

данными коэффициентами  $A$  и  $C$ , постоянными для данного сорта и состояния хлеба.

Закон сжатия, выведенный здесь для слоя стеблей пшеницы, естественно, будет справедлив и для сжатия соломы. Изменятся лишь объемный вес и величины коэффициентов  $A$  и  $C$ .

Есть основания полагать, что этот закон будет справедлив для сжатия сена и многих других с.-х. материалов (лен, конопля и др.).

Пользуясь работой Вольфа и Чапкевича «О сенных прессах»<sup>4</sup>, мы можем проверить правильность этого предположения.

На рис. 6 приведены кривые сжатия сена, полученные названными авторами при опытной прессовке. На этих кривых было взято несколько точек, которые были затем отложены в полугарифмических координатах (рис. 7).

На рис. 7 точки, отмеченные тонкими кружочками, взяты с первой из трех кривых на рис. 6, а жирными кружочками — точки, полученные как среднее арифметическое из всех трех кривых.

Как видно из последнего рисунка, в обоих случаях мы имеем очевидное подтверждение пригодности установленного нами закона сжатия и для сена.

В названной выше работе Вольф и Чапкевич не дают математического выражения этих кривых, указывая лишь, что «диаграммы усилиий по пути представляют собой вогнутые кривые параболического вида». Действительно, каждая кривая в отдельности довольно легко может быть сведена к параболе высшего порядка. Но эти параболы получаются для разной толщины слоя настолько различными, что привести их к одному семейству и установить общий закон сжатия при этом совершенно невозможно.

<sup>4</sup> «Вестник металлпромышленности», № 12, декабрь 1928 г.

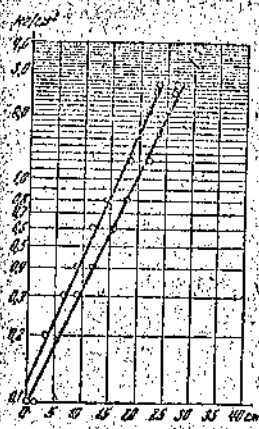


Рис. 7

Кривые, приведенные на рис. 6, у начала координат круто загибаются книзу, а две из них при  $x = 0$  дают напряжение  $k \approx 0,1$  кг/см<sup>2</sup>. Это объясняется, повидимому, тем, что при замере первоначальной толщины слоя сено было предварительно несколько сжато (может быть какой-либо плитой, употреблявшейся для сжатия). С другой стороны, авторы не указывают, какой объемный вес имело у них сено перед сжатием, а также не указывают и толщину слоя перед сжатием.

Все это не дает возможности установить для этого случая коэффициенты  $A$  и  $C$  с целью дальнейшего их использования. Для этого нужно провести специальные опыты (исключив при этом влияние трения о боковые стенки, которое здесь, повидимому, имело место). Тем не менее ориентировочно эти коэффициенты здесь могут быть намечены.

Согласно рис. 7 коэффициент  $A$  здесь может быть принят около  $0,1$  кг/см<sup>2</sup>. Судя по рис. 6, толщина слоя была, повидимому, равна  $400$  мм. При  $k = 1$  кг/см<sup>2</sup> ( $\lg k = 0$ )  $x = 20$  см, тогда согласно уравнению (3)

$$B = -\frac{1}{20 \cdot 0,4343} = 0,115 \text{ 1/см}$$

и по уравнению (4)

$$C = 40 \cdot 0,115 = 4,6.$$

В заключение необходимо указать, что закон сжатия стеблей установлен нами лишь принципиально.

Цифровые данные получены только для пшеницы, применительно к сжатию в молотильном барабане (при технологическом расчете последнего они и были нами использованы).

С целью доведения этого закона до практического использования необходимо провести экспериментальную работу по выявлению зависимости коэффициентов  $A$  и  $C$  от рода и состояния материала (влажность, объемный вес пр.), от ширины сжимающего орудия (сосредоточенное сжатие или по всей площади сжимаемого слоя) и других факторов.

Сельскохозяйственная машина, 1937, № 12

Исслед. А. Ю. ИШЛИНСКОЙ

## О захватывающей способности шпинделя

Работа современных хлопкоуборочных машин основывается на способности вращающегося шпинделя наматывать на себя волокна хлопковой коробочки или, как говорят, «захватывать» содержимое коробочки.

На эту способность оказывают большое влияние такие факторы, как состояние поверхности шпинделя, его диаметр и степень влажности окружающего воздуха или смоченности самого шпинделя.

