

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

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

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Поздняков Василий Дмитриевич

Оренбург - 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение _____	4
1. Состояние вопроса. Цель и задачи исследования _____	9
1.1 Технологии получения овечьей шерсти _____	9
1.2 Тенденции развития механизированной стрижки _____	15
1.3 Способы и технические средства заточки режущих пар _____	29
1.4 Показатели, характеризующие качество заточки _____	38
2. Теоретическое исследование процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием _____	44
2.1 Особенности процесса ленточного шлифования _____	44
2.2 Определение шероховатости обработанной поверхности при ленточном шлифовании _____	49
2.3 Модель процесса образования шероховатости поверхности при плоском ленточном шлифовании с опорной плитой _____	53
3. Программа и методика экспериментальных исследований _____	64
3.1 Программа экспериментальных исследований _____	64
3.2 Методика экспериментальных исследований _____	66
3.3 Планирование эксперимента _____	77
4. Обработка результатов экспериментальных исследований _____	83
4.1 Анализ образования шероховатости обработанной поверхности _____	83
4.2 Анализ толщины снимаемого слоя металла _____	92
4.3 Оценка износа зерен ленты Р 240 _____	95
4.4 Анализ влияния неравномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки на полный ресурс режущей пары по числу заточек _____	98
4.5 Анализ влияния шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на долговечность режущей пары _____	100
4.6 Рекомендации по эффективной эксплуатации разработанного аппарата для заточки режущих пар _____	101

5. Оценка экономической эффективности применения разработанного аппарата для заточки режущих пар _____	103
Общие выводы _____	112
Список литературы _____	114
Приложения _____	124

Введение

В ряду вопросов, стоящих перед современным сельским хозяйством и определяющих приоритетные направления его развития, вопрос повышения эффективности технологических процессов получения и переработки продукции животноводства является одним из наиболее значимых.

Упомянутые технологические процессы отличаются сложной организацией, трудоемкостью, большим количеством внешних факторов, определяющих значения качественных показателей конкретного процесса. Это объясняется тем, что технологический процесс современного механизированного животноводства представляет собой работу сложной биотехнической системы, состоящей из трех звеньев: человека-оператора, машины (механизма) и животного. Нарушение правильного взаимодействия звеньев системы приводит к целому ряду отрицательных последствий, в числе которых заболевания животных, снижение их продуктивности, ухудшение качества производимой продукции. Оптимизация работы системы позволит повысить качество получаемого сырья.

Среди технологических процессов животноводства, являющихся представителями работы системы «человек – машина – животное», большой интерес на сегодняшний день представляет механизированная стрижка овец, которая по сложности, ответственности, трудоемкости и опасности для исполнителя стоит в одном ряду с машинным доением коров и ческой пуха коз. В этом случае в роли человека-оператора выступает стригаль, под машиной понимается машинка для стрижки овец, а животным является овца.

Овцеводство представляет собой одну из важнейших возрождающихся отраслей сельского хозяйства, занимая первую позицию по разнообразию производимой продукции. Большая часть территории России размещена в зоне с суровыми зимами, что обуславливает потребность в тёплой одежде. В этом случае овцеводство является источником шерсти, шубных и меховых овчин, каракульских смушек, предоставляет баранину, мясо, молоко. Из всех видов

получаемого сырья шерсть имеет наибольшее значение. Из шерсти грубошерстных овец изготавливают грубые сукна, вязаные изделия, валенки. Шерсть тонкорунных и полутонкорунных овец служит сырьём для выработки высококачественных шерстяных тканей и трикотажа.

Хотя машинная стрижка овец практикуется в овцеводческих хозяйствах нашей страны уже более 60 лет, производительность труда российских стригалей значительно отстает от мировых показателей.

Эффективность работы стригалия определяется не только профессиональным уровнем исполнения приемов стрижки, наличием специальных навыков, но и в значительной мере правильной, технически грамотной эксплуатацией используемой стригальной машинки.

Несмотря на все исторически сложившееся многообразие машинок для стрижки овец, стоит отметить, что принцип работы их режущего аппарата в итоге остался неизменным, найдя свое применение в предлагаемых на сегодняшний день машинках ведущих фирм-производителей стригальной техники (Актюбсельмаш, Lister, Heiniger, Wolseley). Речь идет о режущем аппарате, работающем по принципу ножниц и сочетающем подвижную (нож) и неподвижную (гребенка) части, в совокупности составляющие режущую пару.

Как показывает практика и результаты исследований В.А. Зяблова, П.Л. Полозова, П.В. Гулянского, В.И. Крисяка, П.К. Григорова, О.Г. Ангилеева [17, 29, 30, 37, 47, 76], в стригальных машинках как отечественного, так и зарубежного производства режущая пара представляет собой самый технологически ненадежный узел. Качественная заточка ножа и гребенки является одним из основных факторов, определяющих эффективность работы стригальной машинки в плане воздействия её на кожный покров животного, утомляемости исполнителя и качества получаемой продукции.

Аппараты, традиционно используемые для заточки режущих пар, способствуют уменьшению полного ресурса ножа и гребенки по числу возможных заточек до выбраковки за счет неравномерности истирания их

рабочих поверхностей по ширине. Принимая во внимание научные и производственные достижения в области ленточного шлифования за последние годы, позволим себе предположить возможность эффективного использования абразивных лент для заточки ножей и гребенок стригальных машин. Это обеспечило бы равномерность истирания рабочих поверхностей режущих пар и, как следствие, увеличение их полного ресурса по числу заточек до выбраковки.

Опираясь на вышеизложенное, мы определили **цель исследования** – 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.

Рабочая гипотеза – применение технологии ленточного шлифования с опорной плитой при заточке режущих пар позволит повысить их надежность.

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.

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.

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.

В настоящей работе проанализированы, обоснованы теоретически, подтверждены экспериментально в лабораторных и производственных условиях и выносятся на защиту следующие *основные положения*:

- 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.

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.

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

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Технологии получения овечьей шерсти

С момента появления овцеводства (около 6...8 тыс. лет до н.э.) на протяжении нескольких тысяч лет овец не стригли, а вычёсывали шерсть вручную, выдергивали, срезали лезвием ножа. Первые ножницы, предназначенные для стрижки овечьей шерсти, появились около 3,5 тыс. лет назад и представляли собой две заточенные металлические пластины, соединенные наподобие пинцета (рисунок 1.1, а). Ножницы, работающие по принципу рычага, появились лишь в VIII - X вв. н. э. (рисунок 1.1, б) и остаются практически неизменными конструктивно по настоящий момент. Первые известные ножницы, которые можно считать прототипом современных стригальных устройств, запатентованы во второй половине XIX в США (рисунок 1.1, в - патент US376233).

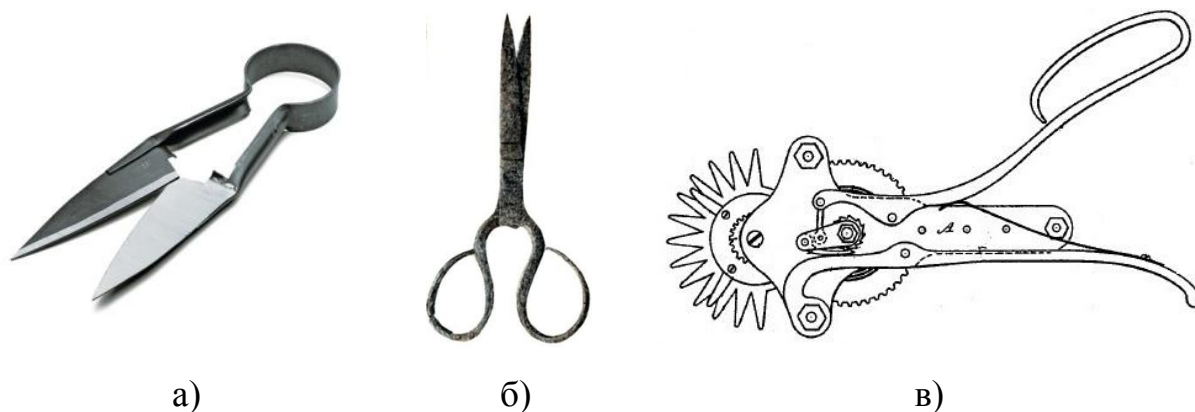


Рисунок 1.1 – Ножницы для стрижки овец

Начало развития стригальной техники принято связывать с именем Фредерика Йорка Волслея, который в 1887 году в Австралии сконструировал стригальную машинку с гребёнкой и дисковым ножом, привод которого осуществлялся посредством канатной передачи [46, 62]. Известны и более

ранние технические решения, запатентованные в США, имеющие в конструкции режущего аппарата, как дисковый нож, так и нож с зубьями [71, 72]. В дальнейшем улучшение конструкции машинки шло по пути усовершенствования режущих пар и их привода. Дисковые ножи были вытеснены ножами с радиальным и параллельным осевой линии расположением зубьев, с возвратно-поступательным движением ножа по гребёнке, что способствует самоочищению. В передаточном механизме канатная передача была заменена на коленный и гибкий вал; от группового привода перешли к индивидуальному (рисунок 1.2).

В процессе эксплуатации стригальных машинок их преимущество над ручным способом стрижки ножницами стало очевидным:

- значительно облегчился труд стригалей - на стрижку одной овцы вручную требуется до 1000 нажимов ножницами;

- в 3...5 раз повысилась производительность труда - на стрижку одной овцы в среднем затрачивается, в зависимости от навыков стригателя, ручными ножницами 20...25 минут, машинкой от 2 до 8 минут;

- улучшилось качество руна и на 8...13% увеличился настриг шерсти за счёт более низкого равномерного среза;

- снизилось число порезов кожи животных и наличие сечки на руне; [41]

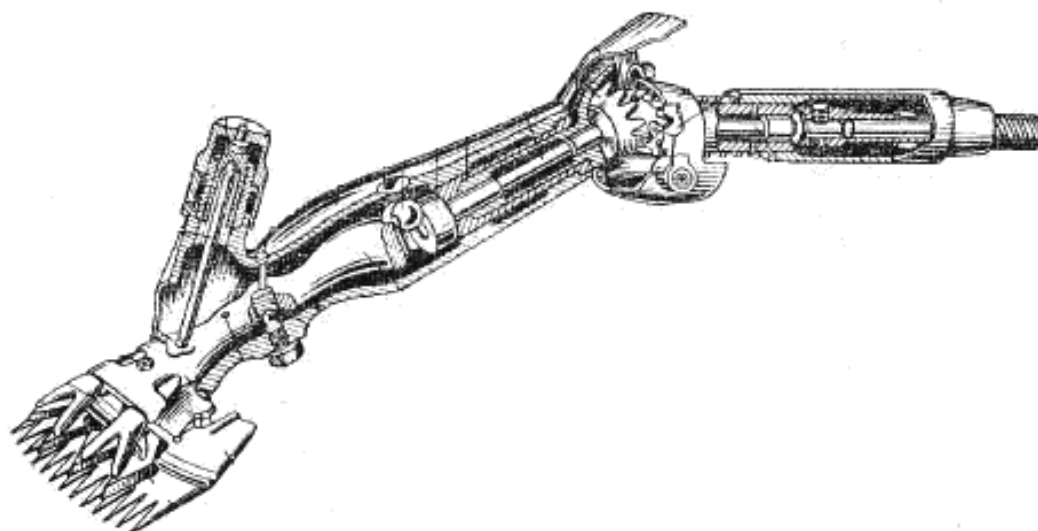


Рисунок 1.2 – Стригальная машинка МСО-77Б

Следует отметить, что изобретение механической машинки для стрижки овец было единственным значительным шагом вперед в вопросе усовершенствования процесса получения овечьей шерсти за последние 200 лет. С тех пор, несмотря на финансирование научных исследований в этой области, заметных положительных результатов получено не было. Известно, что в 1970 г. Австралийская корпорация шерсти подняла вопрос о наметившемся дефиците стригалей и о тяжести их труда. Было замечено, что расходы на стрижку стали расти гораздо быстрее, чем цены на шерсть. Группа фермеров Австралии обратилась с предложением к Австралийской корпорации шерсти о возможном финансировании технико-экономического исследования автоматизированной стрижки. Австралийская корпорация шерсти положительно отреагировала на это предложение и с 1975 г. финансирует пять основных направлений научно-технических исследований, главной целью которых является снижение стоимости стрижки овец [63, 64, 99]:

- биологический сбор «урожая» шерсти;
- химическая стрижка;
- роботизированная стрижка;
- механизация процесса стрижки в традиционных стригальных пунктах;
- совершенствование приемов стрижки.

В 1990 г. появились результаты исследований, проведенных в Австралии, по биологическому «сбору урожая» шерсти как альтернативному методу стрижки. Работа проводилась двумя направлениями: использование для орального применения химического соединения М-160, вызывающего разрыв шерстных волокон, а биологического ФРЭ (фактор роста эпидермиса) - для инъекций. Шерсть можно было снимать через шесть недель после обработки, т. е. после того, как она отрастет на 6...8 мм, чтобы защитить овцу от солнца и холода. Применение соединения М-160 было вскоре приостановлено по причине его высокой стоимости и больших трудностей при ликвидации остаточного влияния и токсичности. Группой исследователей

Австралии, Германии, Греции было установлено, что, применяя ФРЭ, невозможно вызвать такое послабление в шерсти, которое позволило бы ей оставаться на овце в течение шести недель после обработки без системы ее удержания. При всех явных преимуществах биологического способа снятия руна (легкость получения, целостность, отсутствие порезов у овец любой складчатости, отсутствие перестрига, нетребовательность к квалификации исполнителя), стоимость одной дозы ФРЭ перекрывает всю возможную экономическую выгоду. Известно, что работы в данном направлении продолжаются, но ни о каких положительных и перспективных результатах на сегодняшний день не заявлено.

В ряду альтернативных способов стрижки овец стоит также назвать срез шерсти *горячей проволокой* «hot blade», который оказался неприменим на практике по причине невозможности быстрой адаптации температуры проволоки к окружающей среде и к различной плотности шерстного покрова. В процессе работы проволока остывала в шерстном покрове, либо плавилась при выходе из него, что приводило к поломке стригального устройства и снижению качества руна.

Первый опыт *роботизации* стрижки овец был зафиксирован в Австралии в 1975 году. Возможность организации поточной автоматизированной стрижки стала достаточно весомой перспективой для финансирования этого направления Австралийской корпорацией шерсти. В 1985 году был создан автоматизированный робототехнический комплекс, имевший систему самообучения и ориентировки в процессе работы на рельеф кожного покрова конкретной овцы [63, 99]. Исключение из процесса стрижки человеческого фактора обладает рядом преимуществ: снижение травматизма людей и животных, отсутствие затрат на обучение стригалей, получение более однородного руна, возможность круглосуточного режима работы в условиях сжатых сроков стрижки. Однако, по состоянию на сегодняшний день, внедрение роботизированных комплексов является экономически неэффективным по причине дороговизны сопутствующего оборудования.

Использование для стрижки *лазерного луча* в Австралии впервые было упомянуто еще в 1973 г., затем, в 1974...1977 гг. во ВНИИОК были проведены подробные исследования этого способа получения овечьей шерсти, описанные В.И. Крисюком. Стрижка лазером не нашла широкого применения по причине высокой стоимости и больших габаритов необходимого оборудования, хотя имела преимущество перед механизированной стрижкой в плане безопасности для кожного покрова животного. [46, 63]

Многие из перечисленных способов снятия шерсти с овцы являются весьма перспективными, однако на сегодняшний день единственным распространенным и практикуемым во всем мире способом является механизированная стрижка овец.

Рациональная технология стрижки овец базируется на анатомо-морфологических и физиологических показателях животного, физических и функциональных особенностях исполнителя, а также технических характеристиках стригальных машинок.

Одним из основных факторов, определяющих производительность труда при существующем методе стрижки, является уровень освоения стригалем рациональных приемов и движений при стрижке овцы.

Современные *приемы механизированной стрижки*, практикуемые в овцеводческих хозяйствах, были разработаны для снижения трудоемкости процесса и улучшения качества получаемого руна [33].

Так, практикой доказано, что опытный стригаль затрачивает на снятие руна 200...500 секунд (3...8 минут), совершая при этом 55...60 рабочих ходов машинкой. Скорость подачи машинки стригалем составляет 0,57...0,63 м/с при коэффициенте использования активной части гребенки 0,73...0,92, а перестриг шерсти не превышает 3 г.

Стригаль низкой квалификации, не обладающий прочными сенсорно-моторными навыками, затрачивает на снятие руна в 4,7...6,0 раз больше времени, совершая при этом 180...210 рабочих ходов, а низкая скорость подачи машинки (0,4...0,47 м/с) приводит к возрастанию сечки на 60%. Неполное

использование активной части гребёнки (0,47...0,50, т.е. 3...3,5 зуба не участвуют в работе) приводит к появлению "сухого" трения в режущей паре, ее нагреву, преждевременному износу и затуплению [41].

Что касается качества остриженного руна, то, с производственной точки зрения, наиболее серьезными недостатками являются кусочки кожи, попадающие в руно вследствие порезов. Эти кусочки часто вызывают поломку тонких игл в прядильных машинах, и появляется поверхностный порок в готовом материале. Многочисленные порезы, в свою очередь, могут привести к попаданию в организм овцы инфекций.

Помимо улучшения показателей качества процесса стрижки, немаловажную роль играет вопрос снижения вредных воздействий на организм самого исполнителя. Результаты исследований трудовой деятельности стригалей при стрижке овец различными приемами (закарпатский, казахский, ставропольский, австралийский, оренбургский) показали, что наряду со статическими нагрузками опорно-двигательного аппарата, возникают большие знакопеременные нагрузки на руку исполнителя и плечевое сочленение.

Последние исследования процесса стрижки овец эдильбаевской породы подтвердили необходимость совершенствования стригальных машинок типа МСУ-200, особенно ее режущих пар, потому что пухошерстная структура руна не позволяет с усилием 20...30 кг внедриться в срезанный покров. Нагрузка на руку исполнителя возрастает в 4,5...6 раз, что граничит с его физическими возможностями с одной стороны, а с другой - выводит из строя двигатели машинок, и животное испытывает большие стрессы.

Снизить негативное влияние вышеназванных факторов можно с помощью грамотного подхода к выбору приемов стрижки конкретной породы овец с полноценным обеспечением технической оснащённости процесса – и это, в первую очередь, вопрос квалификации исполнителя. В.А. Мороз в ходе своих исследований стрижки австралийских меринсов обозначил следующие «секреты хорошей стрижки: иметь острые гребенки и ножи в стригальной

машинке, содержать ручные инструменты в хорошем состоянии, тщательно обрабатывать овец, стричь по всей ширине гребенки, делать длинные проходы, позволять овцам находиться в нужном положении, а не бороться с ними». [63]

1.2 Тенденции развития механизированной стрижки

Мировой практикой механизированной стрижки в ходе накопления векового опыта было разработано множество технических решений, направленных на повышение эффективности процесса снятия руна. Всё исторически сложившееся многообразие стригальных машинок можно в общем классифицировать по ряду конструктивных особенностей (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Классификация стригальных машинок

Основная масса представленных устройств в процессе развития стригальной техники была отброшена по причине низкого качества

получаемого руна, неудобства в эксплуатации, невысокого ресурса деталей и узлов. Предпринимались попытки заменить электропривод на гидравлический и пневматический [22, 45, 46, 62], также встроенные в рукоятку машинки. В числе преимуществ указанных способов привода можно назвать снижение массы машинки и возможность плавной регулировки частоты двойных ходов ножа. Получаемые при этом недостатки в виде снижения маневренности, запыленности рабочего места и т.п. не способствовали внедрению подобных устройств.

В нашей стране машинная стрижка овец впервые была применена в Омской области, где в 1929 году были проведены испытания всех хорошо зарекомендовавших себя импортных машинок с целью выявления наиболее работоспособных моделей. Промышленное производство стригальных машинок марки СМ с шириной захвата 57,6 мм в нашей стране началось в 1934 году Ростовским механическим заводом. В 1938 году начался выпуск усовершенствованной машинки ШЗМ с шириной захвата 76,8 мм, затем, после модернизации, с 1949 года вышла в серийное производство ШЗМ-2, и машинной стрижкой было охвачено уже порядка 30...35% всего поголовья овец. [62]

В 1960 г. на базе ШЗМ-2 выпускаются машинки МСО-77А, главным отличием которых стала замена чугунного корпуса алюминиевым с целью уменьшения нагрузки на руку стригателя. Повышение квалификации стригалей вызвало необходимость в увеличении скорости стрижки, и с 1965 года начинается выпуск машинок МСО-77Б, с частотой двойных ходов 2380 мин^{-1} , взамен частоты 1800 мин^{-1} у предшествующей модели. Одним из наиболее существенных недостатков перечисленных моделей был привод – он осуществлялся через гибкий вал от индивидуального электродвигателя. Это вызывало реактивный крутящий момент, выкручивающий машинку, ограничивало маневренность при стрижке, а рабочее напряжение тока (220/380 В) представляло опасность для жизни.

Первая машинка, имевшая привод от электродвигателя переменного тока с частотой 200 Гц, расположенного в рукоятке машинки, была сконструирована в 1959 году институтами НИИЭП и ВИЭСХ. Немного позднее, в 1962 году в ВИЭСХ на базе исследований Ю.И. Краморова были изготовлены малогабаритные машинки МС-200 и МС-400 с асинхронным трёхфазным короткозамкнутым электродвигателем, работающим от переменного тока повышенной частоты соответственно на 200 и 400 Гц. Эти машинки обладали рядом недостатков: значительный вес, сложность конструкции понижающего редуктора, большой диаметр рукоятки, высокий нагрев корпуса. [13, 14, 16, 42, 43, 58]

Упомянутые недостатки были устранены в машинке МС-200М, разработанной ГрузНИИМЭСХ под руководством К.А. Месхи в 1966 году. Примечательно, что эта машинка под маркой МСУ-200 по сей день выпускается заводом «Актюбсельмаш» и является единственным конкурентоспособным отечественным представителем стригальной техники (рисунок 1.4).

Стригальная машинка состоит из корпуса, эксцентрикового и нажимного механизмов, режущей пары и редуктора.

Корпус 30 соединяет все механизмы машинки. В верхней части корпуса прилив, в который ввернут штуцер 6 нажимного механизма. В средней части имеется смотровое окно, закрытое заглушкой, и отверстие с предохранительным винтом 10, внизу отверстие под центр вращения 32. Торец корпуса выполнен в виде круглого фланца под винты 25 для присоединения электродвигателя.

Эксцентриковый механизм расположен в корпусе машинки и служит для преобразования вращательного движения вала-эксцентрика 28 в колебательное движение рычага 33. В передней части рычага установлены нажимные лапки; левая и правая 1, 2, удерживаемые от выпадения пружиной и гайкой 3. Лапки своими коническими усиками входят в отверстия зубьев ножа 35.

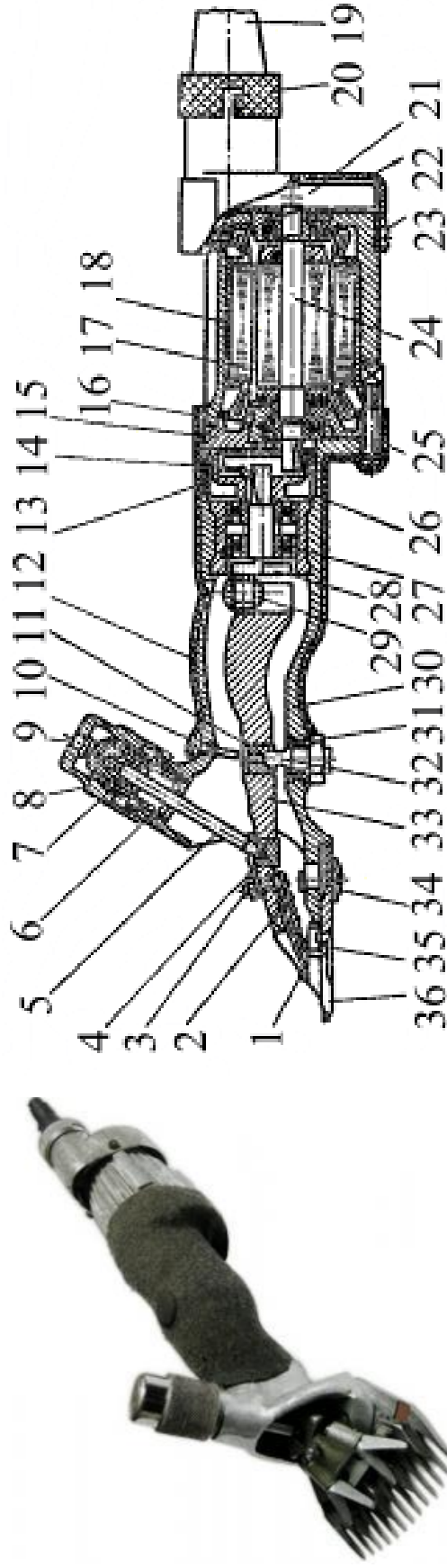


Рисунок 1.4 – Стригальная машинка МСУ-200:

1 – лапка нажимная левая; 2 – лапка нажимная правая; 3 – гайка; 4 – подпятник стержня упорного; 5 – стержень упорный; 6 – штуцер; 7 – патрон нажимной; 8 – гайка нажимная; 9 – упор патрона; 10 – винт предохранительный; 11 – подпятник центра вращения; 12 – чехол; 13 – колесо зубчатое; 14 – штифт; 15 – щит подшипника; 16 – шарикоподшипник; 17 – статор; 18 – корпус электродвигателя; 19 – шнур питания; 20 – фиксатор; 21 – вентилятор; 22 – кожух; 23 – винт; 24 – вал-шестерня ротора; 25 – винт; 26 – дистанционная втулка; 27 – подшипник; 28 – вал-эксцентрик; 29 – ролик; 30 – корпус; 31 – гайка специальная; 32 – центр вращения; 33 – рычаг; 34 – винт гребенки; 35 – нож; 36 – гребенка.

Нажимной механизм обеспечивает равномерный прижим ножа к гребенке. Каждая лапка для равномерного нажатия на нож может, независимо от другой, свободно устанавливаться в нужное положение, поворачиваясь вокруг своей оси. Центр вращения 32 является осью поворота и опорой рычага и регулируется по высоте в зависимости от толщины ножа. От самопроизвольного отвинчивания он фиксируется специальной гайкой 31. Вал-эксцентрик вращается в подшипниках 27, установленных в корпусе 30. Нажимной механизм расположен в приливе передней части корпуса. Давление на нож передается нажимной гайкой 8 через нажимной патрон 7, упорный стержень 5, переднюю часть рычага и лапки. Нажимная гайка фиксируется стопорной пружиной. Для предохранения упорного стержня от выпадения па его нижнюю головку надета пружина. Одна головка входит в нажимной патрон 7, а другая — в подпятник 4 стержня упорного на рычаге.

Режущий аппарат предназначен для срезания шерсти и состоит из гребенки 36 и ножа 35. Гребенка имеет два отверстия под штифты держателя точильного аппарата и при помощи двух винтов крепится к передней части корпуса машинки. Зубья гребенки при стрижке входят в шерсть, расчесывают и поддерживают ее при срезании ножом. Гребенка крепится винтами 34 к передней части корпуса машинки. Нож имеет коробчатую форму. Тонкие стенки придают ножу эластичность, сохраняя жесткость конструкции. Нож имеет четыре режущих зуба. Каждый зуб воспринимает давление рожек нажимных лапок, посредством которых рычаг придает ножу колебательное движение.

На свободном хвостовике вала-эксцентрика закрепляется с помощью штифта 14 цилиндрическое прямозубое колесо 13 внутреннего зацепления, сопряженное с валом ротором 24 электродвигателя. Между задним подшипником 16 и щитом подшипника 15 установлена дистанционная втулка 26.

Электродвигатель машинки МСУ-200 трехфазный с короткозамкнутым ротором и выполнен в закрытом алюминиевом корпусе 18. Обдув корпуса

электродвигателя осуществляется вентилятором 21, установленным на конце вала ротора 24. На конец корпуса электродвигателя надет кожух 23. Вал ротора вращается в подшипниках 80019. Задний подшипник посажен во втулку, армирующую корпус электродвигателя. В передней части электродвигатель закрыт подшипниковым щитом 15, в котором размещен передний подшипник.

Фланец корпуса электродвигателя присоединен к фланцу корпуса головки винтами 25.

Провода шнура питания безразъемно соединены с выводными концами электродвигателя. Передача напряжения на электродвигатель осуществляется через выключатель на задней крышке.

Преобразователь частоты тока предназначен для преобразования однофазной сети переменного тока нормальной частоты 50 Гц при напряжении 220 В в переменный трехфазный ток повышенной частоты 200 Гц, напряжением 36 В.

Стоит отметить, что исследовательская работа, направленная на улучшение конструкции стригальных машинок с точки зрения повышения надежности и безопасности работы, износостойкости узлов и деталей, удобства для стригателя и повышения качества получаемого сырья, ведется специалистами по сей день.

В частности, возможность повысить качество остригаемого руна посредством модернизации режущего аппарата стригальной машинки занимала многих исследователей как в нашей стране (В.А. Зяблов, П.Л. Полозов, П.В. Гулянский, К.А. Месхи, П.К. Григоров, В.И. Крисюк и др.), так и за рубежом (Р. Hudson, К. Atkinson, В. Field, А. Richardson и др.). Ими были установлены и исследованы основные конструктивные и режимные параметры стригальной машинки, влияющие на рабочий процесс стрижки:

- ширина захвата;
- скорость перемещения машинки;
- усилие прижима ножа к гребенке;
- число двойных ходов ножа;

- сопротивление перемещению режущего аппарата.

Указанные параметры определяют значение главных качественных показателей процесса стрижки: чистоты и равномерности высоты среза, трудоемкости процесса, процентного содержания в получаемом руне сечки и перестрига. Соотношение геометрических и кинематических характеристик режущего аппарата стригальной машинки считается оптимальным, если, при обеспечении чистого и равномерного среза шерсти, диаграмма движения ножа не имеет пропусков, а явление повторного среза сведено к минимуму.

Необходимая *ширина захвата* стригальной машинки определяет всю геометрию режущей пары. Общепринятые значения ширины гребенки составляют 57,2 мм для узкозахватных и 76,8 мм для широкозахватных и подразумевают 10 и 13 зубьев соответственно. Существуют модели гребенок с одним или двумя длинными отогнутыми крайними зубами для сглаживания складок кожи и увеличения ширины захвата до 91 мм. В свое время, П.Л. Полозов, проведя испытания гребенок шириной от 70 мм до 140 мм, признал оптимальной ширину 98,4 мм, как обеспечивающую наибольшую производительность и износостойкость [76, 77]. Использование такой гребенки требовало конструктивных изменений в самой машинке, а сама стрижка должна была проводиться по сложной винтовой траектории. О.Г. Ангилеев и В.И. Крисюк, в свою очередь, в ходе исследований пришли к выводу, что использование при стрижке тонкорунных овец узкозахватной режущей пары ведет к уменьшению перестрига даже у стригалей низкой квалификации [14, 15, 48].

По относительной длине зубьев гребенки можно разделить на круглые, прямые и вогнутые. Практика не показала существенных преимуществ одной конструкции перед другими, однако известно, что гребенки круглого фронта расположения зубьев рекомендованы начинающим стригалям.

Ножи производят трехзубыми для узкозахватных и четырехзубыми для широкозахватных гребенок (рисунок 1.5).



узкозахватные Wolseley
Австралия



широкозахватные для MSU-200
Актюбсельмаш, Казахстан



широкозахватные
нож Diamond, гребенка Warrior
Heiniger, Швейцария



широкозахватные
нож 400 Wide, гребенка Falcon 5
Lister, Великобритания

Рисунок 1.5 – Ножи и гребенки машинок для стрижки овец

Зарубежными и отечественными исследователями предлагались различные модификации ножей для повышения эффективности их работы: с различными углами раствора лезвий, с параллельными режущими гранями, с радиусной насечкой лезвий, с углами наклона лезвий $19^\circ \dots 38^\circ$ [10, 70, 106]. На сегодняшний день используются наиболее хорошо зарекомендовавшие себя коробчатые ножи с насечкой на боковых гранях.

При стрижке овец в холодных районах целесообразно оставлять на животном более длинную шерсть, что достигается посредством использования *гребенок высокого среза*. Это австралийские и новозеландские «snow comb», и их аналоги. Г. Боуэн указывает, что для такой гребенки необходим специальный нож с большим углом раскрытия лезвий [22]. Подобные гребенки имеют приливы различной высоты, заходную, опорную и выходную части, позволяющие выдержать необходимую высоту шерсти.

Взамен гребенок высокого среза можно использовать обычные в сочетании со специальными *наставками*, поднимающими рабочую плоскость режущей пары на необходимую высоту и образующими с гребенкой единое целое [8, 94].

Производителями Германии и США предоставляется большой выбор *приставок*, зубья которых располагаются с зазором относительно зубьев гребенки.

Недостатком использования гребенок высокого среза является неравномерность высоты среза шерсти при различных значениях угла наклона машинки к телу овцы, что неизбежно при любой стрижке.

Если относительно геометрических параметров режущей пары можно сказать, что на сегодняшний день имеются распространенные, ставшие классическими образцы ножей и гребенок, то в вопросе оптимальных режимных параметров работы режущего аппарата стригальной машинки данные исследователей довольно противоречивы.

К примеру, оптимальное значение *скорости перемещения* стригальной машинки по В.А. Зяблову составляет 0,5...0,7 м/с, по П.В. Гулянскому 0,8 м/с, по П.Л. Полозову эффективная стрижка возможна и при 0,9 м/с, если обеспечить необходимую частоту вращения двигателя машинки. Это же значение скорости перемещения машинки признано К.А. Месхи оптимальным, минимизирующим площадки двойного среза [29, 31, 36, 60, 54, 76].

Значение *угла наклона* нажимного механизма в 60° было обосновано Крамаровым Ю.И. и подтверждено А. Мадалиевым, что же касается значений *усилия прижатия* ножа к гребенке – здесь рекомендации исследователей расходятся. По У. Керимову при острых ножах достаточно усилия в 90 Н, и 150 Н – когда режущая пара затуплена. По данным К. Аткинсона усилие менее 200 Н может вызвать разъединение режущей пары от любого волоска или абразива. С другой стороны, анализ энергетического баланса стригальных машинок, проведенный О.Г. Ангилеевым и В.И. Крисюком показал, в числе прочего, что усилие прижатия ножа к гребенке не должно превышать 200 Н [45, 48, 54, 55, 76, 77, 82].

Частота двойных ходов ножа оказывает прямое влияние на количество сечки в остригаемом руне. Н.Д. Прутковым были установлены оптимальные значения частоты двойных ходов в зависимости от различных углов схождения лезвий ножа. К. Аткинсон и Д. Хеншоу рекомендуют значение в 3250 мин⁻¹, В.И. Крисюк считает, что даже 4000 мин⁻¹ окажут только положительное влияние на качество полученного руна [46, 81, 99, 100].

Значение *силы сопротивления перемещению* машинки по мнению исследователей также зависит от частоты двойных ходов ножа, от скорости перемещения машинки и от ширины захвата режущего аппарата [31, 35, 48,].

В вопросе обеспечения чистого и ровного среза большую роль играет угол защемления шерсти кромками ножа и гребенки. Нарушение оптимального значения этого параметра влечет за собой выталкивание волокон из раствора лезвий, существенно снижая качество работы всей стригальной

машинки. Использование предложенного П.Л. Полозовым нанесение на боковые грани ножа *насечек* позволяет увеличить коэффициент трения шерсти по режущей кромке ножа и устранить выталкивание ее из раствора режущей пары.

