

С.С.Ходыко, Н.П.Малашенко, Э.П.Сорокин, кандидаты технических наук;

В.М.Колончук, инженер

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ОВЦЕВОДСТВА

Овцеводство в Беларуси исторически развивалось и являлось существенным подспорьем в питании, одежде и лечении людей. Овца является неприхотливым животным, у которого существенно выше выход продукции на единицу корма, чем у других животных. Поэтому в последнее время у населения поголовье овец возросло более чем в три раза. В то же время в государственном секторе наблюдается резкое сокращение и даже ликвидация поголовья овец. Проведенные исследования показали на субъективный характер причин снижения поголовья овец в колхозах и совхозах. Процесс ликвидации поголовья в государственном секторе не является естественным, неизбежным и необратимым. Все дело в формах ведения овцеводства, заинтересованности получения прибыли и ответственности за принимаемые решения. Другие государства смогли развить овцеводство и заполнить рынок товарами и оборудованием.

Одним из самых трудоемких процессов в овцеводстве является стрижка овец, проводимая в строго сжатые зоотехнические сроки, ибо непродолжительные по времени задержки приводят к невосполнимым потерям шерсти. Низкая надежность и работоспособность выпускаемого оборудования для стрижки овец влечет за собой дополнительные трудовые ресурсы в период напряженных сельскохозяйственных работ и повышенное энергопотребление. По данным машиноиспытательных станций, специализирующихся на испытаниях стригального оборудования, продолжительность отыскания и устранения отказов составляет от 76,7 % до 6,4 % чистой работы в результате потери работоспособности. Наблюдается превышение сверх допустимых норм температуры и вибрации. Превышение допустимых норм температуры корпуса приводит к ожогу овцы и руки

стригалия. Вибрация больших амплитуд, но малых частот может вызвать смещение отдельных органов, а вибрация малых амплитуд, но больших частот действует преимущественно на нервные окончания и является причиной возникновения вибрационной болезни, что требует дополнительных затрат на излечение от профзаболеваний.

Существенно снизить расход топливно-энергетических ресурсов при стрижке овец и уменьшить или ликвидировать эти недостатки за счет совершенствования конструктивных параметров основного рабочего инструмента стригалия – стригальной машинки, способов и средств ее технического обслуживания и ремонта. На основании проведенных исследований разработаны два основных направления снижения ТЭР.

Первое направление – совершенствование конструктивных параметров.

1. Для уменьшения опасных сечений деталей и исключения статической неопределимости механизма привода и размыкания ножа с гребенкой, что приводит к заземлению шерсти или травмированию окружающих, предложены различные варианты дополнительной установки упругого элемента (рис. 1). В данном случае уменьшаются допускаемые перегрузки электродвигателя по мощности. Существующие конструкции увеличивают мощности привода на 6 % и более, а это приводит к значительным перегрузкам и выходу из строя электропривода, так как при повторно-кратковременном режиме работы существующий электропривод допускает перегрузки до 50 % 5.

Существующий диапазон изменения усилий прижима ножа к гребенке и конструктивное оформление деталей передаточного механизма приводят к недостаточно высокому запасу прочности упругого элемента, определяемого по формуле 1.

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{\tau_{\text{mix}}}{2\tau_l} \left[ 5 + \varepsilon + \frac{2\tau_0}{\tau_l} - 1 \right] \cdot (1 - \varepsilon),$$

где  $\lambda_2$  – запас прочности пружины;

$\tau_{\text{mix}}$  – максимальное напряжение кручения;

$\tau_l$  – предел прочности материала при сдвиге;

$\tau_0$  – касательные напряжения;

$\varepsilon$  – коэффициент, характеризующий цикл изменения напряжений.

