

УДК 677.051

© М.М. Ковалев, д.т.н., А.П. Апыхин, к.т.н., Д.Ю. Лачуга, к.т.н.  
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации  
льноводства Россельхозакадемии  
Толстушко Н.А.  
Луцкий национальный технический университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ЛЬНОВОЛОКНА В КИПЫ**

*Показано влияние обвязочного материала на величину «отдачи» волокна в кипе после прессования. Установлено, что для сохранения плотности волокна в кипе после прессования обвязочный материал должен обладать малой деформацией растяжения.*

### **ЛЬНОВОЛОКНО, ДАВЛЕНИЕ, ОБЪЕМ, ПЛОТНОСТЬ, КИПА, ОБВЯЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ.**

**Постановка проблемы.** Прессование льноволокна (далее волокна) в кипы является конечной операцией в процессе переработки льнотресты. От плотности волокна в готовой кипе зависит эффективность их транспортировки автотранспортом, железнодорожным транспортом, фрахтовкой судов и др.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Из-за упругих свойств волокна сформированная в камере пресса паковка стремится расширится, причем в большей степени в направлении, обратном воздействию прессующей плиты. Для исключения неконтролируемого расширения паковка согласно ГОСТ 7563-73 [1] должна быть увязана четырьмя поясами в четырех местах крутцом (веревкой) размером по окружности не менее 0,025 м. Однако качество обвязочного крутца зачастую не удовлетворяет требованиям ГОСТ по таким показателям, как прочность и удлинение. В результате плотность волокна в готовой кипе существенно уменьшается по сравнению с его плотностью под плитой пресса, о чем свидетельствуют результаты замера габаритов кип короткого волокна, запрессованного в поточной линии ЛПК [2].

**Цель исследования** – повысить эффективность прессования льноволокна в кипы.

**Результаты исследования.** Эксперименты проводились с использованием короткого волокна № 3, влажностью 12%. Масса кип 60 кг. Количество измерений (повторностей) в опытах – 10. Средние результаты показаны в табл. 1. Плотность волокна в готовой кипе

снизилась в 1,55 раза, а объем кипы во столько же раз увеличился, что свидетельствует о низком качестве обвязочного крутца, а также о наличии процесса «отдачи» волокна.

Таблица 1 – Результаты исследования плотности

| Кипа в камере пресса       |                                      | Кипа вне пресса            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| объем $V$ , м <sup>3</sup> | плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | объем $V$ , м <sup>3</sup> | плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
| 0,15                       | 400                                  | 0,233                      | 258                                  |

Теоретическое исследование «отдачи» волокна после прессования рассмотрено в работе [3]. В ней приводится математическая зависимость определения «отдачи» волокна после сжатия, описываемое приближенной формулой:

$$h = h_0 + A \cdot t^B, \quad (1)$$

где  $h$  – высота образца после снятия нагрузки, м;  $h_0$  – высота образца под нагрузкой, м;  $t$  – время сжатия, мин;  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты.

Анализ показывает, что в формуле (1) отсутствует главный фактор процесса – зависимость величины «отдачи» волокна от плотности прессования в камере пресса.

Для установления зависимости между плотностью  $\rho$  волокна, сжатого в камере пресса, и его «отдачей»  $h$  после снятия нагрузки были проведены экспериментальные исследования. Опыты проводились на Новоржевском льнозаводе Псковской области с использованием пресса РП-5УМ. Объемный вес короткого волокна на выходе из куделеприготовительного агрегата составлял 7,3 кг/м<sup>3</sup>. Объем сжатой навески волокна постоянный – 0,162 м<sup>3</sup>. Время выстоя после отвода прессующей плиты – 2 минуты. Волокно короткое № 3, влажностью 10%. Количество измерений в каждом опыте – 5. Результаты экспериментов подвергались дисперсионному и регрессионному анализу [4]. Полученная зависимость «отдачи» волокна от его плотности графически показана на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что увеличение «отдачи» волокна в паковке наблюдается до плотности 275...285 кг/м<sup>3</sup> (заштрихованная зона на рис. 1).

Дальнейшее увеличение плотности приводит к уменьшению величины «отдачи» волокна в паковке. В гипотетическом случае, при высоком давлении на волокно и плотности прессования около 1500 кг/м<sup>3</sup> «отдача» волокна в паковке будет стремиться к нулю (к плотности твердого тела).

Результаты дисперсионного анализа показали, что действие фактора – плотности волокна на его величину «отдачи» в кипе достоверно с уровнем вероятности 0,95 [4].