Углы заточки режущих элементов также являются важными факторами для обеспечения процесса резания. Зависимость удельной работы резания от значения угла заточки гребенки была установлена в работе Дж. Лильедала, над определением углов заточки ножа работали В.А. Зяблов и Ю.А. Хлопко, получив оптимальные значения для обеспечения более чистого среза и увеличения продолжительности работы режущей пары до затупления [37, 91].

Оптимальный угол наклона стригальной машинки к телу овцы был определен в работах П.В. Гулянского [30, 31]. По мнению автора, выдерживание угла в $30...35^\circ$ в прочесе работы позволит сократить образование сечки при стрижке тонкорунных овец на 35 грамм.

Помимо поиска оптимальных конструктивно-режимных параметров, исследователями была проведена работа по увеличению износостойкости режущей пары как самого ненадежного элемента режущего аппарата, нуждающегося в постоянном техническом обслуживании. Повышение ресурса режущей пары достигалось посредством увеличения толщины ножа, изменения его геометрии (рисунок 1.6), применения малоизнашиваемых материалов для изготовления, специальной термообработки.

К примеру, Р.А. Деннисом описан *flexicutter*, «гибкий нож», имеющий в силу конструктивных особенностей целый ряд преимуществ перед обычным ножом: меньшее усилие прижима, более легкая заточка, повышенная чистота среза, увеличенный ресурс [102]. А. Дж. Макензи и Б.В. Филд описывают испытания гребенок, покрытых карбидом вольфрама. Такие гребенки имеют повышенный ресурс и способствуют самозаточке ножа в процессе работы [104, 105, 109].

В 1953 году специалисты Московского института стали обосновали целесообразность изготовления режущих пар из легированной стали X05

взамен используемой ранее У12. Затем Х05 была заменена на 13Х, а в 1963 исследователи Ростовского НИИТМ создали упрочненную режущую пару из стали У8 с термодиффузионным нанесением на поверхности ножа и гребенки слоя хрома, что в 2...3 раза повышало износостойкость и существенно снижало вероятность их поломки [46, 99].

Наиболее экономически эффективные технические решения были реализованы в машинках, предлагаемых сегодня ведущими фирмами-производителями стригальной техники «Актюбсельмаш», «Lister», «Heiniger». Однако ошибочно будет полагать, что наличие научно обоснованного и практически выверенного технического оснащения в полной мере может обеспечить эффективное взаимодействие системы «человек-машина-животное».

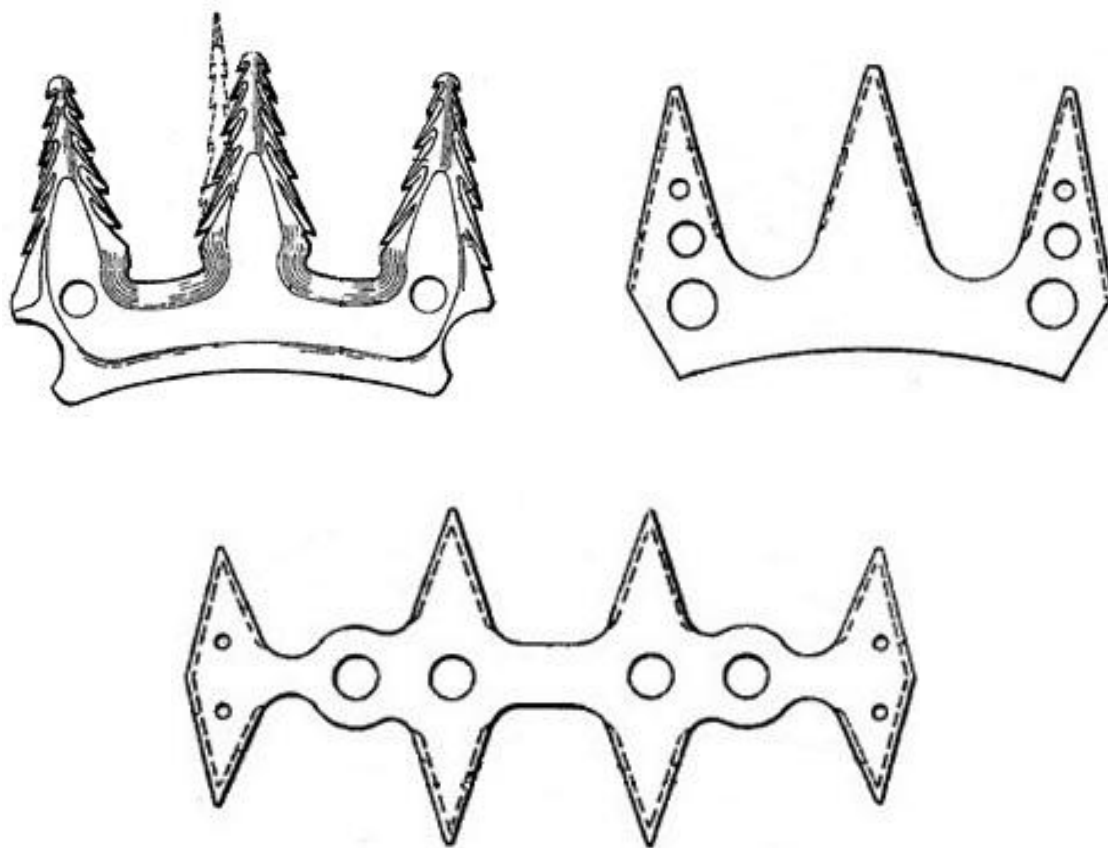


Рисунок 1.6 – Экспериментальные гребенки и ножи (патенты USA 1669420 и 1646470)

В числе факторов, влияющих на процесс стрижки (рисунок 1.7) большую роль играет квалификация исполнителя, под которой понимается не только грамотное исполнение приемов стрижки. Эксплуатация стригальной машинки подразумевает регулярное техническое обслуживание, как совокупность рекомендованных к исполнению операций, имеющих под собой соответствующую теоретическую базу. Своевременное и правильное проведение технического обслуживания – это первый по значимости фактор, определяющий эффективную и безотказную работу системы человек-машина-животное.

Наиболее значимой и регулярной операцией по обслуживанию стригальной машинки является поддержание работоспособности режущей пары. При правильной установке ножа относительно гребенки, обеспечении их нормального прижима друг к другу, продолжительность работы режущей пары до затупления эквивалентна, в среднем, 5 остриженным головам. Эта цифра характеризует долговечность режущей пары и может изменяться в зависимости от квалификации стригателя и степени загрязненности шерсти овцы, однако практика показывает, что через каждые 15...30 мин нож и гребенка подвергаются заточке. От того, насколько качественно заточена режущая пара, зависит целый ряд показателей всего процесса стрижки:

- производительность стригателя;
- энергоемкость процесса;
- качество получаемого руна;
- утомляемость стригателя и животного;
- износ узлов и деталей машинки.

О необходимости поддержания остроты кромок ножа и гребенки для обеспечения чистого среза говорили в своих работах А. Мадалиев, П.Л. Полозов, П.К. Григоров, В.Н. Ткачев, О.Г. Ангилеев, В.И. Крисюк. Вопросы повышения качества заточки режущих пар посвящено множество работ, однако он, по-прежнему имеет неисследованные резервы.



Рисунок 1.7 – Факторы и показатели процесса стрижки овец

1.3 Способы и технические средства заточки режущих пар

Подготовку режущих пар к работе (комплектование, заправка входной части зубьев гребенки), диагностику и заточку ножа и гребенки проводит слесарь-заточник. Его профессиональный уровень (теоретический и практический) в большинстве случаев оставляет желать лучшего. Так, по результатам исследования, проведенного в 2000 году сотрудниками кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» Оренбургского ГАУ В.Д. Поздняковым и Ю.А. Хлопко, в хозяйствах Оренбургской области все слесари-заточники являются самоучками, как правило, пенсионного возраста и не имеют никакой специальной подготовки. В ходе собеседования ни один исполнитель не мог объяснить, как правильно подготовить рабочее место (подобрать и рационально разместить вспомогательное оборудование), занять удобное положение по отношению к точильному агрегату, правильно разместить основное и дополнительное освещение на рабочем месте, обеспечить электробезопасные и противопожарные условия для выполнения процесса. Вследствие этого исполнители допускают большое число ошибок и нарушений.

При экспедиционной проверке и обследовании всех стригальных пунктов Оренбургской области, размещенных в типовых и приспособленных зданиях, обнаружилось, что ни в одном из них на рабочем месте точильщика не имелось технологической или маршрутной карты, определяющей правила подготовки используемого оборудования, главное, отсутствовала информация о нормативных условиях, допущениях, особенностях процесса заточки, доводки режущих пар и безопасности труда самого исполнителя. [96]

Оставляет желать лучшего также и техническая оснащенность рабочего места заточника, так как на стригальных пунктах по сей день преимущественно используются дисковые точильные аппараты, выпускавшиеся в СССР с 1961 по 1990 год (таблица 1.1). Это аппараты с

чугунным диском, на поверхность которых наносится абразивная паста (ТА-1, ДАС-350, ПЗН-60) и точильные аппараты со стальным диском, на поверхность которых наклеивается наждачное полотно (точильный аппарат ВНИИОК). [62]

Таблица 1.1 - Технические характеристики точильных и доводочных аппаратов (по Ю.А. Мирзоянц)

Показатели	ТА-1	ДАС-350	ПЗН-60	Точильный аппарат ВНИИОК
Диаметр заточного диска, мм	350	350	350	350
Толщина диска, мм	18	18	18	18
Электродвигатель мощность, кВт напряжение, В частота, Гц	0,4 220/380 50	0,5 220/380 50	0,66 220/380 50	0,4 36 200
Частота вращения диска, мин ⁻¹ при заточке при нарезке канавок	1440 -	1325 171,5	1480 -	2800 -
Подача суппорта, мм/об при заточке диска при нарезке канавок	-	0,3 1,75	- -	- -
Производительность, режущих пар в час	30	30	75	10...12
Габаритные размеры, мм: длина высота ширина	386 370 770	515 730 815	800 535 710	360 350 770
Масса, кг	51	127	150	16,2
Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1	1

Перед заточкой режущих пар на точильных аппаратах ТА-1 или ДАС-350 рекомендуется проверить заточной диск на наличие торцевого биения, которое не должно превышать 0,3 мм. Оно может быть вызвано неперпендикулярностью оси посадочного отверстия диска к его рабочей поверхности, деформацией при хранении или слабым закреплением диска на валу. При большом биении качественная заточка ножа и гребенки не представляется возможной. Держатель на подвесе устанавливается так, как показано на рисунке 1.8, а направление вращения диска должно соответствовать направлению стрелки угловой скорости ω . Правильным считается положение держателя, при котором расстояние от его штифтов до центра диска при прохождении держателя через центр диска составляет 9 мм.

Находясь в вертикальном положении, держатель располагается на равном расстоянии от внутренней выточки диска и его наружного края. В этом случае ось держателя находится на расстоянии 105 мм от вертикальной оси диска

Державка с установленной на нем гребенкой находится на расстоянии 12 мм от плоскости заточного диска и должен быть ей параллелен.

Перед заточкой режущую пару промывают в пятипроцентном растворе каустической соды или стирального порошка, чтобы удалить остатки жира, пота, волос, смазки и механических примесей. Для этой цели используют капроновые щетки с жестким ворсом. Включают в работу точильный аппарат и наносят мягкой волосяной кисточкой или выполненным из мешковины приспособлением слой наждачной пасты, состоящей из шлифовального порошка № 8-5 (ГОСТ 3647-59), доведенного до жидкого или тестообразного состояния посредством смешения с автотракторным маслом АСп-6 или АСп-10 и керосином.

На большой окружности интенсивность истирания высока, поэтому слой пасты наносят по кривой траектории (рисунок 1.8). На остальной участок диска паста попадает за счет действия центробежной силы и риск нарезки диска с шагом 1,75 мм.

Вводить нож или гребенку в контакт с заточным диском следует пяткой, слегка повернув кончики зубьев на себя, и постепенно переводить нажатие на всю плоскость. Деталь перемещается вправо и влево до тех пор, пока из-под нее не прекратится искрение. После этого необходимо вновь нанести пасту на диск. Чтобы заточка и истирание диска происходили более равномерно, при перемещении гребенки должна выходить на 1,5...2 зуба влево и вправо за пределы рабочей поверхности диска. Опытный точильщик прикладывает большие усилия на ту часть гребенки, которая расположена ближе к центру вращения. Это способствует равномерности износа гребенки по фронту, увеличению срока ее использования, повышению качества стрижки.

Продолжительность контакта ножа или гребенки с диском должна составлять не более 25...30 сек., затем необходимо отвести державку от плоскости диска. Отвод детали проводится в обратном порядке, то есть сначала отводят кончики зубьев, а потом весь нож (гребенку).

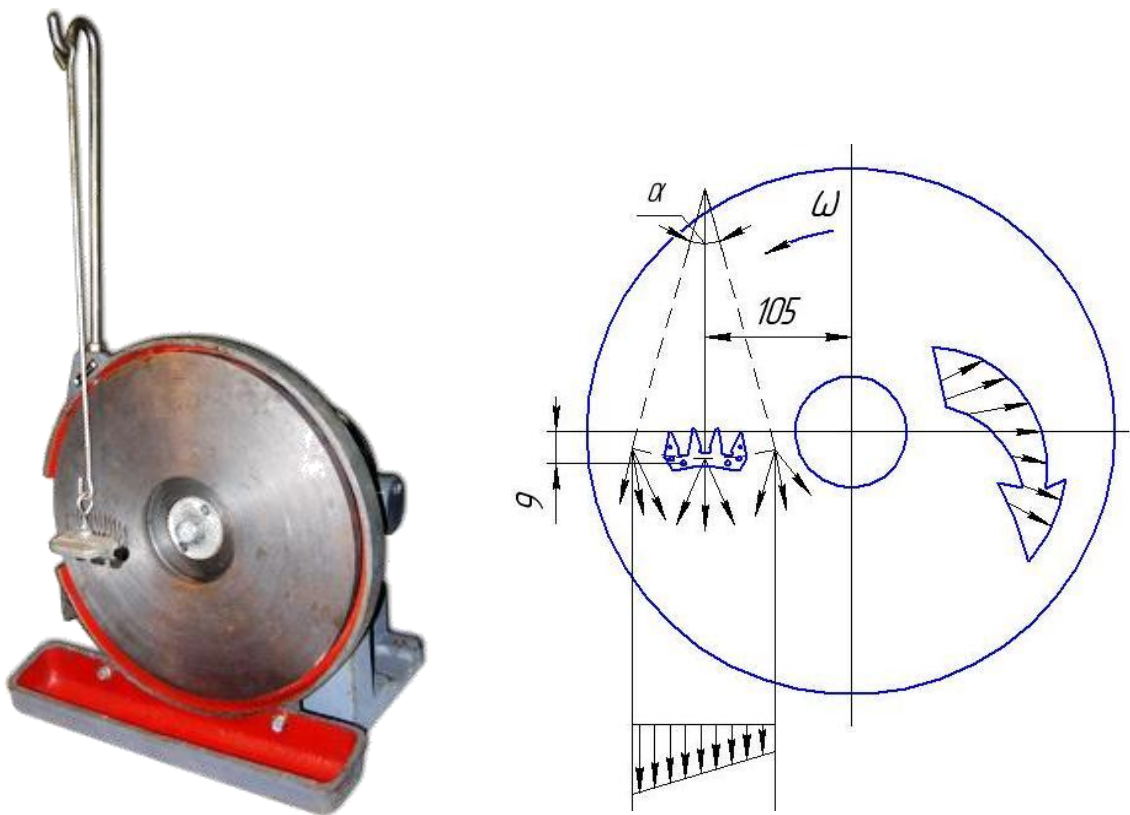


Рисунок 1.8 – Точильный аппарат ТА-1. Эюра скоростей диска при заточке ножа на дисковом аппарате

Качественно заточенные режущие пары не должны иметь следов (рисок) на рабочей поверхности от движения ножа по гребенке. Рабочая поверхность должна быть зеркальной или слегка матовой (когда диск только проточен или шлифовальный порошок крупнозернистый).

Для визуального контроля качества заточки нож или гребенку берут за край и подносят к источнику света так, чтобы свет отражался на краях зубьев. Если заточка произведена не полностью, то на рабочей кромке каждого зуба будет видна белая линия отраженного света толщиной в волос. Если нож или гребенка заточены хорошо, то этих линий не видно. Затем деталь желательно поставить на держатель и прижать на 1...1,5 секунды к центру рабочей поверхности диска.

Для более качественной заточки необходимо два точильных аппарата. На первом производится заточка с крупнозернистым порошком, а на втором - доводка (используется мелкозернистый порошок, в состав пасты добавляется больше керосина или масла) [75].

В процессе развития машинной стрижки овец в нашей стране, наряду с серийно выпускавшимися (ТА-1, ТАД-350, ДАС-350) сотрудниками ведущих НИИ были разработаны новые способы заточки и точильные аппараты, в конструкции которых были предприняты попытки исправить основной недостаток существующих - неравномерность истирания режущих кромок зубьев ножа и зубьев гребенки (таблица 1.2) [1-7, 9, 10]. Причиной этого недостатка является заточной элемент в виде диска, который при работе имеет различные касательные скорости на различных значениях радиуса (рисунок 1.8):

$$v = \omega \cdot R, \quad (1.1)$$

где v - линейная скорость точки диска, м/с; ω - угловая скорость вращения диска мин^{-1} ; R - значение величины радиуса диска, мм.

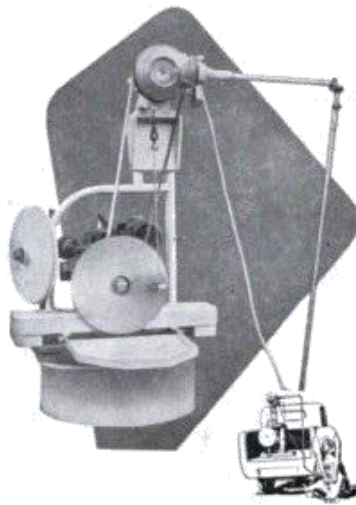
Неравномерное истирание рабочих поверхностей приводит к уменьшению полного ресурса ножа и гребенки по числу возможных заточек.

Таблица 1.2 – Способы и средства заточки режущих пар

Классические (серийного производства)			
Марка	ТА-6	ТАД-350	ДАС-350
Внешний вид			
Недостатки	<p>- снижение полного ресурса режущей пары в силу неравномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки;</p> <p>- необходимость квалификации для технического обслуживания;</p> <p>- необходимость соблюдения парности конкретных ножа и гребенки на протяжении всего срока эксплуатации</p>		
Экспериментальные			
Номер АС	Авторы	Особенности	Недостатки
№250679	О.Г. Ангилеев, В.И. Крисяк	Сферическая рабочая поверхность заточного диска	Большая продолжительность процесса
№1641584	Ч.Д. Жамьянов, А.В. Маслаков	Траектория перемещения детали по диску	Большая продолжительность процесса
№132091	Л.Н. Ткаченко	Подвижные абразивные круги	Невозможность затачивать гребенки, низкая производительность
№134572	В.Н. Ткачев, П.К. Григоров	Погружение режущей пары в масляно-абразивную суспензию	Недопустимо попадание суспензии в узлы машинки
№1238947	С.С. Ходыко, Л.Н. Алимпиев	Равномерное снятие металла по ширине ножа и гребенки	Сложность в изготовлении
№1227427 (ПЗН-60)	Г.В. Шеронин, Л.Н. Алимпиев	Эллипсоидная траектория перемещения пары по поверхности диска	Не соблюдается условие параллельности ножей и гребенок

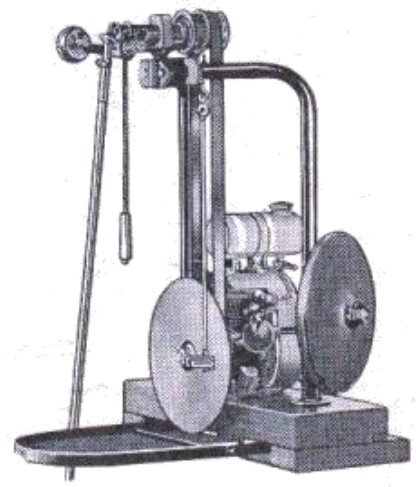
Вышеупомянутые способы заточки не вошли в серийное производство по причине ряда недостатков, ожидаемый экономический эффект от их применения не позволял говорить о перспективности использования в сельском хозяйстве.

Стоит обратить внимание, что в зарубежных точильных аппаратах по сей день используется заточный элемент в виде диска, хотя с момента внедрения в производство их конструкция претерпела некоторые изменения (рисунок 1.9).



«Buzzmaster»

Buzzacott, Австралия, 1955 г.



«Utility»

Lister, Великобритания, 1953 г.



«KTS grinder»

Heiniger, Швейцария, 2013 г.



«368 Grinder»

Lister, Великобритания, 2013 г.

Рисунок 1.9 – Зарубежные точильные аппараты

О.С. Салыковой (2003 г.) было предложено специальное устройство (рисунок 1.10), обеспечивающее равномерность истирания ножа и гребенки во время заточки за счет вращения их относительно заточного диска с помощью станда КИ-2205 [89]. Такой способ требует дополнительного оборудования и специальной подпружиненной державки для крепления ножа и гребенки, по причине чего не вошел в серийное производство. Тем не менее, экономический эффект от увеличения ресурса режущей пары свидетельствует о перспективности дальнейшей работы в этом направлении.

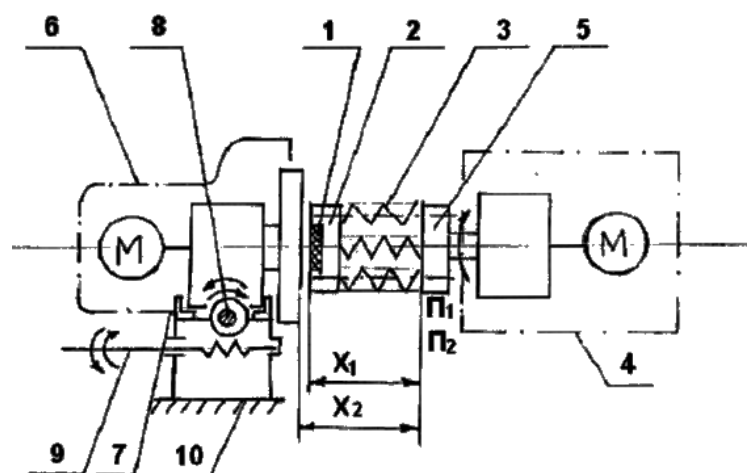
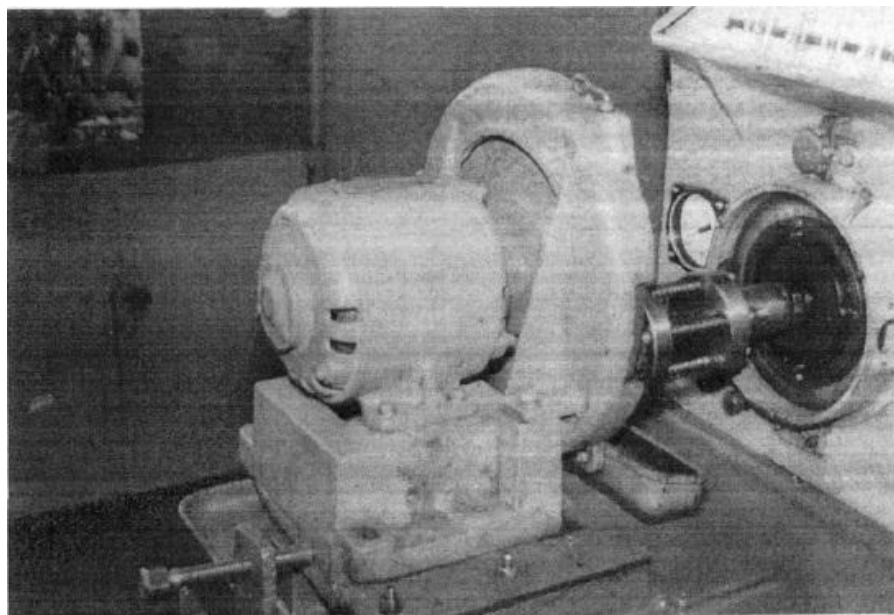


Рисунок 1.10 – Установка для заточки режущих пар (О.С. Салыкова):
 1 - магнит, 2 - патрон, 3 – подпружиненная державка, 4 - станд КИ-2205,
 5 - полумуфта, 6 - ТА-1, 7 - регулятор, 8 - рукоятка, 9 - полозья, 10 - салазки.

Очевидным вариантом устранения неравномерного истирания является изменение типа заточного элемента и технологической схемы заточки, что было реализовано сотрудниками ВНИИОК (рисунок 1.11) и «Листер» [46, 62]. Ими было предложено использовать технологию заточки посредством бесконечного плоского ремня, что обеспечивает равномерный сьем металла с рабочих поверхностей ножа и гребенки.

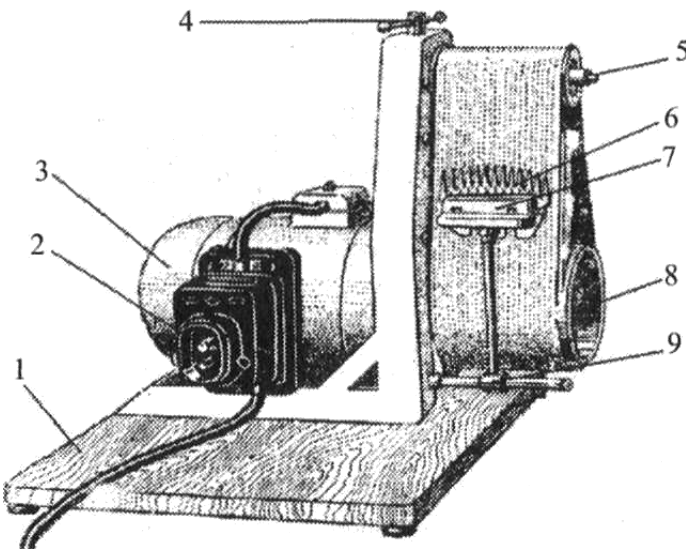


Рисунок 1.11 - Ленточный точильный аппарат:

1 - основание; 2 - выключатель; 3 - электродвигатель; 4 - винт натяжного устройства; 5 - натяжной ролик; 6 - затачиваемая гребёнка; 7 - державка; 8 - ведущий шкив; 9 - поворотная втулка стойки державки (на кронштейне)

При заточке на таком аппарате скорость движения абразивных зерен одинакова по всей ширине контакта заточного ремня с ножом и гребенкой, что способствует равномерности истирания рабочих поверхностей режущей пары по всей площади пятна контакта.

Технология не получила распространения в связи с небольшим ресурсом и дороговизной заточных ремней, однако промышленные и научные достижения в области ленточного шлифования за последние 10 лет позволяют нам предположить возможность экономически и технически эффективного использования бесконечных абразивных лент для заточки режущих пар стригальных машинок.

1.4 Показатели, характеризующие качество заточки

Процесс заточки ножа и гребенки стригальной машинки подразумевает восстановление их режущей способности. При выборе рационального и грамотного подхода к технологии заточки любого режущего инструмента необходимо определить его тип работы, понять, какие физические явления лежат в основе этого процесса.

В создание и развитие теории резания применительно к сельскохозяйственным культурам неоценимый вклад внес академик В.П. Горячкин [27, 28]. Опираясь на результаты его работы, исследователи В.А. Зяблов, П.Л. Полозов и П.В. Гулянский нашли много общего в процессах срезания волокна шерсти и срезания стебля растения, что позволило им рассматривать процесс работы режущего аппарата стригальной машинки происходящим по принципу ножниц [31, 37, 76]. Н.Е. Резник, в свою очередь, классифицируя режущие аппараты, охарактеризовал аппарат стригальной машинки как возвратно-поступательный с наклонным резанием [84, 85].

В исследованиях П.К. Григорова [29] доказана зависимость режущей способности ножей и гребенок от радиуса закругления их фасок (режущих кромок), которое образуется в процессе работы. Очевидно, что оптимальные режим заточки должны обеспечивать толщину съема металла с рабочих поверхностей ножа и гребенки, не превышающую значение линейного износа их режущих кромок. Стоит также обратить внимание, что значение радиуса скругления режущих кромок является различным по длине зубьев ножа и гребенки (рисунок 1.12 - 1.13).

В.И. Крисюк, опираясь на исследования А.В. Перчихина и Н.А. Васильева, приходит к выводу, что в работе режущего аппарата стригальной машинки используется принцип резания шерсти лезвием (рисунок 1.14), возникающим на линии пересечения фасок ножа с фасками гребенки. Автор отмечает, что лезвие состоит из микроскопических зубчиков, образующихся при заточке [46, 73].

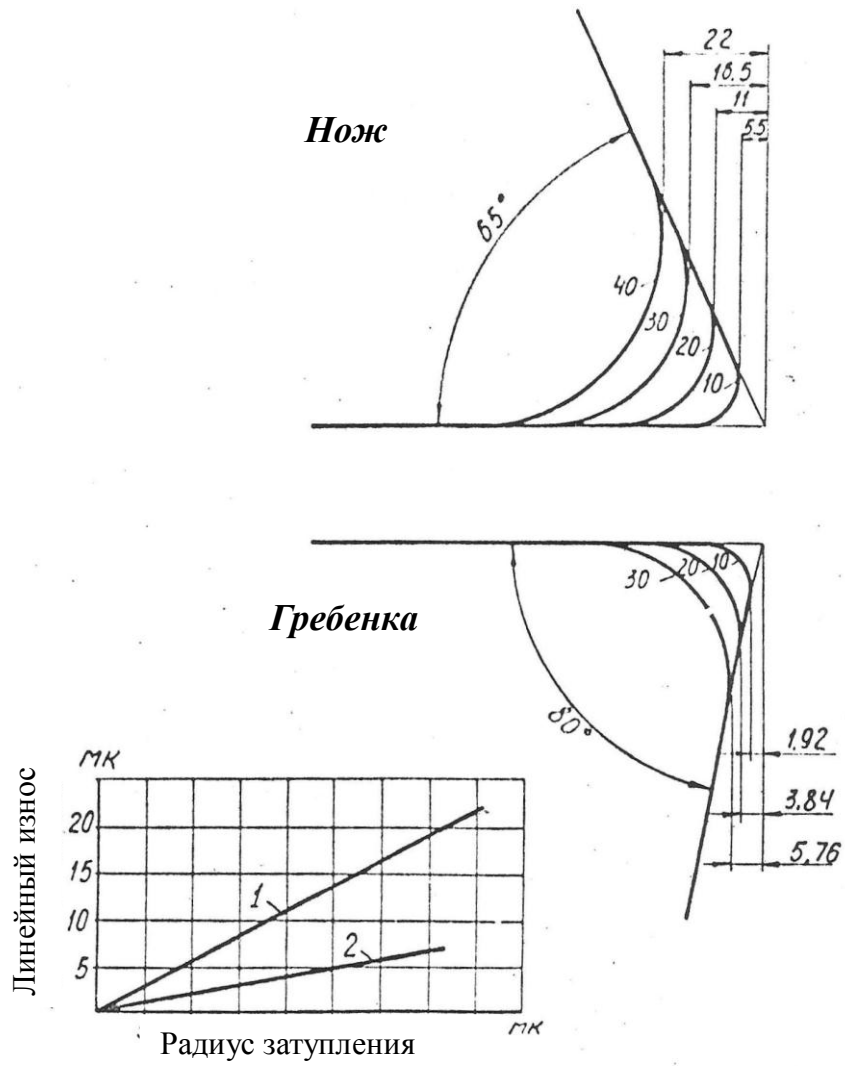


Рисунок 1.12 – Зависимость между линейным износом и радиусом затупления лезвий ножа 1 и гребенки 2 (по П.К. Григорову)

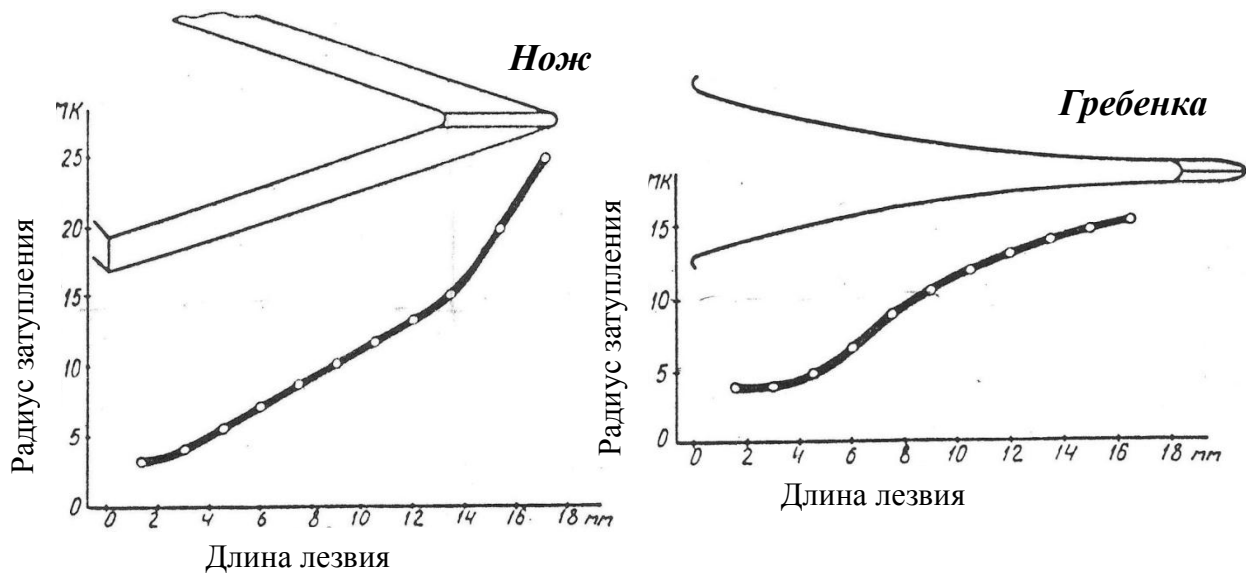


Рисунок 1.13 – Затупление лезвий ножа и гребенки по длине (по П.К. Григорову)

Анализируя процесс резания шерсти овцы ножом коробчатой формы И.А. Шишина пришла к выводу [99], что в процессе работы внутренняя кромка ножа, защемляя распрямляющиеся во внутренней полости ножа шерстинки, вызывает приподнимание ножа над плоскостью резания (рисунок 1.15).