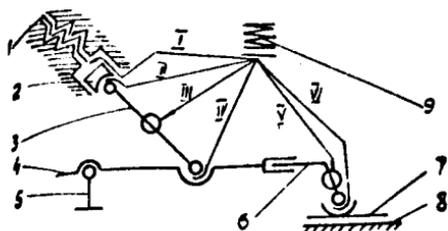
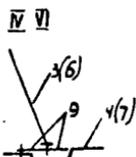
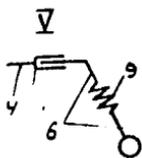
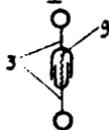


Рис. I. Кинематические схемы исключения статической неопределенности механизма привода и замыкания ножа с гребенкой:

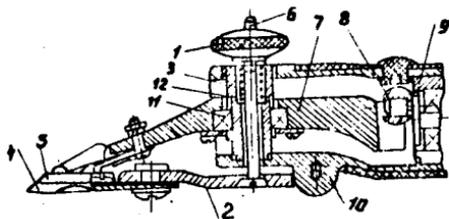
I - регулировочная гайка; 2 - нажимной патрон; 3 - укороченный стержень; 4 - рычаг; 5 - центр качания; 6 - нажимные лапки; 7 - нож; 8 - гребенка; 9 - упругий элемент.



Более рациональной является конструкция передаточного механизма с установкой неподвижно в вертикальной плоскости рычага на опоре трения качения, а регулирование нагрузки на режущую пару осуществляется неподвижной системой посредством прижима гребенки к ножу (рис. 2).

Рис. 2. Совершенствование механизма регулирования нагрузки на режущую пару:

I - регулировочная гайка; 2 - нажимная пластина; 3 - упругий элемент; 4 - гребенка; 5 - нож; 6 - винт; 7 - рычаг; 8 - ролик; 9 - кривошип; 10 - корпус; 11 - подшипник; 12 - втулка.



2. Стабилизация скорости движения ножа и уменьшение времени его холостого хода в одном из крайних положений достигается конструкцией передаточного механизма (рис. 3) с дополнительной парой некруглого зацепления, характеризующегося нелинейной зависимостью между углами поворота ведущего и ведомого звеньев, то есть передачи с мгновенным переменным передаточным отношением скорости  $i$ .

$$i_{12} = \frac{\omega_{\text{ведущ}}}{\omega_{\text{ведом}}} = \frac{1}{f'(\varphi_1)},$$

где  $i_{12}$  - передаточное отношение;  
 $\omega$  ведущ,  $\omega$  ведом - угловые скорости ведущего и ведомого звеньев;  
 $f'(\varphi_1)$  - функция передаточного числа ведущей шестерни.

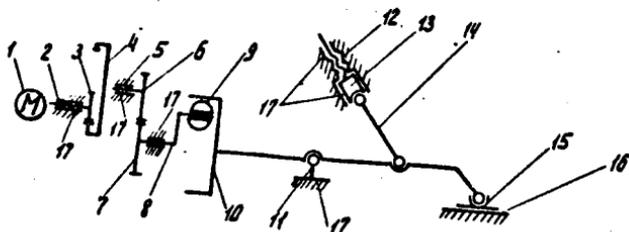


Рис. 3. Кинематическая схема стригальной машинки с дополнительной парой некруглого зацепления:

1 - электродвигатель; 2, 5, 17 - корпус; 3 - вал-шестерня; 4 - шестерня внутреннего зацепления; 6, 7 - ведущая и ведомая некруглые шестерни; 8 - кривошип; 9 - ролик; 10 - рычаг; 11 - центр качания; 12 - регулировочная гайка; 13 - нажимной патрон; 14 - упорный стержень; 15 - нож; 16 - гребенка.

Зубчатая пара некруглого зацепления устанавливается таким образом, что в одном из крайних положений ножа ведущая шестерня большой полуосью соприкасается с малой полуосью ведомого колеса.

3. Для снижения величины опрокидывающего момента рычага рекомендуется установить кривошип в плоскости его движения (рис. 4). Это позволит уменьшить динамическую нагрузку и износ опорных поверхностей.

