

УДК 671.112.051

© Ю.Ф. Лачуга, д.т.н., М.М. Ковалев, д.т.н., А.П. Апыхин, к.т.н.  
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации  
льноводства

© Н.Н. Толстушко, к.т.н., А.В. Назаривский  
Луцкий национальный технический университет

### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРЯСИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОБЕСКОСТРИВАНИЯ КОРОТКОГО ЛЬНОВОЛОКНА**

*Приведён анализ работы трясильных машин в  
куделеприготовительных агрегатах. Предложена комбинированная  
трясильная машина с нижними и с верхними гребенными валиками.*

## **ОТХОДЫ ТРЕПАНИЯ, КУДЕЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ, ТРЯСИЛЬНАЯ МАШИНА, ГРЕБЕННЫЕ ВАЛИКИ, КОСТРА, КОРОТКОЕ ВОЛОКНО.**

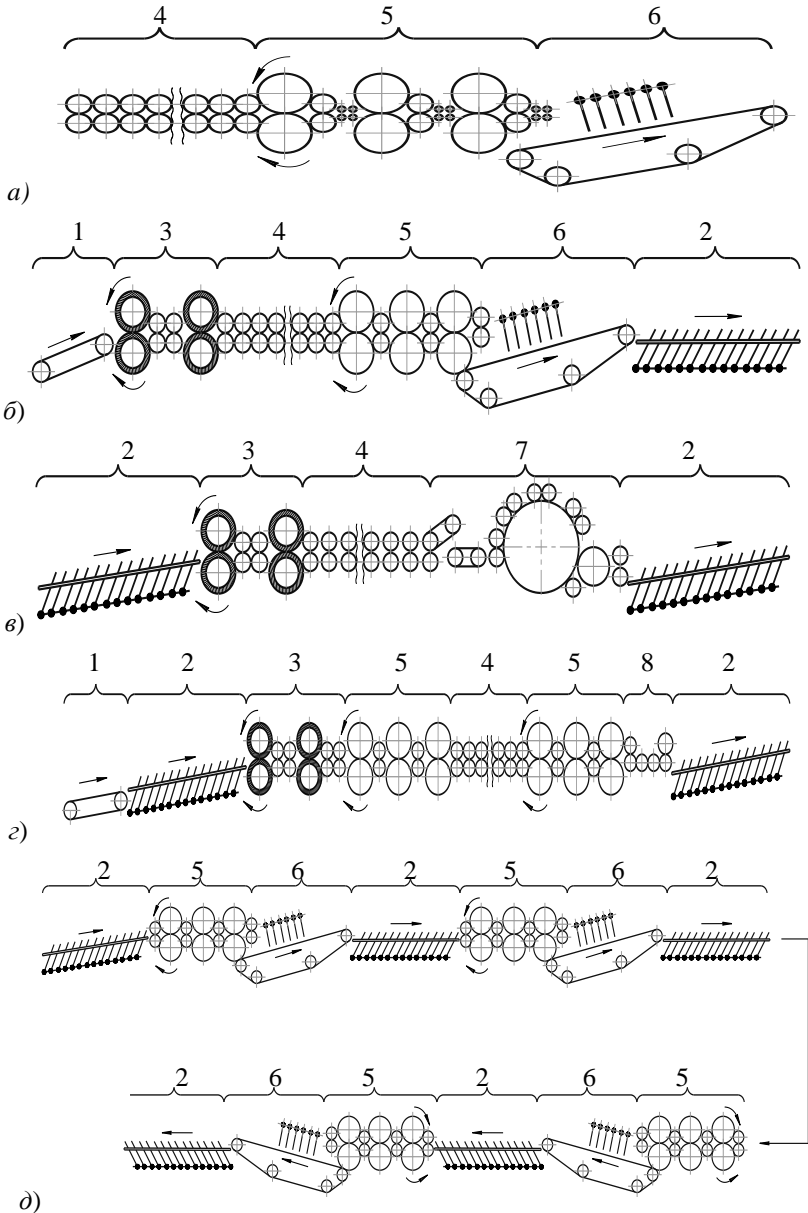
**Постановка проблемы.** В настоящее время основной причиной, ограничивающей расширение сферы использования короткого волокна, является его невысокое качество вследствие значительного содержания костры и сорных примесей. По действующим требованиям в коротком волокне допустима массовая доля костры и сорных примесей составляет 29% [1, 2]. Поэтому снижение заостренности короткого волокна – задача актуальная.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Куделеприготовительные агрегаты предназначены для получения короткого волокна из отходов трепания, а также из тресты низкого качества и путаныны. Они включают в себя машины по формированию слоя, отделению присушистой и удалению несвязанной костры [1-4]. В известных исследованиях и публикациях мало проанализированы тенденции развития трясильных машин для обескостривания короткого льноволокна.

