значение толщины среза $a_{кр}$.

Определим величину толщины среза, совершаемой одним зерном в зависимости от параметров процесса ленточного шлифования.

Объем металла, срезаемого за проход одним зерном (рисунок 5):

$$V_{\text{ср}} = a \cdot d_{\text{попер}} \cdot l_{\text{д}} = \frac{Q}{N} = \frac{S \cdot t \cdot d_{\text{р}} \cdot \lambda \cdot l_{\text{д}}}{2T^2 \cdot v_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}}}, \text{ м}^3 \quad (12)$$

где a – толщина среза, м;

$l_{\text{д}}$ – длина зоны контакта ленты с деталью, м;

Q – производительность шлифования, м³/с;

N – число режущих кромок на ширине контакта в единицу времени, с⁻¹;

S – площадь пятна контакта обрабатываемой детали с лентой, м²;

t – фактическая глубина шлифования, м;

$d_{\text{р}}$ – диаметр ведущего ролика, м;

λ – среднее расстояние между режущими кромками, м;

$l_{\text{л}}$ – длина ленты, м;

T – продолжительность шлифования, с;

$v_{\text{л}}$ – скорость ленты, м/с.

Таким образом, толщина среза равна:

$$a = \frac{S \cdot t \cdot d_{\text{р}} \cdot \lambda}{2T^2 \cdot v_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}} \cdot d_{\text{попер}}}, \text{ м} \quad (13)$$

В рассматриваемом процессе фактическая глубина шлифования t характеризуется суммой значений величин a всех зерен, участвующих в шлифовании на протяжении всего процесса. Значение толщины среза a в большей степени определяется размером основной фракции зерен абразивной ленты. Анализ уравнения (13) дает возможность определить потребную зернистость ленты для получения необходимых значений фактической глубины шлифования t и продолжительности всего процесса T .

Поскольку ленточное шлифование является процессом массового микро-резания, справедливо утверждение, что с увеличением усилия прижатия обрабатываемой детали к ленте возрастет касательная сила резания абразивных зерен, что способствует увеличению объема

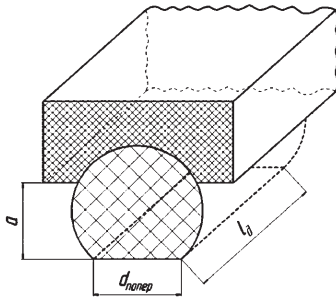


Рисунок 5 – Схема срезания одним зерном объема металла с поверхности обрабатываемой детали

металла $V_{\text{ср}}$, срезаемого одним зерном за проход. Вместе с тем увеличится интенсивность износа абразивных зерен (значение $d_{\text{попер}}$), что по истечении некоторого времени, в свою очередь, уменьшит толщину срезаемого ими слоя металла. Размером зерен определяются интервал значений глубины их заделки в основу ленты h , их число на единице площади ленты n_0 , величина среднего расстояния между режущими кромками λ . Стоит принять во внимание, что ресурс работы абразивной ленты зависит от размера зерен, находясь в прямой взаимосвязи от коэффициента формы

зерна τ и значения $h_{кр}$. Это является отличительной чертой рассматриваемой системы шлифования, когда процесс переноса следов зерен абразивной ленты на обрабатываемую поверхность в большей степени зависит от зернистости ленты, что обусловлено кинематикой движения зерна в процессе шлифования.

На основании анализа уравнений (11) и (13) определены параметры, которые будут влиять на шероховатость рабочих поверхностей ножа и гребенки в процессе их шлифования абразивной лентой:

- зернистость абразивной ленты;
- скорость движения ленты;
- усилие прижатия ножа и гребенки к ленте;
- продолжительность контакта детали с лентой (заточки);
- степень изношенности ленты.

Указанные параметры выражают все величины, входящие в состав уравнений (11) и (13), и полностью определяют значение показателя R_z в процессе образования шероховатости рабочих поверхностей режущих пар при их заточке ленточным шлифованием с опорной плитой.

В *третьей главе* «Программа и методика экспериментальных исследований» проведен анализ особенностей заточки режущих пар стригальных машинок посредством ленточного шлифования с опорной плитой.

Разработана программа экспериментальных исследований, которая позволит в полной мере определить степень влияния всех технологических параметров шлифования на выходные показатели процесса заточки.

