

## ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТА МАШИН ДЛЯ СЪЕМКИ ЩЕТИНЫ

Проф. А.И. Пелеев

Московский Технологический институт мясной и молочной промышленности. СССР

Съемка щетины, проводимая при убое и переработке свиней, является трудоемким, специфичным и необратимым процессом, который сопровождается разрывом связей луковицы щетины с дермой шкуры при однократном приложении нагрузки. С целью уменьшения удерживаемости и создания условий механизации этого процесса прибегают к шпарке.

## 1. Удерживаемость и способы изъятия щетины

Под удерживаемостью понимают сопротивление, оказываемое дермой шкуры при изъятии из нее щетины. Изъятие сопровождается разрывом связей, прочность которых зависит от многих причин. По нашим замерам удерживаемость в общем виде описывается зависимостью.

$$p = \frac{\ln \frac{v}{B}}{a n} \quad \text{кг/шт.} \quad (I)$$

где  $v$  — скорость изъятия щетины, в м/мин;

$a$  — постоянный параметр, зависящий от размера щетины, времени года, возраста, породы и пр., причем среднее значение его равно:  $a=33$  — для крупной,  $a = 73$  — для средней и  $a= 126$  — для мелкой щетины.

$B$  — постоянная величина, натуральный логарифм которой равен — 13,815;

$n$  — показатель ослабления удерживаемости; при изъятии без ослабления  $n = 1$ ; тоже после тепловой обработки  $n = 8 \div 10$

Охлаждение туши после шпарки приводит к восстановлению удерживаемости. Для сохранения пониженного значения  $p$ , на время

обработки тушу поливают водой, температура которой должна быть на  $6-8^{\circ}$  ниже температуры воды используемой для шпарки.

Извлечение щетины в промышленных условиях производится двумя способами: 1) путем двухстороннего охвата ее и 2) путем одностороннего контакта. Машины, снимающие щетину по первому способу, состоят из двух встречно-вращающихся валиков, где на поверхности их стыка создается тянущее усилие, преодолевающее удерживаемость ( $p$ ), силу инерции ( $p_{\text{и}}$ ) и выталкивающую силу, возникающую за счет одностороннего входа щетины в рабочую зону машины.

Пренебрегая последним сопротивлением тянущее усилие, создаваемое валиками, равно

$$F = K_0 \cdot Z \cdot l \cdot (p + p_{\text{и}}) = (1 + \gamma) K_0 \cdot Z \cdot l \cdot p_{\text{кт}} \quad (2)$$

где  $Z$  - число одновременно извлекаемых валиками щетинок, проходящих за 1 см длины валика ( $Z = 5-8$ );

$l$  - длина рабочей части валика, в см;

$K_0$  - коэффициент запаса тянущего усилия;

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий влияние инерции;

Сила взаимного прижима валиков, вызывающая требуемую тянущую силу при двухстороннем зажиме, равна

$$R = \frac{F}{2 \alpha_0 \mu} = \frac{(1 + \gamma) K_0 \cdot Z \cdot l \cdot p}{2 \alpha_0 \mu} \quad (3)$$

где  $\alpha_0$  - коэффициент использования рабочей части валиков, причем

$$\alpha_0 = \frac{d_0 \cdot Z}{l_0}$$

$d_0$  - диаметр стержня щетины в см ( $d_0 = 0,02-0,04$  см);

$l_0$  - длина валика, в см;

$\mu$  - коэффициент трения скольжения щетины по поверхности валиков.

Формула 3 дает возможность определить численное значение  $K$ .

При извлечении щетины по второму способу возможны два случая: 1) шкура не смещается по поверхности туши и при изъятии из нее щетины последняя скользит по шкуре: 2) шкура податлива и может легко смещаться по поверхности фасции, причем при извлечении щетины как шкура, так и щетина растягиваются на одинаковую величину. Так как модель упругости щетины во много раз больше модуля упругости шкуры, то одинаковое их растяжение приводит к более быстрому росту натяжения щетины, и, когда усилия, приходящиеся на щетину, превысит ее удерживаемость, она будет извлечена из шкуры.