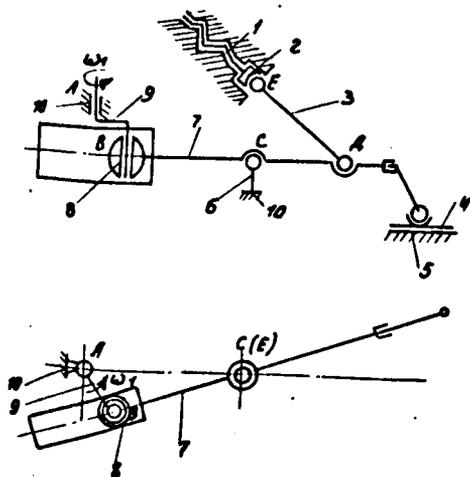


Рис. 4. Кинематическая схема исключения опрокидывающего момента рычага:

- 1 - регулировочная гайка;
- 2 - нажимной патрон;
- 3 - упорный стержень;
- 4 - нож;
- 5 - гребенка;
- 6 - центр качания;
- 7 - рычаг;
- 8 - ролик;
- 9 - кривошип;
- 10 - корпус.

4. Гироскопический момент ролика определяется выражением 3

$$M_{гир} = \frac{J}{60} \cdot \frac{\gamma}{g_{гир}} \cdot d_{ср}^4 \cdot \omega_0^2 \cdot D' \cdot \sin \varphi_p,$$

- где
- $\gamma$  - плотность материала ролика;
  - $g_{гир}$  - гравитационная константа;
  - $d_{ср}$  и  $D'$  - средний и наружный диаметры окружностей контакта ролика;
  - $\omega$  - угловая скорость центра тяжести ролика;
  - $\varphi_p$  - угол наклона оси вращения ролика по отношению к оси кривошипа.

Ролик должен быть выполнен с эллипсообразной рабочей поверхностью, большая полуось которого расположена вдоль цилиндрического паза хвостовика рычага, что уменьшит естественный износ рабочих поверхностей ролик-рычаг-кривошип.

5. Для повышения электробезопасности обслуживающего персонала и времени использования источника питания разработан принципиально новый пневмопривод для стригальных машинок (рис. Он имеет на противоположном ношу плече рычага камеру и соосно внутри ее пневмокамеру с тангенциальными отверстиями для приводимым сжатым воздухом шариков, количество которых не должно превышать половины объема камеры. Так как устойчивость рычага, установленного на опоре трения качения не одинакова в осевом и радиальном направлениях, то он под действием центробежной силы шариков совершает возвратно-качательные движения относительно оси его качания. Требуемая частота вращения шариков обеспечивается как давлением воздуха, так и количеством тангенциальных отверстий, а также расходом воздуха, определяемым величиной зазора между стенками камеры.

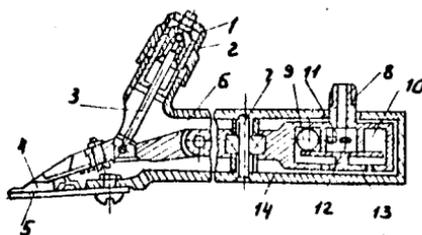


Рис.5. Стригальная машинка с пневмоприводом:

1 - регулировочная гайка; 2 - нажимной патрон; 3 - упорный стержень; 4 - нож; 5 - гребенка; 6 - рычаг; 7 - ось вращения; 8 - штуцер; 9 - шарик; 10 - камера; 11 - пневмокамера; 12 - отверстие тангенциальное; 13 - отверстие для выхода отработанного воздуха.

Второе направление – совершенствование способов и средств технического обслуживания и ремонта.

Существенное влияние на расход топливно-энергетических ресурсов оказывает работоспособность стригальных машинок, поддерживаемая обслуживающим персоналом за счет качественного и своевременного технического обслуживания.

#### I. Диагностирование технического состояния

Информацию о техническом состоянии любого устройства можно получить по параметрам рабочих процессов объектов диагностирования.

