

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

*Приведены результаты исследований адаптивных реакций льна-долгунца на ландшафтные условия агроэкологического полигона. Показана возможность их использования при разработке адаптивно-ландшафтных и прецизионных технологий выращивания этой культуры.*

**Ключевые слова:** лен-долгунец, адаптивно-ландшафтные и прецизионные технологии.

## AGROECOLOGICAL ASPECTS PRECISION OF TECHNOLOGIES CULTIVATION OF LONG-FIBRED FLAX

*Results of researches of adaptive reactions of long-fibred flax on landscape conditions experimental agroecological ground are resulted. The opportunity of their use for development of adaptive - landscape and precision technologies of cultivation of this culture is shown.*

**Key words:** long-fibred flax, adaptive - landscape and precision technologies.

УДК 677.051

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ПАКОВОК ЛЬНОВОЛОКНА

**М.М. Ковалев**, докт. техн. наук, проф.  
ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии

---

*Наведені результати досліджень з визначення раціональної щільності пресування паковок льноволокна, залежності між тиском пресувальної плити на льноволокно та його тиском на основу і бокові стінки пресувальної камери, а також розподілення тиску по її висоті і периметру.*

**Ключові слова:** льноволокно, об'єм, тиск, щільність пресування, пресувальна камера, основа, бокові стінки.

---

**Постановка проблемы.** Прессование волокна на льнозаводах является одним из тяжелых и менее всего механизированных технологических процессов. До 70-80% трудозатрат при его прессовании приходится на выполнение ручных операций с использованием маломощных прессов [1]. Применение традиционного обвязочного материала (льняной крутец) не обеспечивает высокой конечной плот-

---

© М.М. Ковалев.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.

ности волокна в готовой кипе. Малая паковка (масса волокна в кипе: длинного – 80 кг, короткого – 60 кг) при низкой плотности прессования удорожает фрахт судов, перевозки по железной дороге и автотранспортом.

Поэтому создание современного оборудования для прессования длинного и короткого льноволокна в паковки повышенной плотности и большей массы является актуальной задачей. В связи с этим научные учреждения и конструкторские организации проводят НИОКР по модернизации существующего и созданию нового оборудования для прессования таких паковок льноволокна.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Обзор работ по прессованию льноволокна показал, что обоснованных рекомендаций по выбору рациональной плотности прессования в литературных источниках недостаточно. Так в работе [2] отмечается, что для получения плотности прессования  $1000 \text{ кг/м}^3$  для длинного и  $800 \text{ кг/м}^3$  для короткого льноволокна следует ограничиться давлением  $2500 \text{ кН/м}^2$ . Авторы работы [3] связали плотность прессования с изменением технологических свойств льноволокна. Они утверждали, что при плотности льноволокна в кипе  $500 \dots 650 \text{ кг/м}^3$  его качество не ухудшается. Теоретическое обоснование зависимости изменения объема большинства волокнистых материалов от давления при сжатии дано в работе [4]. Для описания данной зависимости предлагается использовать видоизмененное уравнение статистической теории высокоэластичности:

$$Q = \left( \frac{v_0}{v} \right)^\gamma \cdot A \left( \frac{v_0^2}{v} - \frac{v}{v_0} \right), \quad (1)$$

где  $Q$  – давление прессования;  $v_0$  – начальный объем волокна;  $v$  – объем волокна при заданном давлении;  $\gamma$  и  $A$  – эмпирические параметры материала.

Как известно, при сжатии волокнистых материалов в прессовальной камере возникают давления, действующие не только на прессующую плиту и основание камеры. Ввиду упругости волокно стремится расширяться по всем направлениям. Вследствие этого возникает давление льноволокна и на боковые стенки прессовальной камеры.

Применительно к сжатию льноволокна данных о величине такого давления в литературных источниках недостаточно. Отсутствуют данные и по распределению давления льноволокна по высоте прессовальной камеры и ее периметру.