Для успешной реализации программы эксперимента был разработан лабораторный вариант аппарата для заточки режущих пар с бесконечной абразивной лентой в качестве заточного элемента (рисунок 6).

Представленный аппарат позволяет варьировать определяющими параметрами процесса шлифования режущих пар, а именно: ско-

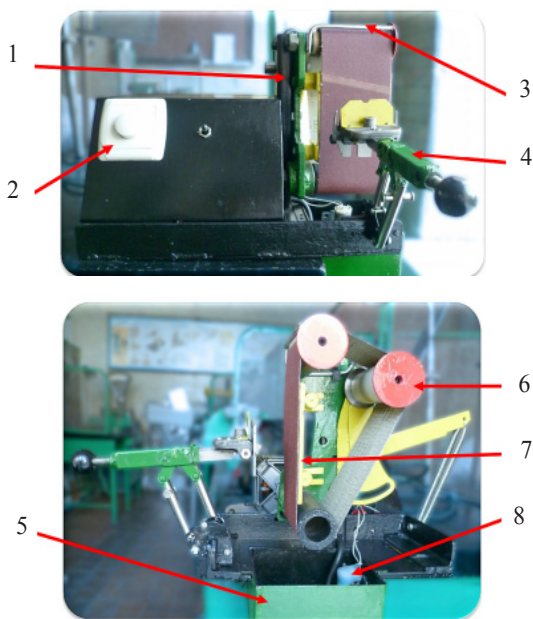


Рисунок 6 – Образец аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок:

- 1 – станина; 2 – электродвигатель с реостатом; 3 – распределитель; 4 – державка; 5 – ёмкость для сбора СОЖ; 6 – механизм натяжения ленты; 7 – опорная плита; 8 – насос для подачи СОЖ

ростью движения ленты, усилием прижатия ножа и гребенки к ленте, продолжительностью заточки.

При заточке гребенки возможно образование прижогов с отпуском вследствие повышения температуры в зоне контакта рабочей поверхности гребенки с лентой. Возникновение прижогов на поверхности металлов сопровождается снижением твердости поверхности до 20 HRC, что может вызвать преждевременное затупление ножа и гребенки. Предусмотренная в предлагаемом аппарате система подачи смазывающе-охлаждающей жидкости в зону контакта ножа и гребенки с лентой служит для предотвращения образования прижогов.

Пружина, расположенная в корпусе державки 4, может изменять свою первоначальную степень сжатия посредством винта, позволяя регулировать усилие, необходимое для прижатия ножа или гребенки к ленте.

Толщина снимаемого слоя металла с поверхностей ножа и гребенки определялась нами для установленных параметров шлифования, обеспечивающих необходимую чистоту поверхности по 9 классу с помощью микрометра. По данным П.К. Григорова, предельное значение толщины снимаемого слоя металла с учетом радиуса затупления режущей кромки и износа концов зубьев составляет для ножа 127 мкм, для гребенки – 59 мкм.

Для измерения отклонений твердости рабочих поверхностей режущих пар от номинальных значений, характерных для стали У9, использовался твердомер ТК-2. Твердость замерялась у основания и на концах зубьев (у гребенок – через один зуб).

Для оценки степени *износа зерен* в процессе шлифования использовался микроскоп МИМ-6. После каждой заточки измерялся диаметр площадок износа зерен абразивной ленты (рисунок 7).

Для определения шероховатости рабочих поверхностей ножей и гребенок нами использовался профилометр модели 253. Замеры производились по поверхностям режущих пар до и после заточки режущих пар на предлагаемом аппарате.

В ходе ранее проведенных испытаний точильных аппаратов при стрижке тонкорунных овец было установлено, что наибольшая долговечность режущих пар наблюдается при шероховатости 0,2 мкм, с использованием абразивного порошка № 5. Аналогичные размеры зерен имеет лента Р 240 со средним размером абразивных частиц 56,5...60,5 мкм. Это значение зернистости ленты, по результатам предварительной оценки уравнений (11) и (13), может обеспечить необходимые значения величин чистоты обработки и толщины среза при умеренном значении износа зерен ленты.