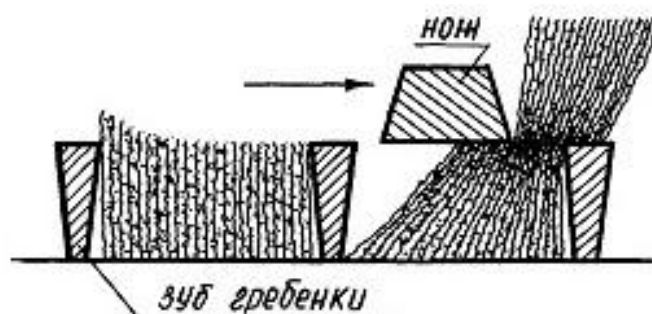


Рисунок 1.14 – Схема работы ножа и гребенки (по В.И. Крисяку)

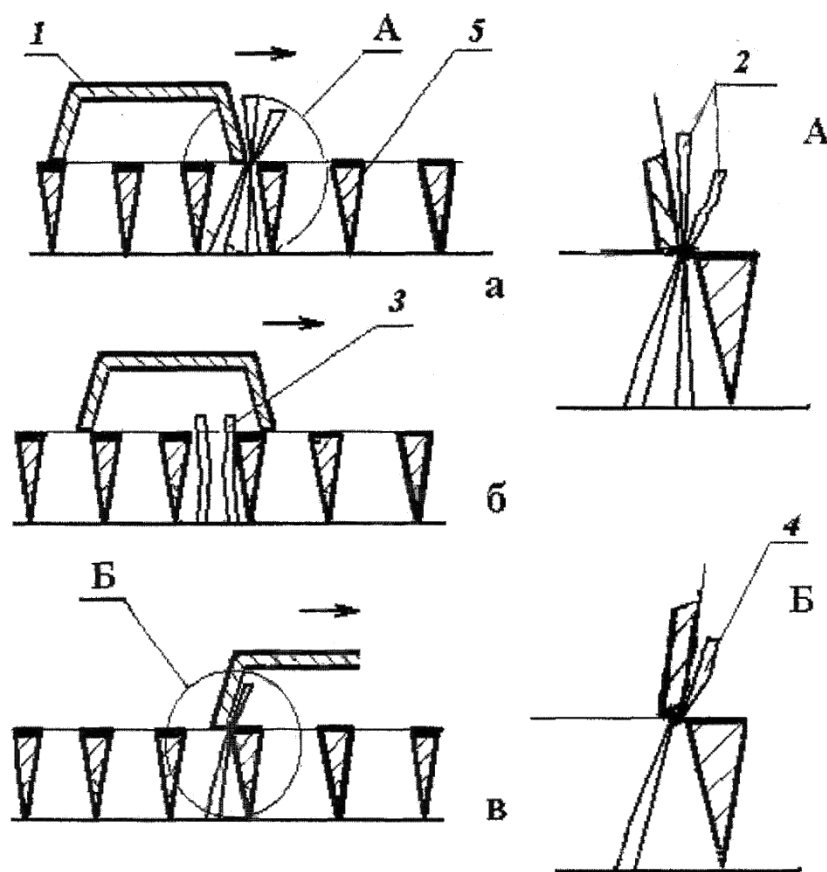


Рисунок 1.15 – Участие внутренней кромки коробчатого ножа в резании шерсти (по И.А. Шишиной):

- а) – срез передней кромкой ножа; б) – распрямление срезанных шерстинок;
 в) – срез внутренней кромкой ножа; 1 – нож; 2 – шерстный покров;
 3 – срезанные шерстинки; 4 – повторный срез шерстинки; 5 – гребенка.

По мнению автора, это явление компенсируется большим значением усилия прижима ножа к гребенке, что увеличивает энергоемкость и процентную долю перестрига в общей массе руна.

Принимая во внимание факт, что из-за малого диаметра шерстных волокон нож и гребенка должны работать в прижатом друг к другу состоянии, согласимся с выводами исследователей о первостепенном влиянии шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на их режущую способность. Сила плотности прилегания элементов режущей пары при этом оказывает неоднозначное воздействие: с одной стороны, препятствует попаданию абразивных частиц на рабочие поверхности ножа и гребенки, с другой стороны, при слишком большом значении способствует ускоренному износу. Как нами уже упоминалось, рекомендации исследователей по значению оптимальной плотности прижатия ножа к гребенке расходятся.

Таким образом, особенности работы режущего аппарата стригальной машинки позволяют говорить о том, что для полноценного восстановления режущей способности ножа и гребенки их рабочие поверхности, помимо удаления изношенной части режущих кромок, нуждаются в шлифовке. Шлифование же в широком смысле в первую очередь характеризуется получаемой чистотой обработанной поверхности, иначе говоря, шероховатостью.

Исследованиями В.И. Крисяка [46, 47, 49] подтверждено положение о том, что для двух трущихся поверхностей существует оптимальная шероховатость, которая практически не меняется в процессе работы, снижая время приработки и интенсивность износа поверхностей. Автором установлено, что микрогеометрия затачиваемых элементов находится в прямой зависимости от профиля поверхности рабочего органа точильного аппарата, от режима заточки, от величины используемого абразива. В работе приводятся результаты испытаний различных точильных аппаратов и их влияние на износостойкость ножей и гребенок (таблица 1.3). Примечательно, что в ходе испытаний ленточного аппарата, автор использует ленту с более

крупным абразивом, чем на дисковых ТА-1, ТАД-350 и ДАС-350, что приводило к более высоким значениям шероховатости рабочих поверхностей и, как следствие, низкой долговечности ножей и гребенок.

Таблица 1.3 - Результаты испытаний точильных аппаратов при стрижке тонкорунных овец (по данным исследований В.И. Крисюка)

Марка аппарата	Тип рабочего органа	Абразивный материал	Износостойкость рабочего органа до восстановления, штук		Долговечность режущей пары до переточки, голов
			ножей	гребенок	
Ленточный ВНИИОК	бесконечный кожаный плоский ремень	наждачное полотно № 16	-	80	5...6
		наждачное полотно № 25	40	-	
ТАШ-2	стальной диск с прямолинейной рабочей поверхностью	наждачное полотно № 16	-	200	5...6
		наждачное полотно № 25	200	-	
ТАД-350 ДАС-350 ТА-1	чугунный диск с плоской рабочей поверхностью и кольцевыми канавками	паста из наждачного порошка № 5, автола и керосина	400	400	4...5
ТАД-350 ДАС-350 ТА-1	чугунный диск с плоской и гладкой рабочей поверхностью	паста из наждачного порошка № 5, автола и керосина	1600	1600	5...6
ТАД-350 ДАС-350 ТА-1	чугунный диск с гладкой сферической рабочей поверхностью	паста из наждачного порошка № 5, автола и керосина	3200	3200	8...10

Из вышеизложенного следует необходимость более детального исследования вопроса применения ленточного шлифования для заточки режущих пар стригальных машинок.

Технология ленточного шлифования является не единственным способом заточки для обеспечения равномерности толщины слоя металла, снимаемого с обрабатываемой детали. Однако, абразивная лента представляет собой гибкий заточной элемент, что дает возможность использовать в качестве опорного профиля поверхности различной геометрии. В силу упорядоченного расположения режущих зерен на основе, абразивная лента обладает лучшей режущей способностью в сравнении с суспензией, применяемой на ТА-1 и ДАС-350. Применение технологии ленточного шлифования с опорной плитой для заточки режущих пар стригальных машинок позволит:

- исключить необходимость использования габаритного, металлоемкого и дорогостоящего оборудования (плоскошлифовальные станки, установки для электрохимического шлифования и др.);
- повысить надежность режущих пар без снижения долговечности их работы и увеличения трудоемкости процесса заточки.

На основании анализа вышеизложенного определены 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.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАТОЧКИ РЕЖУЩИХ ПАР ЛЕНТОЧНЫМ ШЛИФОВАНИЕМ

2.1 Особенности процесса ленточного шлифования

Шлифование находится в числе заключительных технологических операций при изготовлении изделия. Целью шлифования, как правило, является доведение размеров изделия до номинальных (черновое) и придание его поверхности необходимой чистоты обработки (чистовое). Традиционно в промышленном производстве используются технологии шлифования, в основе которых лежит использование шлифовального круга, состоящего из большого числа спрессованных абразивных зерен. Классификация металлорежущего оборудования включает отдельную группу шлифовальных станков, объединенных по признаку использования в качестве режущего инструмента абразивных кругов.

Внедрение и последующее распространение технологии шлифования сопровождалось разработкой более производительных и специализированных способов обработки изделий (высокоскоростное, глубинное, силовое шлифование, хонингование и т.д.). Ленточное шлифование как отдельная технология обработки появилась относительно недавно и имеет целый ряд особенностей в силу того, что лента представляет собой гибкое основание, на которой посредством связки закреплен слой режущих элементов – зерен [19, 39]. Это открывает широкий спектр возможностей при шлифовании изделий, имеющих сложную геометрию рабочей поверхности. Эффективное использование абразивных лент при шлифовании способствовало стремительному развитию подобной технологии обработки изделий. На сегодняшний день существует множество технологических систем ленточного шлифования, позволяющих полностью исключить традиционное использование абразивных кругов (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Классификация систем ленточного шлифования (по А.Ф. Бабошкину)

Применение указанных способов ленточного шлифования сопряжено с использованием соответствующего технологического оборудования, различающегося конструкцией натяжного механизма ленты, кинематикой движения зерен ленты и геометрией контактной опоры (в случае, если не используется шлифование свободной ветвью абразивной ленты).

В работах [18, 53] приведены основные преимущества ленточного шлифования перед шлифованием абразивными кругами, в числе которых:

1) низкая стоимость ленточно-шлифовального оборудования в сравнении со станками, в которых используются шлифовальные круги;

2) изготовление ленточно-шлифовального станка под силу мастерским хозяйств, не имеющим богатой технической базы;

3) станки для ленточного шлифования более безопасны в эксплуатации, так как разрыв ленты в ходе эксплуатации несопоставим по последствиям с разрывом шлифовального круга;

4) экономически выгоднее использовать шлифовальные ленты в связи с тем, что их рыночная стоимость значительно ниже, чем стоимость кругов с аналогичными характеристиками;

5) энергозатраты при ленточном шлифовании значительно ниже, чем при использовании плоскошлифовальных станков со шлифовальными кругами.

К недостаткам ленточного шлифования стоит отнести невозможность правки рабочей поверхности ленты при ее засаливании, а также существенное уменьшение прочности ленты при высоком значении температуры в зоне контакта с обрабатываемой поверхностью [19].

Интенсивное развитие промышленного производства охватывает не только разработку технологии способов воздействия ленты на обрабатываемую деталь, режимных параметров этого процесса, но и расширение ассортимента марок шлифовальных лент, отличающихся на сегодняшний день:

- различными типами зерен (электрокорундовые, из карбида кремния, алмазные, эльборовые, абразивные, из технического стекла и др.);

- типом основы (саржа, шифон, плащевая ткань и др.);

- типом связки (клеевая, лаковая, смолистая и др.);

- способом нанесения зерен на основу (механическим, электростатическим, суспензионным).

В основе реализации указанных на рисунке 2.2 способов обработки изделий абразивными лентами лежат серьезные научные изыскания. Вопросами выявления и установления зависимостей параметров и выходных показателей процесса шлифования занималось множество исследователей (Г. Эльден, В.И. Островский, Е.Н. Маслов, Е.П. Калинин, А.Ф. Бабошкин, В.С. Люкшин, Б.Н. Хватов).

По мнению Е.Н. Маслова [57], *основным уравнением теории шлифования* является уравнение зависимости толщины слоя металла, срезаемого одним зерном, от остальных параметров процесса шлифования:

$$a_{z \max} = \frac{2V_s}{60 \cdot V} \cdot \sqrt{\frac{(d \pm D_{\text{кр}}) \cdot t_{\phi}}{d \cdot D_{\text{кр}}}} \cdot L, \quad (2.1)$$

где V_s – скорость подачи заготовки, м/мин; V – скорость резания, м/с; d – диаметр заготовки, мм; $D_{\text{кр}}$ – диаметр шлифовального круга, мм; t_{ϕ} – фактическая глубина шлифования, мм; L – расстояние между режущими зернами, мм

Рассматривая процесс шлифования необходимо учитывать, что расстояние между соседними режущими зернами L колеблется в зависимости от степени износа режущих зерен. Износ происходит постоянно, и даже при установленных режимах не является равномерным по времени в силу особенностей геометрии зерна. Большое влияние степени изношенности зерна на выходные показатели шлифования, вызывает определенные трудности при установлении адекватных зависимостей, описывающих процесс ленточного шлифования.

В исследованиях [18] А.Ф. Бабошкина приводится уравнение толщины среза, позволяющее не учитывать степень изношенности зерен ленты:

$$a_z = \frac{S \cdot \Lambda \cdot \sqrt{t}}{8,3 \cdot V_{\text{л}} \cdot \sqrt{D}}, \quad (2.2)$$

где S – скорость подачи заготовки, мм/мин; $V_{\text{л}}$ – скорость резания, м/с; d – диаметр заготовки, мм; D – диаметр опорного ролика, мм; t – глубина шлифования, мм; Λ – среднее расстояние между режущими кромками, мм

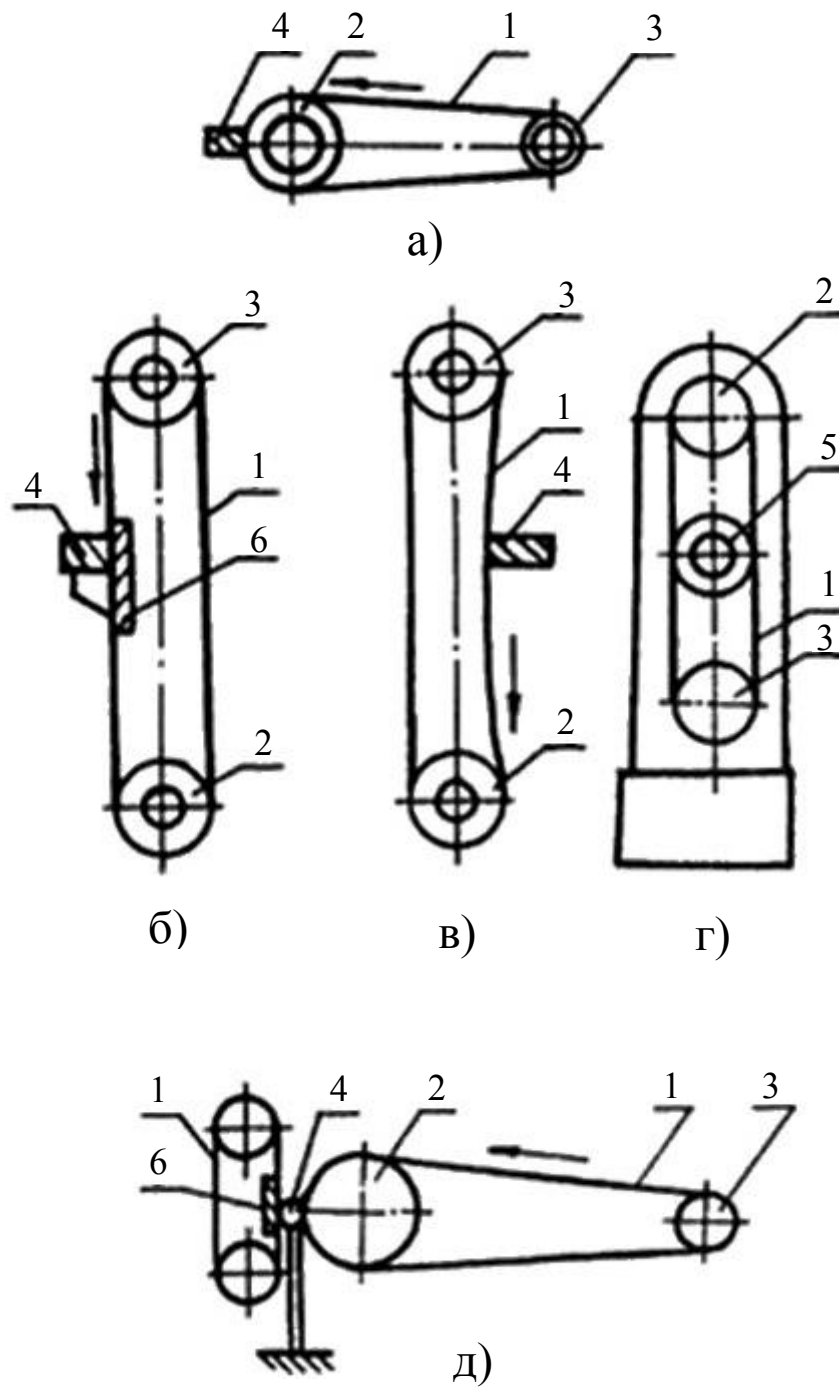


Рисунок 2.2 – Способы ленточного шлифования:

а) – контактная обработка; б) – шлифование с опорной плитой; в) - обработка свободной ветвью абразивной ленты; г) – фасонное шлифование; д) – бесцентровое шлифование; 1 – лента; 2 – приводной ролик; 3 – натяжной ролик; 4 – обрабатываемая деталь; 5 – опорный (контактный) ролик; 6 – опора.

2.2 Определение шероховатости обработанной поверхности при ленточном шлифовании

Качественная заточка ножа и гребенки режущего аппарата стригальной машинки, работающего по принципу ножниц, подразумевает не только удаление затупившихся кромок лезвий. Помимо удаления необходимого объема металла с рабочих поверхностей режущей пары необходимо придать этим поверхностям определенную шероховатость.

Шероховатость как совокупность микронеровностей поверхности детали характеризует чистоту ее обработки. Наиболее адекватным параметром отображения чистоты обработки поверхности детали считается R_a – среднеарифметическое значение высоты микронеровностей, взятое по определенной базовой длине поверхности и выраженное в микрометрах [52].

Закономерности образования определенной шероховатости поверхности в процессе обработки зависят от большого количества внешних параметров, среди которых первоочередными по значимости являются сам вид обработки (точение, строгание, шлифование и т.д.), а также применяемая технологическая оснастка. Вместе с режимом обработки и характеристиками обрабатываемого материала указанные параметры определяют множество возможных моделей образования шероховатости с различными функциональными зависимостями.

Стоит отметить, что большинство известных зависимостей получаемой шероховатости поверхности от параметров процесса ленточного шлифования, являются определенными экспериментально для конкретного материала или способа шлифования [20, 40, 57, 69, 95].

Отличительной особенностью процесса ленточного шлифования является то, что абразивные зерна, совершающие процесс массового микрорезания, изнашиваются в процессе работы, т.е. их геометрия постоянно изменяется, что влияет на выходные параметры процесса, такие как

производительность шлифования, шероховатость обработанной поверхности, а также определяет величину рабочего ресурса ленты.

В работе Е.Н. Маслова [57] приводится следующая зависимость:

$$R_a = \frac{C_{Ra} \cdot v_d^p \cdot t^z \cdot s^q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{v_{кр}^\omega \cdot d^\mu \cdot H^\eta}, \quad (2.3)$$

где C_{Ra} – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала; v_d – скорость подачи заготовки, м/мин; $v_{кр}$ – скорость круга, м/с; d – диаметр заготовки, мм; t – фактическая глубина шлифования, мм; s – скорость поперечной подачи заготовки, м/мин; H – высота остаточных поперечных шероховатостей, мкм; k_1 – коэффициент, учитывающий зернистость шлифовального круга; k_2 – коэффициент, учитывающий состав охлаждающей жидкости; k_3 – коэффициент, учитывающий влияние зачистных ходов.

Значения коэффициентов k_1 , k_2 , k_3 и степенных показателей z , q , ω , μ , η определялись автором экспериментально для исследуемого им процесса обработки заготовки из стали 50Г кругом Э40СМ1К (рисунок 2.3).

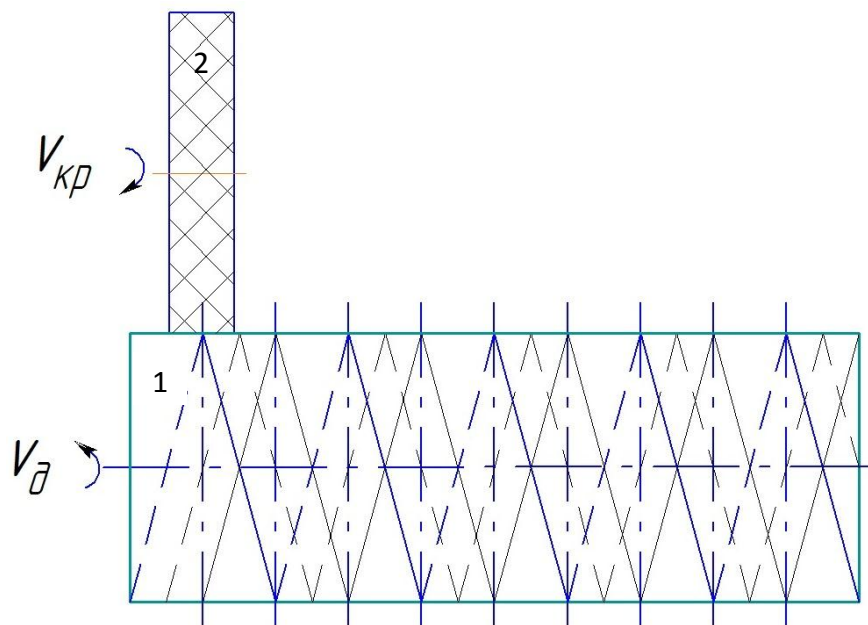


Рисунок 2.3 – Схема формирования микропрофиля обрабатываемой поверхности 1 при шлифовании абразивным кругом 2 (по Е.Н. Маслову):

$V_{кр}$ – касательная скорость абразивного круга; V_d – касательная скорость шлифуемой детали.

В.И. Островским [69] установлена более универсальная зависимость:

$$R_z \approx \left(\frac{V_{\text{и}}}{V_{\text{кр}}}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{S_{\text{н}}}{H}\right)^{0,5} \cdot d_3^{0,5} \cdot \left(\frac{t}{D_{\text{кр}}}\right)^{0,25} \cdot R_b^{0,25}, \quad (2.4)$$

где $V_{\text{и}}$ – скорость движения изделия, м/с; $V_{\text{кр}}$ – скорость круга, м/с; $\frac{S_{\text{н}}}{H}$ – отношение, характеризующее поперечную подачу стола, мм/мин; $D_{\text{кр}}$ – диаметр круга, мм; t – глубина шлифования, мм; d_3 – средний диаметр абразивных зерен, мкм; R_b – параметр, характеризующий геометрический профиль абразивного круга.

Приведенные выражения (2.3), (2.4) могут быть использованы при определении шероховатости в процессе шлифования деталей, имеющих форму тела вращения, с использованием абразивного круга, без учета износа зерен в процессе работы.

Более близкими к процессу заточки ленточным шлифованием исследованиями занимались специалисты Тамбовского государственного технического университета под руководством Б.Н. Хватова [95], работавшие над определением оптимальных параметров процесса ленточного шлифования для получения необходимой шероховатости поверхности обрабатываемой детали. Автором была установлена следующая зависимость:

$$R_a = C_R d_3^{\alpha_1} H_s^{\alpha_2} S^{\alpha_3}, \quad (2.5)$$

где C_R – коэффициент, учитывающий суммарное влияние неучтенных факторов; d_3 – зернистость абразивной ленты, (в соответствии с условными обозначениями ее номера по ГОСТ 3647–80); H_s – твердость опорного ролика в ед. по Шору; S – скорость продольной подачи изделия, мм/мин, α_1 , α_2 , α_3 – показатели степени при переменных факторах.

В ходе проведения многофакторного эксперимента исследователем были получены зависимости и номограммы режимов ленточного шлифования, рассчитанные для обеспечения необходимой шероховатости поверхности при шлифовании стали 06Х12НЗД:

$$R_a = 2,25 \cdot 10^{-4} d_3^{2,05(1-0,38 \lg H_s)} H_s^{1,69} S^{0,13} \quad (2.6)$$

При доказанной достоверности и очевидной значимости результатов исследований, применение этих наработок при заточке режущих пар стригальных машинок нежелательно, т.к. автором использовалось металлоемкое габаритное оборудование (плоскошлифовальный станок 3Г71).

В отношении исследуемого нами процесса заточки режущих пар посредством ленточного шлифования стоит сказать, что, по мнению авторов [18, 40, 53], наиболее полно особенности взаимодействия абразивной ленты с обрабатываемой поверхностью могут быть описаны при помощи стандартной модели поверхностей трения, представляющей собой два тела (рисунок 2.4). Одно из тел, являясь абсолютно жестким, движется вдоль второго со скоростью V , испытывая при этом некоторое давление N , направленное перпендикулярно поверхности их взаимодействия.

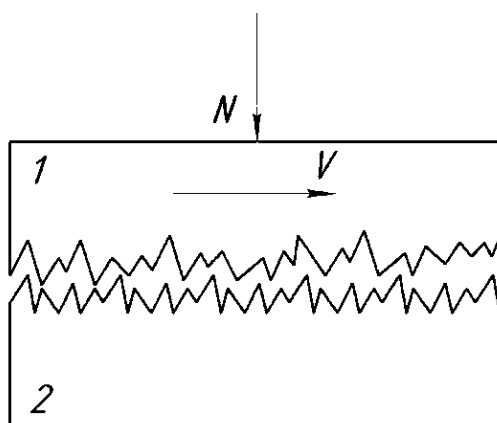


Рисунок 2.4 – Взаимодействие поверхностей инструмента и детали при ленточном шлифовании; 1 - абразивная лента; 2 – деталь.

В процессе перемещения тел относительно друг друга, происходит взаимодействие их неровностей, а поскольку одно из них жестче другого, также происходит постепенный перенос профиля поверхности трения ленты 1 на деталь 2 в сечении, перпендикулярном направлению движения.

Говоря об исследуемом процессе более предметно, можно сделать вывод, что зерна абразивной ленты, вступая во взаимодействие с обрабатываемой поверхностью, определяют значение шероховатости поверхности, которая останется после обработки.

2.3 Модель процесса образования шероховатости поверхности при ленточном шлифовании с опорной плитой

Прежде чем приступить к реализации процесса заточки режущих пар стригальных машинок посредством ленточного шлифования, необходимо выявить параметры, которые будут оказывать определяющее воздействие на эффективность исследуемого процесса. Нами установлено, что основными показателями качества заточки ножа и гребенки являются удаление площадок износа с их режущих кромок (фасок) и обеспечение оптимальной шероховатости рабочих поверхностей режущей пары.

Удаление площадок износа с режущих кромок ножа и гребенки напрямую связано с удалением слоя металла, соответствующего линейному износу рабочих поверхностей режущей пары [20]. Поскольку шлифование как разновидность процесса резания, неизменно сопровождается съемом некоторого объема металла, мы не можем принять этот показатель в качестве определяющего при оценке качества заточки. Наиболее адекватным показателем в этом случае будет производительность процесса шлифования, как отношение снимаемого объема металла к единице времени процесса [$\text{м}^3/\text{с}$]. Следовательно, при обеспечении резания обрабатываемой поверхности посредством кромок зерен абразивной ленты, величина объема снимаемого металла может определяться продолжительностью процесса.

Более неоднозначным показателем является получаемая при шлифовании шероховатость обработанной поверхности. Оценка шероховатости вызывает определенные трудности в связи с дискретностью процесса массового микрорезания, который наблюдается при взаимодействии абразивных зерен с материалом детали. Приведенные зависимости (2.3) – (2.6) в полной мере отображают частный характер полученных ранее законов воздействия параметров процесса шлифования на получаемую чистоту обработки поверхности детали.

Для разработки математической модели процесса образования шероховатости поверхности при шлифовании абразивной лентой с опорной плитой, обратимся к методике, предложенной А.Ф. Бабошкиным [18, 20], в основу которой заложена теория 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 2.4, а), наложить последовательно m следов с вероятностью P_h каждый, то суммарная вероятность заполнения площадки следами сечения зерен составит:

$$P_m(h) = 1 - (1 - P_h)^m \quad (2.7)$$

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

В таком случае, опорная длина профиля шлифованной поверхности:

$$R(h) = 1 - P_m(h) = (1 - P_h)^m \quad (2.8)$$

Длина следа одного зерна (рисунок 2.4, б), выраженная функционально в зависимости от глубины залегания и износа:

$$L(h) = (h - y) \cdot \tau \quad (2.9)$$

где h – глубина залегания зерна, м; y – координата самого выступающего зерна, м; τ – коэффициент формы зерна, характеризующий его износ.

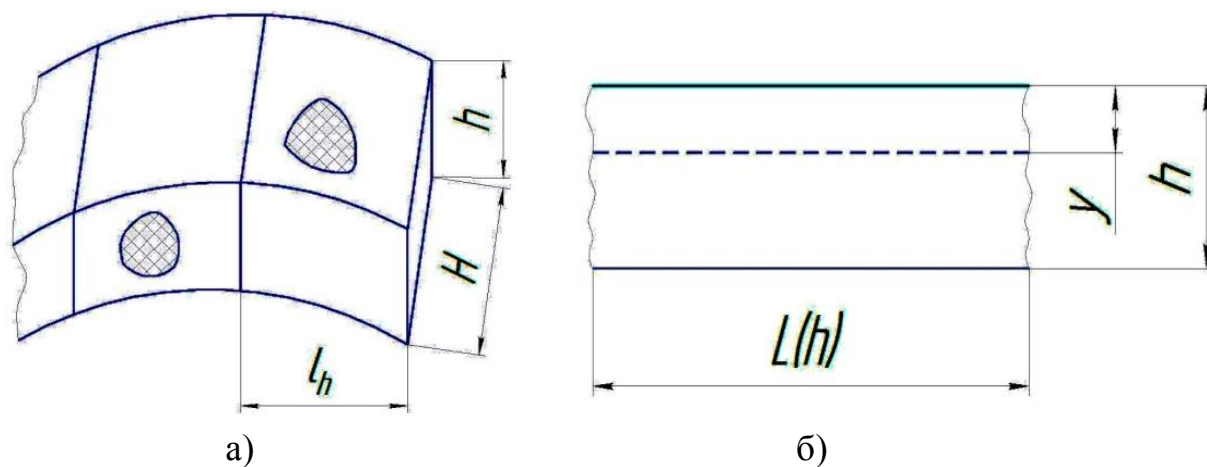


Рисунок 2.4: а) - элементарная площадка абразивной ленты; б) - траектория движения одного зерна

Условимся, что зерна имеют форму эллипсоида вращения, что, по мнению авторов [19, 39, 57], способствует получению наиболее адекватной действительности модели процесса взаимодействия ленты и шлифуемой детали.

$$\tau = \frac{d_{\text{попер}}}{d_{\text{прод}}}, \quad (2.10)$$

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

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

При разработке модели нам необходимо в числе прочего учесть и вероятность залегания зерен в связке ленты по высоте. Согласно исследованиям [21, 24], зависимость количества зерен, вступающих во взаимодействие с поверхностью, от глубины их залегания описывается выражением:

$$n_y = n_0 \cdot f(y), \quad (2.11)$$

где n_0 – количество зерен на единичной площадке поверхности ленты, м^{-2} ;

$f(y)$ – вероятность распределения зерен по глубине залегания y , описывающая характеристику опорной кривой профиля инструмента.

Выражение функции $f(y)$, согласно работам [24, 26, 51] может быть представлено следующим образом:

$$f(y) = b \varepsilon_H^v \left(\frac{v \varepsilon}{\varepsilon_H} + 1 - v \right), \quad (2.12)$$

где b и v – параметры опорного профиля, которые постоянны для каждого типа абразивной ленты;

ε , ε_H – относительное сближение зерен с учетом их высоты над уровнем связки.

Переходя к оценке суммарной длины следа зерен, учтем, что на поверхности ленты имеется некоторый процент зерен, совершающих только пластическое деформирование и не оказывающих влияния на получаемую шероховатость. Обозначим долю содержания таких зерен через коэффициент K_n , который будет выражать количество режущих зерен на длине рабочей поверхности ленты, м^{-1} .

Суммарная длина следа от всех режущих зерен:

$$S(h) = \int_0^{h-a_{кр}} K_n \cdot L(h) \cdot l_h \cdot H \cdot n_y dy, \quad (2.13)$$

где: $a_{кр}$ – 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, m^{-1} ;

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

Нам необходимо будет учитывать, что число зерен, участвующих в резании, также определяется глубиной их залегания. Зерна, более чем на $2/3$ своего размера (зернистости) находящиеся в связке, также не могут оказывать влияния на процесс шлифования, по крайней мере, до тех пор, пока не произойдет полное истирание основной фракции зерен. Для обозначения глубины залегания, при которой зерно не участвует в резании, введем величину $h_{кр}$, которая также будет задавать пределы нашего интегрирования при нахождении значения суммарного следа зерен. В числе прочего, примем выражение опорной длины профиля за константу, поскольку, согласно исследованиям [21, 51], значения параметров b, v, ϵ для конкретного материала являются постоянными. Для учета совместного влияния характеристик опорного профиля и шлифуемой детали, введем постоянную C_k , зависящую от их твердости.

Подставив значения $L(h)$ и n_y в формулу (2.13), получим:

$$\begin{aligned} S(h) &= K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \left(\int_0^{h-a_{кр}} L(h) f(y) dy + \int_{h-h_{кр}}^h L(h) f(y) dy \right) = \\ &= K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \left(\int_0^{h-a_{кр}} (h-y) \cdot \tau \cdot C_k dy + (1-\eta) \cdot \int_0^{h_{кр}} (h+y) \cdot \tau \cdot C_k dy \right) = \\ &= K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \left[\frac{1}{2} (h^2 - a_{кр}^2) + (1-\eta) h_{кр} \cdot \left(h + \frac{h_{кр}}{2} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{2} h^2 \cdot K_n \cdot l_h \cdot H \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \left[1 - \left(\frac{a_{кр}}{h} \right)^2 + (1-\eta) \left(\frac{2h_{кр}}{h} + \frac{h_{кр}^2}{h^2} \right) \right], \quad (2.14) \end{aligned}$$

где: η – коэффициент прочности абразивных зерен; при $\eta=0$ инструмент работает в режиме истирания с образованием площадок износа; при $\eta=1$ инструмент работает в режиме самозатачивания (выкрашивание зерен из связки целиком при шлифовании абразивным кругом).

Обозначим последний множитель выражения (2.14) функцией $\delta(h)$:

$$\delta(h) = 1 - \left(\frac{a_{кр}}{h}\right)^2 + (1 - \eta) \left(\frac{2h_{кр}}{h} + \left(\frac{h_{кр}}{h}\right)^2\right), \quad (2.15)$$

Вероятность заполнения следами зерен элементарного профиля, согласно [20], можно определить как:

$$P_h = \frac{S(h)}{H} = \frac{1}{2}h^2 \cdot K_n \cdot l_h \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot \delta(h) \quad (2.16)$$

Приведенное нами ранее уравнение (2.8) можно представить в виде:

$$R(h) = (1 - P_{h1})^{m1} \cdot (1 - P_{h2})^{m2} \dots (1 - P_{hn})^{mn} \quad (2.17)$$

Определимся с величиной m , характеризующей число наложений следов режущих зерен. Для этого представим кольцо бесконечной абразивной ленты, разбитой на x элементарных объемов длиной l_{hi} . Будем считать, что полноценную работу резания совершает ряд зерен, чередующийся через расстояние, равное половине длины пятна контакта детали с лентой. Это обусловлено спецификой выбранного нами способа шлифования с опорной плитой и постоянным усилием прижатия P_y (рисунок 2.5).

$$m_i = \frac{l}{x \cdot l_{hi}} = \frac{l_l \cdot T \cdot n}{x \cdot 2 \cdot l_d \cdot l_{hi}}, \quad (2.18)$$

где l – путь, пройденный одним зерном, м;

l_l – длина ленты, м;

T – продолжительность шлифования, с;

n – обороты двигателя, s^{-1} ;

l_d – длина детали, м.