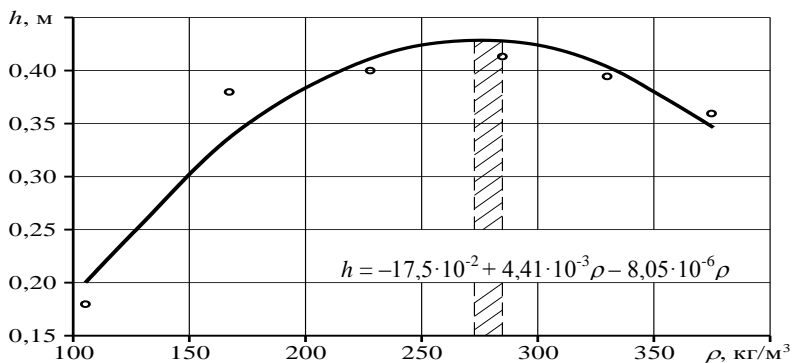


Рис. 1 – Зависимость «отдачи»  $h$  волокна от его плотности  $\rho$  в кипе

Регрессионным анализом получена зависимость между величиной «отдачи» волокна и его плотностью в кипе в форме квадратной параболы (рис. 1). Эта регрессионная модель адекватна экспериментальным данным (критерий Фишера  $F_{\phi}=19 > F_{\text{табл.}}$ ).

В реальных условиях для сохранения приемлемой плотности волокна в кипе применяются обвязочные пояса, изготовленные из крутца, применение которого не обеспечивает требуемой плотности волокна в готовой кипе.

Для обоснования параметров обвязочного материала кип необходимо располагать значениями усилий, действующих на него. До настоящего времени достаточно обоснованных данных о величине этих усилий не было. Так авторы работы [5] считают, что для обеспечения необходимой плотности волокна в готовой кипе, общее усилие, которое необходимо воспринять обвязочным материалом, составляет 700...1000 кг при усилия сжатия волокна 2500 кН/м<sup>2</sup> и плотности прессования 1000 кг/м<sup>3</sup> для длинного волокна и 800 кг/м<sup>3</sup> для короткого. Однако в работе [6] установлено, что наиболее рациональным (с точки зрения экономии энергозатрат) является давление на волокно в камере пресса, не превышающее 1200 кН/м<sup>2</sup>, при этом плотность паковки волокна будет: короткого – 645...660 кг/м<sup>3</sup>, длинного – 620...640 кг/м<sup>3</sup>. В существующих прессах, применяемых в нашей стране для формирования кип короткого и

длинного волокна (РП-5УМ, ГПВ, ЛПК), усилие прессования не превышает  $700 \text{ кН/м}^2$ .

В связи с этим были проведены эксперименты по определению сил растяжения, действующих на обвязочные пояса в указанном выше рабочем диапазоне давлений на волокно при его прессовании. Эксперименты проводились с использованием устройства для выталкивания и обвязки кип поточной линии для прессования короткого волокна ЛПК. Замер сил растяжения осуществлялся с помощью пружинных динамометров ДПУ-0,5. Цена деления  $0,005 \text{ кН}$ . Погрешность измерений  $\pm 2\%$ . Для подключения приборов были изготовлены из стальной проволоки два приспособления в виде разомкнутых квадратных рамок с захватами и натяжными устройствами (рис. 2). Две другие рамки (замкнутые) также выполняли функцию обвязочных поясов, что соответствовало требованиям ГОСТ 7563-73 [1].

Замеры проводились следующим образом. Сформированная кипа плитой пресса вталкивалась в насадку (на рис. 2 показан разрез кипы и вид сверху). В держатели, расположенные на наружной

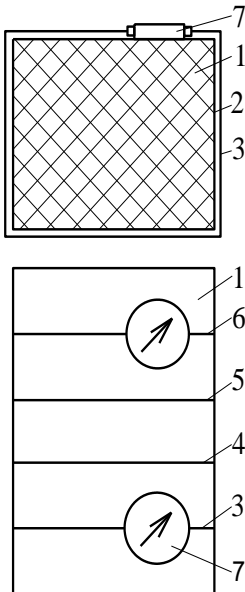


Рис. 2 – Схема замера сил растяжения, действующих на обвязочные пояса: 1 – кипа; 2 – насадка; 3, 4, 5, 6 – проволочные рамки (обвязочные пояса); 7 – динамометр

стороне насадки, вставлялись два замкнутых пояса (рамки) и два разомкнутых пояса со встроенными динамометрами. Затем плитой толкателя кипа выталкивалась из насадки, причем одновременно с кипой (с той же скоростью и синхронно) перемещались рамки, которые, сходя с насадки, охватывали кипу. Силы растяжения на пояса фиксировались динамометрами. Сеткой опытов предусматривался одновременный замер сил растяжения в двух поясах: сначала в 3-ем и 6-ом, затем в 4-ом и 5-ом (рис. 2). Каждая серия опытов выполнялась в 10 повторностях. Для эксперимента использовалось короткое льноволокно № 3 при влажности 10%. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