**Цель исследования** – проанализировать тенденции развития трясильных машин для обескостривания короткого льноволокна.

**Результаты исследования.** Во всех известных серийных куделеприготовительных агрегатах (рис. 1) для удаления несвязной костры используются трясильные машины, технологический эффект в которых получается в результате встряхивающих воздействий на материал со стороны гребенных валиков. На рис. 1 представлены принципиальные схемы куделеприготовительных агрегатов короткого льноволокна: а – Этрих III (Германия); б – КПАЛ (Россия); в – АКЛВ-1 (Россия); г – КПАЛ-И (Россия); д – Demaitere (Бельгия). Здесь: 1 – питающий конвейер; 2 – трясильная машина с нижним гребенным полем; 3 – слоеформирующий механизм; 4 – вальцовая мяльная машина; 5 – трепальная машина; 6 – трясильная машина с верхним гребенным полем; 7 – трепально-очистительная машина; 8 – механизм деления слоя.

Необходимо отметить, что технология, используемая в куделеприготовительных агрегатах, была предложена в 1913 году немецким инженером Этрихом (рис.1, а). С этого времени совершенствование куделеприготовительных агрегатов заключалось в устранении конструктивных недостатков, выявленных при их эксплуатации. Технологический процесс оставался неизменным, что позволяет говорить о том, что схема Этриха была достаточно логически верной, а текстильное производство приспособилось к качеству и цене короткого волокна и заказов по совершенствованию



д)  
Рис. 1 – Принципиальні схеми куделеприготовителних агрегатів короткого льноволокна

технологии производства короткого волокна не формулировало [2, 3].

Известны трясильные машины двух типов – с нижним (рис. 2, а) и с верхним (рис. 2, б) гребенным полем, различающиеся расположением гребенных валиков относительно обрабатываемого материала.

В машинах с нижним гребенным полем поступательное перемещение материала осуществляется за счет ассиметричного расположения угла размаха игл относительно колосниковой решетки, а в машинах с верхним гребенным полем такое перемещение материала достигается за счет движения колкового конвейера.

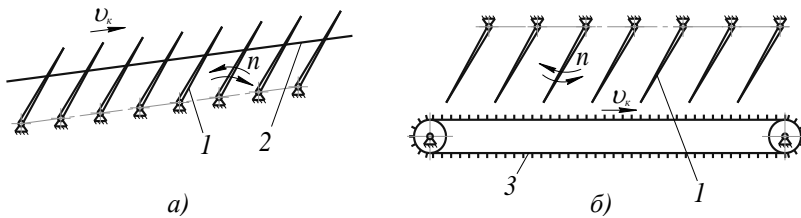


Рис. 2 – Принципиальные схемы трясильных машин с нижним (а) и верхним (б) гребенным полем: 1 – гребенной валик; 2 – колосниковая решетка; 3 – колковый конвейер.

Расположение трясильных машин в поточных линиях предопределяется их конструктивными особенностями. Машины с нижним гребенным полем устанавливаются в начале линии, поскольку верхняя часть в них открыта для приема дезориентированных волокнистых комплексов, поступающих от мяльно-трепального агрегата.