Прологарифмируем обе части уравнения (2.17):

$$\ln R(h_0) = m_1 \ln(1 - P_{h1}) + m_2 \ln(1 - P_{h2}) + \dots + m_n \ln(1 - P_{hn}) \quad (2.19)$$

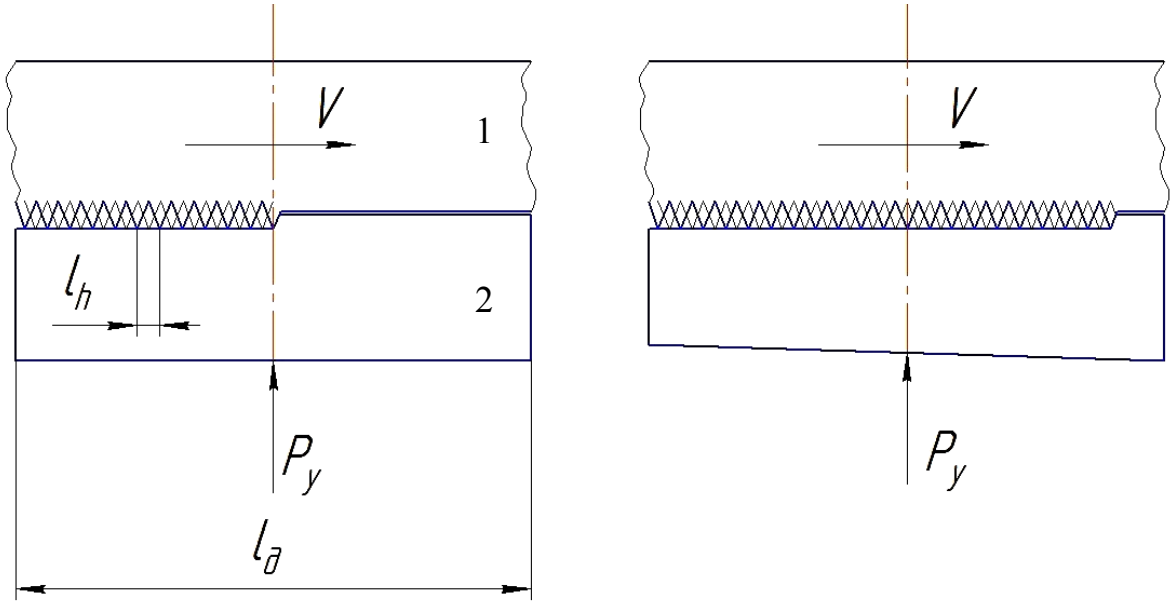


Рисунок 2.5 – Схема наложения следов зерен абразивной ленты 1 на рабочую поверхность ножа (гребенки) 2

При разложении в ряд слагаемого выражения (2.19) получим:

$$\ln(1 - P_{hi}) = - \left(P_{hi} + \frac{P_{hi}^2}{2} + \frac{P_{hi}^3}{3} + \dots \right) \quad (2.20)$$

Не будем учитывать члены второго и последующих порядков вследствие малого значения величины P_{hi} . Тогда получим:

$$\ln R(h_0) = -(m_1 P_{h1} + m_2 P_{h2} + \dots + m_n P_{hn}) \quad (2.21)$$

Подставим в выражение (2.21) значения тождеств (2.16) и (2.18):

$$m_1 P_{h1} = \frac{1}{4l_d \cdot x} l_l \cdot T \cdot n \cdot h_i^2 \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot \delta(h) \quad (2.22)$$

$$\ln R(h_0) = - \frac{1}{4l_d \cdot x} K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot \vartheta \cdot l_l \cdot T \cdot n \cdot C_k \cdot \sum_i^n h_i^2 \cdot \delta(h) \quad (2.23)$$

Найдем предел выражения $\sum h_i^2 \cdot \delta(h)$, принимая во внимание, что $h_{i+1} = h_i + \Delta h$, $\Delta h \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \infty$ [80]:

$$\begin{aligned} \lim \frac{1}{x} \sum_i^x h_i^2 \cdot \delta(h) &= \frac{1}{h_0 - a_{кр}} \int_{a_{кр}}^{h_0} \left[(h^2 - a_{кр}^2) + (1 - \eta) h_{кр} \cdot \left(h + \frac{h_{кр}}{2} \right) \right] dh = \\ &= \frac{1}{h_0 - a_{кр}} \left[\left(\frac{h_0^3}{3} - \frac{a_{кр}^3}{3} - a_{кр}^2 h_0 + a_{кр}^3 \right) + (1 - \eta) \left(\frac{h_{кр} h_0^2}{2} - \frac{h_{кр} a_{кр}^2}{2} - \frac{h_0 h_{кр}^2}{2} + \frac{a_{кр} h_{кр}^2}{2} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{h_0 - a_{кр}} \cdot \frac{h_0^3}{2} \left[\left(\frac{2}{3} - \frac{4a_{кр}^3}{3h_0^3} - \frac{2a_{кр}^2}{h_0^2} \right) + (1 - \eta) \left(\frac{h_{кр}}{h_0} - \frac{h_{кр} a_{кр}^2}{h_0 \cdot h_0^2} - \frac{h_{кр}^2}{h_0^2} + \frac{a_{кр} h_{кр}^2}{h_0 \cdot h_0^2} \right) \right] \quad (2.24) \end{aligned}$$

Обозначим:

$$\frac{a_{кр}}{h_0} = \mu_a; \quad \frac{h_{кр}}{h_0} = \theta_h \quad (2.25)$$

В этом случае:

$$\lim \frac{1}{x} \sum_i^x h_i^2 \cdot \delta(h) = \frac{h_0^3}{2} \cdot \delta_{кр}(h_0) \quad (2.26)$$

Выразим $\delta_{кр}(h)$, используя принятые тождества (2.25):

$$\begin{aligned} \delta_{кр}(h_0) &= \frac{1}{1-\mu_a} \left[\left(\frac{2}{3} - \frac{4\mu_a^3}{3} - 2\mu_a^2 \right) + (1-\eta)(\theta_h - \theta_h\mu_a^2 - \theta_h^2 + \mu_a\theta_h^2) \right] = \\ &= \frac{2}{3(1-\mu_a)} (1 - 2\mu_a^3 - 3\mu_a^2) + (1-\eta)(\mu_a + \mu_a\theta_h - \theta_h^2) = \\ &= \frac{4}{3} \left(\frac{1-5\mu_a^2}{2(1-\mu_a)} + \mu_a^2 \right) - (1-\eta)(\theta_h^2 - \mu_a - \mu_a\theta_h) \end{aligned} \quad (2.27)$$

В итоге получим:

$$\ln R(h_0) = \frac{1}{8l_d} l_n \cdot T \cdot n \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot h_0^3 \cdot \delta_{кр}(h_0), \quad (2.28)$$

Продифференцируем выражение (2.28) по переменной h_0 . Полученное уравнение будет выражать зависимость высоты микронеровностей R , образованных режущими зернами 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 $R(h)$:

$$R(h_0) = R_z = \frac{8l_d}{l_n \cdot T \cdot n \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot (h_0^3 \cdot \delta_{кр}(h_0))^I}, \quad (2.29)$$

$$\begin{aligned} (h_0^3 \cdot \delta_{кр}(h_0))' &= \left(h_0 \left[\frac{4}{3} \left(\frac{1-5a_{кр}^2}{2(1-\frac{a_{кр}}{h_0})} + a_{кр}^2 \right) - (1-\eta)(h_{кр}^2 - a_{кр}h_0 - a_{кр}h_{кр}) \right] \right)' = \\ &= \frac{4}{3} \left(\frac{1-5a_{кр}^2}{2(1-\frac{a_{кр}}{h_0})} + a_{кр}^2 + h_0 \frac{5a_{кр}^2-1}{2(1-h_0)^2} \right) - (1-\eta)(h_{кр}^2 - a_{кр}h_{кр}) \end{aligned} \quad (2.30)$$

Анализ уравнений (2.29) и (2.30) дает возможность оценить степень влияния параметров процесса ленточного шлифования на высоту неровностей обрабатываемой поверхности. Увеличение глубины залегания зерна h ведет к уменьшению высоты микронеровностей R , т.е. к уменьшению шероховатости поверхности R_z . Для выражения среднеарифметического значения

шероховатости для 9 класса чистоты воспользуемся приведенным в работах [17, 24, 26, 38] тождеством $R_a \approx \frac{1}{4} R_z$. В этом случае получим:

$$R_a \approx \frac{3l_d}{2l_n \cdot T \cdot n \cdot K_n \cdot n_0 \cdot \tau \cdot C_k \cdot \Phi_R(h)} \quad (2.31)$$

где
$$\Phi_R(h) = \frac{1-5a_{кр}^2}{2\left(1-\frac{a_{кр}}{h_0}\right)} + a_{кр}^2 + h_0 \frac{5a_{кр}^2-1}{2(1-h_0)^2} - (1-\eta) \frac{3}{4} (h_{кр}^2 - a_{кр} h_{кр}) \quad (2.32)$$

Функция $\Phi_R(h)$ имеет вид $\Phi_R(h) = a_0(\theta_h) - b_0\mu_a^2$, что соответствует результатам, приведенным в работах [21, 38].

Из анализа выражений (2.31) и (2.32) следует, что для придания обрабатываемой поверхности необходимого значения шероховатости необходимо обеспечить минимальное значение толщины среза $a_{кр}$.

Определим значение величины толщины среза a , совершаемого одним зерном в зависимости от параметров процесса шлифования:

Объем среза (рисунок 2.6):

$$V_{ср} = a \cdot d_{попер} \cdot l_d, \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

где a – толщина среза, м;

l_d – длина зоны контакта ленты с деталью по ходу движения ленты, м;

Объем металла, срезаемого одним зерном:

$$V_{ср} = \frac{Q}{N} = \frac{Q \cdot \lambda \cdot l_d}{v_l \cdot l_n \cdot n \cdot T} = \frac{S \cdot t \cdot d_p \cdot \lambda \cdot l_d}{T^2 \cdot v_l^2 \cdot 2l_n}, \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

где Q – производительность шлифования, м³/с;

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

v_l – скорость ленты, м/с;

l_n – длина ленты, м.

n – обороты двигателя, с⁻¹;

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

t – фактическая глубина шлифования, м;

d_p – диаметр ведущего ролика, м;

λ – среднее расстояние между режущими кромками, м;

T – продолжительность заточки, с;

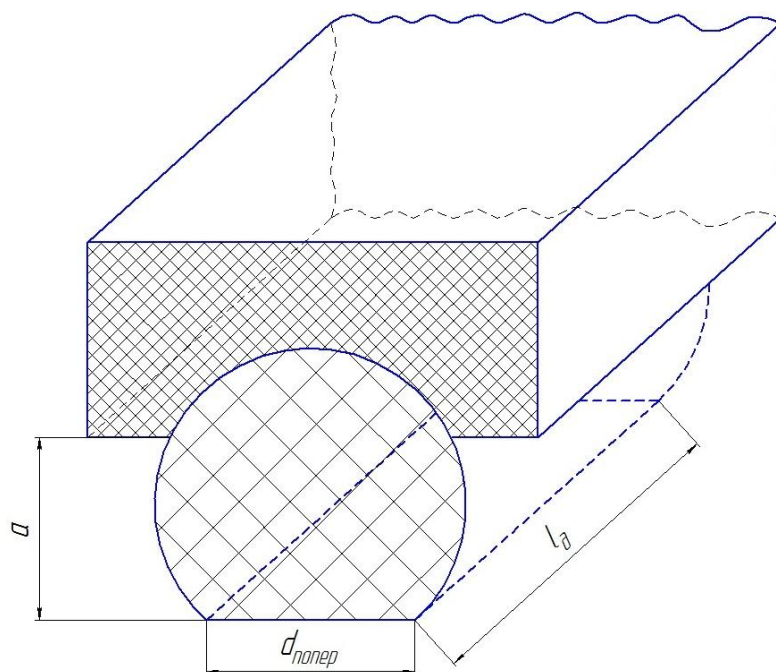


Рисунок 2.6 – Схема срезания одним зерном объема металла с поверхности обрабатываемой детали

В таком случае, толщина среза равна:

$$a = \frac{S \cdot t \cdot d_p \cdot \lambda}{2T^2 \cdot \theta_{л}^2 \cdot l_{л} \cdot d_{\text{попер}}}, \text{ м} \quad (2.35)$$

Полученное выражение (2.35) показывает, что толщина срезаемого слоя металла при ленточном шлифовании зависит, в числе прочего, от значения фактической глубины шлифования t .

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 (2.35) дает возможность определить требуемую зернистость ленты для получения необходимых значений фактической глубины шлифования t и продолжительности всего процесса T .

В рассматриваемой системе шлифования мы не имеем возможности задать глубину шлифования изначально. Относительно процесса ленточного шлифования с опорной плитой будет справедливо утверждать, что

фактическая глубина шлифования является скорее показателем процесса, чем его параметром, и определяется значением производительности шлифования.

Надо отметить, что объем металла, снимаемого в единицу времени абразивной лентой, не может быть однозначно определен для всех процессов ленточного шлифования. Причиной этого является постоянно изменяющееся в процессе работы значение диаметра площадок износа режущих зерен.

Поскольку ленточное шлифование является процессом массового микрорезания, справедливо полагать, что с увеличением усилия прижатия возрастет касательная сила резания абразивных зерен [57, 69], а это будет способствовать увеличению объема металла, срезаемого одним зерном за проход. Вместе с тем, увеличится интенсивность износа абразивных зерен, что по истечении некоторого времени, в свою очередь, уменьшит толщину срезаемого ими слоя металла.

В работе Б.Н. Хватова [95] приводится следующая зависимость:

$$Q = C_p \cdot P_y^m, \quad (2.36)$$

где P_y - усилие прижима ленты, Н;

C_p и m - коэффициент и показатель степени, учитывающие влияние неучтенных факторов, подлежащие экспериментальному определению.

В работе [91] также приводятся результаты исследований, говорящие об определяющем значении усилия прижима детали к ленте в установлении определенной производительности процесса шлифования.

Таким образом, анализ полученной математической модели дает нам возможность выявить все параметры, которые будут влиять на шероховатость ножа и гребенки в процессе 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 (2.31), (2.32), (2.35) и полностью определяют значение показателя R_z в процессе образования шероховатости рабочих поверхностей режущих пар при их заточке ленточным шлифованием с опорной плитой.

Значение параметра зернистости абразивной ленты, т.е. размера основной фракции ее зерен, будет определяющим при образовании шероховатости обрабатываемой поверхности. Именно размером зерен определяется интервал значений глубины их заделки в основу ленты h , их число на единице площади ленты n_0 , величина среднего расстояния между режущими кромками λ . Надо отметить, что ресурс работы абразивной ленты в числе прочего также зависит от размера зерен, находясь в прямой взаимосвязи с коэффициентом формы зерна τ и значением $h_{кр}$. Это является отличительной чертой рассматриваемой системы шлифования, когда перенос следов зерен абразивной ленты на обрабатываемую поверхность в большей степени зависит от зернистости ленты, что обусловлено кинематикой движения зерна в процессе шлифования.

Установление в ходе экспериментов оптимальных значений параметров ленточного шлифования позволит нам реализовать процесс образования необходимой шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки с обеспечением равномерного износа по ширине, при минимальных временных затратах на заточку.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Переходя к практической составляющей исследования необходимо отметить, что процесс заточки режущих пар посредством ленточного шлифования с опорной плитой имеет ряд особенностей.

По мнению исследователей [18, 39, 53], интенсивность износа зерен абразивной ленты зависит не только от режимных параметров процесса шлифования, но и во многом от характеристик обрабатываемого металла и типа ленты (состава зерен, вида основы, способа нанесения). Как показывают результаты проведенных исследований [46, 62], именно низкая износостойкость абразивного ремня стала в свое время причиной, по которой заточка режущих пар абразивными лентами не вошла в широкую практику.

Из вышеизложенного следует необходимость контроля степени износа зерен шлифовальной ленты для оценки ее ресурса и поправки применительно к режимным параметрам процесса заточки для получения необходимого значения шероховатости рабочих поверхностей ножей и гребенок.

Необходимо также принять во внимание, что при заточке гребенки из-за большого пятна контакта обрабатываемой поверхности с поверхностью ленты, возможно образование прижогов с отпуском вследствие высокой температуры в зоне контакта. Практикой материаловедения установлено [34, 66], что возникновение прижогов на поверхности металлов сопровождается снижением твердости поверхности до 20 HRC, что может вызвать преждевременное затупление ножа и гребенки.

Приведенные в работе Е.П. Калинина [39] опытные данные и зависимости максимальной контактной температуры при ленточном

шлифовании не позволяют точно установить границы бесприжоговой обработки из-за трудности определения значений составляющих величин:

$$\theta_k = \frac{1,508 \cdot P_z \cdot v \cdot b \cdot S^{0,5}}{Q_c \cdot (\lambda \cdot C \cdot \rho)^{0,5} \cdot l_k^{0,5}}, \quad (3.1)$$

где P_z – касательная составляющая силы резания, Н; v – скорость движения ленты, м/с; b – фактическая глубина шлифования, мм; S – скорость продольной подачи изделия, мм/мин; Q_c – производительность шлифования, мм³/с; λ – коэффициент теплопроводности материала детали Вт/(м °С); C – удельная теплоемкость шлифуемого материала, Дж/(кг °С); ρ – плотность шлифуемого материала, кг/м³; l_k – длина зоны контакта инструмента и изделия, мм.

Оценка оптимальности режима шлифования с точки зрения контактной температуры возможна и посредством замера твердости обработанной поверхности и сравнения полученного значения с начальным.

Из выражения (3.1) следует, что, помимо зернистости, все параметры процесса ленточного шлифования оказывают влияние на значение величины температуры в зоне контакта ленты с ножом или гребенкой. Это обуславливает необходимость постоянного контроля значения твердости рабочих поверхностей ножа и гребенки в процессе определения оптимальных режимных параметров процесса заточки.

Исходя из анализа вышеизложенного, была определена программа экспериментальных исследований, которая позволят нам в полной мере определить степень влияния всех параметров процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием на качественные показатели процесса:

1. Разработать опытный образец аппарата для заточки режущих пар, позволяющий варьировать режимными параметрами процесса заточки ленточным шлифованием:

- скоростью движения ленты;
- усилием прижатия ножа и гребенки к ленте;
- продолжительностью заточки;

2. Разработать методику определения следующих показателей, характеризующих качество заточки режущих пар ленточным шлифованием:

- шероховатости обработанной поверхности;
- микротвердости обработанной поверхности;
- толщины снимаемого с поверхности ножа и гребенки слоя металла;
- неплоскостности рабочих поверхностей ножа и гребенки;

3. Разработать методику определения степени износа абразивной ленты в зависимости от параметров работы аппарата для заточки режущих пар;

4. Провести оценку качества работы режущей пары по одному из известных показателей: продолжительности работы до затупления, чистоте среза, усилию на перерезание волокна шерсти;

5. Дать сравнительную оценку влияния традиционного (на дисковом аппарате) и предлагаемого (на аппарате с заточным элементом в виде абразивной ленты) способов заточки на следующие выходные показатели процесса заточки: ресурс работы режущей пары по числу возможных заточек и долговечность работы режущей пары между заточками с целью дальнейшей оценки экономической эффективности предлагаемого способа восстановления режущей способности ножей и гребенок и повышения надежности режущих пар стригальных машинок.

3.2 Методика экспериментальных исследований

Для реализации программы эксперимента нами был разработан опытный образец аппарата для заточки режущих пар (заявка на изобретение № 2012145822), позволяющий варьировать режимными параметрами процесса шлифования, а именно: скоростью ленты, усилием прижатия ножа и гребенки к ленте, продолжительностью заточки. Реализуемая в предлагаемом аппарате технология ленточного шлифования с опорной плитой позволяет исключить неравномерность истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки по ширине в процессе заточки (рисунок 3.1).

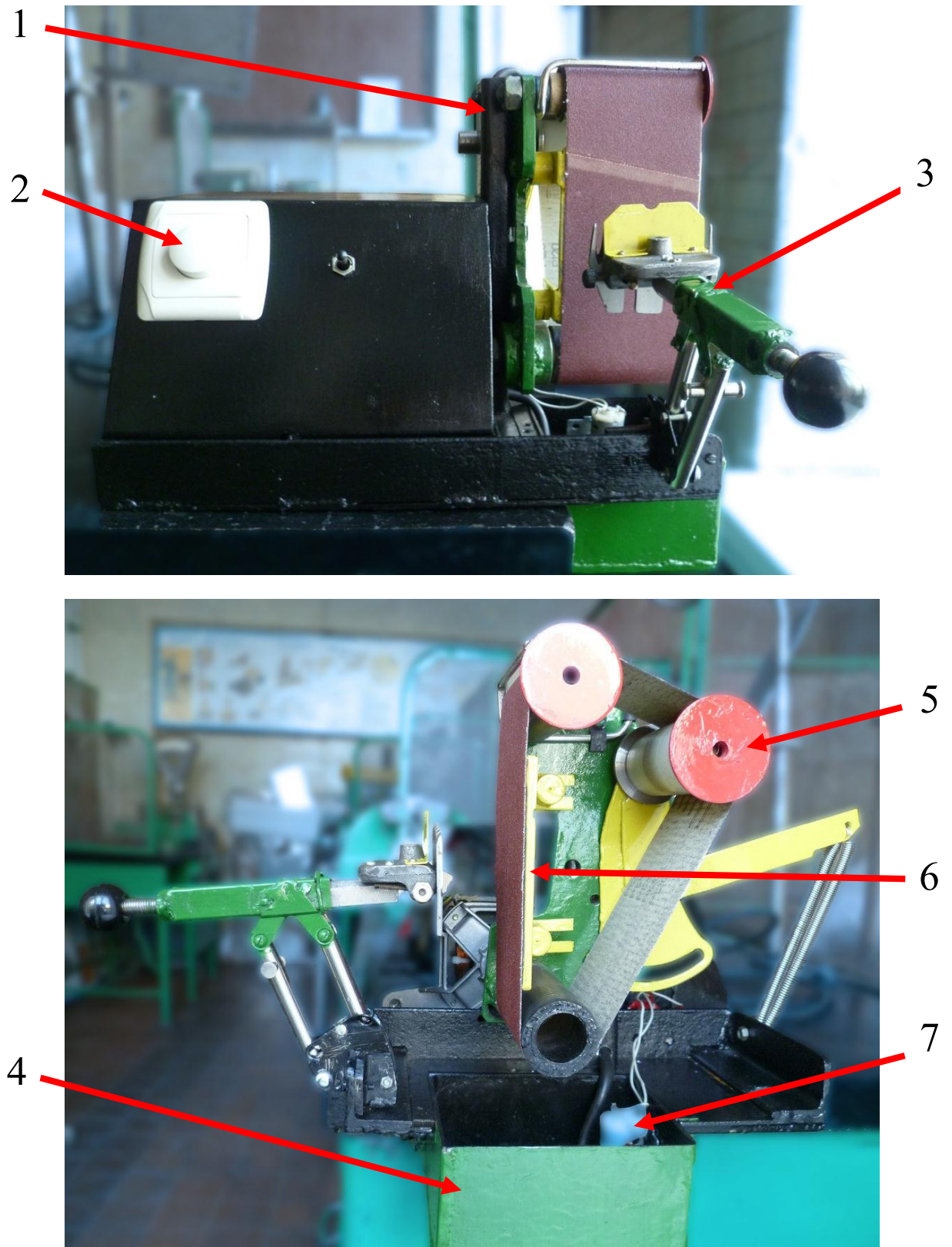


Рисунок 3.1 – Опытный образец аппарата для заточки режущих пар:
 1 – станина; 2 - электродвигатель с реостатом; 3 - державка, 4 - ёмкость для сбора СОЖ; 5 - механизм натяжения ленты, 6 - опорная плита; 7 - насос.

Державка 3 дает возможность регулировать усилие прижатия затачиваемой детали к ленте. Пружина, расположенная в корпусе державки может изменять первоначальную степень сжатия посредством винта, регулируя силу, необходимую для подведения ножа или гребенки к ленте. Пружина была предварительно тарирована на стенде, предназначенном для тарировки гибкости поршневых колец.

Элемент режущей пары закрепляют в державке, аппарат включается, электродвигатель приводит в движение ленту. Одновременно с включением электродвигателя, посредством насоса начинается подача смазывающе-охлаждающей жидкости через распределитель (рисунок 3.2) в зону контакта ножа или гребенки с поверхностью ленты. Отработанная суспензия собирается в ёмкость 4, откуда после очистки фильтром возвращается к распределителю.

Предусмотренная в аппарате система подачи СОЖ в зону контакта ножа и гребенки с лентой служит для предотвращения образования прижогов в случае невозможности обеспечения достаточно низкой контактной температуры.



Рисунок 3.2 – Распределитель, подающий СОЖ в зону шлифования

Для определения шероховатости обработанных рабочих поверхностей ножей и гребенок использовался профилометр модели 253 завода «Калибр» (рисунок 3.3). Замеры производились по поверхностям режущих пар до и после заточки режущих пар на ленточном точильном аппарате.

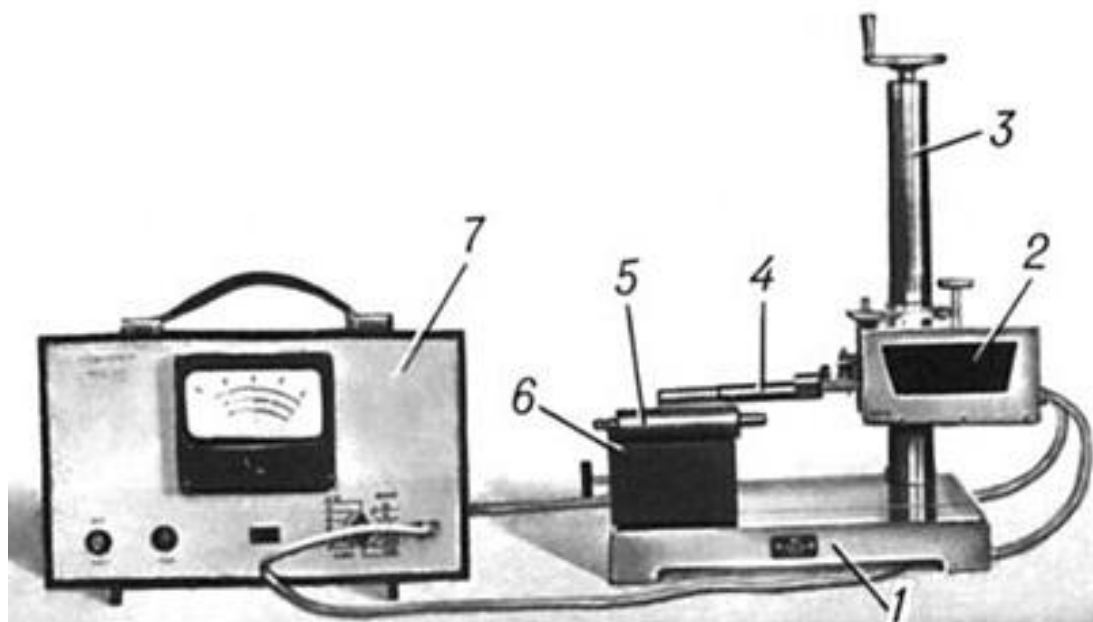


Рисунок 3.3 – Измерение шероховатости рабочей поверхности гребенки:
1 - станина; 2 - привод; 3 - стойка; 4 - датчик; 5 - деталь; 6 - измерительный столик; 7 - электронный блок с показывающим устройством.

Для измерения отклонений микротвердости рабочих поверхностей режущих пар от номинальных значений, характерных для стали У9, использовался твердомер ТК-2 (рисунок 3.5). Измерения проводились до и после заточки, по шкале HRA с соответствующим набором грузов. Твердость замерялась у основания и на концах зубьев (у гребенок - через один зуб).

Результаты замера твердости концов и оснований зубьев сравнивались между собой. При отсутствии расхождений находилось среднее значение твердости по ножу (гребенке) и сравнивалось со значением, полученным до заточки (приложение А).



Рисунок 3.4 – Точки измерения твердости рабочих поверхностей ножа и гребенки

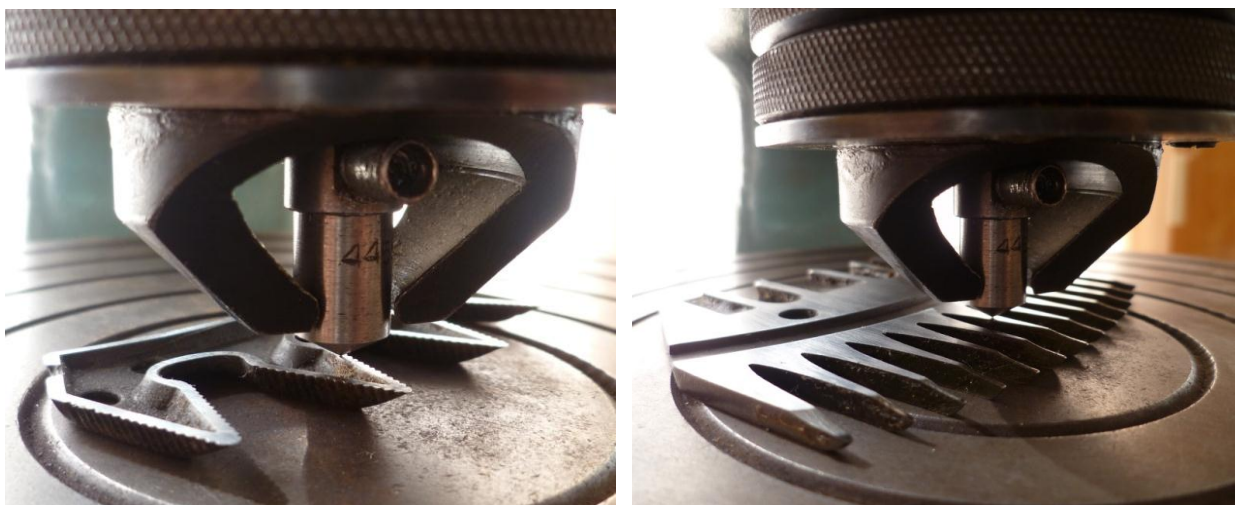


Рисунок 3.5 – Измерение твердости рабочих поверхностей ножа и гребенки

Для определения неплоскостности (отклонений толщины ножа и гребенки по ширине) рабочих поверхностей режущих пар использовался штангенрейсмас с индикаторной головкой (рисунок 3.7). Замеры проводились после каждой заточки режущей пары на дисковом аппарате ТА-1 и на предлагаемом аппарате.

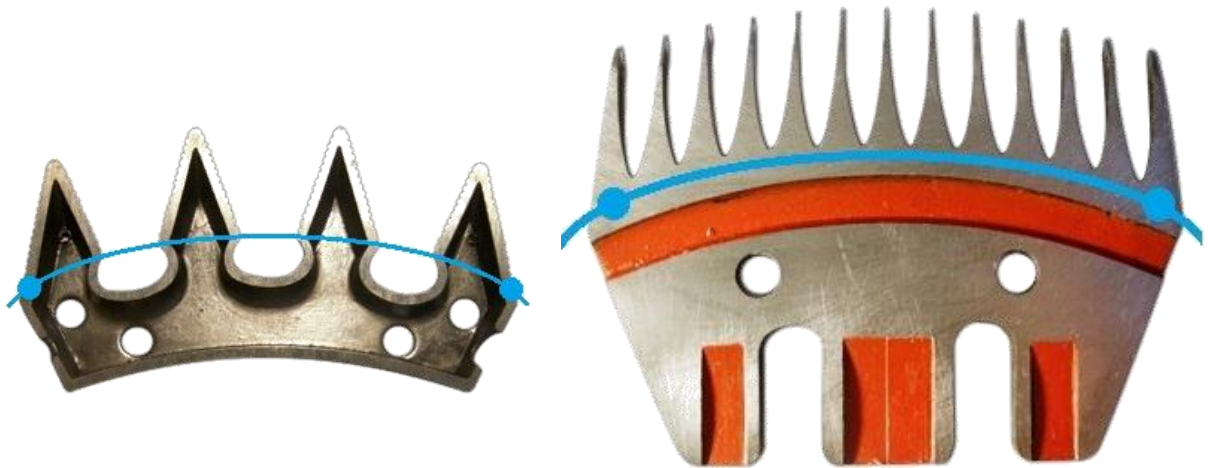


Рисунок 3.6 – Схема измерения отклонений толщины гребенки по ширине

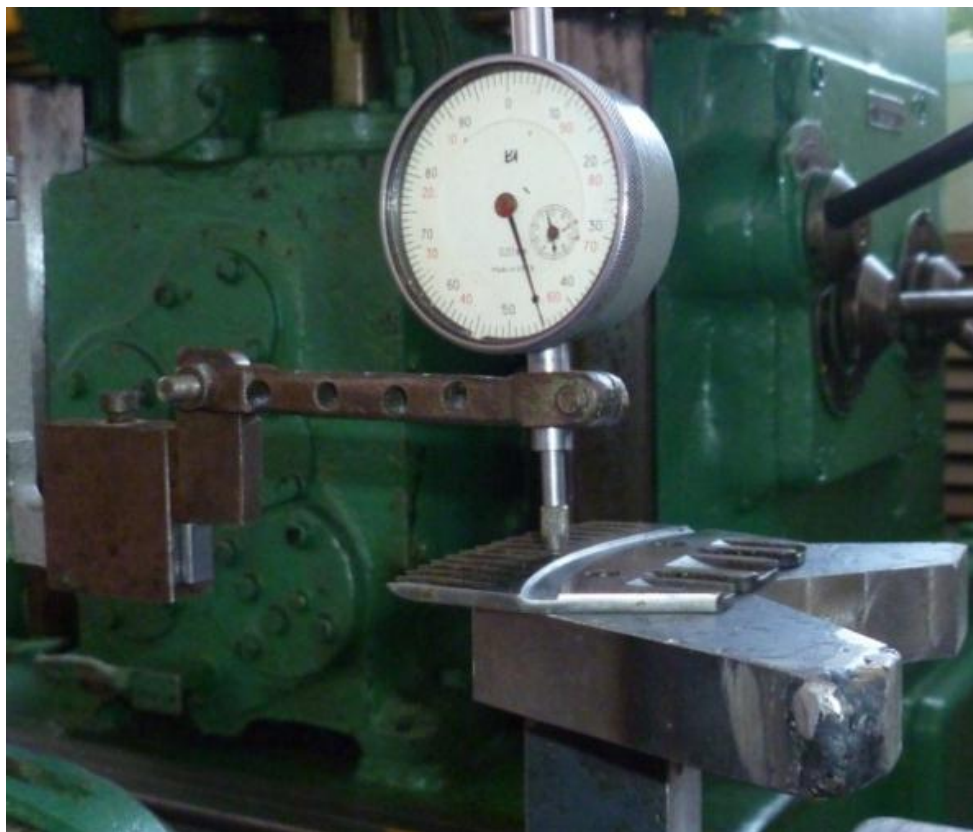


Рисунок 3.7 – Измерение отклонений толщины гребенки по ширине

Толщина слоя металла, который необходимо снять с поверхности ножа и гребенки при качественной заточке (рисунок 3.8), определена в работе П.К. Григорова по исследованию износа режущих пар [29]. По данным автора, максимальная толщина снимаемого слоя металла, с учетом радиуса затупления режущей кромки и износа концов зубьев составляет для ножа 127 мкм, для гребенки 59 мкм.