Воспользуемся методикой многофакторного эксперимента для определе-

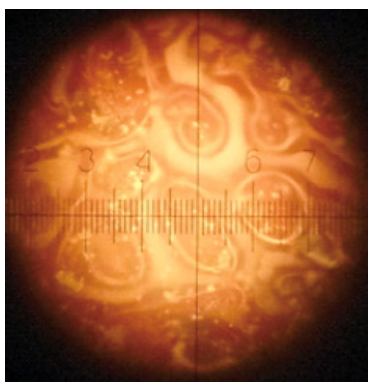


Рисунок 7 – Измерение диаметра площадок износа зерен ленты Р 240

ния значений скорости движения ленты, усилия прижатия ножа и гребенки к ленте, времени их контакта с лентой, которые обеспечат шероховатость в пределах 9 класса чистоты (0,16...0,32 мкм).

Из общего числа полученных вариантов режимных параметров выявим те, которые оказывают наименьшее влияние на износ зерен абразивной ленты, а, следовательно, и на ее рабочий ресурс.

Были определены интервалы варьирования управляемых параметров процесса заточки режущих пар на предлагаемом аппарате (таблица 1).

Таблица 1 – Интервалы варьирования параметров при заточке ножа и гребенки

Уровень варьирования	Скорость ленты		Продолжительность заточки		Усилие прижатия		
	v, м/с	x ₁	T, с		x ₂	P _y , Н	x ₃
			нож	гребенка			
Основной	1,5	0	13	20	0	15	0
Верхний	2,0	+1	16	25	+1	20	+1
Нижний	1,0	-1	10	15	-1	10	-1

Исходя из норм времени заточки ножа и гребенки (15...20 с и 25...40 с соответственно) примем крайние значения времени заточки от 10 до 16 с для ножа и 15...25 с для гребенки, с целью максимально сократить трудоемкость заточки по сравнению с дисковыми точильными аппаратами. Скорость абразивной ленты варьировалась исходя из средней окружной скорости вращения диска точильного аппарата при заточке режущих пар. Принятые крайние значения скорости ленты 1...2 м/с. Уровни варьирования усилия прижатия ножа и гребенки к поверхности ленты исходя из обеспечения минимально возможной нагрузки на руку точильщика – 10...20 Н.

В интервалы варьирования также заложено условие, что минимальные значения параметров должны обеспечивать сьем металла в объеме, достаточном для удаления площадок износа на лезвиях ножа и гребенки.

Для определения *неплоскостности* рабочих поверхностей режущих пар использовался штангенрейсмас с индикаторной головкой. Замеры проводились после каждой заточки режущей пары на дисковом аппарате ТА-1 и на предлагаемом ленточном аппарате.

Для оценки влияния шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на *долговечность режущей пары* использовалась модификация стенда Ю.А. Хлопко для ускоренных испытаний качества заточки режущих пар (рисунок 8). Заточенная режущая пара

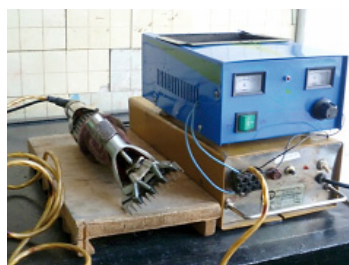


Рисунок 8 – Стенд для ускоренных испытаний качества заточки

работала в суспензии, имитирующей шерстный покров овцы, продолжительность работы до затупления фиксировалась.

В *четвертой главе* «Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований» приведены результаты многофакторного эксперимента. Получены значения параметров процесса шлифования, соответствующие оптимальному режиму работы. Проведена проверка режущих пар, заточенных на оптимальном режиме, на наличие прижогов, толщину съема металла, сопутствующий износ зерен абразивной ленты. Проведен анализ зависимости влияния шероховатости рабочих поверхностей режущих пар на продолжительность их работы до затупления. Проведен сравнительный анализ влияния неплоскостности, возникающей в процессе заточки, на ресурс ножа и гребенки по числу возможных заточек.

По результатам эксперимента, с учетом оценки значимости коэффициентов, получены уравнения регрессии для гребенки (14) и ножа (15):

$$Y_{гр} = 1,12 - 0,02X_1 - 0,0365X_2 - 0,003X_3 + 0,001X_1X_2 - 0,015X_1X_3 + 0,0009X_2X_3 \quad (14)$$

$$Y_n = 2,036 - 0,3558X_1 - 0,0971X_2 - 0,0385X_3 + 0,0158X_1X_2 - 0,0065X_1X_3 + 0,00258X_2X_3. \quad (15)$$

При подстановке в уравнение (14) значений параметров по основному уровню варьирования $v = 1,5$ м/с, $T = 20$ с и $P_y = 15$ Н получим расчетное значение шероховатости поверхности равное $0,277$ мкм. Экспериментальное значение при этих значениях факторов составило $0,29$ мкм, что лежит в пределах 5% ошибки эксперимента.