В первом случае тянущее усилие, приходящееся на каждую щетинку, должно быть равно сумме сопротивлений: удерживаемости -  $p$ ; силе инерции -  $\mu$  и силе трения -  $p_0$ , возникающей в поверхности контакта щетины со шкурой. Откуда сила, вызывающая трение скребка о поверхность каждой щетины при изъятии, равна

$$Z_0 = \frac{\kappa_0 (1 + \mu) p}{\mu - \mu_0} \quad \text{кг/шт}$$

где  $\mu_0$  - коэффициент трения скольжения щетины по поверхности туши;

$\mu$  - тоже скребка по щетине.

Давление, приходящееся на весь скребок, длина рабочей кромки которого  $l$  см, будет

$$R = \frac{\kappa_0 (1 + \mu) Z_0 l p}{\alpha_0 (\mu - \mu_0)} \quad \text{кг,} \quad (4)$$

где  $\alpha_0$  - коэффициент использования рабочей части скребков.

По формуле 4 следует, что извлечение возможно при условии, что  $\mu > \mu_0$ . Однако, при раздельном определении  $\mu$  и  $\mu_0$  выяснилось, что разность  $\mu - \mu_0$  крайне незначительна, а в некоторых случаях  $\mu_0 \approx \mu$ .

Последнее дает основание полагать, что при изъятии щетины шкура смещается по поверхности фасции и растягивается вместе со щетиной и в этом случае преодолеваются следующие сопротивления: удерживаемость, сила инерции, сила трения, возникающая в плоскости смещения шкуры по поверхности фасции -  $p_0$  и усилие растя-

жения шкуры- $p_I$ . Последние равны:

$$p_0 = \gamma \mu'_0 R \quad \text{кг,} \quad (5)$$

где  $R$  - усилие прижима скребков, определяемое по формуле 4;

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий влияние близлежащих слоев шкуры на величину сопротивления  $P_0$ ;

$\mu'_0$  - коэффициент трения скольжения шкуры по поверхности фасции ( $\mu'_0 = 0,05 \div 0,08$ );

$$p_0 = 8,6 \text{ ф} = 8,6 \text{ вв} = 8,6 \text{ в}_{\text{кг}}, \quad (6)$$

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий влияние на силу  $P_I$  близлежащих участков шкуры;

$\sigma$  - напряжение, возникающее в шкуре в момент изъятия щетины, в  $\text{кг/см}^2$ ;

$f$  - площадь сечения шкуры, находящейся под скребком, в  $\text{см}^2$ ;

$b$  - толщина шкуры, в см;

$l$  - длина рабочей части скребка в см;

$\sigma_0$  - приведенное растяжение шкуры, в  $\text{кг/см}$ ;

$$\sigma_0 = K_0 (1 + \gamma) \varepsilon p \quad \text{кг/см} \quad (7)$$

Теперь

$$p_0 = K_0 (1 + \gamma) \varepsilon p \quad \text{кг} \quad (6')$$

Величина тянущей силы, необходимой для извлечения щетины одним скребком по способу одностороннего контакта и для случая смещения шкуры по поверхности фасции равна

$$F = K_0 (1 + \gamma) \varepsilon p l + \mu'_0 R + K_0 (1 + \gamma) \gamma \varepsilon p l \quad \text{кг} \quad (8)$$

Выражая  $F$  через нормальную силу имеем:

$$F = \mu R + \mu (1 - \mu) R \quad \text{кг} \quad (8')$$

где  $k$  -доля нормального усилия, приходящегося на извлекаемые щетины;

$1-k$  -доля нормального усилия, приходящегося на шкуру;

$\mu$  -коэффициент трения скольжения скребка по щетине;

$\mu_1$  -тоже по поверхности шкуры;

Откуда нормальная сила для случая съёмки щетины по способу одностороннего контакта при наличии податливой шкуры равно-

$$R = \frac{k_0(1+\gamma)(1+\delta) Z p l}{\mu k - \mu_1(1-k) - \gamma M_0} \quad \text{кг} \quad (9)$$

По замерам установлено, что для обеспечения требуемых технологией условий работы скребмашин удельное давление должно быть не менее 2 кг на 1 см.длины рабочей кромки скребка.