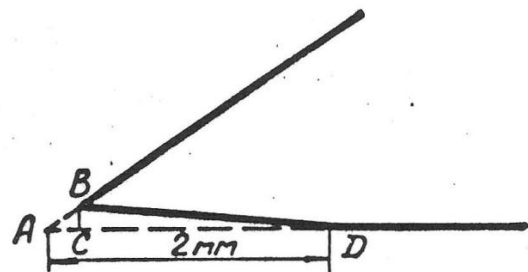
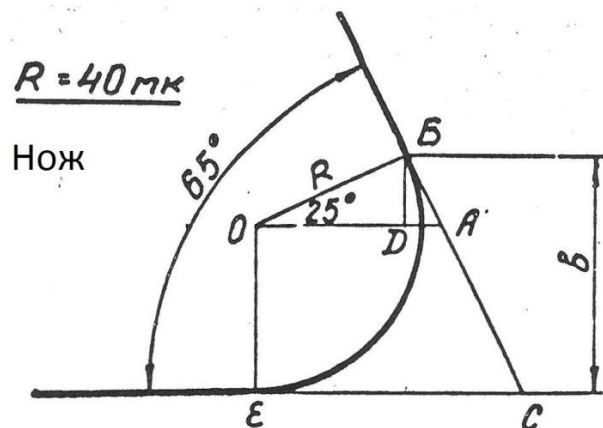
Толщина снимаемого слоя определялась для установленных параметров шлифования, обеспечивающих необходимую чистоту поверхности по 9 классу посредством микрометра.

$$BD = \sin 25^\circ \cdot R$$

$$b = BD + R = 56,9 \text{ мкм}$$

$$BC = \sin 2^\circ \cdot BD = 69,8 \text{ мкм}$$

$$56,9 + 69,8 \approx 127 \text{ мкм}$$



$$BD = \sin 10^\circ \cdot R$$

$$b = BD + R = 29,3 \text{ мкм}$$

глубина следа на поверхности
затупленных гребенок - 30 мкм

$$29,3 + 30 \approx 59 \text{ мкм}$$

$R = 25 \text{ мкм}$

Гребенка

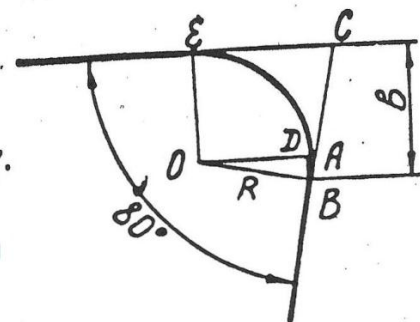


Рисунок 3.8 – Износ и затупление лезвий ножа и гребенки

(по П.К. Григорову)

Основной характеристикой абразивных лент является их зернистость. Этот параметр в большей степени определяет чистоту обработанной поверхности, поскольку именно от размера основной фракции зерен в связке ленты зависит высота микронеровностей, оставляемых ими на поверхности детали в процессе шлифования. В ходе исследований [46], проведенных В.И. Крисяком, был установлен диапазон значений шероховатости рабочей поверхности ножа и гребенки, обеспечивающей наибольшую долговечность работы режущей пары до затупления (рисунок 3.9).

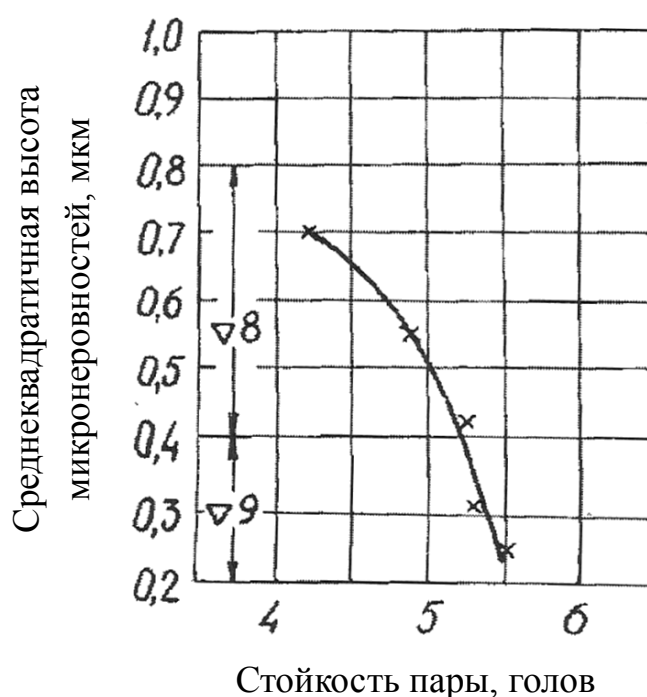


Рисунок 3.9 – Зависимость стойкости режущей пары от шероховатости их рабочих поверхностей (по В.И. Крисяку)

В ходе анализа приведенных автором результатов испытаний точильных аппаратов при стрижке тонкорунных овец (таблица 1.3) было установлено, что наибольшая стойкость режущих пар была достигнута при их заточке с использованием абразивного порошка №5 (ГОСТ 3647-80). Опираясь на сводную классификацию абразивных лент (приложение Б), была определена марка ленты, имеющей аналогичный размер основной фракции зерен. Это лента марки Р 240 со средним размером абразивных частиц 60 мкм.

Для подтверждения выбранного значения зернистости ленты воспользуемся полученными выражениями (2.31), (2.32) и (2.35).

Определим толщину среза, совершаемого одним зерном при заточке гребенки посредством шлифования ее рабочей поверхности абразивной лентой марки Р 240. Для подстановки в уравнение (2.35) определимся со значениями входящих в него величин. Площадь S рабочей поверхности гребенки, по результатам оценки ее сканированного изображения программой Komras 12.0 составляет 2000 мм^2 . Глубина шлифования t , эквивалентная допустимой толщине снимаемого слоя металла для гребенки составляет 59 мкм . Диаметр ведущего ролика разработанного аппарата составляет 50 мм . Среднее расстояние между режущими кромками λ , согласно маркировке и снимкам микроскопа (рисунок 3.10) составляет 80 мкм . Значение продолжительности заточки T , с учетом лучшей режущей способности ленты, примем равным 20 с . Значение скорости ленты $v - 1,5 \text{ м/с}$, исходя из среднего значения окружной скорости диска при заточке режущих пар на ГА-1. Длина ленты l_d , используемой на опытном образце аппарата для заточки составляет 630 мм . Диаметр площадок износа $d_{\text{попер}}$ примем равным 1 мкм , поскольку установленная лента является новой. В этом случае получим:

$$a = \frac{2000 \cdot 0,059 \cdot 50 \cdot 0,08}{2 \cdot 20^2 \cdot 1500^2 \cdot 630 \cdot 0,001} \cdot 10^{-3} = 0,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Примем значение толщины среза $0,26 \text{ мкм}$ в качестве критического $a_{\text{кр}}$, что будет обеспечивать его сохранение на протяжении всего процесса заточки. Определим шероховатость поверхности гребенки:

$$R_a \approx \frac{3 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 630 \cdot 20 \cdot 60 \cdot 12,5 \cdot 240 \cdot 0,016 \cdot 0,0225 \cdot \Phi_R(h)} \approx 0,278 \text{ мкм},$$

$$\text{где } \Phi_R(h) = \left(\frac{1 - 5 \cdot 0,26^2}{2 \left(1 - \frac{0,26}{20}\right)} + 0,26^2 + 20 \frac{5 \cdot 0,26^2 - 1}{2(1 - 20)^2} \right) \cdot 10^{-6} = 0,3856 \cdot 10^{-6} \text{ м}, l_d =$$

$$65 \text{ мм}; n = 60 \text{ с}^{-1}; K_n \text{ для новой ленты равно } \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,08} = 12,5 \text{ мм}^{-1}; n_0 = 240 \text{ мм}^{-2},$$

исходя из марки ленты; $\tau = \frac{1}{60} = 0,016$; $C_k = 2,25 \cdot 10^{-2}[95]$; $h_0 = 20 \text{ мкм}$ – глубина залегания основной фракции зерен размером $60 \pm 5 \text{ мкм}$.

Примем ленту марки Р 240 в качестве экспериментального образца. Для оценки степени износа зерен ленты в процессе работы, был выбран микроскоп МИМ-6, позволяющий получить достаточно достоверные результаты измерения. Объектив с числовой апертурой 0,4 совместно с окуляром М-10 позволяет получить полезное увеличение в 210 раз, чего достаточно для достоверного определения диаметра площадок износа зерен.

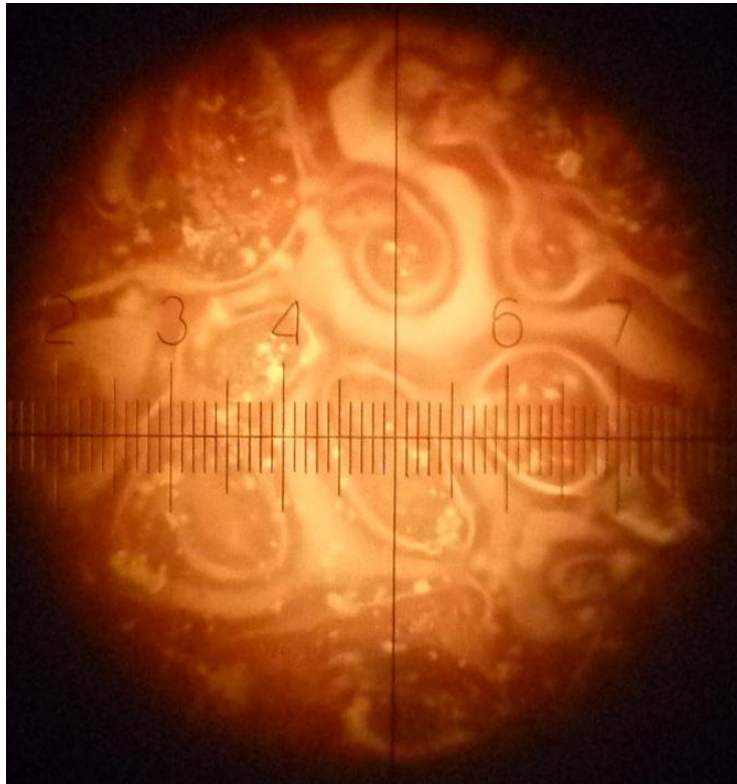


Рисунок 3.10 – Измерение диаметра площадок износа зерен ленты Р240 микроскопом МИМ-6

В качестве показателя, характеризующего качество работы режущей пары, была выбрана *продолжительность работы режущей пары до затупления*, поскольку показатели чистоты среза и усилия на перерезание по мнению авторов [35, 76, 99] определяются в большей степени геометрическими параметрами режущей пары (угол раствора лезвий, угол заточки, наличие насечек на боковых гранях ножа). Продолжительность работы до затупления характеризует долговечность режущей пары и является показателем ее надежности в качестве межремонтного ресурса [44].

При выборе из числа известных устройств [49, 98], позволяющих определить значение этого показателя в лабораторных условиях, мы руководствовались возможностью получения наиболее достоверных результатов эксперимента при минимизации привлечения дорогостоящего и громоздкого оборудования. Стенд для ускоренных испытаний качества заточки режущих пар, разработанный Ю.А. Хлопко (рисунок 3.11), удовлетворяет указанным условиям. В ходе испытаний режущая пара машинки погружалась в суспензию, имитирующую шерстный покров овцы, состоящую из волокон шерсти, абразива и шерстного жира. По амперметру отслеживалось значение силы тока и при превышении его 5 А, машинка отключалась, показания продолжительности работы фиксировались.



Рис 3.11 – Модификация стенда для ускоренного проведения испытаний качества заточки (Ю.А. Хлопко). Машинка МСУ-200.

3.3 Планирование эксперимента

В результате анализа математической модели процесса образования шероховатости (2.31), (2.32) и уравнения толщины среза (2.33), было установлено, что при заточке режущих пар ленточным шлифованием с опорной плитой параметрами, влияющими на шероховатость обработанной поверхности, являются:

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

В ходе разработки методики определения степени износа зерен абразивной ленты была определена ее рекомендуемая зернистость (60 ± 5 мкм), однако степень влияния остальных режимных параметров на чистоту обрабатываемой поверхности требует уточнения.

В числе прочего, необходимо учесть, что износ зерен абразивной ленты, по мнению исследователей [18, 19, 39, 95] также находится в прямой зависимости от режимных параметров процесса шлифования, оказывая воздействие на получаемую шероховатость.

Опираясь на вышесказанное, было принято решение о проведении двухэтапного эксперимента:

- 1) Определить значения скорости движения ленты, усилия прижатия ножа и гребенки к ленте, времени их контакта с лентой, которые обеспечат шероховатость в пределах 9 класса;
- 2) Из общего диапазона возможных вариантов режимных параметров выбрать те, при которых происходит наименьший износ зерен абразивной ленты.

Для установления степени влияния управляемых режимных параметров процесса шлифования на качество заточки режущей пары и определения их

оптимальных значений, воспользуемся методикой проведения многофакторного эксперимента, изложенной в работах [11, 12, 23, 25, 59, 83, 95].

Для этого зависимость параметра шероховатости обработанной поверхности от управляемых параметров процесса шлифования представим в виде уравнения линейной регрессии, которое для 3-факторного эксперимента имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (3.1)$$

где $y = \lg R_a$ - логарифмическое выражение параметра шероховатости R_a (отклик модели); x_1 , x_2 и x_3 - переменные факторы в закодированном виде, соответствующие скорости ленты v , времени заточки T и усилию прижатия P_y соответственно; b_0 , b_1 , b_2 , b_3 - коэффициенты регрессии при переменных факторах, являющиеся оценками их значимости; b_{12} , b_{13} , b_{23} , b_{123} - коэффициенты регрессии, учитывающие значимость взаимного влияния переменных факторов на процесс шлифования.

Кодирование факторов x_1 , x_2 , x_3 в уравнении регрессии (3.1) осуществляется по следующим зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{2(\lg v - \lg v_{\max})}{\lg v_{\max} - \lg v_{\min}} + 1; \\ x_2 &= \frac{2(\lg T - \lg T_{\max})}{\lg T_{\max} - \lg T_{\min}} + 1; \\ x_3 &= \frac{2(\lg P_y - \lg P_{y_{\max}})}{\lg P_{y_{\max}} - \lg P_{y_{\min}}} + 1. \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Расчет коэффициентов регрессии b_0 , b_1 , b_2 , b_{123} в уравнении (3.1) осуществляется с учетом знака (\pm) при переменных факторах по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{y}_i; \\ b_j &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i, \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

где \bar{y}_i – среднее значение логарифма шероховатости по трем параллельным опытам.

Оценка значимости коэффициентов регрессии осуществляется при помощи t-критерия Стьюдента. Коэффициент регрессии b_j статически значим, если выполняется условие:

$$b_j \geq \pm t_{T(p, \bar{f}_i)} S_{b_j}, \quad (3.4)$$

где $t_{T(p, \bar{f}_i)}$ - табличное значение критерия Стьюдента; S_{b_j} - среднеквадратичное отклонение коэффициентов регрессии.

При уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ и числе степеней свободы дисперсии адекватности $f_{\bar{y}} = N(k - 1) = 8(3 - 1) = 16$ табличное значение критерия Стьюдента составляет $t_{T(0,95;16)} = 2,12$ (приложение В).

Среднеквадратичное отклонение коэффициентов регрессии определяется:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{y_i}^2}{N}}, \quad (3.5)$$

где $S_{y_i}^2$ - оценка среднего значения дисперсии воспроизводимости параллельных опытов:

$$S_{y_i}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2, \quad (3.6)$$

где S_i^2 - дисперсия воспроизводимости параллельных опытов.

Определимся с уровнями варьирования параметров.

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 от 15 до 25 с для гребенки, с целью сократить трудоемкость заточки по сравнению с дисковыми точильными аппаратами. Нами упоминалось, что зерна абразивной ленты обладают лучшей режущей способностью по сравнению с суспензией, используемой при заточке на дисковых аппаратах. Это связано с упорядоченностью расположения зерен и упругостью основы. При установке нижних значений уровня варьирования времени заточки также закладывалось условие удаления с режущих кромок ножа и гребенки площадок затупления.

Скорость ленты выбиралась нами исходя из средней окружной скорости вращения диска точильного аппарата, также с учетом лучшей режущей способности ленты. 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 слесаря-заточника – 10...20 Н.

В ходе проведения экспериментов нами учитывалась разница в площади рабочих поверхностей ножа и гребенки, а также то, что для заточки ножа согласно исследованиям П.К. Григорова [29], требуется больший съем металла по сравнению с гребенкой. Опыты для ножей и гребенок проводились отдельно, но на одинаковых значениях параметров скорости ленты и усилия прижатия. Это делалось с целью поиска значений режимных параметров, подходящих и для ножа, и для гребенки, что должно в будущем облегчить эксплуатацию предлагаемого аппарата.

Таблица 3.1 - Уровни варьирования режимных параметров при заточке ножа и гребенки

Уровень варьирования	Скорость ленты		Продолжительность заточки			Усилие прижатия	
	$v, \text{ м/с}$	x_1	$T, \text{ с}$		x_2	$P_y, \text{ Н}$	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

Согласно методике проведения полного факторного эксперимента с тремя переменными на двух уровнях, нам требуется провести восемь независимых опытов ($N = 2^3$) [13]. Каждый из опытов при этом должен соответствовать граничной точке экспериментирования.

В таблице 3.2 приведена матрица плана проведения эксперимента, в которой строки отвечают проводимым опытам, а столбцы X_j - параметрам независимого и взаимного их по структуре уравнения (2) влияния. Знаку (+) соответствует максимальное значение параметра в эксперименте, знаку (-) минимальное значение. Для достоверности полученного результата по каждому независимому опыту рекомендуется проводить не менее 3 параллельных опытов с определением каждый раз параметра шероховатости и вычислением его среднего арифметического значения. При построении уравнения регрессии в логарифмических координатах, следует представлять полученные экспериментально значения шероховатости R_a как логарифм их значений с символом y_{ik} , а среднее арифметическое логарифмов как y_2 .

Таблица 3.2 - Матрица плана эксперимента $N=2^3$

№ опыта, N	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	+	-	-	+	-
3	+	+	-	+	-	+	-	-
4	+	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	+	-	+	-	-	-
6	+	-	+	-	-	+	-	+
7	+	+	-	-	-	-	+	+
8	+	-	-	-	+	+	+	-

Оценка воспроизводимости параллельных опытов в логарифмическом выражении осуществляется по G-критерию Кохрена, согласно которому гипотеза воспроизводимости опытов принимается, если расчетное значение G_p -критерия будет меньше его табличного значения:

$$G_p \leq G_T(p, N, f_i), \quad (3.7)$$

где p - уровень доверительной вероятности, принимаемой в эксперименте;

N - число опытов; f_i - число степеней свободы каждого из них.

Для принятых в эксперименте условий опытов:

$p = 0,95$; $N = 8$; $f_i = k - 1 = 3 - 1 = 2$ табличное значение критерия Кохрена составляет (приложение В): $G_T(0,95; 8; 2) = 0,516$.

Расчетное значение G_p -критерия Кохрена определяется по формуле [13]:

$$G_p = S_{i \max}^2 / \sum_{i=1}^N S_i^2, \quad (3.8)$$

где S_i^2 - дисперсия воспроизводимости i -го независимого опыта; $S_{i \max}^2$ - максимальное значение дисперсии воспроизводимости из всех опытов; N - число независимых опытов.

Дисперсия воспроизводимости по каждому опыту определяется как:

$$S_i^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{k=1}^k (y_{ik} - \bar{y}_i)^2, \quad (3.9)$$

где $k = 3$ - число параллельных опытов.

4. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Анализ образования шероховатости обработанной поверхности

При поиске оптимальных значений режима заточки режущих пар ленточным шлифованием необходимо определиться со значением выходного показателя, которое будет отвечать необходимым эксплуатационным характеристикам исследуемого процесса.

С практической точки зрения, предпочтительнее при этом получить трехмерные графики зависимостей выходного параметра от режимных параметров ленточного шлифования, чтобы их выбор в совокупности обеспечивал необходимый уровень шероховатости поверхности при обработке.

Построение подобных графиков возможно при наличии математической зависимости (модели) шероховатости поверхности от приведенных факторов, поверхность отклика которой можно представить как геометрическое место точек значений режимных параметров исследуемого процесса.

Опираясь на результаты исследований [46] мы приняли значение шероховатости 0,2 мкм, являющееся предпочтительным в ряду значений по 9 классу. Достижение этого значения будет считаться необходимым для признания режима шлифования отвечающими цели эксперимента.

Результаты замера шероховатости рабочих поверхностей гребенки и ножа, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

Опыты проводились согласно составленному плану эксперимента, по трем параллельным опытам находилось среднее значение шероховатости \overline{Ra}_1 .

Основываясь на результатах проведенного эксперимента, рассчитаем значения коэффициентов регрессии для последующей подстановки их в уравнение (3.1). Расчет коэффициентов проводился по формуле (3.2), приведенной в п. 3.3 «Планирование эксперимента».

Таблица 4.1 - Результаты эксперимента по заточке гребенки и их обработка

№ опыта	\overline{Ra}_i	\bar{y}_i	\hat{y}_i	$(\bar{y} - \hat{y})_i^2 \cdot 10^{-4}$	$S_i^2 \cdot 10^{-4}$
1	0,15	-0,8239	-0,8212	0,0729	33,51
2	0,48	-0,3187	-0,319	0,0009	26,14
3	0,35	-0,4559	-0,4534	0,0625	11,08
4	0,62	-0,2076	-0,208	0,0016	8,06
5	0,29	-0,5376	-0,538	0,0016	15,56
6	0,40	-0,3979	-0,3955	0,0576	6,48
7	0,51	-0,2924	-0,2918	0,0036	9,01
8	0,70	-0,1549	-0,155	0,0001	22,23

Среднеквадратичное отклонение коэффициентов регрессии определялось исходя из оценки среднего значения дисперсии воспроизводимости опытов по формулам (3.4), (3.5), (3.8):

Среднее значение дисперсии воспроизводимости:

$$S_{\bar{y}_i}^2 = \frac{1}{8} (33,51 + 26,14 + 11,08 + 8,06 + 15,56 + 6,48 + 9,01 + 22,23) \times 10^{-4} = 16,51 \cdot 10^{-4}.$$

Среднеквадратичное отклонение коэффициентов регрессии:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{16,51 \cdot 10^{-4}}{8}} = 1,1436 \cdot 10^{-2}$$

Статистически значимые коэффициенты регрессии должны удовлетворять условию $b_j \geq \pm 2,12 \cdot 1,1436 \cdot 10^{-2} = \pm 0,0304$

Результаты расчета коэффициентов регрессии

b_0	b_1	b_2	b_3	$b_1 b_2$	$b_1 b_3$	$b_2 b_3$	$b_1 b_2 b_3$
0,3987	-0,1287	-0,121	-0,053	0,0325	-0,0595	0,0317	- 0,0013

Как мы видим, статистически значимыми являются все коэффициенты, кроме b_1 b_2 b_3 .

С учетом оценки значимости коэффициентов, уравнение регрессии (3.1) примет вид:

$$y = 0,3987 - 0,1287x_1 - 0,121x_2 - 0,053x_3 + 0,0325x_1x_2 - 0,0595x_1x_3 + 0,0317x_2x_3 \quad (4.1)$$

Проверка адекватности полученной зависимости (4.1) экспериментально полученным значениям шероховатости поверхности при ленточном шлифовании осуществляется по F-критерию Фишера, расчетное значение которого должно быть больше (равно) его табличного значения при принятых условиях эксперимента, т.е.

$$F_p \geq F_T(p; f_{ад}; f_{\bar{y}}) \quad (4.2)$$

При принятых в эксперименте известных $p = 0,95$, $f_{\bar{y}} = 16$ и новом условии - числе степеней свободы дисперсии адекватности, определяемом, как $f_{ад} = N - (k + 1) = 8 - (3 + 1) = 4$, табличное значение критерия Фишера составляет:

$$F_{(0,95; 4; 16)} = 3,01 \text{ (приложение E).}$$

Расчетное значение критерия Фишера определяется из сравнения оценок дисперсий [4]:

$$F_p = \frac{S_{\bar{y}}^2}{S_{ад}^2}, \quad (4.3)$$

где $S_{ад}^2$ - дисперсия адекватности; $S_{\bar{y}}^2$ - среднее значение дисперсии воспроизводимости опытов.

Дисперсия адекватности рассчитывается по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{f_{ад}} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2, \quad (4.4)$$

где \bar{y}_i - экспериментально полученное среднее арифметическое значение параметра шероховатости поверхности в i -м независимом опыте; \hat{y}_i - рассчитанное по уравнению (4.1) значение параметра шероховатости в этом же опыте;

$f_{ад} = N - (k + 1)$ - число степеней свободы дисперсии адекватности.

Сумма невязок опыта $\sum_{i=1}^8 (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2 = 0,2008$

Дисперсия адекватности составит:

$$S_{ад}^2 = \frac{0,2008 \cdot 10^{-4}}{4} = 0,0502 \cdot 10^{-4}$$

В этом случае расчетное значение F-критерия Фишера равно:

$$F_p = \frac{16,51 \cdot 10^{-4}}{0,0502 \cdot 10^{-4}} = 328,9$$

Расчетное значение F-критерия Фишера больше его табличного значения $F_{(0,95; 4; 16)} = 3,01$, что говорит об адекватности модели (4.1) и служит основанием для ее принятия в качестве рабочей при описании зависимости параметра шероховатости в исследованном факторном пространстве.

Как указывалось ранее, значения переменных факторов x_1 , x_2 и x_3 в уравнении регрессии (4.1) находятся в закодированном виде по выражениям (3.2).

Подставляя в выражение (3.2) для x_1 , x_2 и x_3 максимальное и минимальное значения соответствующих им параметров v , T , и P_y , получим следующие выражения в декодированном виде:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 6,644 \cdot \lg v; \\ x_2 &= 9,0171 \cdot \lg T - 6,3025; \\ x_3 &= 6,644 \cdot \lg P_y - 4,322. \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

После подстановки их в уравнение (4.1) и проведения промежуточных вычислений, получим следующее выражение уравнения регрессии в декодированном виде:

$$\begin{aligned} Y_{гр} &= 1,12 - 0,02v - 0,0365T - 0,003P_y + 0,001vT - 0,015vP_y + \\ &\quad + 0,0009TP_y \end{aligned} \quad (4.7)$$

При подстановке в уравнение (4.6) значений факторов 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.

Аналогичным образом были проведены расчет уравнения регрессии для ножа и соответствующие эксперименты.

Таблица 4.2 - Результаты эксперимента по заточке ножа и их обработка

№ опыта	\overline{Ra}_i	\bar{y}_i	\hat{y}_i	$(\bar{y} - \hat{y})_i^2 \cdot 10^{-4}$	$S_i^2 \cdot 10^{-4}$
1	0,17	-0,7269	-0,7212	0,0623	35,48
2	0,45	-0,2878	-0,2738	0,0009	23,11
3	0,30	-0,4019	-0,4022	0,0625	9,88
4	0,58	-0,2371	-0,2386	0,0016	9,76
5	0,32	-0,4879	-0,4843	0,0016	14,31
6	0,44	-0,3979	-0,3955	0,0576	8,68
7	0,51	-0,2924	-0,2918	0,0036	10,27
8	0,82	-0,1451	-0,1435	0,0001	25,44

$$Y_{\mu} = 2,036 - 0,3558v - 0,0971T - 0,0385P_y + 0,0158vT - 0,0065vP_y + 0,00258TP_y \quad (4.8)$$

По результатам экспериментов были построены поверхности отклика, отображающие зависимость шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки от скорости движения ленты, усилия прижатия ножа и гребенки к ленте и продолжительности заточки (рисунки 4.1-4.3).

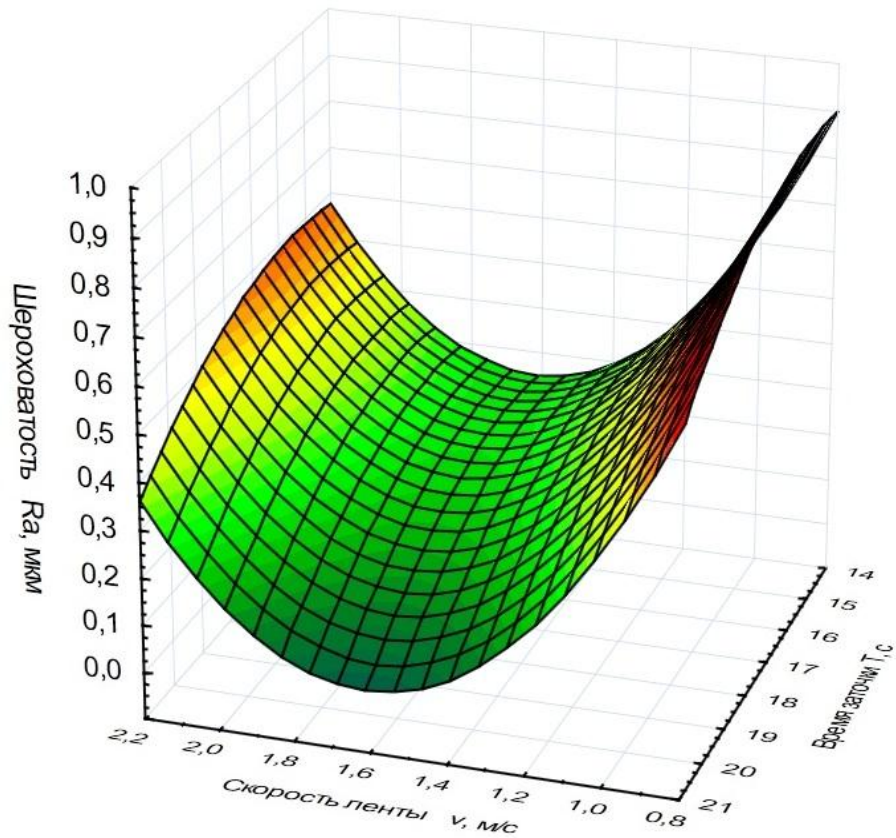


Рисунок 4.1, а – Зависимость шероховатости рабочей поверхности гребенки от скорости ленты и продолжительности заточки

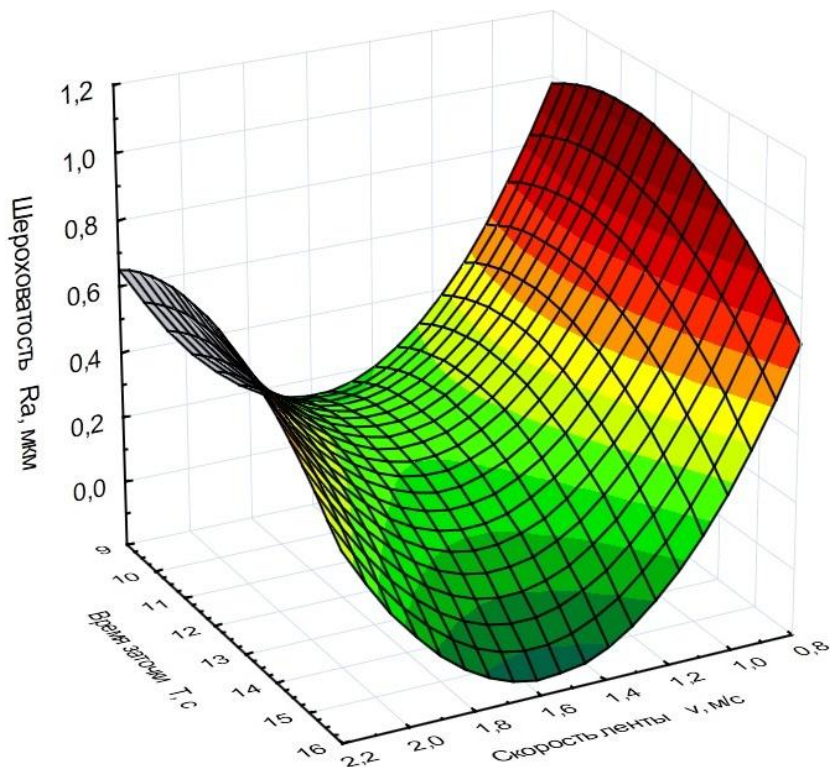


Рисунок 4.1, б – Зависимость шероховатости рабочей поверхности ножа от скорости ленты и продолжительности заточки

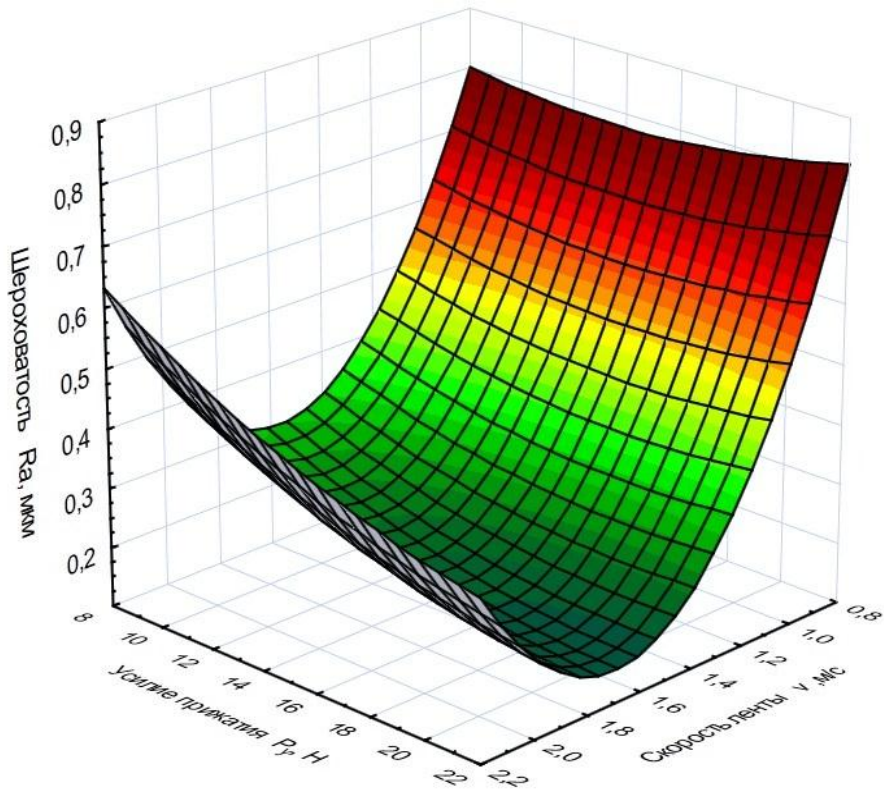


Рисунок 4.2, а – Зависимость шероховатости рабочей поверхности гребенки от скорости ленты и усилия прижатия

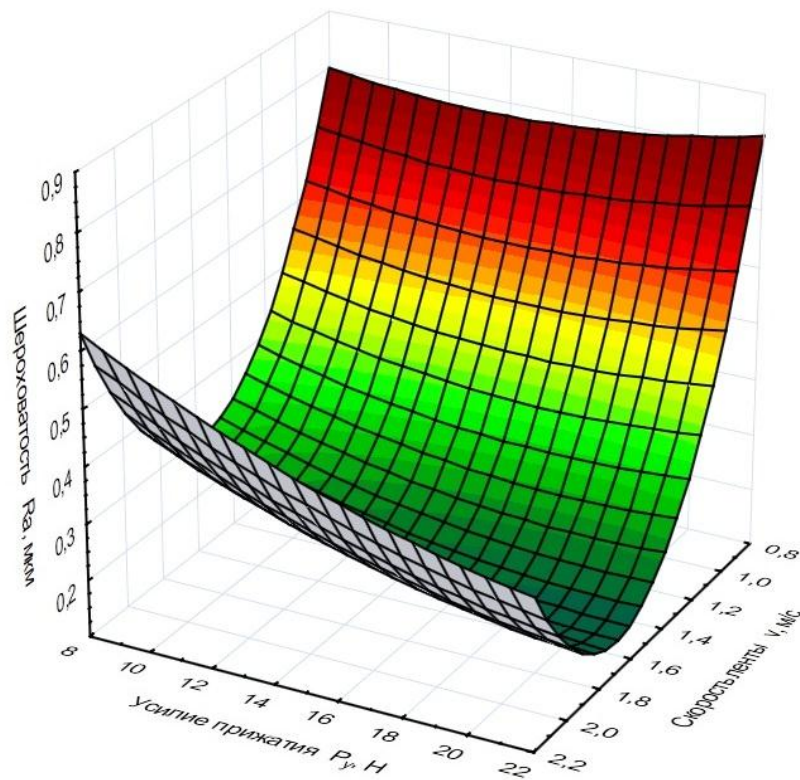


Рисунок 4.2, б – Зависимость шероховатости рабочей поверхности ножа от скорости ленты и усилия прижатия

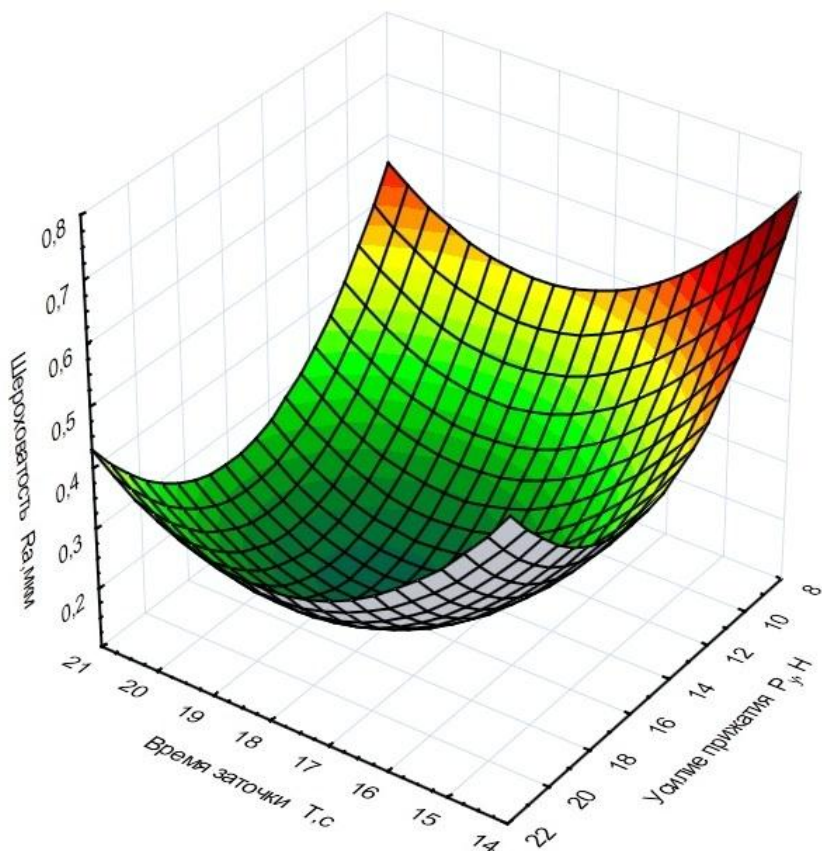


Рисунок 4.3, а – Зависимость шероховатости рабочей поверхности гребенки от продолжительности заточки и усилия прижатия

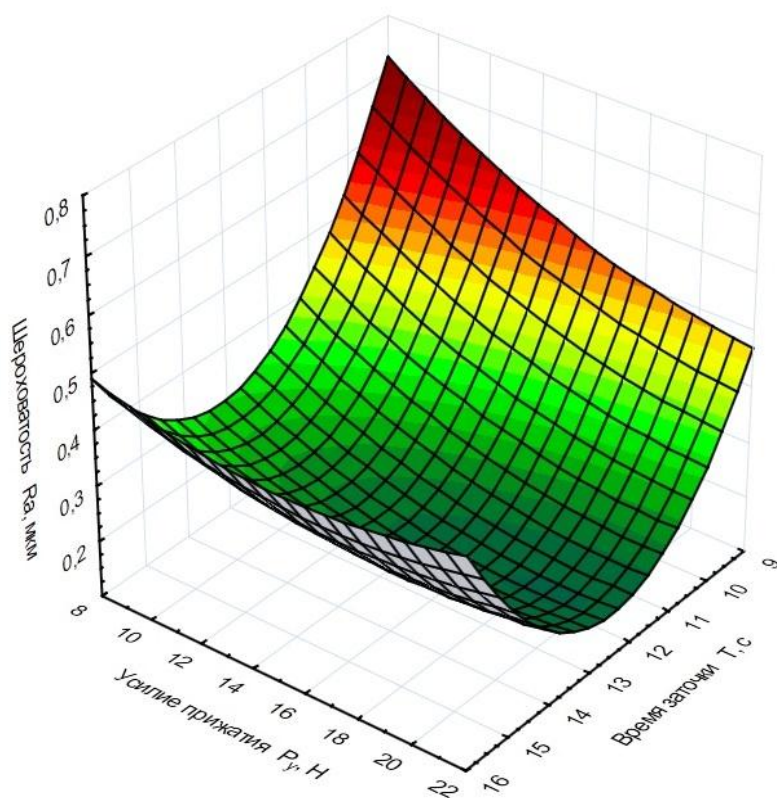


Рисунок 4.3, б – Зависимость шероховатости рабочей поверхности ножа от продолжительности заточки и усилия прижатия

В ходе проведенного анализа поверхностей отклика были определены следующие оптимальные режимные параметры заточки режущих пар на разработанном аппарате:

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

При определении рекомендованных значений ставилась цель снизить продолжительность заточки настолько, насколько возможно при установленных уровнях варьирования режимных параметров процесса. Налицо снижение трудоемкости восстановления исправного состояния режущей пары по сравнению с заточкой на дисковом аппарате. [44]

На приведенных поверхностях видно, что шероховатость рабочих поверхностей режущей пары снижается при увеличении значения усилия прижатия ножа и гребенки к поверхности ленты при обеспечении необходимого значения скорости ленты. Это объясняется тем, что зерна ленты под действием нормальной силы прижатия P_y испытывают повышенный износ. Диаметр образующейся площадки износа способствует снижению образующейся в итоге шероховатости поверхности, что подтверждает адекватность полученных ранее выражений (2.31), (2.32), (2.35).