**Цель работы.** Обоснование рациональной плотности прессо-

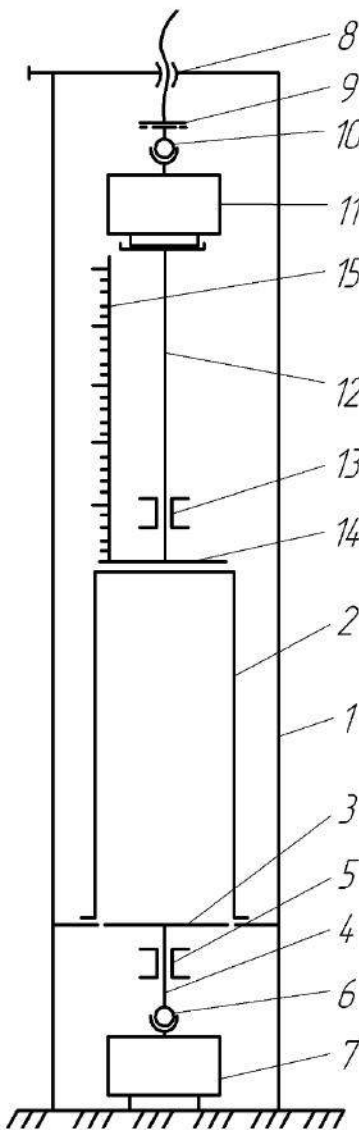


Рис. 1. Схема экспериментальной лабораторной установки для прессования льноволокна

вания паковок льноволокна, исходя из минимальных энергозатрат на выполнение технологического процесса, а также установление зависимости между давлением прессующей плиты на льноволокно и его давлением на основание и боковые стенки прессовальной камеры и распределения давления по ее высоте и периметру.

**Результаты исследований.** Для проведения исследований во ВНИ-ИМЛ изготовлена экспериментальная лабораторная установка, схема которой показана на рис. 1.

Она содержит каркас 1, выдвижную прессовальную камеру 2 и основание 3, перемещающееся посредством штока 4 в опоре скольжения 5. Нижний конец штока с помощью шаровой опоры 6 взаимодействует с динамометром сжатия 7. Установка снабжена винтовым приводом 8, упорным подшипником 9, шаровой опорой 10, динамометром 11. Основание последнего фиксируется на штоке 12, который перемещается в опоре скольжения 13. На конце штока 12 крепится прессующая плита 14 с измерительной линейкой 15.

**Техническая характеристика установки:** допустимая нагрузка при сжатии, кН – 50; габаритные размеры прессовальной камеры, м – 0,1х0,12х0,3; ход прессующей плиты, м – 0,3

Для измерения силовых параметров применяли динамометры ДОСМЗ-5 с точностью измерения 0,5% и индикаторы часового типа «ИЧ» с допустимой погрешностью, равной 0,02.

В опытах использовалось короткое волокно № 3 и длинное № 10 при технологической влажности 12%.

Предварительно определялась масса навески льноволокна, интервал (прирост) ее для очередного опыта, а также технология прессования.

Опыты проводились в трех-четыре повторностях при постоянном объеме прессовальной камеры, равном 420 см<sup>3</sup>.

Для проведения экспериментов динамометр 7 демонтировали, а плиту 3 жестко фиксировали относительно прессовальной камеры 2. Прессующая плита 14 перемещалась в крайнее верхнее положение, а прессовальная камера 2 заполнялась льноволокном. С помощью винтового привода 8 давление передавалось на динамометр 11. При этом прессующая плита 14 перемещалась вместе со штоком 12 и сжимала льноволокно. Вместе с плитой 14 перемещалась мерительная линейка 15, по которой фиксировалось изменение объема льноволокна (уменьшалась высота сжатой навески). Величина давления фиксировалась индикатором часового типа, установленном на динамометре 11.

**На первом этапе** определялась рациональная плотность прессования паковок льноволокна. Критерием оценки в этом случае являлось изменение объема  $V$  льноволокна от давления  $Q$ . Под плотностью прессования понималась степень изменения объема льноволокна при его сжатии в прессовальной камере. При оценке прессования льноволокна по энергетическим затратам критерием оценки процесса его сжатия являлось изменение абсолютной  $S$  и относительной  $\varepsilon$  деформацией от давления  $Q$ . Относительная  $\varepsilon$  деформация определялась по формуле:

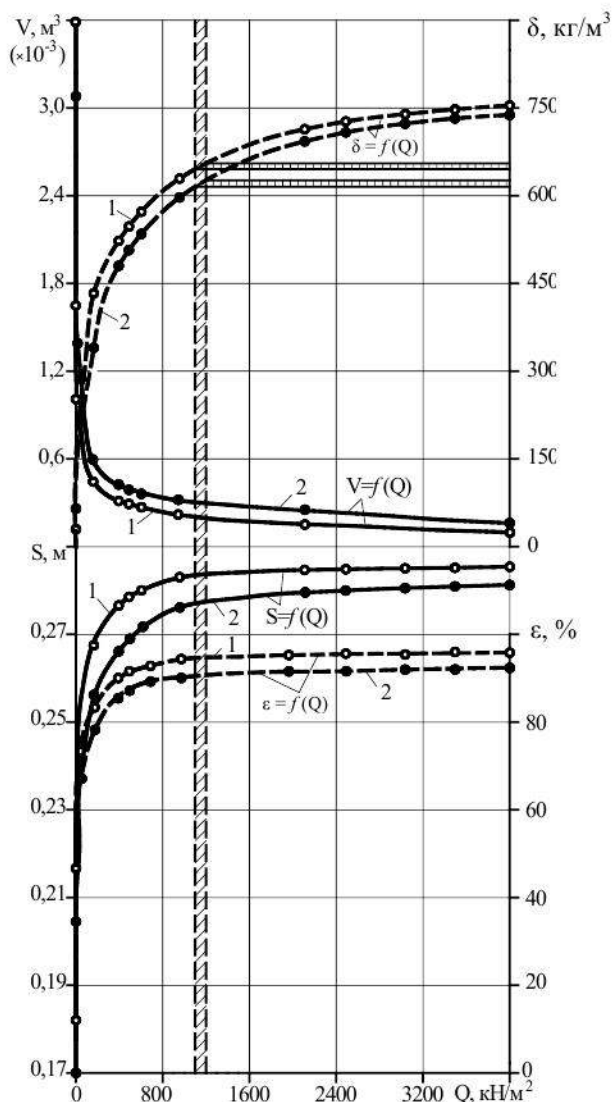
$$\varepsilon = \frac{S}{L} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где  $S$  – абсолютная деформация льноволокна в прессовальной камере, м;  $L$  – начальная высота льноволокна в прессовальной камере, м (равная высоте прессовальной камеры).

Результаты эксперимента показаны на рисунке 2.

Анализ кривых 1 и 2 показывает, что на первом этапе сжатия льноволокна (до 11...12 кН/м<sup>2</sup>) происходит резкое уменьшение его объема  $V$  из-за роста абсолютной деформаций  $S$  и  $\varepsilon$ . В дальнейшем, при значительном увеличении давления  $Q$ , рост деформаций уменьшается и в области достаточно больших давлений  $Q$ , они стабилизируются.

Плотность  $\delta$  паковки льноволокна возрастает с уменьшением его объема  $V$  и ростом деформаций  $S$  и  $\varepsilon$ .



**Рис. 2.** Зависимость изменения объема  $V$ , абсолютной  $S$  и относительной  $\varepsilon$  деформаций и плотности  $\delta$  льноволокна от давления  $Q$  на него в прессовальной камере: 1, 2 – соответственно для короткого и длинного льноволокна

Исходя из изложенного, следует, что прессование льноволокна необходимо производить в экономичном диапазоне давлений  $Q$ , равном 1100...1200 кН/м<sup>2</sup>. В этом случае плотность  $\delta$  льноволокна в прессовальной камере будет: короткого – 645...660 кг/м<sup>3</sup>, длинного – 620...640 кг/м<sup>3</sup>.

Обработкой результатов опытов [5] получены регрессионные модели, адекватные экспериментальным данным, представленные в таблице.

**Таблица.** Результаты математической обработки экспериментальных данных

Волокно	Регрессионные модели									
	$V = a Q^b$		$S = a + b \cdot Q^c$			$\varepsilon = a + b \cdot Q^c$			$\delta = a + b \cdot \ln Q$	
	a	b	a	b	c	a	b	c	a	b
короткое	-5,91	-0,366	-8,62·10 <sup>-4</sup>	0,186	5,89·10 <sup>-2</sup>	-0,285	62	0,059	-113,12	102,5
длинное	-6	-0,295	-4,57·10 <sup>-4</sup>	0,186	5,43·10 <sup>-2</sup>	-0,149	62	5,39·10 <sup>-2</sup>	-32,99	95,46

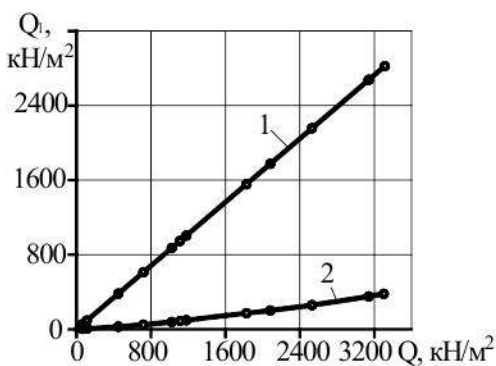
Примечание:  $a$ ,  $b$  и  $c$  – постоянные коэффициенты.

**На втором этапе** устанавливали зависимость между давлением прессующей плиты на льноволокно и его давлением на основание и боковые стенки прессовальной камеры, и распределение давления по ее высоте и периметру.