По результатам эксперимента построены поверхности отклика (рисунки 9–11) зависимости шероховатости от управляемых параметров процесса.

При определении рекомендованных значений мы ориентировались на значение шероховатости по 9 классу чистоты поверхности, а также минимизацией времени, необходимого на заточку.

В ходе анализа поверхностей отклика были определены следующие оптимальные параметры заточки режущих пар на ленточном точильном аппарате:

- скорость ленты $1,7$ м/с;
- усилие прижатия ножа и гребенки к поверхности ленты 18 Н;
- продолжительность заточки гребенки 19 с, ножа – 12 с.

Результаты замера отклонений толщины (рисунок 12) гребенок и ножей по ширине после заточки на дисковом и разработанном аппаратах позволяют оценить увеличение ресурса режущей пары по числу возможных заточек до выбраковки. Число заточек ножа на предлагаемом аппарате составляет 15 раз, число заточек гребенки составляет 20 раз, вместо 12 и 15 раз соответственно при заточке на аппарате ТА-1.

Результаты оценки влияния шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на долговечность работы режущей пары между заточками (рисунок 13) свидетельствуют о прямой зависимости чистоты обработки рабочих поверхностей ножа и гребенки и продолжительности их работы до затупления.

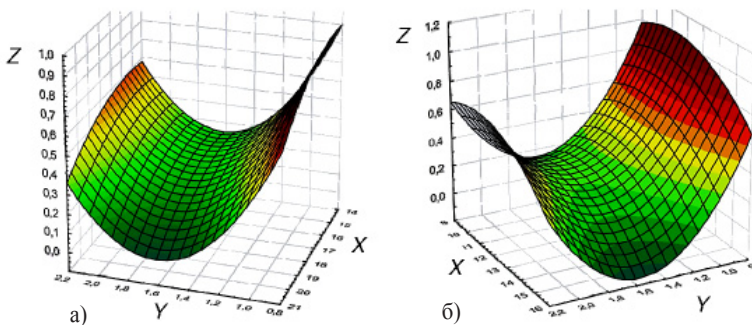


Рисунок 9 – Зависимость шероховатости поверхности Z гребенки (а) и ножа (б) (мкм) от продолжительности заточки X (с) и от скорости ленты Y (м/с)

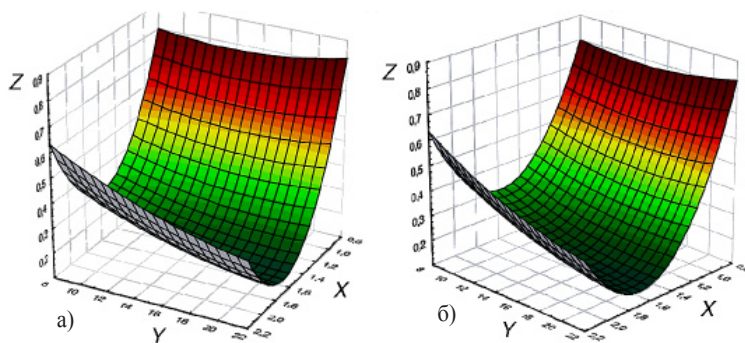


Рисунок 10 – Зависимость шероховатости поверхности Z гребенки (а) и ножа (б) (мкм) от усилия прижатия Y (Н) и от скорости ленты X (м/с)

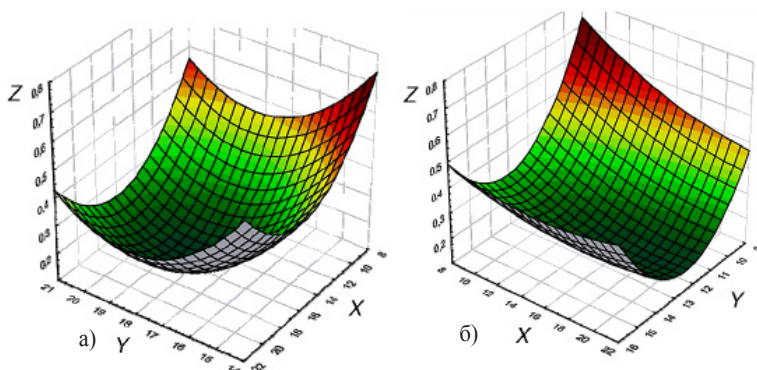


Рисунок 11 – Зависимость шероховатости поверхности Z гребенки (а) и ножа (б) (мкм) от усилия прижатия X (Н) и от продолжительности заточки Y (с)