## 2. Выбор размеров и конструкции скребков и скребковых барабанов.

Во всех скребмашинах рабочим органом являются металлические штампованные скребки, прикрепленные к пластинам, изготовленным из прорезиненной ленты толщиной 25÷30мм. Ширина и длина последних зависит от количества и размера скребков, закрепляемых на каждой пластине. Наличие упругих пластин, прикрепленных в определенной последовательности к барабанам, обеспечивает гибкость и хорошую сопротивляемость рабочих органов, плотно облегающих сложный контур туши. Металлические скребки предохраняют пластину от быстрого износа. Число оборотов и диаметр расположения скребков выбираются так, чтобы они не обладали большой центробежной силой, могущей нанести удары, вызывающие травмирование туш.

Рабочая кромка скребка не должна иметь заусенцев и острых углов; она должна быть зачищена, а углы закруглены так, чтобы исключить возможность порыва шкуры и перекусывания щетины при скольжении скребка по поверхности туши, причем слишком широкая кромка скребка (более 5-6 мм) не обеспечивает получения требуемой концентрации нормального давления, обеспечивающего изъятие щетины.

При выборе диаметра и числа оборотов барабана, несущего скребки, исходя из того положения, чтобы окружная скорость скребков не превышала 2-4м/сек., а для исключения удара скребков рекомендуется идти на увеличение диаметра барабана, а не их угловой ско-

рости.

В некоторых машинах пластины из прорезиненной ленты заменяются металлическими, где скребок и пластина изготовлены в виде одной детали из листовой стали толщиной 5 мм и длиной 250-300 мм. Такие скребки применяются в машинах горизонтального типа.

Требуемая жесткость и размеры скребков определяются следующим образом.

Рассмотрим случай, когда на одной пластине закреплены три скребка, для которых длина рабочей части  $\ell_1$ ,  $\ell_2$  и  $\ell_3$ ; длина плеч крепления соответственно -  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$ ; моменты сил, изгибающих тело пластины будут равны:

$$M_1 = P_1 b_1 = 2 b_1 \ell_1; M_2 = P_2 b_2 = 2 b_2 \ell_2; M_3 = P_3 b_3 = 2 b_3 \ell_3 \quad \text{где}$$

$2$  - требуемое нормальное удельное давление ( $2 \approx 2 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$ )  
Суммарный изгибающий момент

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = 2 (\ell_1 b_1 + \ell_2 b_2 + \ell_3 b_3) \quad \text{кг.см.}$$

Жесткость пластины в месте крепления ее должна быть равна

$$EI = \frac{M \ell^2}{3 f} \quad (10)$$

где  $E$  - модуль упругости на растяжение материала пластины, в  $\text{кг/см}^2$ ;

$I$  - момент инерции сечения пластины в месте ее защемления, в  $\text{см}^4$ ;

$\ell$  - наибольшее плечо пластины, в см;

$f$  - допустимая стрела прогиба свободного конца пластины, в см, причем

$$\theta = \frac{M \ell}{2 EI}$$

$\theta$  - угол поворота конца пластины в радианах; по геометрическому построению

$$f = l \sin \alpha$$

$\alpha$  - угол отклонения рабочего органа.

Откуда

$$\theta = \frac{3}{2} \sin \alpha; \quad EJ = \frac{ME}{3 \sin \alpha} = \frac{ME}{2\theta} \quad (II)$$

По формулам IО и II определяются необходимые размеры пластины и выбирают ее материал.

В машинах горизонтального типа нормальная сила обусловлена весом обрабатываемой туши (рис. I, а и б), а в машинах вертикального типа она обеспечивается отклонением скребков и пластины от исходного положения и частично центробежной силой. Так как величина отклонения зависит от размера туши, то сила прижима скребков будет больше при обработке высокогабаритных туш и наоборот.