Навеску волокна помещали в прессовальную камеру и сжимали прессующей плитой до указанного постоянного объема, определяемого высотой прессовальной камеры. Динамометром 11 фиксировали нагрузку прессующей плиты на льноволокно, а динамометром 7 – нагрузку на основание прессовальной камеры.

Давление льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры оценивали разностью между давлением прессующей плиты на льноволокно и его давлением на ее основание (т.е. находили суммарное давление на боковые стенки). Результаты эксперимента представлены на рис. 3, из которого видно, что зависимости давления льноволокна на основание и боковые стенки прессовальной камеры от давления на него прессующей плиты линейны. Кроме того, линии трендов сжатия короткого и длинного волокна совпадают. Давление льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры значительно меньше его давления на ее основание. При рациональном процессе сжатия (прессования) льноволокна (1100-1200 кН/м<sup>2</sup>) его давление на боковые

стенки не превышает 15-16% давления на ее основание, что следует учитывать при проектировании прессовальных камер. Кроме того, основная часть давления прессующей плиты расходуется на сжатие льноволокна в прессовальной камере независимо от его вида, что согласуется с теорией упруго-вязкого контакта И.В. Крагельского [6].



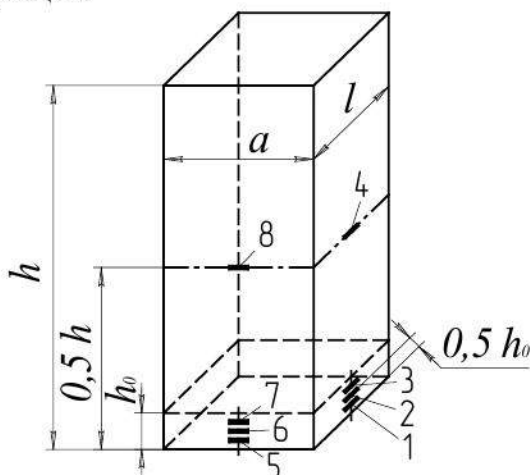
**Рис. 3.** Зависимость давления  $Q_1$  льноволокна на конструктивные элементы прессовальной камеры от давления  $Q$  на него прессующей плиты: 1, 2 – давление льноволокна, соответственно, на основание и боковые стенки прессовальной камеры. Обозначения точек на графике: ● – для длинного волокна; ○ – для короткого волокна

При исследовании распределения давления льноволокна по высоте и периметру прессовальной камеры для измерения деформаций ее стенок использован электрический метод измерений, обеспечивающий высокую чувствительность, обусловленную применением усилительных устройств и регистрирующих приборов [7]. Блок-схема включала преобразующее устройство (проволочные датчики сопротивления), усилитель и регистрирующее устройство (цифровой регистратор).

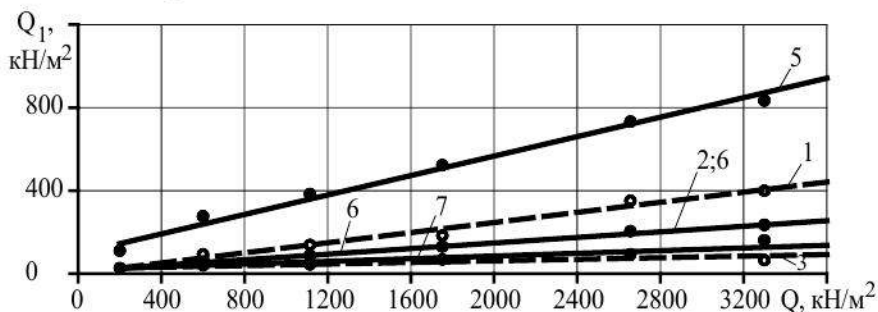
В экспериментах использовалась установка, показанная на рис. 1. При этом ее основание жестко фиксировалось относительно прессовальной камеры. Опыты проводили в диапазоне давлений 40 - 3300 кН/м<sup>2</sup>, что позволило установить границу деформации боковых стенок по высоте  $h$  прессовальной камеры.

Для установления зависимостей распределения давлений по высоте и периметру прессовальной камеры от давления прессующей плиты на льноволокно использовали восемь проволочных датчиков сопротивления. При этом датчики 1-4 закрепляли на узкой стороне ( $a = 0,1$  м) прессовальной камеры, а датчики 5-8 - на ее широкой ( $l = 0,12$  м) стороне (рис. 4). На каждой стороне датчики 1-3 и 5-7 фиксировали деформацию боковых стенок на высоте от основания прессовальной камеры 0,25; 0,5 и 0,75  $h_0$  (здесь  $h_0$  - высота сжатой навески льноволокна

до постійного об'єму  $420 \text{ см}^3$  пресовальної камери в опытах). Датчики розполагали по осі симетрії бокових стенок пресовальної камери, или с точки зрения расчета на жесткость - в местах наибольшей их деформации.