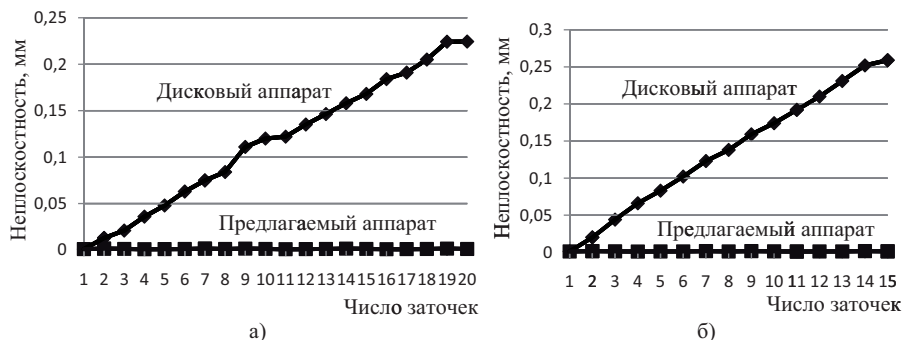


Рисунок 12 – Зависимость неплоскости от числа заточек:
а) гребенка; б) нож

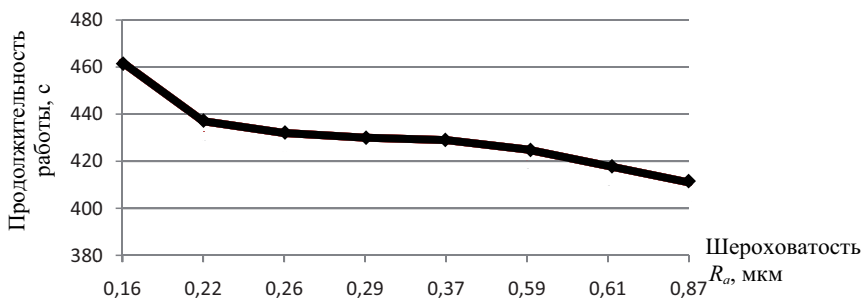


Рисунок 13 – Влияние шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на продолжительность работы режущей пары до затупления

Повышение долговечности работы режущей пары в производственных условиях способствовало увеличению числа остриженных овец южно-уральской тонкорунной породы с 4...6 до 7...9 голов между заточками.

В пятой главе «Оценка экономической эффективности применения разработанного аппарата для заточки режущих пар» проведена сравнительная экономическая оценка применения дискового аппарата ТА-1 в сравнении с предлагаемым. Расчет экономических показателей проводился на примере ООО «КХ им. Калинина» с поголовьем 2200 овец южно-уральской тонкорунной породы с настригом 3,5...5,5 кг. Стрижка проводилась в течение 30 дней стригальями средней квалификации. Снижение трудоемкости заточки и увеличение долговечности режущей пары (продолжительности работы до затупления) способствовало снижению себестоимости заточки режущей пары с 7,33 до 4,04 руб./гол. Годовой экономический эффект от использования предлагаемого аппарата вместо дискового ТА-1, с учетом увеличения ресурса по числу заточек режущей пары, составил 35585,8 руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Заточка режущих пар стригальных машинок на дисковых аппаратах приводит к уменьшению ресурса ножа и гребенки по числу возможных заточек из-за неравномерного истирания их рабочих поверхностей по ширине. Устранить указанный недостаток можно посредством шлифования рабочих поверхностей режущей пары бесконечной абразивной лентой с использованием опорной плиты для обеспечения равномерного истирания.

2. Результаты теоретического исследования процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием позволили обосновать параметры процесса, влияющие на значение показателей качества заточки.