По рис. 2 видно, что при минимальном размере туши  $d_0$  максимальная стрела отклонения скребка  $f_0$ ; при максимальном размере  $d$  отклонение  $-f$ . Минимальный размер туши  $d_0$  - как видно на рисунке, не обеспечивает полного перекрытия отдельных зон обработки и требуемая полнота обработки может быть получена включением в машину наклонных скребковых барабанов.

В скребмашинах горизонтального типа все скребки, касающиеся туши работают всей длиной рабочей кромки (см. рис. I); в машинах вертикального типа из всех скребков данного барабана, касающихся туши, только один касается туши полной длиной рабочей кромки, а все остальные - только частью контактной поверхности и с пониженной силой прижима. Это указывает на то, что в горизонтальных скребмашинах коэффициент использования рабочей части машин значительно выше, чем в машинах вертикального типа и удельные расходы энергии в горизонтальных машинах будут значительно меньше, чем в машинах вертикального типа.

Диаметр скребковых барабанов в машинах горизонтального типа принимают в пределах 450-800 мм, а в машинах вертикального типа - 700-900 мм, причем в последних их диаметр зависит от количества скребковых барабанов, смонтированных в машине. Ширину щели меж-



ду барабанами для прохода туш в машинах вертикального типа принимают равной  $h=250\text{мм}$ ;

$$h = d_0 - 2f_0 \text{ мм}$$

где  $d_0$  — минимальный диаметральный размер свиной туши, подлежащей обработке (принимают  $d_0=300\text{мм}$ );

$f_0$  — максимальное отклонение скребка при  $d_0$

По выполненным конструкциям следует, что:  $f_0=25$  и

$f=75\text{ мм}$  при максимальном  $d=400\text{мм}$ . По наилучшим условиям находим ширину площадки, обрабатываемой одним скребковым барабаном

$$h_0 = \frac{L}{z-1} \text{ мм,}$$

где  $z$  — число барабанов в машине;

$L$  — максимальная длина обрабатываемой в машине части туши — в мм;

По геометрическому построению находим, что

$$f_0 = 2z \sin^2 \frac{\varphi}{2} = \frac{h_0}{2} \tan \frac{\varphi}{2} = \frac{L \tan \frac{\varphi}{2}}{2(z-1)} \quad (12)$$

где  $\varphi$  — центральный угол контакта скребка с тушей;

$z$ , — радиус барабана;

$h_0$  — хорда и  $f_0$  — стрела прогиба.

Откуда диаметр барабана должен быть равен

$$D_0 = 2z = \frac{L \tan \frac{\varphi}{2}}{2(z-1) \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \text{ мм} \quad (13)$$

При малых значениях  $\varphi$  можно принимать, что  $\tan \varphi \approx \sin \varphi$  тогда

$$D_0 \approx \frac{L}{2(z-1) \sin \frac{\varphi}{2}} \text{ мм} \quad (14)$$



Для ориентировочных расчетов можно полагать, что  $\varphi = 30 \div 40$  при обработке туш с  $d_0$  и  $d$   $\varphi = 60 \div 70^\circ$ . Так для случая, когда  $L = 2000$  мм;  $z = 9$  и  $\varphi = 36^\circ$

$$L_0 = \frac{L}{2(z-1)\sin\varphi} = \frac{2000}{2(9-1)\sin 36^\circ} = \frac{2000}{2 \cdot 8 \cdot 0,58} \approx 800 \text{ мм}$$

Расстояние между барабанами по горизонтали

$$H = L_0 + R_0 \quad \text{мм}$$

### 3. Определение мощности двигателя скребмашины.

Как известно, в промышленности приняты скребмашины горизонтально-поперечные, горизонтально-продольные и вертикально-продольные. Для машин горизонтального типа следует построить схему действия машины и соответствующие параллелограммы сил. Так для машин горизонтально-поперечного типа принимаем: вес туши -  $G$  кг; диаметр барабанов по выступающим частям  $D_0$ , а число их оборотов  $n_1$  и  $n_2$  в минуту. Для случая статического равновесия путем геометрического построения находим силу давления на барабаны, где  $R_1$  - давление на верхний, а  $R_2$  - на нижний барабаны. По рис. 1а следует, что

$$G = R_1 \cos \alpha_1 + R_2 \cos \alpha_2$$

Окружное усилие нижнего барабана

$$P_2 = \mu R_2$$

где  $\mu$  - приведенный коэффициент трения скольжения скребков по поверхности туши ( $\mu = 0,6 \div 0,8$ ).