**Рис. 4.** Схема размещения датчиков на боковых стенках пресовальной камеры



**Рис. 5.** Зависимость давления  $Q_1$  льноволокна на боковые стенки пресовальной камеры от давления  $Q$  на него прессующей плиты: 1-3 и 5-7 – зависимости давления  $Q_1$  от  $Q$  в зонах соответствующих датчиков

Для тарирования датчиков смоделирован процесс сжатия жидкости в герметическом сосуде, что обеспечивало равномерное давление на боковые стенки камеры. Технически эксперимент выполнен сле-



дующим образом. Воду заливали в герметический резиновый сосуд, который помещали внутрь камеры. Объем воды в сосуде соответствовал объему льноволокна в сжатом состоянии в прессовальной камере. При сжатии сосуда с водой прессовальной плитой деформацию боковых стенок в условных единицах фиксировали регистратором, а силу давления - динамометром. Для каждого датчика построены тарировочные графики, которые использовались для построения опытных зависимостей.

Так как предыдущий эксперимент показал, что давление на боковые стенки не зависит от вида льноволокна, то в опыте использовалась его смесь (длинного № 10 и короткого № 3). Результаты опытов показаны на рис. 5. В зонах датчиков 4 и 8 давление льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры отсутствует.

Из рис. 5 следует, что зависимости давления льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры от давления на него прессующей плиты линейны. По мере удаления от прессующей плиты и приближения ее к основанию давление льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры возрастает. На расстоянии  $\geq 0,5 h$  давление льноволокна на боковые стенки прессовальной камеры отсутствует.

### **Выводы**

При проектировании прессов для формирования паковок льноволокна повышенной плотности рациональным является давление в прессовальной камере 1100... 1200 кН/м<sup>2</sup>. Плотность паковки короткого льноволокна при этом составит 645...660 кг/м<sup>3</sup>, а длинного 620... 640 кг/м<sup>3</sup> при минимальных энергозатратах на выполнение технологического процесса.

Для расчета прочностных характеристик прессовальной камеры при рациональном давлении прессующей плиты на льноволокно 1100-1200 кН/м<sup>2</sup> рекомендуемое давление на боковые стенки может быть принято равным 450 кН/м<sup>2</sup>.

Так как давление льноволокна на боковые стенки в верхней половине прессовальной камеры отсутствует, а в нижней оно переменное и возрастает к основанию, для удешевления конструкции ее прочность должна быть разной по высоте.

---

### **БИБЛИОГРАФИЯ**

1. *Храмцов В.Н.* Справочник по заводской первичной обработке льна/В.Н. Храмцов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 510 с.

2. Арно А.А. Создание пресса для лубяных волокон/А.А. Арно, Т.М. Плужник//сб. рефератов НИТ ЦНИИЛВ. - М.: Гизлегпром, 1958. - Вып. 2. - С. 89-99.
3. Гиттельмахер М.И. Некоторые вопросы прессования волокна кенафа и джута/М.И. Гиттельмахер, В.С. Топоркова, А.Б. Кавтасова//Хлопковая промышленность. - 1965. - № 1. - С. 29-31.
4. Балясов П.Д. Сжатие текстильных волокон в массе и его значение для технологии текстильного производства: дис. ... докт. техн. наук. - М.,1974. -299с.
5. Хайлис Г.А. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных/Г. А. Хайлис, М.М. Ковалев. - М.: Колос 1994. - 179 с.
6. Крагельский И.В. Трение волокнистых веществ. - М.: Гизлегпром, 1941.
7. Майзель М.М., Смирнов С.М. Технологические измерения и приборы легкой промышленности. - М. : Машиностроение, 1971.

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ПАКОВОК ЛЬНОВОЛОКНА

*Приведены результаты исследований по определению рациональной плотности прессования паков льноволокна, зависимости между давлением прессующей плиты на льноволокно и его давлением на основание и боковые стенки прессовальной камеры, а также распределения давления по ее высоте и периметру.*

**Ключевые слова:** льноволокно, объем, давление, плотность прессования, прессовальная камера, основание, боковые стенки.

#### IMPROVING THE EFFICIENCY OF PRESSING PACKAGES FLAX FIBER

*The results of studies to determine the density of sound compression packages of flax fiber, the relationship between the pressure of the pressing plate on flax fiber and its pressure on the base and side walls of a pressing chamber and the pressure distribution on its height and circumference.*

**Key words:** flax, volume, pressure, density, compaction, presses the camera, base, side walls.