До настоящего времени техническое состояние стригальных машинок определяется по шуму, что зависит от индивидуальных способностей обслуживающего персонала, и с помощью разборочно-монтажных, дефектовочных и сборочно-регулирующих операций. В последнем случае требуются соответствующие оборудование с оснасткой и материалами, энергоресурсы и трудоемкость. Практический интерес представляет разработанное устройство для безразборного диагностирования технического состояния стригальных машинок. За параметр рабочего процесса взята неподвижность ножа в одном из крайних положений при перемене направления движения, как обладающая диагностическим признаком. Математическим ее выражением является угол мертвого хода 4 .

$$\theta = \arccos \frac{l_2 - l_3}{l_2} ,$$

где  $l_2$  и  $l_3$  – величины кривошипа и зазора в кинематической цепи, "кривошип-ролик-цилиндрический паз хвостовика рычага".

Устройство состоит из основания I (рис. 6), с двух сторон которого установлены в крайнем положении опоры 3 ножа инструмента, закрепленные на осях 2 кулачков с рукоятками 4 для крепления инструмента за гребенку; стержня 5 с рукояткой для жесткого соединения его с валом инструмента; указателя 6, жестко закрепленного на стержне 5, и измерительной шкалы 7, выполненной съемной и имеющей отверстие для свободного размещения в ней

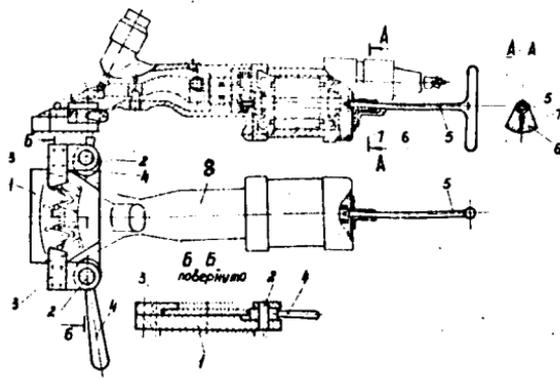


Рис. 6. Схема устройства для безразборного диагностирования технического состояния ручного электромеханизированного инструмента для стрижки овец:

1 - основание; 2 - ось; 3 - упор ножа; 4 - кулачок с рукояткой; 5 - стержень; 6 - указатель; 7 - шкала; 8 - ручной электромеханизированный инструмент для стрижки животных.

стержня. Шкала выполнена из магнитного материала для крепления ее к металлическому корпусу инструмента. Стержень 5 изготавливается из диэлектрического материала. Шкала имеет градуировку в процентном снижении работоспособности инструмента.

Устройство работает следующим образом: в стригальной машинке посредством приводного вала ее нож устанавливается в крайнее положение на основание 1 таким образом, что нож соприкасается с упором 3 и посредством кулачков с рукоятками 4, установленных на осях 2, закрепляется за гребенку. С торцевой стороны электродвигателя машинка относительно ее приводного вала снабжена шкалой 7 симметрично торцу электродвигателя таким образом, что бы ее отверстие совпадало с прорезью приводного вала. В прорезь приводного вала устанавливается стержень 5 с жестко закрепленным на нем указателем 6. За рукоятку стержень 5 поворачивается до упора в одну сторону. Совмещается нулевое деление шкалы 7 с указателем 6. Затем стержень 5 поворачивается в обратную сторону до упора и указатель 6 укажет на шкале 7 искомую величину, которая сравнивается с допустимой. Допустимое значение искомой величины имеет специальную отметку на шкале.

Применение устройства повышает производительность труда при техническом обслуживании аналогичного класса машин. Использование его как экспресс-метода выходного контроля на заводе-изготовителе и входного контроля у потребителя расширяет область использования.