Кроме того, большое влияние имеют и свойства волокна — длина, диаметр, жесткость, изгибу, степень искривленности и т. п., определяемые сортом хлопка. Целью этой работы является построение элементарной теории захвата хлопко-

вой нити вращающимся шпинделем с целью учета влияния основных перечисленных выше факторов на работу хлопкоуборочной машины.

Наблюдения (рис. 1) показывают, что процесс захвата коробочки начинается с наматывания шпинделем отделанных волокон, которые приобретают при этом сравнительно прямолинейное очертание.

В соответствии с этим рассмотрим прямолинейное волокно, пришедшее в соприкосновение со шпинделем (рис. 2). Часть волокна длиной  $z$  наматывается на шпиндель, а другая часть малой длины  $\lambda$  вследствие жесткости изгибу отстанет от шпинделя.

Очевидно, что при отсутствии сил прилипания

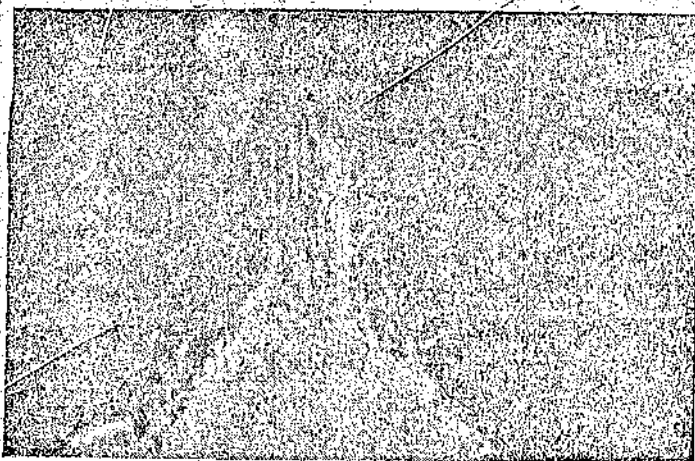


Рис. 1

волокна к шпинделю захват происходит бы не мог, ибо волокно полностью отставало бы от шпинделя вследствие своей жесткости.

Охарактеризуем эффект прилипания величиной  $\gamma$  — силой прилипания на единицу длины волокна. Кроме того, будем считать, что силы прилипания перестают действовать, как только расстояние между волокном и шпинделем превысит некоторую величину  $\delta$ . Это предположение в достаточной мере правдоподобно. Тогда, рассматривая отставшую часть волокна  $\lambda$  как стержень, подверженный изгибу силами прилипания, следует считать эти силы возрастающими от конца этой части к ее началу. В первом, достаточно точном приближении можно считать, что это возрастание происходит по линейному закону от нуля в точке  $A$  до величины  $\gamma$  в точке  $B$  (рис. 3).

Согласно формулам сопротивления материалов следует, что силы прилипания отклонят волокно на величину  $f = \frac{\gamma \lambda^3}{30EI}$  от направления касательной в точке  $B$ .

С другой стороны, расстояние от точки  $A'$ , лежащей на касательной, до круга можно считать с точностью до малых второго порядка равным  $\frac{\lambda^3}{2R}$ , ибо  $(2R - A'C) A'C \approx \lambda^2$ .

Поэтому расстояние от конца волокна до шпинделя составит величину  $\frac{\lambda^3}{2R} - \frac{\gamma \lambda^3}{30EI}$ , которая при условии намотки волокна должна быть меньше или в крайнем случае равна предельному расстоянию действия сил прилипания  $\delta$ .

Согласно формуле сопротивления материалов  $EI = M$  для точки  $B$  хлопкового волокна может быть написано соотношение:  $\frac{EI}{R} = \frac{\gamma \lambda^2}{2}$ , т. е.  $\lambda^2 =$

$= \frac{2EI}{\gamma R}$ , и условие захвата запишется так:

$$\frac{2EI}{2\gamma R^2} - \frac{\gamma^2 EI^2}{30EI\gamma^2 R^2} < \delta,$$

откуда

$$R > \sqrt{\frac{13EI}{15\delta\gamma}} = R_{\min}.$$

Таким образом хлопковые волокна могут наматываться лишь на шпиндель достаточно большого диаметра. Минимальный диаметр, определенный выше, тем меньше, чем меньше жесткость волокна  $EI$  и чем больше сила прилипания  $\gamma$  и дальность ее действия  $\delta$ . Величины  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $EI$  следует определять из соответственно поставленного эксперимента. Они зависят от сорта хлопка и влажности воздуха, а  $\delta''$  и  $\gamma$  могут зависеть еще от состояния поверхности шпинделя и степени его смоченности.