Проведенные замеры микротвердости на выбранных точках поверхности зубьев ножа и гребенки показали, что в пределах режимов шлифования, реализованных в ходе эксперимента, микротвердость рабочих поверхностей режущих пар не изменяется, что говорит об отсутствии явления прижогов отпуска из-за высокой температуры в зоне контакта детали с лентой при шлифовании. На основании вышеизложенного был сделан вывод, что применение СОЖ на установленных режимах работы ленточного точильного аппарата не требуется.

В числе прочего, необходимо убедиться в том, что установленные значения параметров режима шлифования не приводят к излишнему съему металла с поверхности ножа и гребенки.

4.2 Анализ толщины снимаемого слоя металла

Согласно методике, изложенной в п 3.2, мы определяли толщину слоя металла, снимаемого с поверхности ножа и гребенки на режимах шлифования, обеспечивающих необходимую нам чистоту рабочих поверхностей режущей пары. Для снижения трудоемкости заточки ножа и гребенки, построим график зависимости толщины съема металла от усилия прижатия и скорости ленты (рисунок 4.4), которые являются основными параметрами, определяющими производительность процесса шлифования.

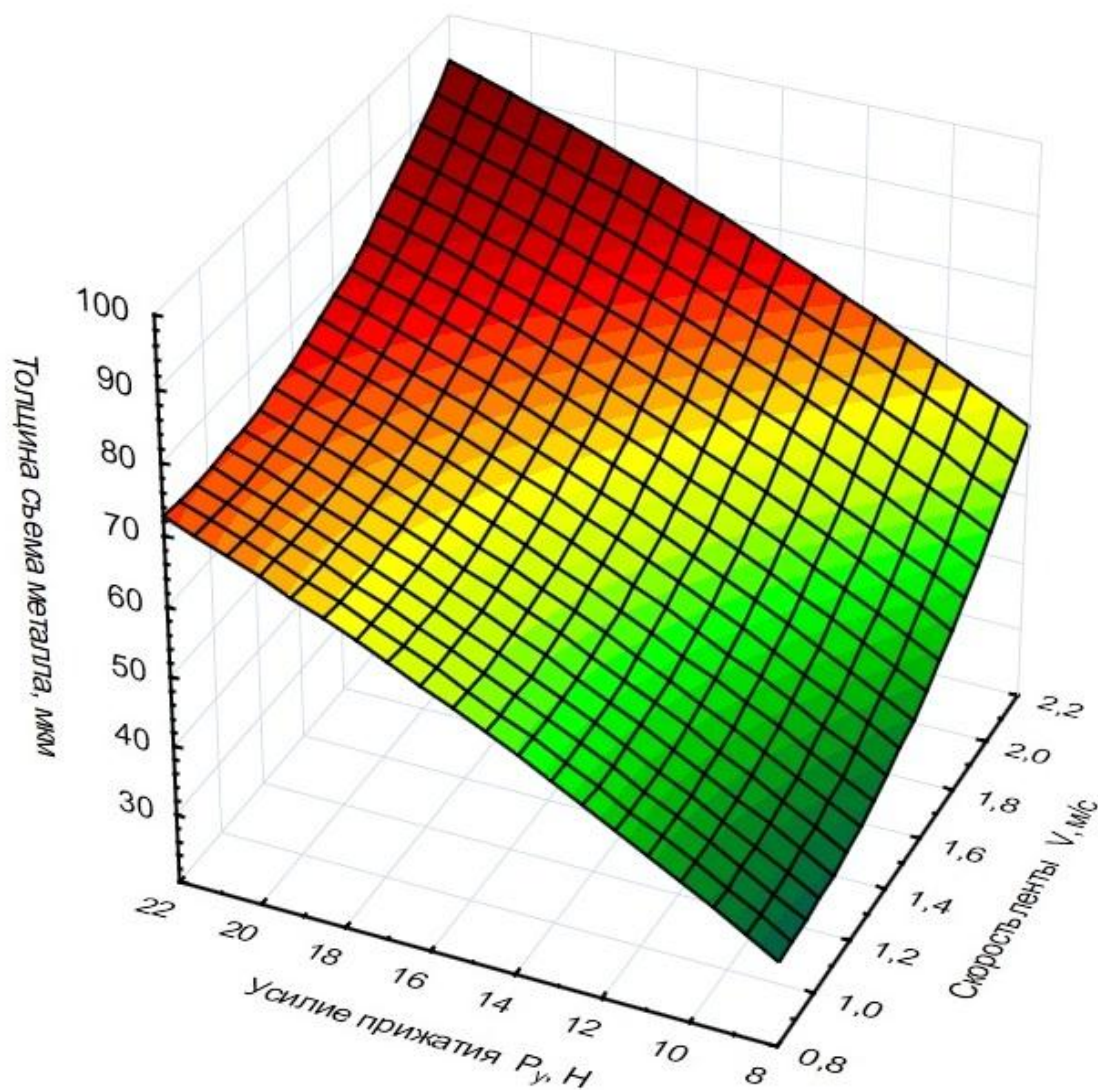


Рисунок 4.4 – Зависимость съема металла с рабочей поверхности гребенки от скорости ленты и усилия прижатия

Анализ полученных графиков (рисунок 4.4-4.5) позволяет говорить о том, что заточка режущих пар при выбранных значениях скорости ленты 1,7 м/с и усилия прижатия ножа и гребенки к поверхности ленты 18 Н обеспечивает толщину снимаемого слоя металла 95 мкм для ножа и 45 мкм для гребенки, что лежит в пределах максимально допустимого значения в целях избегания переточки. Предельные значения, приведенные в работе [29] составляют 127 мкм и 59 мкм для ножа и гребенки соответственно.

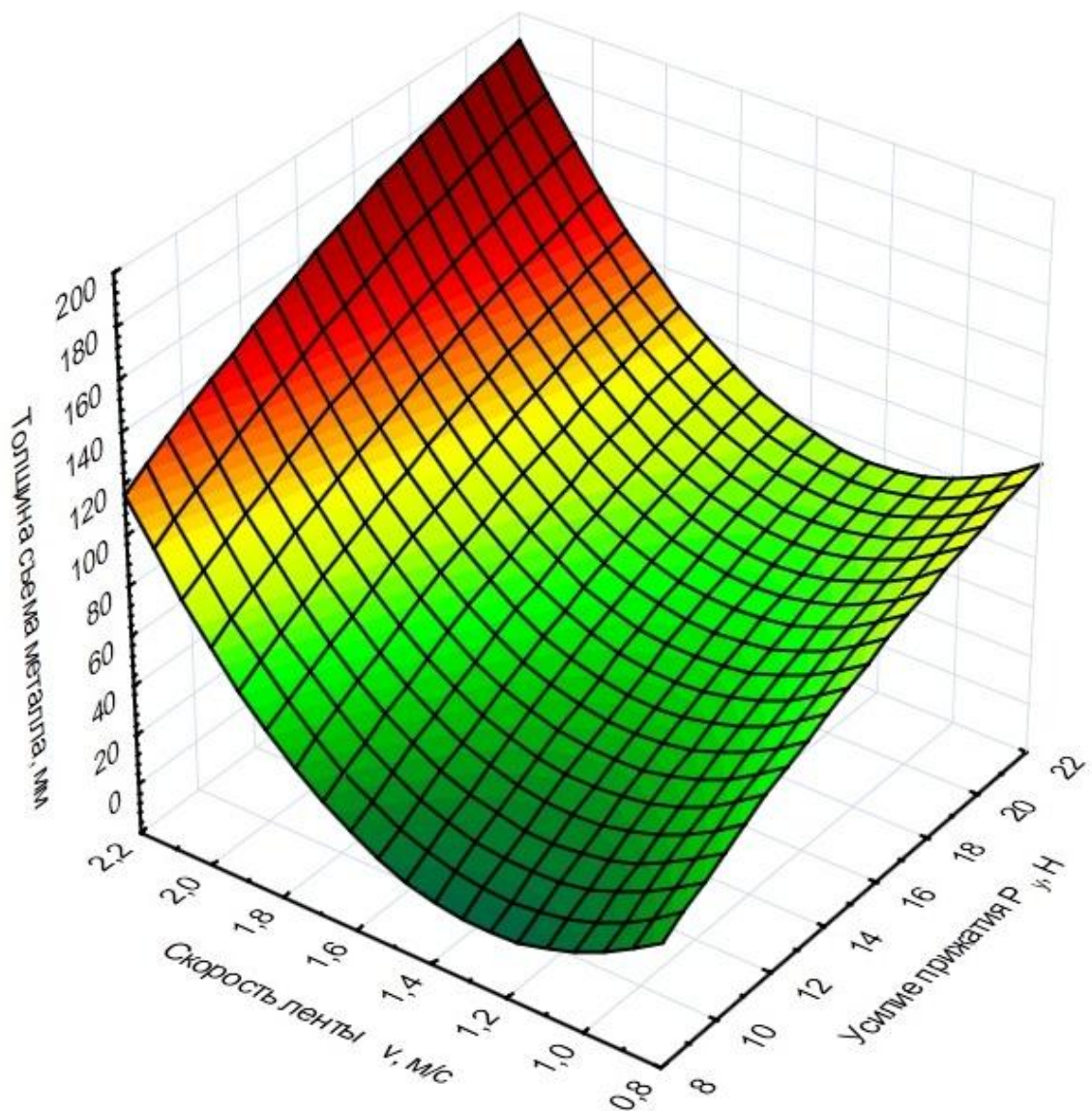


Рисунок 4.5 – Зависимость съема металла с рабочей поверхности ножа от скорости ленты и усилия прижатия

На рисунках 4.4, 4.5 видно, что зависимость толщины снимаемого слоя металла от скорости ленты имеет вид параболы, а от усилия прижатия ножа или гребенки к ленте зависимость линейна. Это соответствует выражению фактической глубины шлифования из формулы (2.35), если учесть, что значение диаметра площадок износа прямо пропорционально значению усилия прижатия. Полученные графики дают возможность оценить достоверность теоретической зависимости (2.35) с экспериментально установленной зависимостью показателя толщины снимаемого слоя металла от режимных параметров процесса заточки ленточным шлифованием (рисунок 4.6; приложение Д).

$$t = \frac{2a \cdot T^2 \cdot \vartheta_{л}^2 \cdot l_{л} \cdot d_{\text{попер}}}{S \cdot d_p \cdot \lambda} = \frac{2 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} \cdot 20^2 \cdot \vartheta_{л}^2 \cdot 630 \cdot 0,001}{2000 \cdot 50 \cdot 0,08} \cdot 10^3 = 16,3 \cdot \vartheta_{л}^2, \text{ мкм}$$

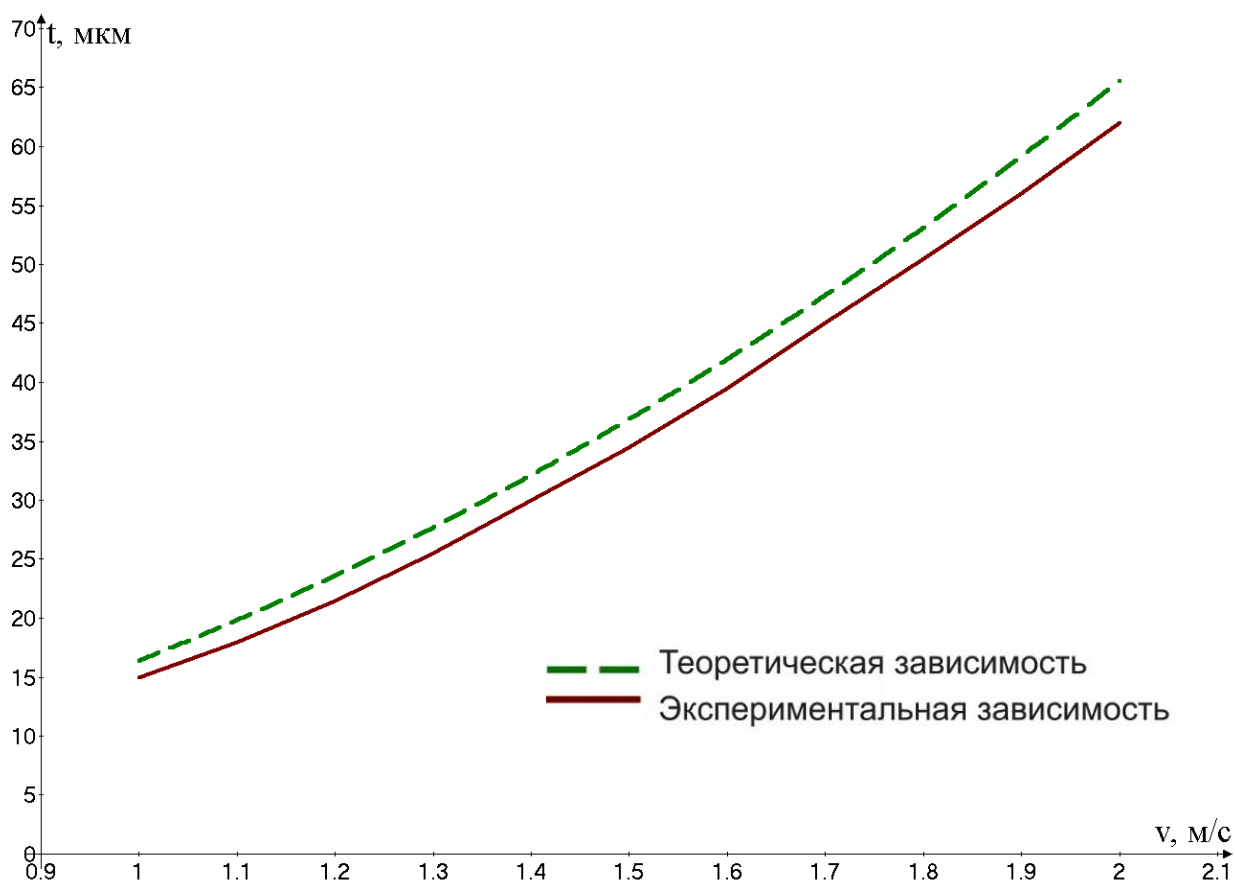


Рисунок 4.6 – Экспериментальная и теоретическая зависимости фактической глубины шлифования t от скорости абразивной ленты v при заточке гребенки

4.3 Оценка износа зерен ленты Р 240

Диаметр площадок износа зерен абразивной ленты Р 240 определялся согласно установленной в п. 3.2 методике для лент, работавших на режимных параметрах, признанных нами оптимальными для получения необходимой чистоты рабочих поверхностей режущих пар. Для каждого опыта использовалась новая лента, результаты зависимости диаметра износа зерен от скорости ленты и продолжительности заточки представлены на графиках (рисунки 4.7-4.8).

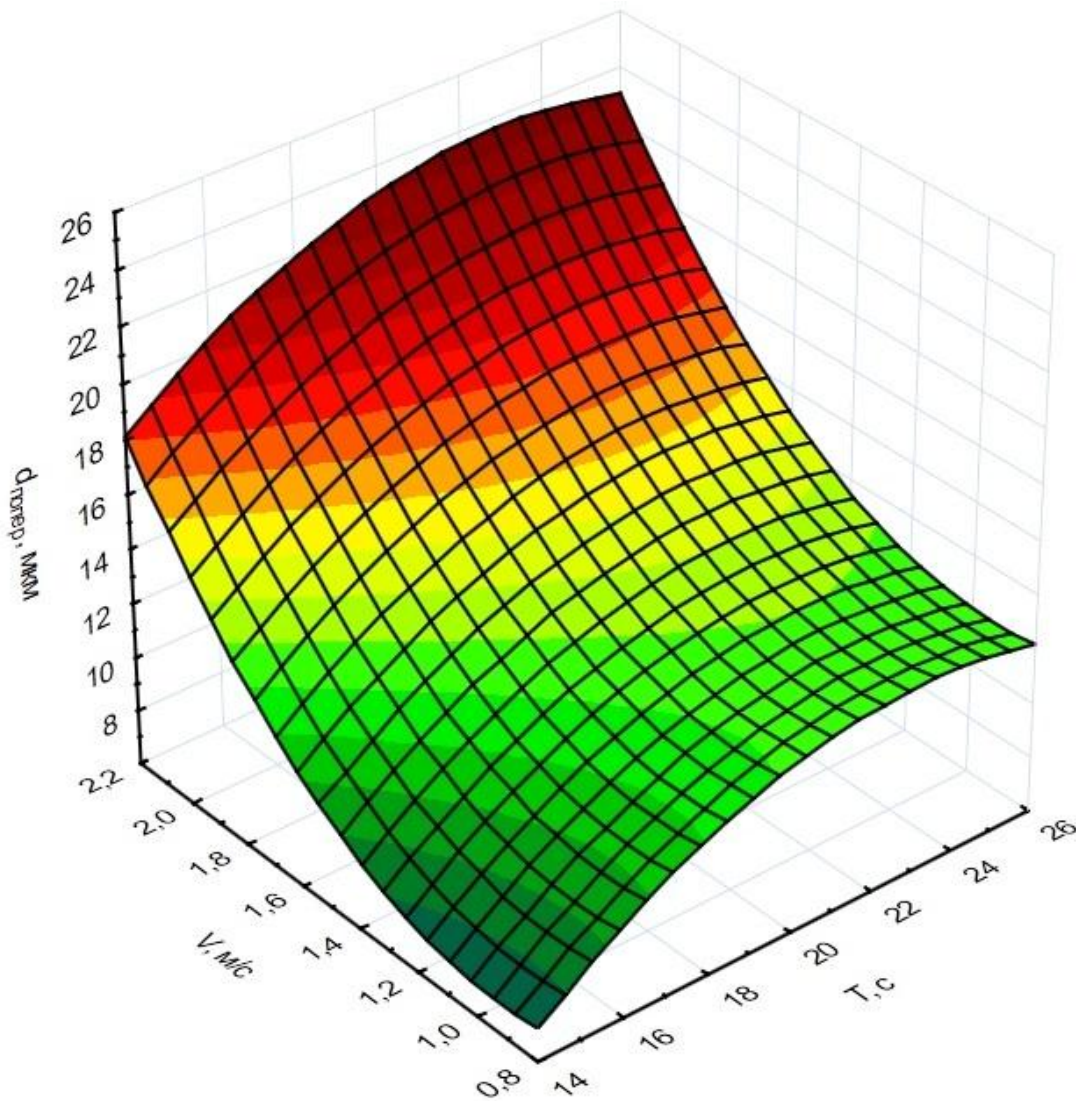


Рисунок 4.7 – Зависимость диаметра площадок износа ленты $d_{\text{попер}}$ от скорости ленты T и продолжительности заточки V гребенки

Влияние усилия прижатия не учитывалось по причине того, что износ зерен носит накопительный характер, зависящий от времени работы ленты при конкретных режимах заточки с поправкой на особенности геометрии зерна и глубину залегания его основной фракции [20].

По результатам анализа графиков можно сказать, что принятые нами в качестве оптимальных режимные параметры заточки обеспечивают образование площадок износа на зернах ленты диаметром 10...16 мкм.

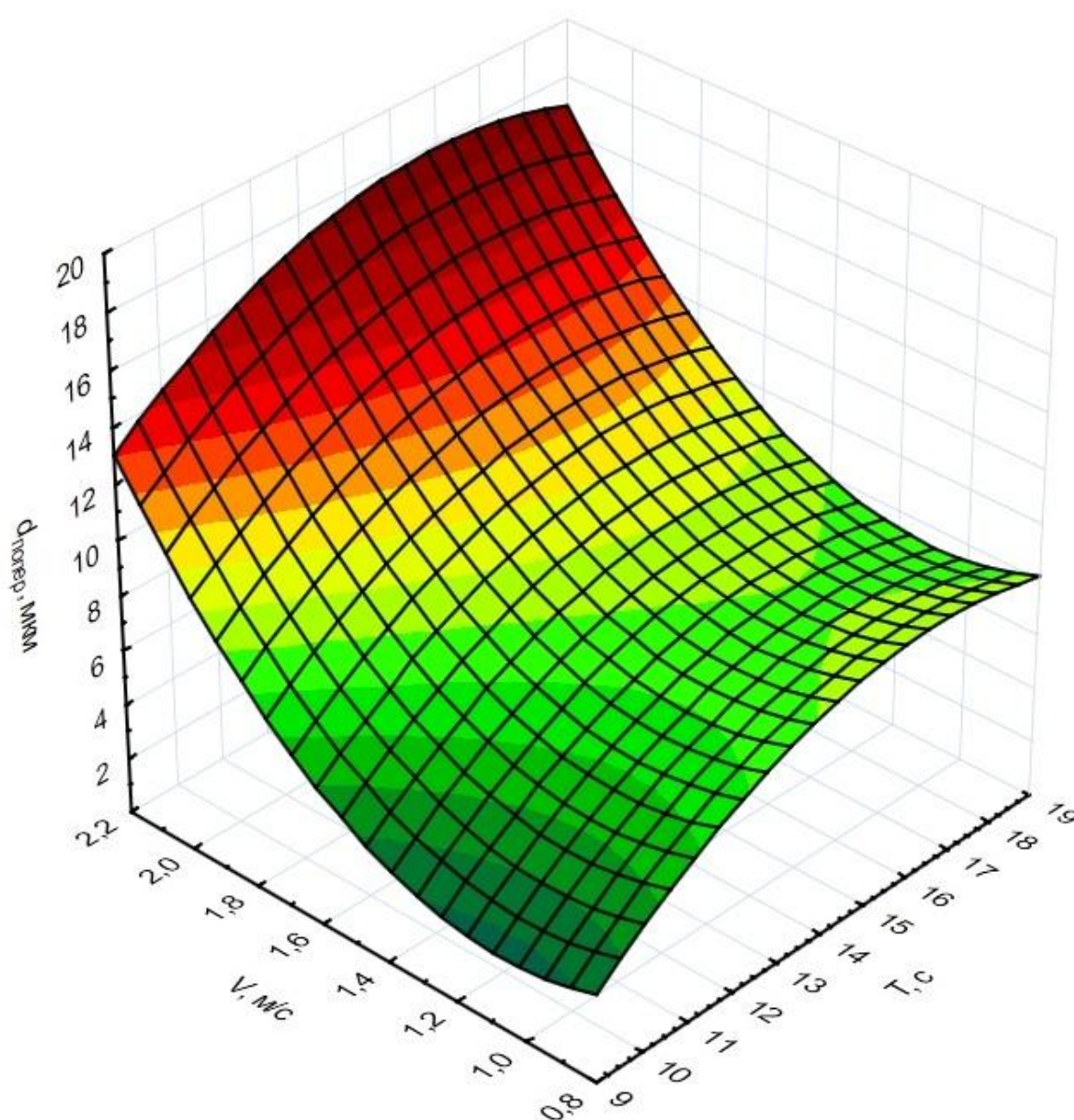


Рисунок 4.8 – Зависимость диаметра площадок износа ленты $d_{\text{попер}}$ от скорости ленты T и продолжительности заточки V ножа

Из рисунков 4.7, 4.8 ясно, что в пределах реализованного в эксперименте диапазона режимных параметров зависимость диаметра площадок износа зерен ленты от скорости ленты имеет вид параболы, а зависимость от продолжительности заточки имеет вид функции $y = \text{arcctg}x$, с асимптотой по значению ординаты, равному диаметру основной фракции зерен ленты. Полученные графики дают возможность определить достоверность теоретической зависимости (2.35) с экспериментально установленной зависимостью показателя диаметра износа зерен ленты Р 240 от режимных параметров процесса заточки режущих пар ленточным шлифованием (рисунок 4.9; приложение Е), а также оценить ресурс ее работы.

$$d_{\text{попер}} = \frac{t \cdot S \cdot d_p \cdot \lambda}{2a \cdot T^2 \cdot \theta_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}}} = \frac{0,045 \cdot 2000 \cdot 50 \cdot 0,08}{2 \cdot a \cdot T^2 \cdot 1700^2 \cdot 630} \cdot 10^3 = \frac{0,57}{a \cdot T^2}, \text{ мкм}$$

$$\text{где } a = (2R - h) - R \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_{\text{попер}}}{2R} \right)^2} \right) \text{ (рисунок 2.6).}$$

При зернистости $2R=60 \pm 5$ мкм глубина залегания зерен $h = 20$ мкм

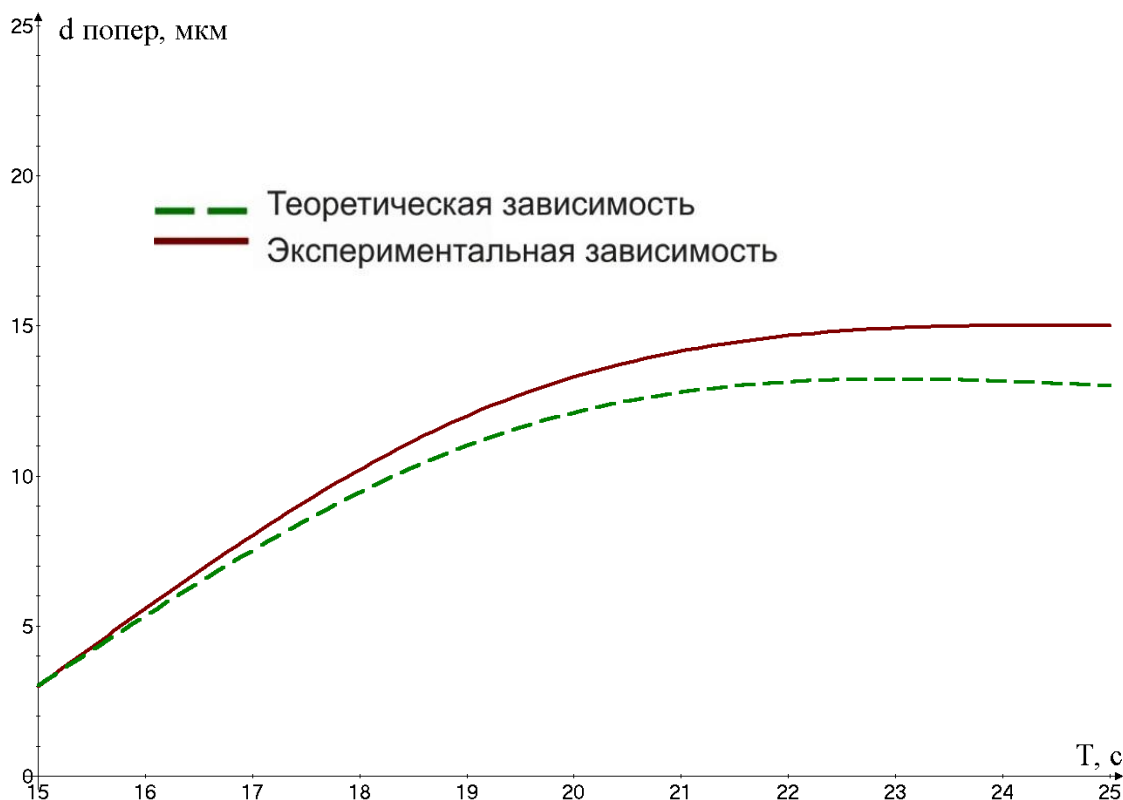


Рисунок 4.9 – Экспериментальная и теоретическая зависимости диаметра площадок износа зерен от продолжительности заточки гребенки

4.4 Анализ влияния неравномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки на полный ресурс режущей пары по числу заточек

Результат анализа влияния неравномерности истирания рабочих поверхностей ножа и гребенки по ширине показал явные преимущества предлагаемого способа заточки перед традиционным.

Результаты замера отклонений толщины гребенок и ножей по ширине после заточки на дисковом и предлагаемом аппаратах позволяют оценить увеличение ресурса режущей пары по числу возможных переточек до выбраковки.

С учетом возможности выбраковки раньше положенного по стандарту значения толщины ножа и гребенки (2 мм и 2,2 мм соответственно) [29, 56], а также с учетом того, что с поверхности режущих пар не всегда снимается необходимый объем металла, расчеты показывают, что:

- число возможных заточек ножа на предлагаемом аппарате составляет 15 раз при толщине нового ножа 3,5 мм;

- число заточек гребенки составляет 20 раз, при толщине новой гребенки 3 мм,

вместо 12 раз и 15 раз соответственно при заточке на дисковых точильных аппаратах, с учетом накопленного значения неплоскостности 260 мкм при заточке ножа и 220 мкм при заточке гребенки (рисунки 4.10 - 4.11).

Приведенные значения числа заточек характеризуют повышение наработки до наступления ресурсного отказа, что является показателем безотказности при оценке повышения надежности режущей пары. [44]

При оценке экономической эффективности необходимо будет учесть, что в отличие от зарубежных производителей, завод «Актюбсельмаш» предоставляет гребенки и ножи для машинки МСУ-200 комплектом, одной режущей парой. Это связано с тем, что при заточке на дисковых точильных аппаратах распаривание ножа и гребенки недопустимо, поэтому потеря или выбраковка ножа приводит к замене режущей пары целиком.

При использовании разработанного аппарата явление распаривания не представляет опасности для эксплуатационных свойств режущего аппарата стригальной машинки.

Нож, выбракованный по причине износа может быть заменен на новый, что позволит дополнительно увеличить ресурс работы гребенок.