Давление на верхний барабан с учетом условий работы

$$R = R_1 + P_2 \cos \gamma = R_1 + \mu R_2 \cos \gamma$$

Окружное усилие верхнего барабана

$$P_1 = \mu [R_1 + \mu R_2 \cos \gamma] - R_2 \sin \gamma$$

$$P_1 = \mu [R_1 + R_2 (\mu \cos \gamma - \sin \gamma)]$$

Мощность, необходимая для работы скребковых барабанов,

$$N = \frac{(P_1 v_1 + P_2 v_2) \eta_a}{102 \eta_1 \eta_2 \eta_3} \quad \text{кВт} \quad (15)$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — соответствующие окружные скорости барабанов, в м/сек;

- $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности;
- $\eta_1$  — механический к.п.д. передач от двигателя к скребковым барабанам;
- $\eta_2$  — коэффициент, учитывающий расход энергии на вращение туши;
- $\eta_3$  — коэффициент, учитывающий потери энергии на работу вспомогательных механизмов;
- $\eta_3$  — коэффициент, учитывающий расход энергии на преодоление сопротивления со стороны воздуха быстровращающихся скребков.

Для одной секции горизонтально-продольных машин спирально-скребкового типа мощность двигателя равна

$$N_1 = \frac{(M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2) \eta_a}{102 \eta_1 \eta_2 \eta_3} \quad \text{кВт}, \quad (16)$$

где  $M_1$  — момент, необходимый для вращения нижнего барабана, в кгм; причем

$$M_1 = \frac{\mu \chi G D_0 \cos \alpha}{2} \quad \text{кгм},$$

где  $D_0$  — диаметр нижнего барабана по выступающим скребкам в м;

$\chi$  — число туш, одновременно находящихся на барабане;

$\alpha$  — угол, составленный векторами  $G$  и  $R$ , (рис. I, б).

$M_2$  — момент, необходимый для вращения верхнего барабана

$$M_2 = \frac{P_2 D}{2} \quad \text{кгм}$$

$P_2$  — окружное усилие верхнего барабана, в кг;

$$P_2 = \mu R - P_1 \sin \gamma$$

$D$  - диаметр верхнего барабана, в м;  
 $\omega$ , и  $\omega'$  - угловые скорости вращения барабана в сек.<sup>I</sup>;  
 Для привода в действие барабанов одной секции скребмашин вертикально-продольного типа определяется по формуле:

$$N = \frac{11KZSZ_0y\alpha_0V\eta_a}{2.102\eta_1} \text{ кВт}, \quad (17)$$

где  $M$  - приведенный коэффициент трения скольжения;  
 $K$  - число скребковых барабанов в секции;  
 $Z$  - среднее значение удельного давления скребка на тушу в кг/см;  
 $S$  - длина поверхностей контакта скребка с тушей, в см;  
 $Z_0$  - число туш, одновременно проходящих через машину;  
 $y$  - число скребков, установленных по окружности барабана;  
 $\alpha_0$  - коэффициент, учитывающий одновременность работы скребков;  
 $V$  - окружная скорость скребков в м/сек;  
 $\eta_a$  - коэффициент запаса мощности;  
 $\eta_1$  - к.п.д. передач от двигателя к ведущему валу;  
 $\eta_2$  - к.п.д. передач от ведущего вала к скребковым барабанам.  
 Численные значения отдельных величин, входящих в формулу 17, определяются так:

$$S = \sqrt{d^2 - h^2} \quad \text{см};$$

где  $d$  - диаметральный размер туши в см;  
 $h$  - ширина прохода между барабанами в см;

$$\alpha_0 = \frac{2\ell}{3\pi Z_0} = \frac{2\sqrt{2Z_0(d-h)} + \frac{1}{3}(d-h)^2}{3\pi Z_0}$$

где  $\ell$  - максимальный путь касания скребка;  
 $Z_0$  - диаметр барабана по выступающим скребкам.