Подсчитаем теперь, с какой силой будет тянуть шпиндель захваченное им волокно.

Для этого рассмотрим элемент части волокна, находящейся в соприкосновении со шпинделем.

На этот элемент действуют (рис. 4) натяжения  $T$  и  $T + dT$  на правом и левом сечении элемента, нормальная реакция  $Nds$ , сила прилипания  $\gamma ds$ , сила трения  $Fds$  и, наконец, изгибающий момент  $M$  на правом сечении элемента и такой же изгибающий момент на левом сечении. Постоянство изгибающего момента следует из постоянства кривизны части волокна, находящейся в соприкосновении со шпинделем.

Рассмотрим случай захвата волокна со скольжением его по шпинделю и будем считать справедливым закон Кулона, т. е. примем:

$$F = fN,$$

где  $f$  — коэффициент трения,  $F$  и  $N$  — сила трения и нормальное давление, отнесенные к единице длины волокна.

Написав уравнения равновесия элемента в проекциях на нормаль и касательную к средней точке элемента, получим:

$$(T + dT) \cos \frac{d\alpha}{2} - T \cos \frac{d\alpha}{2} - Fds = 0,$$

$$(T + dT) \sin \frac{d\alpha}{2} + T \sin \frac{d\alpha}{2} - Nds + \gamma ds = 0.$$

Пренебрегая малыми высших порядков и замечая, что  $d\alpha = \frac{ds}{R}$ , получим:

$$\frac{dT}{ds} = F, \quad N = \gamma + \frac{T}{R},$$

откуда принимая к сведению  $F = fN$  и исключая  $N$ , получим  $\frac{dT}{ds} - \frac{T}{R} = \gamma$  — неоднородное линейное дифференциальное уравнение для определения натяжения волокна в различных его сечениях.

Интегралом уравнения служит функция

$$T = Ce^{\frac{s}{R}} - R\gamma,$$

где  $C$  — произвольная константа, легко определяе-

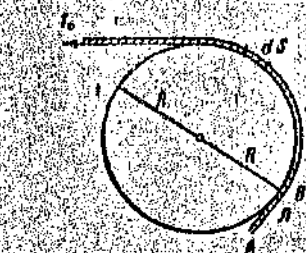


Рис. 2

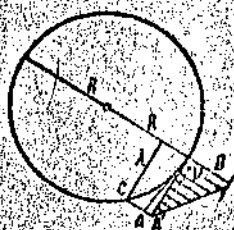


Рис. 3

мая из условия  $T = 0$  в точке  $B$ , откуда и будем отмерять длину волокна  $s$ .

Итак, при  $s = 0 \quad 0 = Ce^R - R \nu$  и, следовательно,

$$T = R \nu (e^R - 1).$$

Обозначая длину части намотавшейся на шпиндель волокна через  $l$  (не включая сюда длину оставшей от шпинделя части  $\lambda$ ), получим натяжение свободной части волокна:

$$T_0 = R \nu (e^R - 1).$$

Это выражение тем больше, чем меньше радиус шпинделя  $R$ . Поэтому для получения возможно большей силы натяжения, т. е. возможно

более эффективного захвата, следовало бы брать возможно меньший радиус шпинделя.

Этот радиус ограничен, однако, снизу условием наматывания:

$$R > \sqrt{\frac{13EI}{156\nu}} = R_{\min}.$$

Поэтому  $R_{\min}$  является наимыгоднейшим радиусом для шпинделя хлопковой машины.

Заметим, что формула Эйлера, которая применяется для расчета ремней  $T_0 = T_1 e^{\alpha}$  ( $\alpha$  — угол обхвата), здесь дает  $T_1 = T_0 = 0$ , ибо свободный конец волокна не имеет натяжения.

Так как при выводе формулы Эйлера силы прилипания считаются отсутствующими, то можно сделать заключение, что без сил прилипания (например при сухой работе стального шпинделя) гладкий шпиндель работать не будет.