## 2. Заточка режущих пар.

В сезон стрижки овец одни стригали остригают одной режущей парой большое количество овец без ее переточки. Другие - наоборот, причем, различие в обоих случаях существенно. Анализ работы стригального пункта показал, что одним из основных факторов, влияющих на производительность стригалей является заточка режущих пар (ножей и гребенок). У малоквалифицированных заточников в процессе заточки наблюдается пережег и неравномерная по ширине режущей пары заточка. Пережег режущей пары, из-за превышения допустимого на ее усилия ( $12 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup> для ножа и  $25 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup> для гребенки) и времени заточки (15-20 с для ножа и 20-25 с для гребенки) ведет к потере твердости и последующему выходу из строя. Неравномерная по ширине режущей пары заточка затрудняет равномерный прижим ножа к гребенке. Это приводит, с одной стороны, к заземлению шерсти, а с другой стороны - к заклиниванию механизма.

До сих пор режущие пары машинок для стрижки животных затачиваются на точильных аппаратах ТА-1 и ДАС-350 с торцевой рабочей поверхностью вращающегося обрабатывающего инструмента. Аппараты укомплектованы держателем режущей пары, подвешенном на стойке при помощи тяги. В устройстве отсутствует фиксированная нагрузка на режущую пару и она зависит от опыта заточника.

Анализ формулы удельных сил трения скольжения применительно к заточке режущих пар на существующем оборудовании имеет вид

$$A_i = -q \cdot f_{\text{тр}} \cdot v_i \cdot t = -q \cdot f_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot l_i \cdot t,$$

где  $A_i$  - работа удельных сил трения скольжения в  $i$ -й точке ширины режущей пары;

- $q$  - удельная распределенная нагрузка;
- $f_{тр}$  - коэффициент трения скольжения режущей пары о заточной диск;
- $V_i$  - линейная скорость вращения заточного диска в  $i$ -й точке ширины режущей пары;
- $\omega$  - угловая скорость вращения заточного диска;
- $l_i$  - расстояние от центра вращения заточного диска до  $i$ -й точки ширины режущей пары;
- $t$  - время заточки.

Неравномерная по ширине заточка снижает продолжительность эксплуатации режущей пары и создает предпосылки статической неопределенности стригальной машинки.

Исследования показали, что для качественной заточки необходимо держатель режущей пары снабдить динамометрической рукояткой для создания требуемого усилия прижима, а точку приложения усилия смещать из центра ширины режущей пары в сторону вращения центра заточного диска на величину

$$x = \frac{q \cdot l^2}{2R + l};$$

- где  $l$  - ширина режущей пары (ножа или гребенки);
- $R$  - расстояние от центра вращения заточного диска до начала ширины режущей пары.

Разработан экспериментальный образец держателя режущих пар (рис. 7), который имеет динамометрическую рукоятку с отметкой пределов усилий прижима ножа и гребенки к заточному диску и штифты для установки ножа или гребенки, взаимосвязанные с противоположных сторон маховичками. Один маховичок имеет ось, входящую в соответствующее для ножа и гребенки гнездо замка.

При заточке режущих пар на заточных аппаратах ТА-1 и ДАС-350 наблюдается повышенный расход наждачной пасты из-за ее разбрызгивания в плоскости вращения заточного диска. Исследовано снижение расхода наждачной пасты и предложена оптимальная конфигурация экрана 4 (рис. 8), позволяющая собирать разбрызгиваемую пасту и транспортировать ее в корыто 2 заточного аппарата под действием силы тяжести.

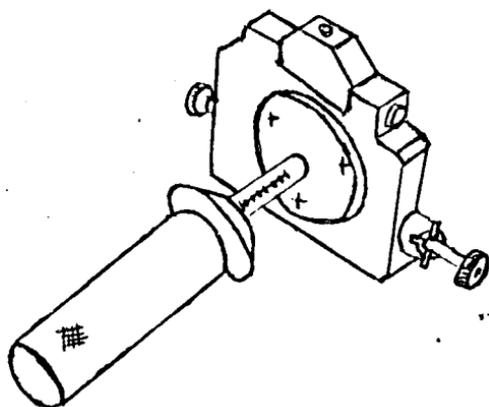


Рис.7. Общий вид держателя для заточки режущих пар машинок для стрижки животных.