Отходы трепания, поступающие от мяльно-трепального агрегата на трясильные машины, имеют содержание костры до 70%, с большой неравноотой по плотности, малой инерционностью и значительной упругостью волокон. При этом толщина слоя отходов трепания составляет 150...300 мм при вылете игл валиков над плоскостью колосниковой решетки 48...102 мм [3]. Поэтому верхний слой отходов трепания оказывается вне зоны воздействия игл и не обрабатывается. Вместе с тем эти машины хорошо выравнивают слой по плотности, поэтому установка трясильной машины с нижним гребенным полем вначале куделеприготовительного агрегата (рис. 1, в, г, д) является рациональным решением.

Трясильные машины с верхним гребенным полем применяются для обогащенных (с малой заостренностью) отходов трепания, обычно после трепальной секции.

Существенным недостатком трясильных машин с верхним гребенным полем является высокая вероятность повреждения и разрыва волокон в процессе обескостривания отходов трепания. Схема взаимодействия конца иглы с волокном, размещенным на планчатом транспортере, при положительной разводке ( $\Delta = 2 \dots 15 \text{ мм}$ ) между иглами валиков и конвейера, представлена на рис. 3.

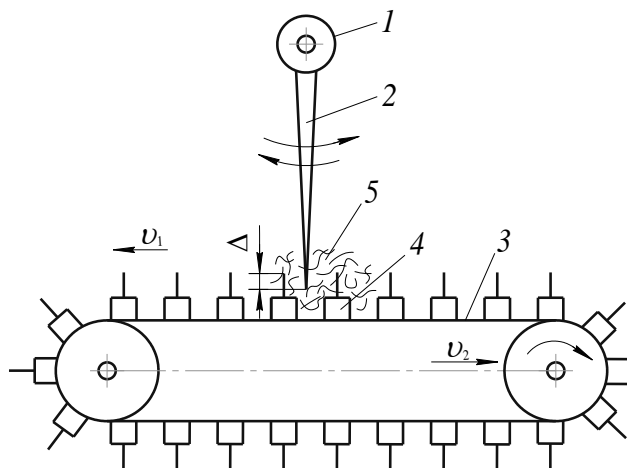


Рис. 3 – Схема взаимодействия конца иглы с волокном на планчатом транспортере: 1 – гребенной валик; 2 – игла; 3 – планчатый транспортер; 4 – планка с иглами; 5 – волокно.

Игла совершает 615...655 качаний в минуту, что соответствует линейной скорости конца иглы  $v_1 = 347 \dots 370 \text{ м/мин}$ . Линейная скорость планчатого транспортера  $v_2 = 38 \text{ м/мин}$ . В связи с этим при качании иглы в фазе, обратной движению транспортера, скорость воздействия иглы и транспортера на волокно составит 408 м/мин или 6,8 м/с, с периодичностью изменения вектора скорости иглы 11 раз/с. Поэтому волокна, зафиксированные в двух точках (игла транспортера и игла валика) разрываются.

Следует отметить, что на начальном этапе создания куделеприготовительных агрегатов предпочтение отдавалось

трясильным машинам с верхним расположением игольчатых валиков (рис. 1, а). Однако с учетом опыта эксплуатации и выявленных технологических недостатков при создании наиболее массового куделеприготовительного агрегата КПАЛ (рис. 1, б) в состав агрегата были включены трясильные машины и с верхним, и с нижним гребенными полями.

Таким образом, анализ показал, что на практике в поточных линиях получения короткого волокна обе машины используются одинаково успешно, вследствие чего предпочтение какой-то из них отдать невозможно.

Для выявления эффективности применения технологической операции трясения были выполнены эксперименты по определению степени обескостривания волокнистой массы с использованием наиболее распространенных агрегатов КПАЛ (рис. 1, б) и КПАЛ-И (рис. 1, г).

Эксперименты проводили с отходами трепания, полученными из переработки льнотресты № 0,75, с низкой пригодностью (0,7...0,68), крепостью 40...60Н, повышенной засоренностью и влажностью 6,9...8,4%. Результаты эксперимента показаны в таблице 1.

Анализ эксперимента показал низкую эффективность трясильных машин в технологической схеме агрегата КПАЛ: с верхним расположением гребенных валиков 2,5...7,3%; с нижним расположением гребенных валиков 1,3...1,9%.