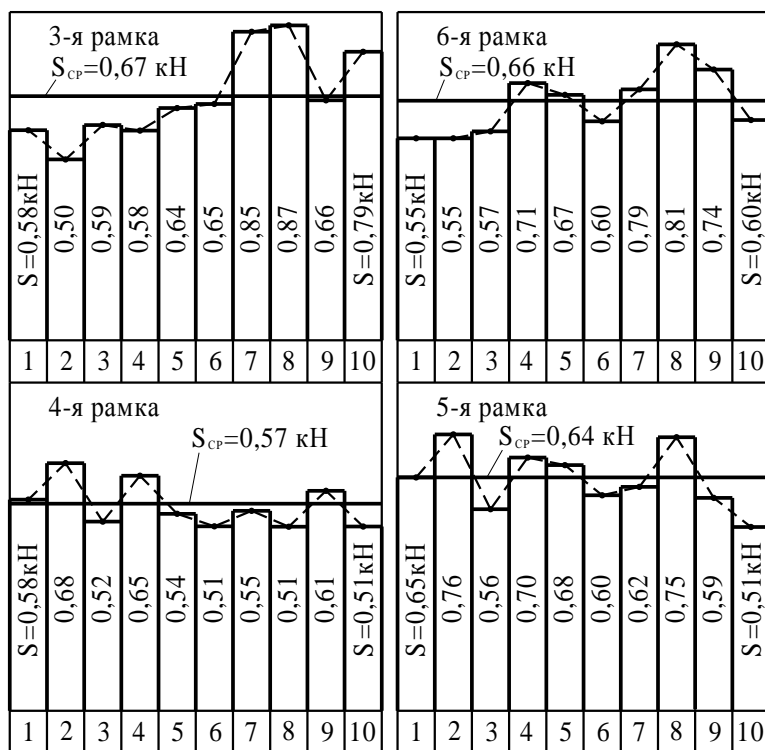


Рис. 3 – Диаграммы сил растяжений  $S$ , действующих на обвязочные пояса (рамки) при прессовании короткого волокна в кипы: 1–10 номера измерений сил растяжений обвязочных поясов

Анализ результатов эксперимента показывает (рис. 3), что между измерениями в опытах имеются различия на всех четырех рамках. В тоже время существенных различий в средней величине сил растяжений  $S_{cp}$  на крайних 3 и 6 и средних 4 и 5 рамках не наблюдается. Максимальная сила растяжения на рамку составила 0,87 кН (на рамке 3), а средняя суммарная сила растяжения  $S_{cp}$  на четырех рамках (3,4,5 и 6) равна 2,54 кН.

Изучение опыта прессования хлопка, кенафа, шерсти, химических волокон [3, 5] дает основание утверждать, что с точки зрения сохранения наибольшей плотности волокна в готовой кипе предпочтительнее является обвязка их материалом, обладающим малой деформацией растяжения, например, стальной проволокой. С учетом коэффициента запаса прочности возможно использование для обвязки кип волокон стальной проволоки диаметром 3...4 мм.

Для подтверждения этих предположений из стальной проволоки диаметром 4 мм были изготовлены опытные рамки. Эксперименты по обвязке кип проволокой в сравнении с обвязкой крутцом проводились с использованием поточной линии ЛПК. Использовалось короткое волокно № 3 влажностью 10%. Масса кип 60 кг. Количество повторностей в опыте – 5. Средние результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры готовой кипы вне пресса

| При обвязке крутцом        |                                      | При обвязке стальной проволокой |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| объем $V$ , м <sup>3</sup> | плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | объем $V$ , м <sup>3</sup>      | плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
| 0,224                      | 268                                  | 0,185                           | 335                                  |

Результаты экспериментов показали, что применение стальной проволоки для обвязки кип обеспечивает более высокую плотность волокна в них.

**Выводы.** Увеличение «отдачи» волокна в паковке после прессования, а значит и сохранение упругости волокна, происходит до плотности 275...285 кг/м<sup>3</sup>. При прессовании короткого волокна при давлении 700 кН/м<sup>2</sup> максимальная сила растяжения на обвязочный пояс не превышает 0,87 кН, а суммарная на четыре пояса – 2,54 кН. Для сохранения плотности волокна в кипе после прессования обвязочный материал должен обладать малой деформацией растяжения. Применение стальной проволоки для обвязки кип вместо льняного крутца обеспечивает увеличение плотности волокна в готовой кипе в 1,25 раза.

Литература

1. ГОСТ 7563-73. Волокно льняное и пеньковое. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1974. – 4 с.
2. Храмцов В.Н. Справочник по заводской первичной обработке льна / В.Н. Храмцов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 510 с.
3. Комаров В.И. Влияние сжатия льняных волокон в массе на их структуру и механические свойства: дис. канд. техн. наук / В.И. Комаров. – Кострома, 1965. – 214 с.
4. Хайлис Г.А. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 180 с.
5. Арно А.А. Создание прессы для лубяных волокон / А.А. Арно, Т.М. Плужник // Сб. рефератов НИТ ЦНИИЛВ. – М.: Гизлегпром, 1958. – Вып. 2. – С. 86...89.
6. Ковалев М.М. Обоснование плотности прессования паковок льноволокна / М.М. Ковалев, А.П. Апыхин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 6. – С. 24-26.