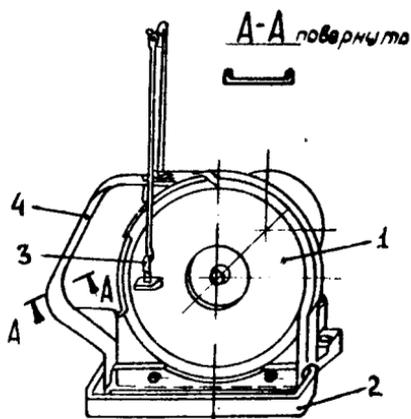


Рис.8. Общий вид устройства для заточки режущих пар:  
1 - заточной диск; 2 - корыто; 3 - режущая пара (нож); 4 - защитный экран.

Использование данных разработок в производстве повысит производительность труда, снизит себестоимость стрижки шерсти при значительном повышении культуры производства и экологического состояния (табл. I).

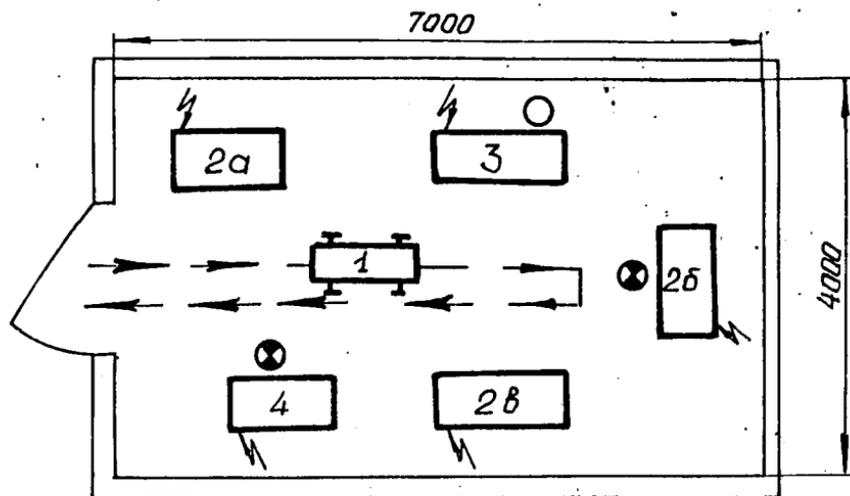
Таблица I  
Технико-экономические показатели стрижки овец

Показатели	Единица измерения	Численные значения оборудования		
		существующее	предлагаемое	экономия
1. Количество остриженных овец	гол.	3000	3000	-
2. Количество стригалей	чел.	6	6	-
3. Продолжительность смены	ч	10	10	-
4. Номинальная мощность привода стригальной машинки	кВт	0,115	0,115	-
5. Производительность стригалы	гол/ч	8,5	10,6	2,1
6. Потери шерстной сечки на:	кг			
голову		0,025	0,018	0,007
стадо		75,0	54,0	21,0
7. Расход электроэнергии на:	кВт.ч			
одну стригальную машинку за сезон стрижки		1,67-1,86	0,9-1,18	0,77-0,68
стригальный агрегат ЭСА-12/200 за сезон		20,04-22,32	10,8-14,16	9,24-8,16
8. Расход электроэнергии на определение технического состояния	кВт.ч			
одной стригальной машинки		0,97-1,45	0,0-0,1	0,97-1,35
стригального агрегата ЭСА-12/200		11,64-17,40	0,0-1,2	11,64-16,20

### 3. Оборудование для ремонта.

Для ремонта стригальных машинок на специализированном участке разработан технологический процесс и необходимое оборудование. Технологическая планировка участка приведена на рис. 9 с примерной годовой программой 6000-12000 стригальных машинок на производственных площадях ремпредприятий.

В зависимости от годового объема работ количество единиц оборудования участка может меняться в соответствии с технологическим циклом.