Для повышения эффективности обеспечения отходов трепания была предложена новая технологическая схема получения короткого волокна, реализованная в модернизированном агрегате КПАЛ. Результаты сравнительных экспериментов приведены в табл. 2.

Проведенные исследования и производственная проверка оборудования показали, что применение трясильной машины с верхним расположением гребенных валиков оказалось малоэффективным. Удаление насыпной костры не превысило 1%.

Параллельно со сравнительными испытаниями разных модификаций агрегатов КПАЛ осуществлялся контроль состояния волокнистой массы в агрегате КПАЛ-И после прохождения ею трясильных машин с нижним расположением гребенных валиков (рис. 1, з). Контролю подвергались отходы трепания, полученные из тресты нормальной вылежки №1,25. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 1 – Удаление костры на трясильных машинах в агрегате КПАЛ

Наименование частей агрегата КПАЛ	Засоренность тресты, %					
	15			24		
	общее	насыпной +примеси	присущенной	общее	насыпной +примеси	присущенной
1	2	3	4	5	6	7
Колковый питатель	42	15,3	26,7	48,3	19,6	28,7
Трясильная машина с верхними игольчатыми валиками	28,9	–	–	29,1	–	–
Трясильная машина с нижними игольчатыми валиками	27	8,5	18,5	27,8	12,5	15,3
Абсолютное удаление костры, %	15	6,8	8,2	20,5	7,2	13,4

Таблица 2 – Абсолютное удаление костры и примесей куделеприготовительными агрегатами

Трясильные машины	Абсолютное удаление костры и примесей агрегатами, %			
	КПАЛ		модернизированный КПАЛ	
	при засоренности тресты, %			
	15	24	15	24
Трясильная машина: - с верхними гребенными валиками; - с нижними гребенными валиками	2,5	7,3	0,7	1
	1,9	1,3	4,4	4,5

Таблица 3 – Контроль отходов трепания в агрегате КПАЛ-И, полученных из тресты нормальной вылежки №1,25

Наименование	Содержание костры, %			% удаления костры
	общее	насыпная + сорняки	присушистая	
Агрегат КПАЛ-И (рис.1, з) Питающий транспортер	41,3	16,6	24,7	–
Первая трясильная машина	34,7	13,6	21,1	6,6
Вторая трясильная машина	13,7	6,4	7,3	1,7
Абсолютное удаление костры агрегатом	27,6	10,2	17,4	–

Экспериментом установлено, что агрегат КПАЛ-И обеспечивает высокий процент обескостривания отходов трепания – 27,6%, при конечной закостренности волокна 13,7%, что соответствует требованиям ГОСТ 9394-76 (волокно льняное короткое), для волокна №6. Высокий процент удаления несвязной костры достигнут в первой трясильной машине с нижним расположением гребенных валиков – 6,6%.

Исследованиями [4] было выявлено влияние типа куделеприготовительного агрегата на качество получаемого короткого волокна. Результаты оценки показаны в табл. 4.

С точки зрения качества обработки лучшие результаты получены на агрегате КПАЛ-И, что подтверждает вывод о рациональности технологического процесса.

Анализируя технологический процесс в агрегате Demaitere необходимо отметить, что он содержит четыре одинаковых модуля (рис. 1, д). Каждый модуль включает трепальную секцию и две трясильные машины, при этом на входе в первый модуль установлена дополнительная трясильная машина типа ТГ-135Л.

Таким образом, в ходе обработки отходов трепания происходит четырехкратное переформирование (сгруживание, вытяжка) волокнистой массы с неизбежным повреждением волокон. Это выражается в значительном снижении разрывной нагрузки скрученной ленточки, что является причиной снижения номера короткого волокна с №6 до №4, и существенно сужает сферы его использования для производства конкурентоспособных изделий.



Таблица 4 – Результаты переработки отходов трепания разными куделеприготовительными агрегатами

Наименование показателей	Отходы трепания	Короткое волокно			
		агрегаты:			
		КПАЛ	КПАЛ-И	АКЛВ-И	Demaitere
Разрывная нагрузка скрученной ленточки, Н	232	204	184	92	148
Массовая доля костры и сорных примесей, %	44	16	13	8	6
Номер короткого льноволокна	–	6	6	2	4

Необходимо отметить также, что последовательная установка трясильных машин в куделеприготовительных агрегатах приводит к увеличению их габаритов, материало- и энергоёмкости.