3. Разработанный образец аппарата для заточки режущих пар обеспечивает равномерность истирания рабочих поверхностей режущих пар. Предложенная методика проведения экспериментальных исследований позволяет контролировать значения основных показателей процесса заточки: шероховатости поверхности, наличия на ней прижогов, равномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки по ширине, толщины слоя металла, снимаемого с поверхностей ножа и гребенки. Рекомендуемая зернистость абразивной ленты 60 ± 5 мкм (Р 240).

4. В ходе экспериментальных исследований установлены значения параметров заточки режущих пар стригальных машинок на предлагаемом аппарате, соответствующие оптимальному режиму работы: скорость ленты 1,7 м/с; усилие прижатия ножа и гребенки к ленте 18 Н; продолжительность заточки гребенки 19 с, ножа – 12 с. Под оптимальным понимается режим работы, обеспечивающий:

- значение шероховатости R_a рабочих поверхностей ножа и гребенки в пределах 9 класса чистоты обработки (0,16...0,32 мкм);
- продолжительность заточки, не превышающую нормированного значения 20 с для ножа и 40 с – для гребенки;
- значение толщины снимаемого слоя металла с рабочих поверхностей ножа и гребенки, не превышающее 127 мкм для ножа и 59 мкм – для гребенки;
- сохранение твердости рабочих поверхностей ножа и гребенки в пределах 84 HRA, как показателя отсутствия прижогов.

5. Обеспечение равномерного истирания по ширине рабочих поверхностей режущей пары способствует увеличению полного ресурса по числу заточек на 5 у гребенки и на 3 у ножа.

6. Обеспечение шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки в пределах 9 класса чистоты способствует увеличению числа остриженных животных до затупления режущей пары в среднем с 4...6 до 7...9 овец средней степени загрязненности при работе стригаля средней квалификации.

7. Использование в хозяйстве с поголовьем 2200 овец предлагаемого аппарата для заточки режущих пар вместо дискового ТА-1 способствует снижению себестоимости заточки режущей пары с 7,33 до 4,04 руб./гол. Годовой экономический эффект от использования разработанного аппарата вместо дискового ТА-1 составил 35585,8 руб.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Ведущие рецензируемые научные журналы, рекомендованные ВАК РФ

1. Драницин, Д.Ю. К вопросу о совершенствовании технологий и технических средств заточки режущих пар стригальных машинок / Д.Ю. Драницин, В.Д. Поздняков // Известия ОГАУ. – 2012. – № 2(34). – С. 59–62.
2. Поздняков, В.Д. Повышение эффективности процесса стрижки овец [Текст] / В.Д. Поздняков, А.П. Козловцев, Д.Ю. Драницин // Известия ОГАУ. – 2012. – № 2 (34). – С. 62–65.
3. Драницин, Д.Ю. Определение оптимальных режимных параметров ленточного аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок / Д.Ю. Драницин, В.Д. Поздняков, Г.Ф. Саклаков // Труды Государственного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка». – Т. 112. – Ч. 2. – М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2013. – С. 44–47.
4. Драницин, Д.Ю. Определение оптимальных режимных параметров ленточного точильного аппарата с оценкой показателей качества заточки режущих пар / Д.Ю. Драницин // Известия ОГАУ. – 2013. – № 6(44). – С. 68–70.

Публикации в других изданиях

5. Поздняков, В.Д. Методы повышения эффективности процесса машинной стрижки овец [Текст] / В.Д. Поздняков, Д.Ю. Драницин // Проблемы и перспективы повышения продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Героя Социалистического Труда, академика РАСХН, доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.А. Мороза. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – С. 144–150.
6. Драницин, Д.Ю. Определение оптимальных режимных параметров ленточного точильного аппарата с оценкой качества заточки / Д.Ю. Драницин, В.Д. Поздняков, О.С. Салыкова // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Ю.А. Ушакова. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. – С. 37–42.
7. Хлопко, Ю.А. Повышение эффективности процесса стрижки овец и вычесывания пуха коз [Текст] / Ю.А. Хлопко, В.А. Ротова, А.М. Осипова, Д.Ю. Драницин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 3 (11). – С. 224–228.

Драницин Денис Юрьевич

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТА ДЛЯ ЗАТОЧКИ
РЕЖУЩИХ ПАР СТРИГАЛЬНЫХ МАШИНОК

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 21.11.2013.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 1,0. Печать трафаретная.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Заказ № 6769. Тираж 100 экз.

Отпечатано в Издательском центре ОГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.

Тел.: (3532) 77-61-43