#### Условные обозначения

-  - совмещение технологических операций;
-  - подвод электроэнергии;
-  - подвод воды;
-  - направление технологического процесса.

Рис.9. Технологическая планировка участка по ремонту стригальных машинок на производственных площадях ремонтных предприятий:

1 - стеллаж передвижной ОРГ-9140; 2 - стенд универсальный ОР-9135; 2а - стенд для разборки; 2б - стенд для сборки; 3 - установка для мойки деталей ОМ-9101; 4 - стенд для обкатки стригальных машинок КИ-9139.

В зависимости от годового объема работ количество единиц оборудования участка может меняться в соответствии с технологическим циклом.

Стеллаж передвижной ОРГ-9140 предназначен для транспортировки и временного хранения стригальных машинок. Загружается на складе ремонтного фонда и транспортируется вручную на участок, где выполняются их техническое обслуживание и текущий ремонт с последующей транспортировкой на склад готовой продукции.

Стенд универсальный ОР-9135 служит для разборки и сборки стригальных машинок, дефектации деталей и заточки режущих пар.

Установка ОМ-9101 предназначена для мойки деталей, может использоваться для консервации стригальных машинок.

На стенде КИ-9139 обкатывают одновременно три стригальных машинки МСУ-200.

Некоторое оборудование участка может использоваться в овцеводческих хозяйствах, а передвижной стеллаж и универсальный стенд в соответствующей комплектации - и для других ремонтно-технологических или сборочных работ на предприятиях-изготовителях оборудования.

Комплект данного оборудования используется в ремонтно-обслуживающих предприятиях АПК России, Казахстана, Туркмении, Кыргызстана, Болгарии и Монголии.

Совершенствование конструктивных параметров, способов и средств технического обслуживания и ремонта включает использование упругого элемента для прижатия прижима режущих пар, стабилизацию скорости движения ножа и уменьшение продолжительности его холостого хода, снижение величины опрокидывающего момента ролика и использование принципиально нового пневмопривода, а также использование технических средств диагностирования технического состояния и определения работоспособности стригальных машинок, технических приспособлений (устройств) для заточки ее режущих пар и технических устройств и оборудования для ремонта (очистки, обкатки, разборки и сборки) и хранения снижает общее энергопотребление на 0,97-1,35 кВт.ч на одну стригальную машинку или на 11,64-16,20 кВт.ч на стригальный агрегат типа ЭСА-12/200.

Внедрение предлагаемых разработок в производство позволит удовлетворить потребности внутреннего рынка энергосберегающим оборудованием и быть источником валютных поступлений от экспорта способов, средств и разработанных при этом научных идей.

### Л и т е р а т у р а

1. Борисов С.И. Теория механизмов и деталей точных приборов. - М.: Машиностроение, 1966.
2. Литвин Ф.Л. Некруглые зубчатые колеса. Проектирование, теория зацепления и производство. 2-е изд., перераб. и доп. - М-Л: Машгиз, 1956.
3. Орлов П.И. Основы конструирования. Справ.-метод. пособие ТЗ - М.: Машиностроение, 1977.
4. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978.

УДК 637.125

Н.С.Шерчук, кандидат технических наук;

В.И.Курниенко, инженер

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Институтом проведены исследования по обоснованию параметров и изысканию способов повышения надежности вакуумных насосов агрегатов индивидуального доения коров. Использовался водокольцевой насос, разработанный БелНИИагроэнерго и изготовленный Кобринским ремонтным заводом. Испытания проводились по специально разработанной программе и методике.

При работе в водокольцевой насос постоянно подается холодная вода, выполняющая различные функции:

отвод теплоты сжатого воздуха;

пополнение жидкостного кольца, из которого часть жидкости постоянно уходит вместе с сжатым газом через нагнетательное отверстие;

уплотнение торцевых зазоров между вращающимся рабочим колесом и крышками насоса;

охлаждение и смазка внутренней части сальника.