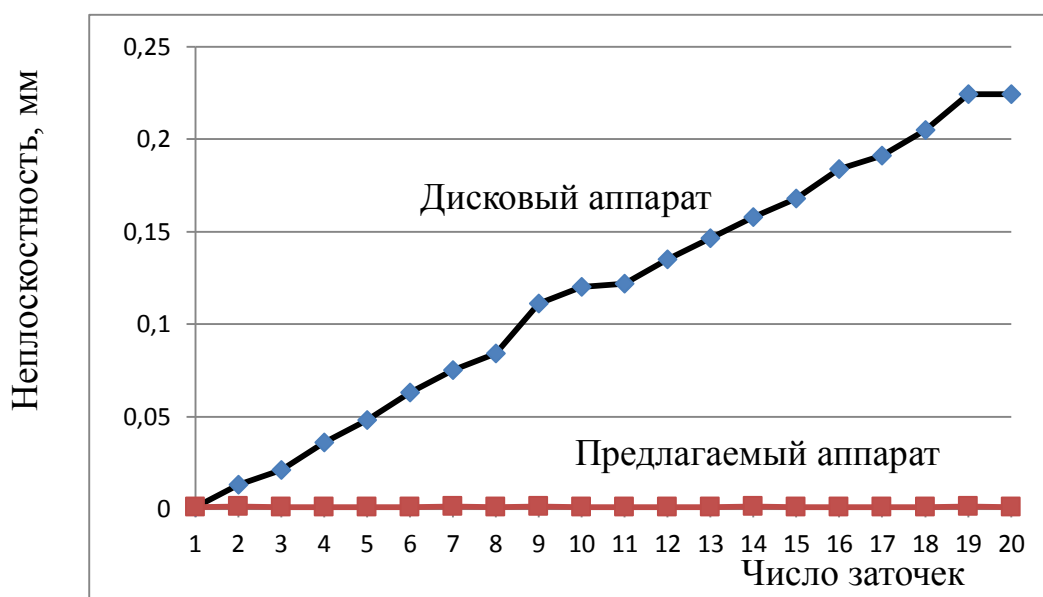


Рисунок 4.10 – Зависимость неплоскостности гребенки от числа заточек

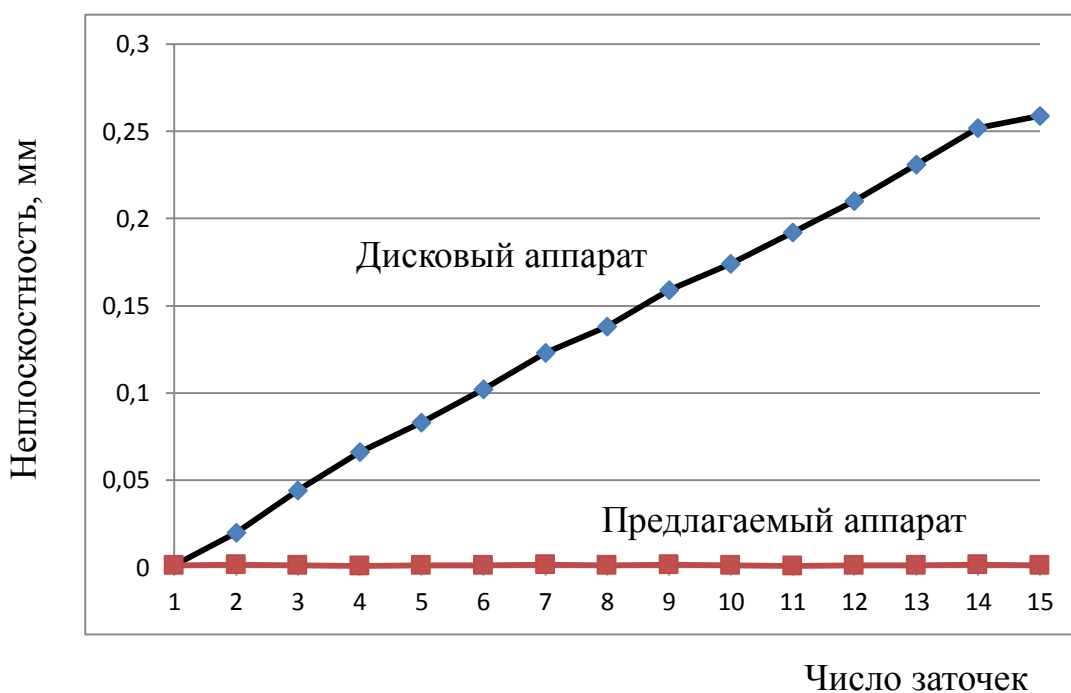


Рисунок 4.11 – Зависимость неплоскостности ножа от числа заточек

4.5 Анализ влияния шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на долговечность режущей пары

Результаты оценки продолжительности работы режущей пары между заточками (рисунок 4.13) свидетельствуют о прямой зависимости чистоты обработки рабочих поверхностей ножа и гребенки и долговечности режущей пары. Полученное значение показателя продолжительности работы до затупления 445 с при шероховатости поверхностей 0,2 мкм подтверждает достоверность и практическую обоснованность наших исследований.

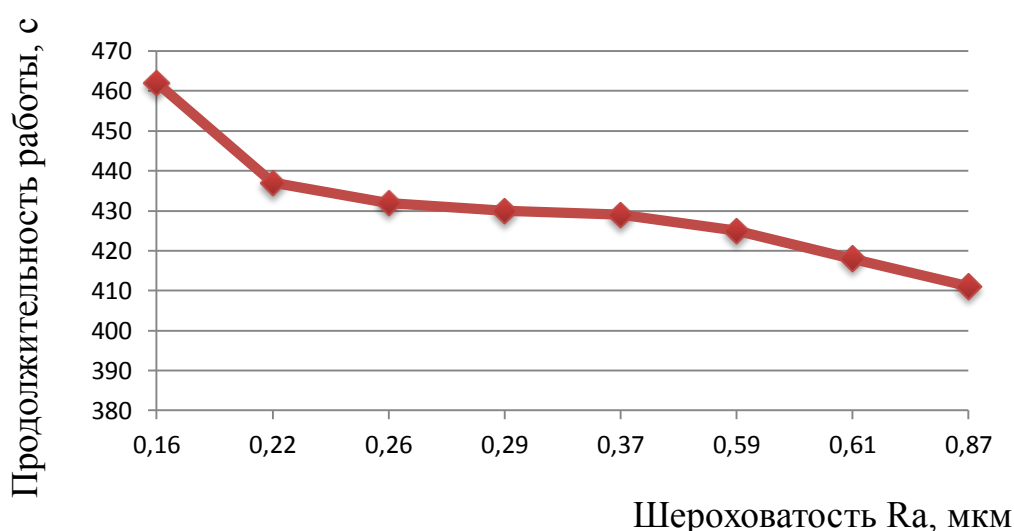


Рисунок 4.12 – Влияние шероховатости рабочих поверхностей ножа и гребенки на продолжительность работы режущей пары до затупления.

Результаты производственных испытаний, проведенных нами в ООО «КХ им. Калинина» Саракташского района Оренбургской области позволили подтвердить данные лабораторных исследований. Испытания проводились в процессе стрижки тонкорунных овец породы «Южно-уральская тонкорунная» средней степени загрязненности. Стригаль средней квалификации при использовании режущих пар с чистотой обработки поверхности по 9 классу остригал в среднем на 3 головы больше, чем при использовании режущих пар, заточенных традиционным способом на аппарате ТА-1 с шероховатостью рабочих поверхностей режущей пары 0,9...1,1 мкм.

4.6 Рекомендации по эффективной эксплуатации разработанного аппарата для заточки режущих пар.

Предлагаемый вариант аппарата для заточки режущих пар может эксплуатироваться в составе комплекта технологического оборудования КТО-24 для типовых стригальных цехов ВЦС-24/200. Выносной стригальный цех ВЦС-24/200 представляет собой поточную линию для комплексной механизации стрижки и первичной обработки шерсти в различных районах овцеводства. Его пропускная способность составляет 200 тыс. овец за сезон. Оборудование цеха включает 24 стригальных машинки МСУ-200, входящих в состав агрегата ЭСА-12/200 [68].

При правильной установке режимных параметров аппарата, заточка может проводиться самим стригалем по мере затупления режущей пары. Обороты двигателя должны обеспечивать скорость движения абразивной ленты 1,7 м/с, державка должна быть настроена на усилие в 18 Н.

Заточка новой режущей пары производится следующим образом. После предварительной очистки ножа гребенки, элемент режущей пары крепится в державке, включается электродвигатель. Державка с закрепленной на ней гребенкой подводится к ленте и производится предварительное шлифование для придания рабочей поверхности шероховатости по основному значению 9 класса чистоты. Новую гребенку необходимо шлифовать в течение 35...40 с, затем промыть от остатков абразива в растворе каустической соды. Новый нож рекомендуется шлифовать в течение 15...20 с, после чего промыть.

Затупившиеся в процессе работы ножи и гребенки также необходимо промывать и очищать перед заточкой.

При заточке нож или гребенка вводится в контакт с поверхностью ленты, по истечении времени 12 с для ножа и 19 с для гребенки, державка отводится, элемент режущей пары снимается и производится визуальная проверка качества заточки.

В случае, если на кромках ножа и гребенки видны следы износа, проверяется правильность установки маховика реостата и положения прижимного болта державки, после чего операция повторяется.

Абразивную ленту Р 240 с типоразмером 100 x 630 мм рекомендуется использовать для заточки 10 режущих пар, после чего лента заменяется на новую. В случае, когда шов ленты не предусматривает одностороннего направления рабочего хода ленты, после заточки 5 режущих пар рекомендуется снять ленту и перевернуть ее на 180°, реверсировав тем самым рабочий ход.

Помимо ленты Р 240 допускается использование ленты марки Р 220, а также электрокорундовых абразивных лент с размером основной фракции зерен 60 ± 5 мкм. При использовании лент на резиновой основе возможно применение предусмотренной в аппарате системы подачи СОЖ (водного раствора, эмульсии, минеральной) в качестве средства от засаливания через 2...3 заточки. [53]

При достижении толщины ножа значения выбраковки (от 12 заточек), нож может быть заменен на новый без замены гребенки.

5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО АППАРАТА ДЛЯ ЗАТОЧКИ РЕЖУЩИХ ПАР

Для оценки эффективности использования ленточного аппарата для заточки режущих пар стригальных машинок нам необходимо сравнить его основные эксплуатационные показатели с показателями дискового точильного аппарата. В качестве образца такого устройства примем ТА-1, как наиболее доступный и широко распространенный вариант, используемый, в том числе на стригальном пункте ООО «КХ им. Калинина» Саракташского района Оренбургской области, на базе которого проходили производственные испытания.

При сравнении вариантов применения технологий и технических средств рассчитывается суммарный годовой экономический эффект \mathcal{E}_r , определяемый разностью приведенных затрат для базового и предлагаемого варианта, с учетом эффекта от сокращения продолжительности выполнения работ:

$$\mathcal{E}_r = \Pi_{\text{баз}} - \Pi_{\text{пр}} + \mathcal{E}_k, \quad (5.1)$$

где $\Pi_{\text{баз}}$ и $\Pi_{\text{пр}}$ - приведенные затраты по вариантам;

\mathcal{E}_k - экономия или убыток от изменения качества годового объема продукции при использовании новой техники.

Сумма приведенных затрат Π_i с учетом сопряженных капитальных вложений для каждого варианта составит:

$$\Pi_i = A_i(C_i + E_c M_i t + E_{\text{п}} K_{\text{п}}), \quad (5.2)$$

где C_i - себестоимость единицы заточки;

E_c – нормативный коэффициент эффективности, $E_c = 0,12$; [61]

M_i - стоимость оборудования, участвующего в процессе;

A_i - объем внедрения;

t - коэффициент, учитывающий приведение затрат к большему сроку службы (приложение Ж);

$E_{\text{п}}$ - коэффициент приведения:

$$E_{\pi} = (1 + E_{\text{нп}})\tau, \quad (5.3)$$

где $E_{\text{нп}}$ - норматив приведения (0,1 или 10%);

τ - число лет, отделяющее конкретный приводимый год от расчетного года.

K_{π} - удельные сопряженные капитальные вложения, отнесенные к единице механизированного процесса; [43]

В ходе проведения испытаний установлено, что при использовании стригальными режущих пар, заточенных на дисковом аппарате ТА-1, до затупления ножа и гребенки остригается 5 голов. При стрижке режущими парами, заточенными на ленточном точильном аппарате число голов, остриженных между заточками, составляет 8.

В ООО "КХ им. Калинина" насчитывается 2200 голов.

Определим себестоимость заточки режущей пары, предварительно рассчитав эксплуатационные издержки:

$$И = A_{\text{м}} + З + Т + A_{\text{э}}, \quad (5.4)$$

где $A_{\text{м}}$ – амортизационные отчисления на применяемое оборудование, руб.;

$З$ – отчисления на заработную плату обслуживающего персонала, руб.;

$Т$ – отчисления на текущий ремонт, руб.;

$A_{\text{э}}$ – годовые затраты на электроэнергию, руб.

Амортизационные отчисления, приходящиеся на применяемое оборудование:

$$A_{\text{м}} = Б \cdot а, \quad (5.5)$$

где $Б$ – балансовая стоимость аппарата для заточки, руб.;

$а$ – коэффициент отчисления на амортизацию, $а=0,1$ [43]

Балансовая стоимость:

$$Б = Ц \cdot \eta, \quad (5.6)$$

где $Ц$ – стоимость точильного аппарата по каталогу, руб.;

η – коэффициент, учитывающий расходы на доставку и монтаж; $\eta = 1,2$

Стоимость ТА-1 согласно каталогу завода «Актюбсельмаш» составляет 40000 руб.

Затраты на изготовление предлагаемого аппарата:

$$Ц = C_m + C_d + C_{з.п.} + C_{н.р.} \quad (5.7)$$

где C_m - стоимость материалов, используемых при изготовлении аппарата, руб.;

C_d - стоимость покупных деталей и узлов, руб.;

$C_{з.п.}$ - заработная плата с отчислениями производственных рабочих, занятых изготовлением и сборкой аппарата, руб.;

$C_{н.р.}$ - общепроизводственные накладные расходы, руб.

Стоимость основных материалов определяется по выражению:

$$C_m = \sum M_i \cdot P_i \quad (5.8)$$

где M_i – масса израсходованного материала i - го вида, руб.;

P_i – цена материала i - го вида, руб./кг;

Масса материала M (по видам) определяется по формуле:

$$M = A \cdot M_r^n \quad (5.9)$$

где M_r – масса готовой детали, кг;

A и n – постоянные, зависящие от материала детали, способов и методов ее изготовления, механической обработки и т.д. [50]

Цены принимаются согласно фактическим затратам на приобретение и доставку материалов.

M_1 – масса станины, кг;

M_2 – масса ролика, кг;

M_3 – масса каркасной плиты, кг;

M_4 – масса опорной плиты, кг;

M_5 – масса натяжного рычага, кг;

M_6 – масса державки, кг;

M_7 – масса кожуха, кг.

$$M_1 = 1,68 \cdot 4,5^{0,94} = 6,91 \text{ кг.}$$

$$M_2 = 1,68 \cdot 0,35^{0,94} = 0,63 \text{ кг.}$$

$$M_3 = 1,68 \cdot 1,8^{0,94} = 2,92 \text{ кг.}$$

$$M_6 = 2,26 \cdot 0,47^{0,98} = 1,09 \text{ кг.}$$

$$M_4 = 1,58 \cdot 0,23^{0,98} = 0,37 \text{ кг.}$$

$$M_7 = 1,29 \cdot 0,53^{0,98} = 0,69 \text{ кг.}$$

$$M_5 = 1,58 \cdot 0,2^{0,98} = 0,33 \text{ кг.}$$

$$\Sigma M_i = M_1 + 3M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \quad (5.10)$$

$$\Sigma M_i = 6,91 + 3 \cdot 0,63 + 2,92 + 0,37 + 0,33 + 1,09 + 0,69 = 14,2 \text{ кг.}$$

Все детали конструкции изготовлены из стали Ст3.

Средняя цена металлопроката Ст3 на 1 января 2013 г - 29000 руб./т

$$C_m = 14,2 \cdot 29 = 411,8 \text{ руб.}$$

Средняя стоимость диммера (реостата) на 5А, 600 Вт составляет 550 руб.

Стоимость электродвигателя типа АИР 63 В2 220/380В, 0,55 кВт, 3000 об/мин порядка 5800 руб.

Стоимость крепежных соединений (болты, гайки), резиновых патрубков (на ролики), пружин (в державку и на натяжной механизм) порядка 950 руб.

Тогда $C_d = 7300$ руб.

Заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции и изготовлении деталей к ней ($C_{з.п.}$), рассчитывается по формуле:

$$C_{з.п.} = C_{о.з.п.} + C_{д.з.п.} + C_{соц}, \quad (5.11)$$

где $C_{о.з.п.}$ - основная заработная плата, руб.;

$C_{д.з.п.}$ - дополнительная заработная плата, руб.;

$C_{соц}$ - отчисления на социальные нужды, руб.

Основная заработная плата определяется:

$$C_{о.з.п.} = (T_{из} + T_{сб}) \cdot C_ч, \quad (5.12)$$

где $T_{из}$ - трудоемкость изготовления деталей и узлов аппарата, чел-ч;

$T_{сб}$ - трудоемкость сборки аппарата, чел-ч;

$C_ч$ - часовая тарифная ставка станочника, исчисляемая по среднему разряду, $C_ч = 75$ руб/ч.

Трудоемкость изготовления элементов изделия определяется на основе пооперационных расчетов. $T_{из} = 18,94$ ч. [50]

Трудоемкость сборки конструкции ($T_{сб}$) определяется по выражению:

$$T_{сб} = K_c \cdot \sum t_{сб}, \quad (5.13)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий соотношение между полной и оперативной продолжительностью сборки (принимается равным 1,08) [50]:

$t_{сб}$ – трудоемкость сборки отдельных элементов конструкции.

$$\sum t_{сб} = 6t_1 + 8t_2 + t_3 + 3t_4 \quad (5.14)$$

где t_1 – трудоемкость крепежа посредством болта с гайкой, чел-ч.;

t_2 – трудоемкость сверления отверстия, чел-ч.;

t_3 – трудоемкость нарезания резьбы, чел-ч.;

t_4 – трудоемкость запрессовки ролика, чел-ч.

$$\sum t_{сб} = 6 \cdot 0,01 + 8 \cdot 0,025 + 0,033 + 3 \cdot 0,03 = 0,383 \text{ чел-ч.}$$

$$T_{сб} = 1,08 \cdot 0,383 = 0,414 \text{ чел-ч.}$$

$$C_{о.з.п.} = (0,414 + 18,94) \cdot 75 = 1451,55 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы составляет 5...12% от основной:

$$C_{д.з.п.} = (0,05 \dots 0,12) C_{о.з.п.} \quad (5.15)$$

$$C_{д.з.п.} = 0,09 \cdot 1451,55 = 130,64 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды определяются по формуле:

$$C_{соц} = K_{от} \cdot (C_{о.з.п.} + C_{д.з.п.}) \quad (5.16)$$

где $K_{от}$ – коэффициент отчислений. $K_{от} = 0,395$ [50].

$$C_{соц} = 0,395 \cdot (1451,55 + 130,64) = 624,96 \text{ руб.}$$

$$C_{з.п.} = 1451,55 + 130,64 + 624,96 = 2207,15 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные расходы определяем по формуле:

$$C_{о.п.} = k_{о.п.} \cdot C_{о.з.п.} \quad (5.17)$$

где $k_{о.п.}$ – коэффициент общепроизводственных расходов, $k_{о.п.} = 0,044$. [50]

$$C_{о.п.} = 0,044 \cdot 1451,55 = 63,87 \text{ руб.}$$

В итоге, затраты на изготовление ленточного точильного аппарата составят:

$$Ц_{пр} = 411,8 + 7300 + 2207,15 + 63,87 = 9982,8 \text{ руб.}$$

Таким образом, балансовая стоимость и амортизационные отчисления:

$$B_{\text{баз}} = 48000 \text{ руб.} \quad B_{\text{пр}} = 12000 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{м баз}} = 4800 \text{ руб.} \quad A_{\text{м пр}} = 1200 \text{ руб.}$$

Отчисления на заработную плату рассчитаем исходя из размера тарифной ставки рабочего, занятого в животноводстве.

$$З = C_{\text{т}} \cdot t, \quad (5.18)$$

где $C_{\text{т}}$ - тарифная ставка рабочего, занятого в животноводстве, руб./час;

$C_{\text{т}} = 20$ руб./час, исходя из размеров месячных тарифных ставок 1 разряда рабочих основных профессий, установленных на 1 января 2013 года

t - время работы аппарата, час/год.

По зоотехническим требованиям стрижка тонкорунных овец породы "Южно-уральская тонкорунная" проходит один раз в год с 25 мая по 25 июня. При расчете заработной платы будем считать, что заточкой занимается слесарь-заточник, занятый на протяжении всего периода стрижки. При одновременной работе двух стригалей средней квалификации в условиях 8 часового рабочего дня, стрижка займет 30 дней. Примем значение месячной заработной платы слесаря-заточника, как для слесаря-инструментальщика, по 1 разряду:

$$З = 7334 \text{ руб.}$$

Удельные затраты на ТО и текущий ремонт применяемого точильного аппарата определяются [71]:

$$T = \frac{B \cdot R}{100}, \quad (5.19)$$

где R - отчисления на ремонт.

$$R = 3\% [61]$$

$$B_{\text{баз}} = 48000 \text{ руб.} \quad B_{\text{пр}} = 12000 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{баз}} = 4000,2 \text{ руб.} \quad T_{\text{пр}} = 360 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию:

$$A_{\text{э}} = C \cdot N \cdot t, \quad (5.20)$$

где C - тариф на электроэнергию, руб/кВтч; $C = 2,64$ руб/кВтч

N - мощность двигателя, кВт;

t - время работы установки, час/год.

Мощность электродвигателя ТА-1 согласно характеристикам 400 Вт, разработанного аппарата в предлагаемом варианте 550 Вт.

Время работы каждого аппарата рассчитывалось исходя из времени, необходимого на заточку ножа и гребенки.

$$t = T \cdot N_3 \quad (5.21)$$

$$t_{\text{баз}} = \frac{20+40}{3600} \cdot 440 = 7,3 \text{ ч/год} \quad t_{\text{баз}} = \frac{12+19}{3600} \cdot 275 = 2,37 \text{ ч/год}$$

$$A_{\text{э баз}} = 7,7 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{э пр}} = 5 \text{ руб.}$$

Таким образом, эксплуатационные издержки составили:

$$I_{\text{баз}} = 16141,9 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{пр}} = 8899 \text{ руб.}$$

Определим число заточек режущих пар, необходимых для стрижки всего поголовья:

$$N_3 = \frac{m}{n}, \quad (5.22)$$

где m - общая численность овец, голов;

n - количество остриженных овец между заточками, голов.

$$N_{3 \text{ баз}} = \frac{2200}{5} = 440$$

$$N_{3 \text{ пр}} = \frac{2200}{8} = 275$$

Себестоимость единицы выполненной работы:

$$C_i = \frac{I}{N_3}, \quad (5.23)$$

$$C_{\text{баз}} = 36,67 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр}} = 32,36 \text{ руб.}$$

При расчете себестоимости заточки режущей пары в рублях на одну остриженную голову используем формулу:

$$C_3 = \frac{I}{m}, \quad (5.24)$$

$$C_{3 \text{ баз}} = 36,67 \text{ руб.}$$

$$C_{3 \text{ пр}} = 32,36 \text{ руб.}$$

При расчете сопряженных капиталовложений учтем стоимость набора абразивных лент. Количество лент, необходимых на год, исходя из их износостойкости, равно 28. Стоимость одной ленты составляет 20-23 руб.

Сумма приведенных затрат Π_i составит:

$$\Pi_{\text{баз}} = 55734,8 \text{ руб.} \quad \Pi_{\text{пр}} = 33649 \text{ руб.}$$

Необходимое количество режущих пар:

$$N_{\text{р.п.}} = \frac{N_{\text{з}}}{\mu}, \quad (5.25)$$

где μ – ресурс ножа по числу заточек до выбраковки, шт.

$$N_{\text{р.п. баз}} = \frac{440}{12} = 37 \text{ режущих пар.} \quad N_{\text{р.п. пр}} = \frac{275}{15} = 19 \text{ режущих пар.}$$

Затраты на режущие пары:

$$З = N_{\text{р.п.}} \cdot \varepsilon, \quad (5.26)$$

где ε - рыночная стоимость режущих пар для МСУ-200, руб.

$\varepsilon = 750$ руб. (каталог завода «Актюбсельмаш» 2013 года)

$$З_{\text{баз}} = 27750 \text{ руб.} \quad З_{\text{пр}} = 14250 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от увеличения долговечности работы режущих пар между заточками составит:

$$\mathcal{E}_k = З_{\text{баз}} - З_{\text{пр}} = 13500 \text{ руб.} \quad (5.27)$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 55734,8 - 33649 + 13500 = 35585,8 \text{ руб.}$$

Окупаемость приведенных затрат:

$$Q = \frac{\Pi}{\mathcal{E}_r} = \frac{33649}{35585,8} = 0,94 \quad (5.28)$$

Показатель снижения эксплуатационных расходов:

$$C_{\text{э}} = \frac{I_{\text{баз}} - I_{\text{пр}}}{I_{\text{баз}}} \cdot 100 = 44,8 \quad (5.29)$$

Сокращение продолжительности заточки и увеличение долговечности работы режущей пары способствовало снижению себестоимости заточки режущей пары с 7,33 руб./гол. 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.

Результаты расчета показателей экономической эффективности заточки режущих пар стригальных машинок на разработанном аппарате представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Показатели экономической эффективности разработанного аппарата для заточки режущих пар в хозяйстве с поголовьем 2200 овец

Показатели	Дисковый аппарат ТА-1	Предлагаемый аппарат
Острижено голов до затупления	4...6	7...9
Продолжительность заточки, с:		
- нож	15...20	12
- гребенка	30...45	19
Себестоимость заточки, руб./гол.	7,33	4,04
Приведенные затраты, руб.	55734,8	33649
Ресурс по числу заточек, шт.		
- нож	12	15
- гребенка	15	20
Необходимое число режущих пар, шт.	37	19
Годовой экономический эффект, руб.	-	35585,8
Срок окупаемости, лет	-	0,94

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 руб./гол. до 4,04 руб./гол. Годовой экономический эффект от использования разработанного аппарата вместо дискового ТА-1 составил 35585,8 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.С. 250679 СССР. М. Кн. В 24б. Аппарат для заточки режущих деталей стригальных машин / Ангилеев О.Г., Крисюк В.И. - Оpubл. 12.08.69. Бюл. № 26.
2. А.С. 1641584 СССР. Способ заточки режущих пар стригальных машин и устройство для его осуществления / Ч.Д. Жамьянов, А.В. Маслаков. - Бюл. № 14, 1986
3. А.С. 132091 СССР. М. Кн. В 24б 3/40. Автоматический станок для шлифования кромок ножей машинок для стрижки животных / Ткаченко Л.Н. - Оpubл. Бюл.№18, 1960.
4. А.С. 134572 СССР. М. Кн. В 24б 3/46. Способ заточки режущих пар машинок для стрижки овец / Ткачев В.Н., Григоров П.К. - Оpubл бюл. №24, 1960.
5. А.С. 1227427 СССР. М. Кн. В 24б 3/52. Способ заточки режущих пар стригальных машинок и устройство для его осуществления / Шеронин Г.В., Алимпиев Л.Н. - Оpubл. 30.04.86. Бюл. № 16.
6. А.С. 1238947 СССР. М. Кн. В 24б 3/52. Способ заточки режущих элементов машинки для стрижки животных / Ходыко С.С., Малашенко Н.П. Алимпиев Л.П. - Оpubл. 23.06.86. Бюл. №23.
7. А.С. 1641584 СССР. М. Кн. В 24б 3/52. Способ заточки режущих пар стригальных машин и устройство для его осуществления / Жамьянов Ч.Д., Маслаков А.В. - Оpubл. 15.04.91. Бюл. № 14.
8. А.С. 1708607 СССР, МКИ5 В 26b 19/20. Гребенка для стрижки / В.Е. Парасоцкий, А.М. Семенихин, И.А. Шишина, В.А. Заикин. - №4763623/12; Заяв. 30.11.89; Оpubл. 30.01.92 // Изобретения, 1992. - 4. - С. 66.
9. А.С. 295651 СССР. М. Кн. В 24б 3/52. Автомат для заточки режущих пар стригальных машин / Галкин. А.Ф Оpubл. 12.02.71. Бюл. №8 .
10. А.С. 2113344 RU, МКИ6 В 26b 19/24. Нож стригальной машинки / Н.П. Алексенко, А.М. Семенихин, В.И. Фирсов, И.А. Шишина, А.И. Щербина,

В.И. Щербина, В.Ф. Яламов. - № 95102603/12; Заявл. 23.02.95; Оpubл. 20.06.98 // Изобретения, 1998. - № 17. - С. 218.

11. Адлер, Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер. - М.: Металлургия, 1969. - 157 с.

12. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Машиностроение, 1976. - 279 с.

13. Алимбиев, Л.Н. Надежность работы стригальных машинок и пути ее повышения / Л.Н. Алимбиев, Б.А. Курмантаев, Н.П. Малашенко, С.С. Ходыко // Овцеводство, 1985. - №3. - С. 35-37.

14. Ангилеев, О.Г. Анализ энергетического баланса стригальных машинок / О.Г. Ангилеев, К.К. Галаов, В.И. Крисюк // Механизация и электрификация соц. с.-х., 1978. - № 4. - С. 21-23.

15. Ангилеев, О.Г. Исследование эксплуатационных показателей и обоснование некоторых параметров стригальных машинок и точильных аппаратов / О.Г. Ангилеев // дис. ... канд. техн. наук. - Ставрополь, 1967. - 141 с.

16. Ангилеев, О.Г. К вопросу износостойкости режущих пар стригальных машинок / О.Г. Ангилеев // Тр. Ставроп. СХИ, 1967. - Вып. XXV. - С. 37-

17. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 1 / В.И. Анурьев // 8-е издание, переработанное и дополненное. Под редакцией И.Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2001

18. Бабошкин, А.Ф. Теория и методы повышения эффективности шлифования абразивными лентами / А.Ф. Бабошкин // дисс. ... докт. техн. наук. – С-Пб, 2005. – 312 С.

19. Бабошкин, А.Ф. Качественная оценка режущих зерен на поверхности абразивных лент / А.Ф. Бабошкин // Машиностроение и автоматизация производства -Межвуз. сб. тр. вып. 1 СПб.: СЗПИ, 1995. - С. 89-94.

20. Бабошкин, А.Ф. Математическая модель образования шероховатости обработанной поверхности / А.Ф. Бабошкин // Качество поверхностного

слоя деталей машин (КПС-2003): Сб. докл. междунар н-пр. конф. - СПб.: ПИ-Маш, 2003. - С. 25-28.

21. Билик, Ш.М. Макрогеометрия деталей машин / Ш.М. Билик. - М.: Машиностроение, 1972. - 344 с.

22. Боуэн, Г. Мастерство стрижки овец / Г. Боуэн. - М.: Сельхозиздат, 1961. - 168с.

23. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. - М.: Колос, 1973. - 200 с.

24. Вerezуб, В.Н. Шлифование абразивными лентами / В.Н. Вerezуб. - М.: Машиностроение, 1972. - 103 с.

25. Винарский, М. С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. - Киев: Техника, 1975. - 166 с.

26. Генис, Б.М. Шлифование на круглошлифовальных станках. Учебное пособие / Б.М. Генис, Л.Ш. Доктор, В.С. Терган // Издание 2-е, исправленное и дополненное. – М.: Высшая школа, 1965. - 236 с., ил.

27. Горячкин, В.П. Процесс резания / В.П. Горячкин // Собр. соч. Т.3 - М., 1965, 154 - 180.

28. Горячкин, В.П. Теория ручных ножниц и основные принципы их построения / В.П. Горячкин // Собр. соч. т.5 - М.: Сельхозгиз, 1965. - 234 с.

29. Григоров, П.К. Износ и повышение долговечности режущих пар стригальных машинок / П.К. Григоров // дисс. ... канд. техн. наук. Ростов-н-Д, 1968. - 147 с.

30. Гулянский, П.В. К вопросу об усовершенствовании режущей пары машин для стрижки овец / П.В. Гулянский, А.С. Титов // Сб. науч. тр. /Ставропольский СХИ, 1976. - Вып. 39. - С. 37-41.

31. Гулянский, П.В. Обоснование рациональных параметров режущего аппарата машинки для стрижки овец / П.В. Гулянский // дисс. ... канд. техн. наук - Ставрополь, 1962. - 124 с.

32. Егорова, Т. И. Исследование влияния параметров режущего инструмента на процесс резания лезвием / Т. И. Егорова // автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - М., 1949. – 22 с.
33. Есаулов, П.А. Совершенствование методов механизации стрижки и первичной классировки шерсти в Австралии / П.А. Есаулов // Овцеводство, 1974, №6.
34. Жариков, Н.А. Металловедение: лабораторный практикум / Н.А. Жариков. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2007. – 124 с.
35. Зяблов, В. А. Основы теории технологического процесса резания в режущих аппаратах кормоприготовительных машин / В.А. Зяблов. // Сб. тр. ВНИИ электрификации сел. хоз-ва. М., 1964. - Т.14. - С. 7-65.
36. Зяблов, В.А. Машинки для стрижки животных. Конструкция и расчет / В.А. Зяблов. М.: Машгиз, 1948. - 44 с.
37. Зяблов, В.А. Экспериментально теоретическое обоснование режущего аппарата машинок для стрижки овец / В.А. Зяблов. - М. - 1968.
38. Ивкович, Б. Трибология резания (смазочно-охлаждающие жидкости) / Б. Ивкович. - М.: Наука и техника, 1982. - 144 с.
39. Калинин, Е.П. Теория и практика управления производительностью абразивной обработки с учетом затупления инструмента / Е.П. Калинин // дисс. ... докт. техн. наук. – С-Пб, 2006. – 414 с.
40. Калинин, Е.П. Исследование износа рабочей поверхности абразивных лент / Е.П. Калинин, А.Ф. Бабошкин, В.В. Чинарев // Алмазная и абразивная обработка деталей машин и инструментов. Межвуз. сб. науч. тр. Пенза: ППИ, 1986. - С. 81-84.
41. Карташов, Л.П. Технологии и технологические средства обучения операторов животноводства / Л.П. Карташов, В.Д. Поздняков, Е.Л. Ревякин // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 87 с.
42. Керимов, У. Исследование и обоснование основных параметров машинки со встроенным электродвигателем колебательного движения для стрижки овец / У. Керимов // дисс. ... канд. техн. наук. Ашхабад, 1973. - 205 с.

43. Коваленко, Н.Я. Экономика сельского хозяйства. С основами аграрных рынков / Н.Я. Коваленко // Курс лекций. – М.: Ассоциация авторов и издателей. ТАНДЕМ: Издательство ЭКМОС, 1998. – 448 с.
44. Кравченко, И.Н. Основы надежности машин / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин, Г.И. Бондарева // Учебное пособие для вузов. – Часть I. – М.: Изд-во, 2007. – 224 с.
45. Краморов, Ю.И. Исследование и обоснование основных параметров машинки со встроенным электродвигателем для стрижки овец / Ю.И. Краморов // дисс. ... канд. техн. наук. М., 1965. – 172 с.
46. Крисюк, В.И. Технологические и инженерно-технические основы процесса стрижки овец / В.И. Крисюк // дисс. ... докт. техн. наук. – Ставрополь, 1983. - 376 с.
47. Крисюк, В.И. К теории резания шерсти машинкой для стрижки овец / В.И. Крисюк, Н.Д. Прутков // Механизация и электрификация социалистического с.х. 1969. – № 5.
48. Крисюк, В.И. Пути совершенствования стригальных машинок / В.И. Крисюк, О. Г. Ангилеев // Овцеводство, 1964. – № 4. – С. 24 – 26.
49. Крисюк, В.И. Стендовые экспресс испытания машинок для стрижки овец / В.И. Крисюк, Н.Д. Прутков // Труды ВНИИОК, 1971. – вып. 31. – Т.2. – С. 115-118.
50. Лебедев, В.В. Экономическая оценка эффективности новой техники в агропромышленном комплексе / В.В. Лебедев, М.И. Кокорев. - Оренбург: Издательский Центр ОГАУ, 1996. - 36 с.
51. Лоладзе, Т. Н. Износ алмазов и алмазных кругов / Т. Н. Лоладзе, Г.В. Бокучава. - М.: Машиностроение, 1967. - 265 с.
52. Лукьянов, В.С. Определение шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73 / В.С. Лукьянов. - М.: Изм. техника, 1974. - № 12. - 64 с.
53. Люкшин, В.С. Повышение работоспособности шлифовальных лент путем использования зерен с контролируемой формой и ориентацией шерсти / В.С. Люкшин // дисс. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2007. – 173 с.

54. Мадалиев, А. Анализ рабочих скоростей высокоскоростных машинок. Материалы 2-й межвузовской научно - технической конференции по применению высокочастотных машин с электроприводом повышенной частоты в сельском хозяйстве / А. Мадалиев. - Краснодар, 1968, С. 179 - 182.