Выводы: Приведены зависимости, позволяющие произвести выбор материала и размеров скребков и пластин для их крепления, а также осуществить энергосиловые и технологические расчеты по машинам для съёмки щетины.

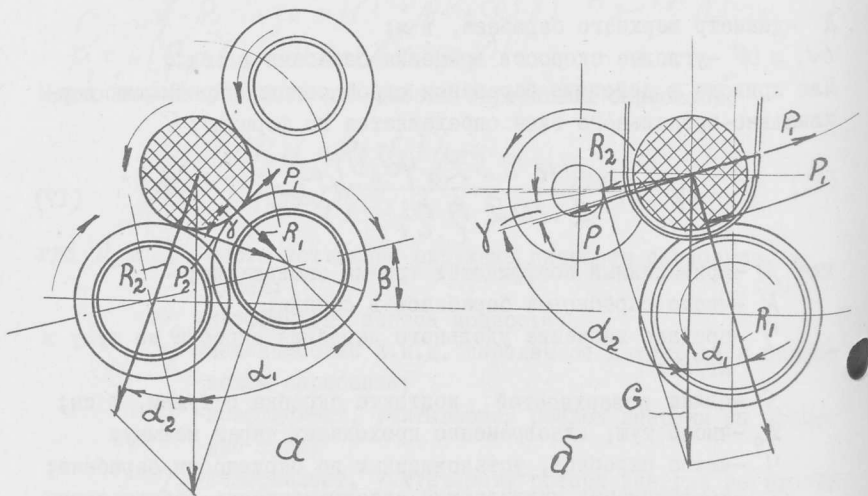


Рис 1

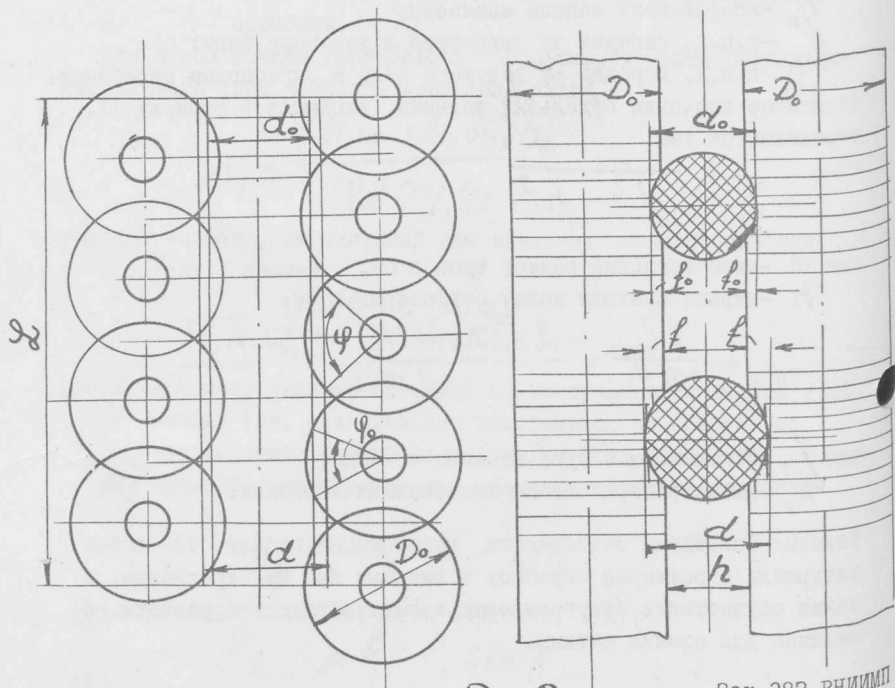


Рис 2

Зак. 283 ВНИИМТ