Инженер Н. М. БАРНОВ

## q-d-l-диаграмма для расчета сушилок

Расчет сушилок, не затрагивая динамики процесса сушки, базируется на балансе воздуха, влаги и тепла, проходящих через сушилку. Уравнения баланса в начальной форме даются в следующем виде:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0} \quad (1)$$

$$q = l(i_2 - i_0) - \theta_{11} \quad (2)$$

$$q = l(i_1 - i_0) \quad (3)$$

где  $q$  — расход тепла на испарение 1 кг влаги,

$l$  — расход воздуха на 1 кг испаренной влаги,

$d$  — влажосодержание воздуха в г на 1 кг сухого воздуха,

$i$  — теплосодержание влажного воздуха на 1 кг сухого воздуха,

$\theta$  — теплосодержание влаги в материале.

Индексы 0, 1, 2 характеризуют величины до калорифера перед сушилкой и после сушки.

В развернутом виде приведенные уравнения после ряда преобразований принимают следующую форму:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0} \quad (4)$$

$$l'_n = \theta_1$$

$$l = \frac{(c_a + 0,001 c_n d_0) (t_1 - t_2)}{q} \quad (5)$$

$$q = (i'_n - \theta_1) + l$$

$$+ [c_a (t_2 - t_0) + 0,001 d_0 (i'_n - i'_n)] \quad (6)$$

Через  $c$  и  $i$  обозначены теплоемкость и теплосодержание пара. Из этих уравнений по заданным  $d_0$ ,  $t_0$ ,  $t_1$  и предполагаемому  $t_2$  — температуре отработанного воздуха — определяют  $q$ ,  $l$  и  $d_2$ . Аналитический расчет сушилки требует много вре-

мени, так как часто намеченная температура  $t_2$  не удовлетворяет приведенной системе уравнений.

Для упрощения расчета составлены  $l$ - $d$  таблицы, и задача решается по начальным уравнениям (1)–(3), подстановкой в них значений  $l$  и  $d$ , взятых из таблиц, но еще большая простота и наглядность расчета была достигнута после разработки  $l$ - $d$ -диаграммы при достаточной точности получаемых результатов. Единственный недоста-

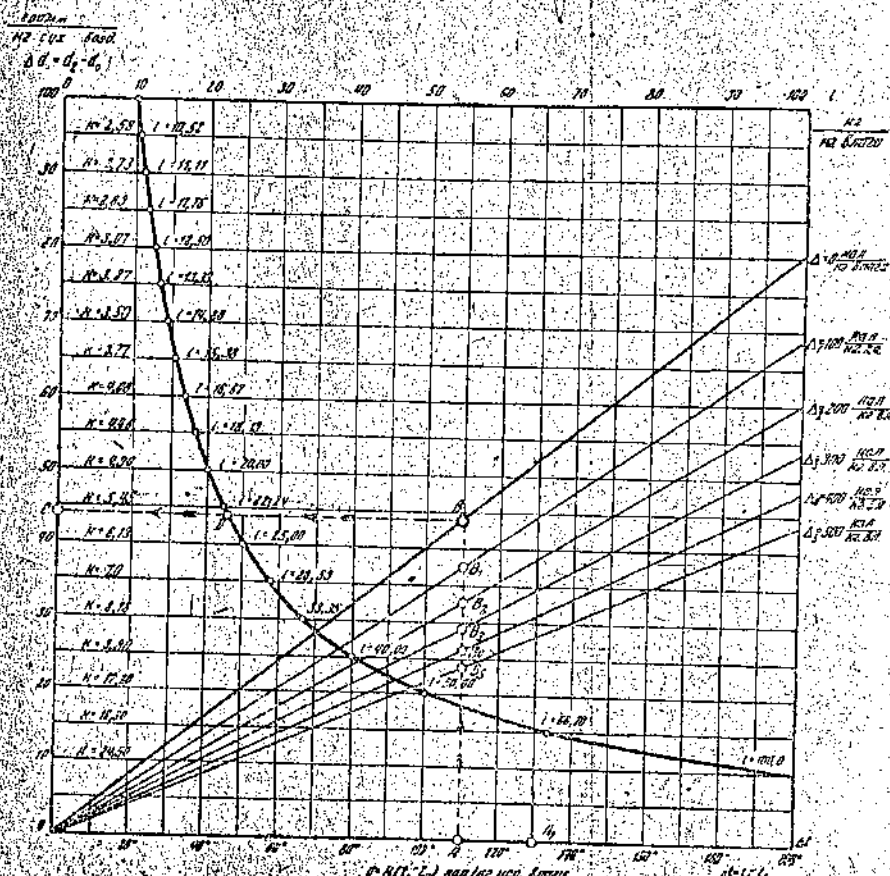


Рис. 1. q-d-l-диаграмма