55. Мадалиев, А. Исследование и обоснование основных параметров кинематической схемы стригальных машинок / А. Мадалиев // дисс. ... канд. техн. наук. - Ашхабад, 1967. - 162 с.

56. Малашенко, Н.П. Техническое обслуживание машин и оборудования в овцеводстве / Н.П. Малашенко, Б.Ф. Горбунов. - М.: Россельхозиздат, 1978. - 182 с.

57. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. - М.: Машиностроение, 1974. - 320 с.

58. Мельников, С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов / С.В. Мельников. - Л.: Агропромиздат, 1985. - 640 с.

59. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. М.: Колос, 1980. - 168 с.

60. Месхи, К.А. Исследование и обоснование конструкции и основных параметров высокоскоростной стригальной машинки МС 200М / К.А. Месхи // дисс. ... канд. техн. наук. - Тбилиси, 1967. - 153 с.

61. Методика определения экономической эффективности технологии и сельскохозяйственной техники. Часть 2. нормативно-справочный материал./ Под рук. к.т.н. А.В. Шпилько. М.: РИЦ ГОСПТИИ, 1998. - 252 с.

62. Мирзоянц, Ю.А. Технология и технические средства машинной стрижки овец / Ю.А. Мирзоянц, В.Е. Ефимович, С.Ю. Зудин, С.В. Фириченкова // Монография. - Кострома: КГСХА, 2010. - 238 с., ил.

63. Мороз, В.А. Мериносы Австралии / В.А. Мороз. – М: Колос, 1992. – 366 с., ил.

64. Мороз, В.А. Немного об овцеводстве Австралии / В.А.Мороз // Овцеводство, 1986. - № 2. - С. 42-43.

65. Мурадов, Б.Н. Исследование работы режущего аппарата стригальных машинок / Б.Н. Мурадов. – Ашхабад, изд. с.-х. Туркменистана, 1969
66. Некрасов, С.С. Обработка материалов резанием / С.С. Некрасов. – М.: Колос, 1997. – 320 с.
67. Овсеенко, А.Н. Математическая модель шероховатости поверхности при ленточном шлифовании гидротурбинной стали / А.Н. Овсеенко, Б.Н. Хватов // Энергомашиностроение, 1988. - № 7. - С. 18 - 20.
68. Организация стрижки овец и классировки шерсти в колхозах и совхозах (рекомендации). М.: Агропромиздат, 1986. - 57 с.
69. Островский, В.И. Теоретические основы процесса шлифования / В.И. Островский. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. - 144 с.
70. Патент 2057636 RU, МКИ 6 В26 В19/24. Нож стригальной машинки для животных / Н.П. Алексенко, А.М. Семенихин, В.И. Щербина, И.А. Шишина, В.Ф. Яламов, В.И. Луценко. № 93017261/12; Заявл.02.04.93; Опубл. 10.04.96 // Изобретения, 1996. - № 10. - С. 166.
71. Патент США US199243 от 15.01.1878
72. Патент США US61700 от 5.02.1867
73. Перчихин, А.В. Пути повышения производительности труда на механизированных стригальных пунктах / А.В. Перчихин // дисс. ... канд. экон. наук. М., 1964. – 212с.
74. Поздняков, В.Д. Описание полезной модели КИ 7362. Заточной аппарат. / В.Д. Поздняков, В.А. Демченко, Ю.А. Хлопко. - ОГАУ. - 2001
75. Поздняков, В.Д. Подготовка режущей пары к работе / В.Д. Поздняков, И.А. Бунин // Уральские нивы, 1981. - №1. - С. 53
76. Полозов, П.А. Исследования процесса резания шерсти и обоснование оптимальных параметров режущего аппарата стригальных машинок повышенной производительности / П.А. Полозов // дисс. ... канд. техн. наук. – ЛСХИ. - 1958.

77. Полозов, П.Л. Машинки для стрижки овец с усовершенствованным механизмом прижатия ножа к гребенке / П.Л. Полозов, В.Е. Фириченков, А.Н. Русаков // Сб. тр. Туркм. СХИ. Ашхабад, 1990. - Т. 34. - С. 274-282.

78. Полозов, П.Л. Экспериментальное обоснование оптимальной ширины захвата стригальных машинок / П.Л. Полозов. // Тр. Туркм. с.-х. ин-та, 1966. - Т.14. - С. 209 - 212.

79. Приспособление для диагностики режущих пар стригальных машинок МСО 77Б (МСУ - 200): Информ. листок / Оренбургский ЦНТИ, 1994. - № 42 - 94.

80. Прудников, А.П. Интегралы и ряды. Специальные функции / А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев. - М.: Наука, 1983. - 752 с.

81. Прутков, Н.Д. Исследование влияния геометрии и скорости движения ножа на сопротивление стригальной машинки / Н.Д. Прутков, П.А. Рубцов // Труды Ставропольского СХИ, вып. 24, т. 5, 1970

82. Прутков, Н.Д. Исследование по обоснованию параметров и эксплуатационных режимов работы машинок для стрижки овец / Н.Д. Прутков // дисс. ... канд. техн. наук. - Ставрополь, 1970. - 145 с.

83. Радченко, Г. В. Планирование эксперимента при оптимальных условиях протекания процесса / Г.В. Радченко. Горки, 1978. - 72 с.

84. Резник, Н.Е. Академик В.П. Горячкин - основоположник теории резания лезвием / Н.Е. Резник // Механизация и электрификация социалистического с.-х. 1968. - № 1.

85. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. М.: Машиностроение, 1975. - 311 с.

86. Резников, А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А.Н. Резников. - М.: Машиностроение, 1981. - 279 с.

87. Рекомендации по производству высококачественной шерсти в хозяйствах Ставропольского края. Ставрополь: ВНИИОК, 1976, 30 с.

88. Рыбин, Г.И. Приспособление для измерения сопротивления машинки при стрижке овец / Г.И. Рыбин, В.И. Крисюк, О.Г. Ангилеев. // Сб.

научн. тр. ВНИИ овцевод, и козовод. Ставрополь, 1972. - вып. 30, т. 2. - С. 230-236.

89. Салыкова, О.С. Обоснование конструктивно-режимных параметров автоматов для заточки режущих пар стригальных машинок / О.С. Салыкова // автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург: изд. Центр ОГАУ, 2003. – 147 с

90. Свидетельство РФ на полезную модель М. Кн. В 24 В 3/36. Заточной аппарат /Демченко В.А., Поздняков В.Д., Хлопко Ю.А. Опубл. Бюл. №8, 1998.

91. Соколова, Л.С. Шлифование абразивными лентами с постоянной силой прижима / Л.С. Соколова. – М.: Компания Спутник, 2005 г. – 146 с.

92. Суюнчалиев, Р.С. Исследование нагрузки на руку стригателя от стригального агрегата / Р.С. Суюнчалиев, К.К. Тайкенов // Техника в сел. хоз-ве., 1991. - №4. - С.42-44.

93. Суюнчалиев, Р.С. Перспективные машинные технологии в овцеводстве / Р.С. Суюнчалиев, В.В. Шевцов // Научные труды ВИЭСХ М., 1991, т.77. - С. 82-92

94. Суюнчалиев, Р.С. Стрижка овец и вычесывание пуха у коз / Р.С. Суюнчалиев. - М.: Росагропромиздат, 1981. - 64 с.

95. Хватов, Б.Н. Построение номограмм режимов ленточного шлифования на основе математического планирования эксперимента / Б.Н. Хватов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. - 32 с.

96. Хлопко, Ю.А. Совершенствование технических параметров и методов инженерной оценки стригальных машинок / Ю.А. Хлопко // дисс. ... канд. техн. наук. - Оренбург: изд. Центр ОГАУ, 2001

97. Ходыко, С.С. Повышение надежности электростригальных машинок / С.С. Ходыко, Б.С. Турецкий // Механизация и электрификация с.-х., 1990. - № 10, С. 32 - 33

98. Ходыко, С.С. Устройства для диагностирования стригальных машин / С.С. Ходыко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –1991. – №4

99. Шишина, И.А. Обоснование параметров режущего аппарата машин для стрижки овец на заданную высоту среза шерсти / И.А. Шишина // дисс. ... канд. техн. наук. – зерноград, 2001. – 239 с.
100. Atkinson, K.R. A study of a modern sheep shearing handpiece / K.R. Atkinson, D.E. Henshaw // Agric. Engng. Res., 1977. - 22. - Vol. 2. - P. 122145.
101. Burrow, R.P. Alternative drivers for shearing handpieces / R.P. Burrow, B.W. Field // Agr. Eng. Australia, 1989. - Vol. 17. - №2. - P. 17-25.
102. Dennis, R.A. Improved shearing handpiece cutter. Australian patent application. - № 86067/82
103. Field, B.W. Shearing handpiece cutter component. - Australian patent application. - № 86067/82
104. Field, B.W. In Australia: Sheep Shearing by Robot / B.W. Field // Agricultural engineering, 1982. - June. - P. 8-10.
105. Field, B.W. Reduction in sheep-shearing power requirements by altering cutter geometry / B.W. Field // Agr. Eng. Res., 1990. - Vol.45. - P. 77-88.
106. Field, B.W. Shearing cutter. Australian Patent application 86399/82
107. Hudson, P. Technology brings home the wool harvest / P. Hudson. // New Scientist. 1980. - P. 768-771.
108. Hudson, P.R.W. High Technology Options for Sheep Shearing: 2 -Automated Mechanical Shearing / P.R.W. Hudson // Outlook on Agriculture. -1987. - Vol. 16, № 1. - P. 14-20.
109. Mackenzie, A.J. Comparison of dimensions of Australian Shearing combs with the requirements of clause 32 of the Federal Pastoral Industry award / A.J. Mackenzie, B.W. Field // Wool Technology and Sheep Breeding. 1982, - Vol. 30. - №3. - P. 133-137.
110. Richardson, A.Mc.D. Wool harvesting / A.Mc.D. Richardson. // Wool technology and sheep breeding. 1987 - Vol. XX, №1. - P. 11-20.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Результаты замера твердости рабочих поверхностей режущих пар. Твердомер ТК-2, режущие пары производства «Актюбсельмаш» для машинок МСУ-200.

N опыта	Твердость, HRA			
	до заточки		после заточки	
	нож	гребенка	нож	гребенка
1	82	80	81	81
2	80	79	80	80
3	80	81	79	81
4	84	82	83	83
5	82	82	82	84
6	80	79	80	81
7	78	78	79	80
8	81	80	82	81

Приложение Б

Характеристики абразивных лент

Международный (..ага...) Россия		СССР		США, Канада....				Европа Турция Индия ЮАР		Япония		Китай		
крупнозернистые (macrogrid)														
ISO(76) нов. ГОСТ	мкм	ГОСТ 3647	мкм	ANSI(7 4) CAMI UAMA	мкм	ста- рый ряд	мкм сред	FEP A (93)	мкм сред	JIS (87)	мкм	GB2 478	мкм	Назначение шлифовальной бумаги
P22	850-1000	80	800-1000	-	-	-	-	P20	1000	-	-	22	850-1000	очень грубые работы
P24	710-850	63	630-800	24	707-841	3	715	P24	764	24	710-850	24	710-850	
P30	600-710	-	-	30	595-707	-	-	P30	642	30	600-710	30	600-710	
P36	500-600	50	500-630	36	500-595	2	535	P36	538	36	500-600	36	500-600	
P40	425-500	40	400-500	-	-	-	-	P40	425	-	-	40	425-500	грубые работы по дереву
P46	355-425	32	315-400	46	354-420	-	-	-	-	46	355-425	46	455-425	
P54	300-355	-	-	54	297-394	1	351	P50	336	54	300-355	54	300-355	
P60	250-300	25	250-315	60	250-297	-	-	P60	269	60	250-300	60	250-300	
P70	212-250	20	200-250	70	210-250	-	-	-	-	70	212-250	70	212-250	обычное ошкуривание, зашкуривание штукатурки, первичная зачистка старой краски
P80	180-212	-	-	80	177-210	-	-	P80	201	80	180-212	80	180-212	
P90	150-180	16	160-200	90	149-177	-	-	-	-	90	150-180	90	150-180	
P100	125-150	12	125-160	100	125-149	2/0	141	P100	162	100	125-150	100	125-150	
P120	106-125	10	100-125	120	105-125	3/0	116	P120	125	120	106-125	120	106-125	окончательная шлифовка мягких сортов дерева,
P150	75-106	8	80-100	150	74-105	4/0	93	P150	100	150	75-106	150	75-106	
P180	63-90	6	63-80	180	63-88	5/0	78	P180	82	180	63-90	180	63-90	
P220	53-75	-	-	220	53-74	6/0	66	P220	68	220	53-75	220	53-75	окончательная шлифовка, шлифовка перед покрытиями, сухая шлифовка

Продолжение приложения Б

мелкозернистые (microgrid)														
ISO(77) нов. ГОСТ	мкм	ГОСТ 3647	мкм	ANSI (77) CAMI UAMA	мкм	ста- рый ряд	мкм сред	FEP A (93)	мкм	JIS (83)	мкм	GB2 477	мкм	Назначение шлифоваль- ной бумаги
P240	56,5- 60,5	5	50- 63	-	-	-	-	P240	56,6- 60,5	240	56- 64	W63	50-63	окончательная шлифовка, шлифовка пе- ред между покры- тиями, качество по- верхности не указано, сухая шли- фовка
P280	50,2- 54,2	-	-	240	50- 53,5	7/0	53,5	P280	50,2- 54,2	280	49- 55	-	-	
P320	44,7- 47,7	4	40- 50	-	-	-	-	P320	44,7- 47,7	320	43,5- 48,5	W50	40-50	
P360	39-42	-	-	280	40,5- 44	8/0	44	P360	39-42	360	38- 42	-	-	
P400	33,5- 36,5	3 = M40	28- 40	320	32,5- 36	9/0	36	P400	33,5- 36,5	400	32- 36	W40	28-40	полировка фи- нальных покрытий, шлифовка ме- жду покрасками, влажная (мок- рая) шлифовка
P500	28,7- 31,7	M28	20- 28	-	-	-	-	P500	28,7- 31,7	500	26- 30	W28	20-28	
P600	24,8- 26,8	-	-	360	25,8- 28,8	-	-	P600	24,8- 26,8	600	22,5- 25,5	-	-	
P800	20,8- 22,8	-	-	400	20,6- 23,6	10/0	23,6	P800	20,8- 22,8	700	19,7- 22,3	-	-	
P1000	17,3- 19,3	M20	14- 20	500	16,7- 19,7	-	-	P100 0	17,3- 19,3	800	17- 19	W20	14-20	шлифовка ме- талла , шлифовка пла- стиков, шлифовка ке- рамики, влажная (мок- рая) шлифовка
P1200	14,3- 16,3	-	-	600	13- 16	-	-	P120 0	14,3- 16,3	1000	14,5- 16,5	-	-	
P1500	9,5- 11,1	M14	10- 14	-	-	-	-	P150 0	11,6- 13,6	1200	12- 14	W14	10-14	еще более тонкая шлифовка
P2000	8,5- 10,5	-	-	800	9,8- 12,3	-	-	P200 0	9,5- 11,1	1500	9,5- 11,5	-	-	
P2500	7,9- 9,1	M10	7-10	1000	6,8- 9,3	-	-	P250 0	7,9- 8,9	2000	7,8- 9,2	W10	7-10	
-	-	-	-	1200	4,5- 6,5	-	-	-	-	2500	6,3- 7,7	-	-	
-	-	M7	5-7	-	-	-	-	-	-	3000	5,2- 6,2	W7	5-7	
-	-	M5	3,5-5	-	-	-	-	-	-	-	-	W5	3,5-5	

Приложение В

Значения критерия Стьюдента при доверительной вероятности

$$P = 0,95$$

<i>f</i>	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>t</i>
1	12,71	9	2,26	17	2,11	25	2,06
2	4,30	10	2,23	18	2,10	26	2,06
3	3,18	11	2,20	19	2,09	27	2,05
4	2,78	12	2,18	20	2,09	28	2,05
5	2,57	13	2,16	21	2,08	29	2,05
6	2,45	14	2,14	22	2,07	30	2,04
7	2,37	15	2,13	23	2,07	40	2,02
8	2,30	16	2,12	24	2,06	60	2,00

Значения критерия Кохерна при доверительной вероятности

$$P = 0,95$$

<i>N</i>	<i>f = k - 1</i>			
	1	2	3	4
2	0,999	0,998	0,939	0,906
3	0,967	0,871	0,798	0,746
4	0,907	0,768	0,684	0,628
5	0,841	0,684	0,598	0,544
6	0,781	0,616	0,532	0,480
7	0,727	0,561	0,480	0,431
8	0,680	0,516	0,438	0,391
9	0,639	0,478	0,403	0,358
10	0,602	0,445	0,373	0,331
12	0,541	0,392	0,326	0,288
15	0,471	0,335	0,276	0,242
20	0,389	0,271	0,221	0,191

Приложение Г

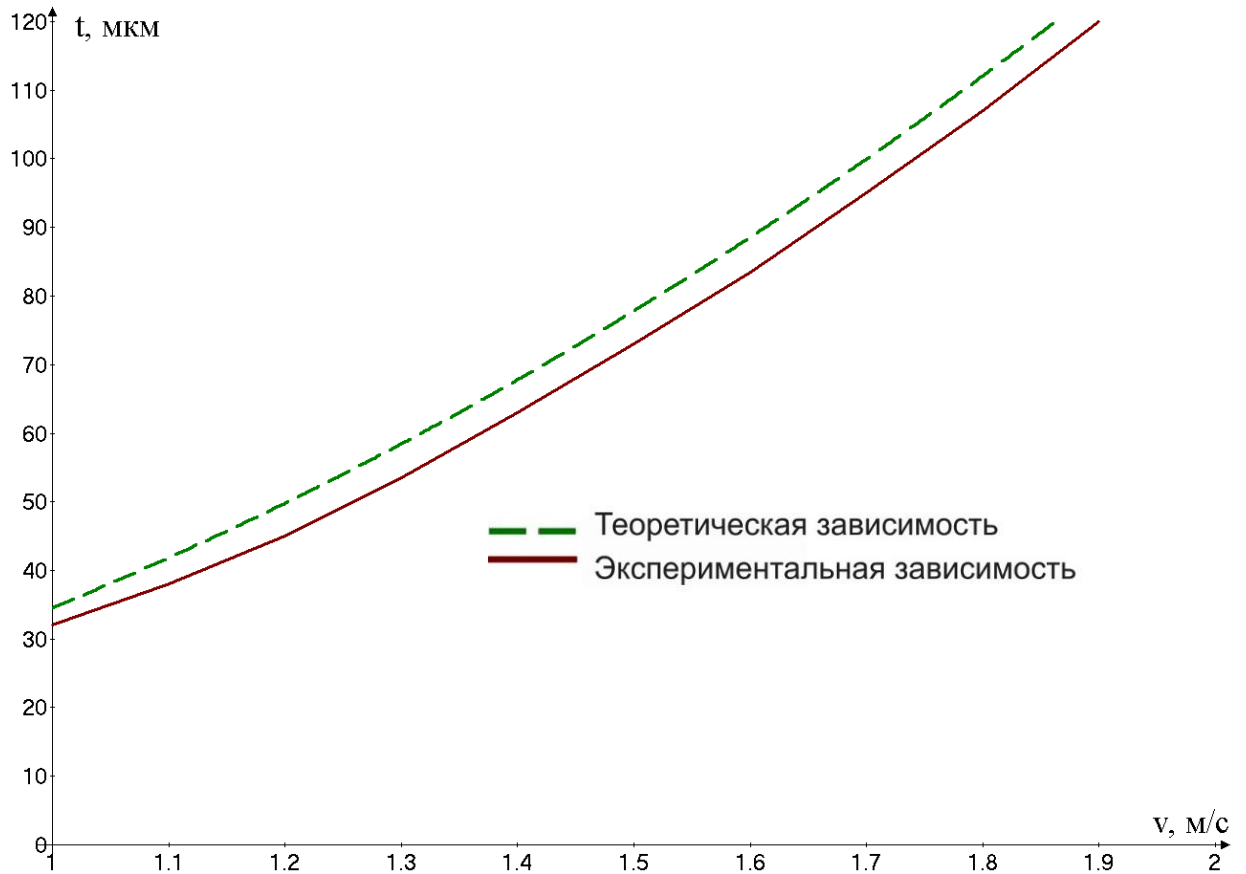
Значения критерия Фишера при доверительной вероятности $P = 0,95$

f_1											
f_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	245.95
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.20

Приложение Д

$$t = \frac{2a \cdot T^2 \cdot \theta_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}} \cdot d_{\text{попер}}}{S \cdot d_{\text{р}} \cdot \lambda} = \frac{2 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} \cdot 13^2 \cdot \theta_{\text{л}}^2 \cdot 630 \cdot 0,01}{400 \cdot 50 \cdot 0,001} \cdot 10^3 = 34,6 \cdot \theta_{\text{л}}^2$$

$S=400\text{мм}^2$ – площадь рабочей поверхности ножа



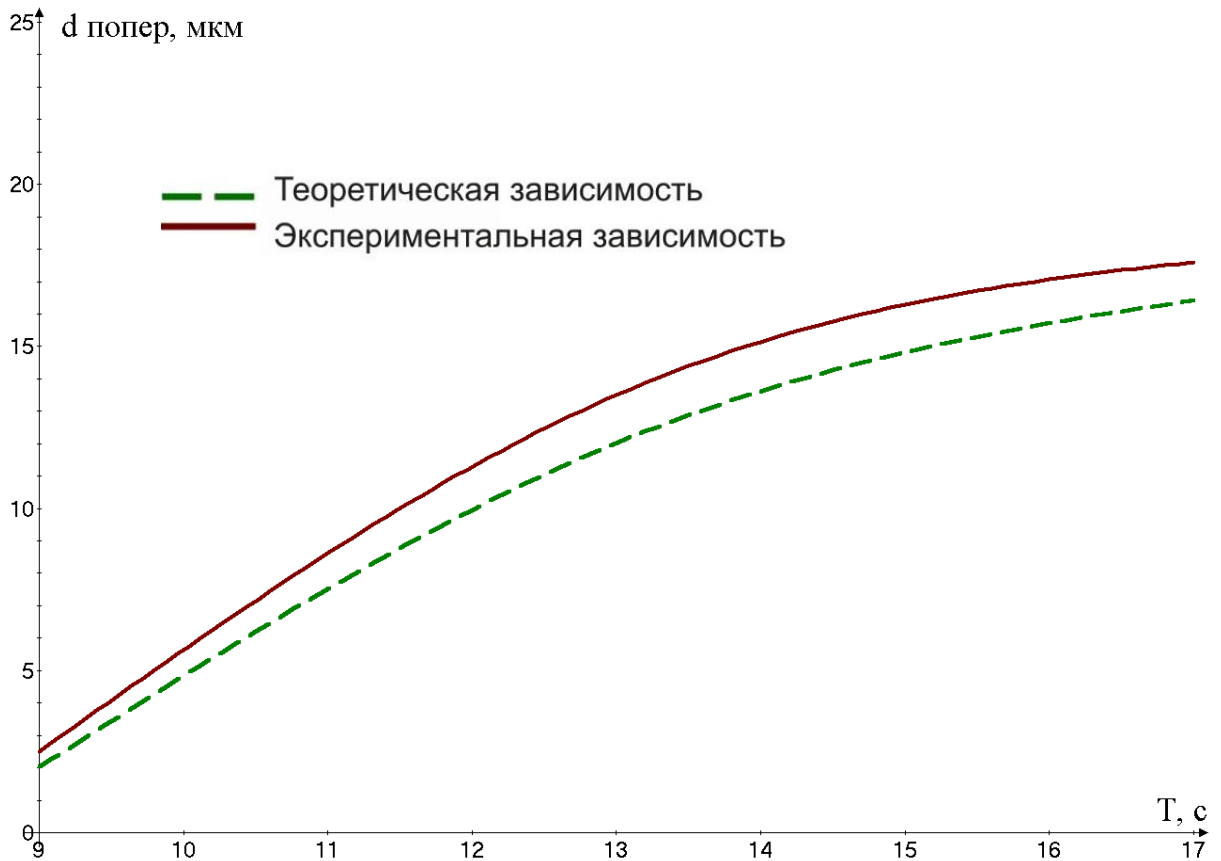
Экспериментальная и теоретическая зависимости фактической глубины шлифования t от скорости абразивной ленты v при заточке ножа

Приложение Е

$$d_{\text{попер}} = \frac{t \cdot S \cdot d_p \cdot \lambda}{2a \cdot T^2 \cdot \theta_{\text{д}}^2 \cdot l_{\text{д}}} = \frac{0,095 \cdot 400 \cdot 50 \cdot 0,08}{2 \cdot a \cdot T^2 \cdot 1700^2 \cdot 630} \cdot 10^3 = \frac{0,04}{a \cdot T^2}, \text{ мкм}$$

где $a = (2R - h) - R \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_{\text{попер}}}{2R} \right)^2} \right)$ (рисунок 2.6).

При зернистости $2R=60 \pm 5$ мкм глубина залегания зерен $h = 20$ мкм



Экспериментальная и теоретическая зависимости диаметра площадок износа зерен от продолжительности заточки ножа

Приложение Ж

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРИВЕДЕНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ

Коэффициенты отдаления и приведения (при нормативе для приведения разновременных затрат $E_{\text{нп}} = 0,08$)

Единицы лет, T	Коэффициенты отдаления, t =					Коэффициенты приведения, $\Theta = (1 + E_{\text{нп}})^T$				
	$\frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^T}$									
	Десятки лет					Десятки лет				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
0	1	0,463	0,215	0,099	0,046	1	2,159	4,663	10,067	21,733
1	0,926	0,429	0,199	0,092	0,043	1,08	2,332	5,036	10,872	23,472
2	0,858	0,307	0,184	0,085	0,039	1,166	2,519	5,439	11,742	25,350
3	0,794	0,368	0,170	0,079	0,036	1,259	2,721	5,874	12,681	27,378
4	0,735	0,340	0,158	0,073	0,034	1,360	2,939	6,344	13,695	29,568
5	0,681	0,315	0,146	0,068	0,031	1,469	3,174	6,852	14,791	31,933

Коэффициенты приведения к большему сроку службы $m = \sum_{i=0}^y (\tau)^i$ при нормативе для приведения разновременных затрат $E_{\text{нп}} = 0,08$ и $t_2 > t_1$

$y = \left(\frac{t_2}{t_1} - 1 \right)$	Значение коэффициента приведения m при сроке службы t_1 , лет													
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,1	1,086	1,073	1,063	1,054	1,046	1,032	1,022	1,015	1,010	1,007	1,005	1,003	1,002	1,001
0,2	1,172	1,147	1,126	1,108	1,093	1,063	1,043	1,029	1,020	1,014	1,009	1,006	1,004	1,002
0,3	1,257	1,221	1,189	1,162	1,139	1,095	1,065	1,044	1,030	1,020	1,014	1,009	1,006	1,003
0,4	1,343	1,294	1,252	1,216	1,186	1,126	1,086	1,058	1,040	1,027	1,018	1,012	1,008	1,004
0,5	1,429	1,368	1,316	1,271	1,232	1,158	1,108	1,073	1,050	1,034	1,023	1,016	1,011	1,005
0,6	1,515	1,441	1,379	1,325	1,278	1,190	1,129	1,088	1,060	1,041	1,028	1,019	1,013	1,006
0,7	1,601	1,515	1,442	1,379	1,325	1,221	1,151	1,102	1,070	1,048	1,032	1,022	1,015	1,007
0,8	1,686	1,588	1,505	1,433	1,371	1,253	1,172	1,117	1,080	1,054	1,037	1,025	1,017	1,008
0,9	1,772	1,662	1,568	1,487	1,418	1,284	1,194	1,131	1,090	1,061	1,041	1,028	1,019	1,009
1,0	1,858	1,735	1,630	1,540	1,463	1,315	1,215	1,146	1,100	1,068	1,046	1,031	1,021	1,010
2,0	2,593	2,276	2,029	1,833	1,676	1,415	1,261	1,167	1,110	1,073	1,048	1,032	-	-
3,0	3,225	2,672	2,277	1,990	1,776	1,445	1,271	1,170	-	-	-	-	-	-
4,0	3,766	2,964	2,435	2,075	1,822	1,455	1,273	-	-	-	-	-	-	-
5,0	4,230	3,179	2,535	2,121	1,843	1,458	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание . При сроке эксплуатации $t_{\text{сл}} = 75$ лет и более коэффициент $T = 12,461$.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор университета по
научной работе
д. с-х. н., профессор Петров В.В.

«18» _____ 2013 г.



УТВЕРЖДАЮ
ген. директор ООО «Никольская СХТ»
Ларьков В.И.

«09» _____ 2013 г.



Акт внедрения научно-исследовательской работы

Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар стригальных машинок
наименование работы

«11» сентября 2013 г. комиссия в составе: представителей х-ва начальника про-
изводства Липатова В.М., инженера Куликова В.Д.
должность, фамилия, имя, отчество

и представителей ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный универси-
тет» д.т.н., профессора кафедры «Механизация технологических процессов в агропро-
мышленном комплексе» Позднякова В.Д., инженера Драницина Д.Ю.
составила настоящий акт о том, что в ООО «Никольская СХТ» Сакмарского р-на Оренбург-
ской обл.
наименование предприятия, хозяйства

внедрен Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар стригальных
машинок
наименование процесса, материала, машины и т.д.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы В 2013 году был внедрен точильно-
доводочный аппарат для осуществления заточки режущих пар стригальных машинок
2. Технико-экономические показатели внедрения В 1,5 раза сокращается время на заточку гре-
бенки, в 2 раза сокращается время на заточку ножа. В процессе стрижки овец продолжи-
тельность работы до затупления режущей пары, заточенной на точильно-доводочном
аппарате, увеличивается на 4 головы,
3. Предложения о дальнейшем внедрении работы и др. замечания: Точильно-доводочный аппарат
для заточки режущих пар стригальных машинок предлагается внедрить на предпри-
ятиях, занимающихся разведением и стрижкой овец шерстных пород, на предприяти-
ях, занимающихся заточкой режущих элементов стригальных машинок, а также в
ремонтных мастерских хозяйств.

Представители ФГБОУ ВПО ОГАУ

В.Д. Поздняков /Поздняков В.Д./
Д.Ю. Драницин /Драницин Д.Ю./

Представители ООО «Никольская СХТ»

В.М. Липатов /Липатов В.М./
В.Д. Куликов /Куликов В.Д./

УТВЕРЖДАЮ
Проректор университета
научной работе
д. с-х. н., профессор Гетрова Т. В.

«18» 09 2013 г.



УТВЕРЖДАЮ
Ген. директор ООО «КХ им. Калинина»
Семенов В.И.

«7» 11 2013 г.



Акт внедрения научно-исследовательской работы

Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар стригальных машинок
наименование работы

«7» ноября 2013 г. комиссия в составе: представителей хозяйства генерального директора Семенова В.И., инженера Попова А.В.

должность, фамилия, имя, отчество

и представителей ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» д.т.н., профессора кафедры «Механизация технологических процессов в агропромышленном комплексе» Поздняков В.Д., инженера Драницина Д.Ю.

составила настоящий акт о том, что в ООО «КХ им. Калинина» Саракташского р-на Оренбургской обл.

наименование предприятия, хозяйства

внедрен Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар стригальных машинок

наименование процесса, материала, машины и т.д.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы В 2013 году был внедрен точильно-доводочный аппарат для осуществления заточки режущих пар стригальных машинок

2. Технико-экономические показатели внедрения В 1,5 раза сокращается время на заточку гребенки, в 1,8 раза сокращается время на заточку ножа. В процессе стрижки овец продолжительность работы до затупления режущей пары, заточенной на точильно-доводочном аппарате, увеличивается на 4 головы.

3. Предложения о дальнейшем внедрении работы и др. замечания: Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар стригальных машинок предлагается внедрить на предприятиях, занимающихся разведением и стрижкой овец шерстных пород, на предприятиях, занимающихся заточкой режущих элементов стригальных машинок, а также в ремонтных мастерских хозяйств.

Представители ФГБОУ ВПО ОГАУ

Поздняков В.Д./
Драницин Д.Ю./

Представители хозяйства

Попов А.В./



ДИПЛОМ

победителя областной выставки
научно-технического творчества молодежи
«НТТМ-2013»
награждается

Драницин Денис Юрьевич

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»

за проект

*«Точильно-доводочный аппарат для заточки режущих пар
стригальных машинок»*

Руководитель: Поздняков Василий Дмитриевич

Министр образования
Оренбургской области



г. Оренбург
2013 г.

В.А. ЛАБУЗОВ



XII Всероссийская выставка
**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ**

Уважаемый Францишн Д.Ю!

Информируем Вас о том, что по итогам конкурсной программы выставки НТТМ-2013 Вы стали претендентом на получение премии «Победитель» по поддержке талантливой молодежи приоритетного национального проекта «Образование».

Для получения премии Вам необходимо оформить и предоставить в дирекцию Выставки НТТМ-2013 перечень следующих документов:

1. **Заявление** на получение премии в соответствии с приложенным образцом (оригинал) в пункте адрес необходимо указать адрес места проживания и подтвердить его копией страницы паспорта или копией свидетельства о регистрации

2. **Копию паспорта** 2-3 и 5 страницы

3. Ксерокопия сберегательной книжки или банковской карты, открытых исключительно в Сберегательном банке РФ. Сберегательная книжка/карта должна быть зарегистрирована на кандидата.

а). **Сберкнижка:** четкий оттиск страницы сберкнижки с номером лицевого счета, отделения Сберегательного банка России, с фамилией, именем, отчеством кандидата

б). **Банковская карта:** четкий оттиск лицевой стороны карты, копия договора на получение карты или справка с банка с указанием ЛИЦЕВОГО СЧЕТА, соответствующего номеру карты.

4. **Реквизиты** отделения Сбербанка РФ, в котором открыта сберкнижка/карта (выдается банком по просьбе владельца)

5. **Справка** из учреждения образования или места работы организации, которую Вы представляли на выставке НТТМ-2013 с синей гербовой печатью! Справка должна быть оформлена не ранее 20 июня.

Документы необходимо предоставить в дирекцию выставки НТТМ в срок до 20 июля 2013 года!

для региональных участников - направить пакет документов почтой России 1 классом по адресу: 129223, Россия, г. Москва, проспект Мира, домовл. 119, ОАО «ГАО ВВЦ», стр. 206, Управление организации выставочных мероприятий

для московских участников - предоставить комплект документов по адресу: м. ВДНХ, пр-т Мира, домовладение 119, территория ВВЦ, строение № 206, Управление организации выставочных мероприятий ОАО «ГАО ВВЦ»

Время работы: Пн-Чт с 9.00 до 18.00, Пт 9.00 - 16.00, Обед с 13.00 до 14.00

Копию пакета документов необходимо направить на e-mail: nttm@Vvcnet.ru

Обязательно удостовериться в получении документов организаторами выставки НТТМ-2013 по телефону: (495) 748-3471

Дирекция Выставки НТТМ

<http://www.nttm-expo.ru>

Управление организации выставочных мероприятий
129223, Москва, проспект Мира, дом. 119, ОАО «ГАО ВВЦ»
тел.: (495) 748-34-17, факс 748-34-71

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Башкирский государственный аграрный университет»**

ДИПЛОМ

награждается

*Драницин
Денис Юрьевич*

*принявший активное участие
во II туре Всероссийского конкурса
на лучшую научную работу
среди студентов, аспирантов и
молодых ученых в
номинации «Технические науки»*

Ректор



И.И. ГАБИТОВ

25 апреля 2013г.