На основе проведенного анализа работы известных трясильных машин во ВНИИМЛ предложено новое техническое решение для удаления несвязной костры из отходов трепания (рис.4).

Трясильная машина имеет раму 1, привод 2 и нижнюю колосниковую решетку 3. Основная отличительная особенность предложенной машины заключается в том, что она дополнительно снабжена верхней колосниковой решеткой 4, установленной с возможностью перемещения в вертикальной плоскости относительно нижней колосниковой решетки 3, и верхними гребенными валиками 5, расположенными над верхней колосниковой решеткой 4, параллельно нижним гребенным валикам 6 со смещением  $l$  относительно их осей поворота. При этом колебания верхних 5 и нижних 6 гребенных валиков совпадают по фазе и синхронны, что обеспечивается специальным приводом 2 (показан частично). Зазор между концами игл нижних 3 и верхних 4 гребенных валиков не менее 10 мм.

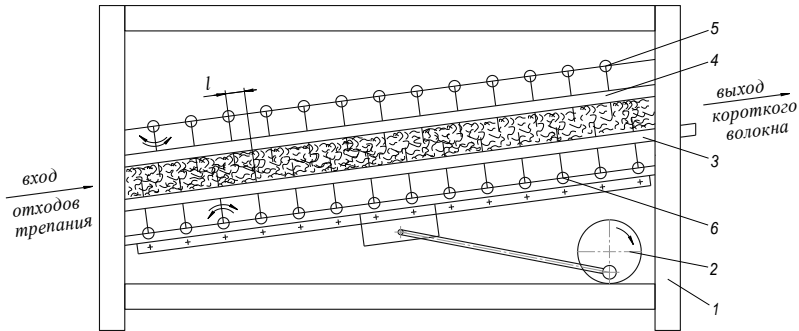


Рис. 4 – Принципиальная схема перспективной трясильной машины для удаления несвязной костры из отходов трепания

Отходы трепания пневмотранспортом подаются на нижнюю колосниковую решетку 3 и заполняют пространство, ограниченное верхней колосниковой решеткой 4. Под воздействием игл нижних 6 и верхних 5 гребенных валиков, которые совершают колебательные движения от привода 2, волокнистая масса начинает интенсивно встряхиваться. Костра и другие примеси через нижнюю колосниковую решетку 3 проваливаются вниз, в приёмный бункер, и удаляются системой пневмотранспорта. Комбинированное воздействие нижних 6 и верхних 5 гребенных валиков на обрабатываемый материал обеспечивает высокоэффективное его обескостривание.

**Выводы:**

1. Обескостривание отходов трепания с применением трясильных машин является неотъемлемой частью технологического процесса получения короткого волокна.

2. Место установки трясильных машин и эффективность их работы определяется схемой технологического процесса, реализованного в той или иной конструкции куделеприготовительного агрегата.

3. Для удаления несвязной костры, а также механизации загрузки отходов трепания, перед питателем куделеприготовительного агрегата целесообразно устанавливать трясильную машину с нижними гребенными валиками.

4. Применение трясильных машин с верхними гребенными валиками в куделеприготовительных агрегатах, с технологической схемой обработки отходов трепания подобной агрегату КПАЛ-И, нецелесообразно, ввиду её низкой эффективности.

5. В ближайшей перспективе трясильные машины с верхними и нижними гребенными валиками останутся основными в куделеуприготовительных агрегатах удаления несвязной костры.

6. Для повышения эффективности удаления насыпной костры, уменьшения габаритов и материалоемкости необходимо создать комбинированную трясильную машину с нижними, и с верхними гребенными валиками.

### **Литература**

1. Ковалёв М.М. Направления инновационной деятельности в льняном комплексе России: мат. Междунар. науч.-практич. конф. 27-28 июня 2013г. РУП Институт льна НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Могилев, 2013. – 224 с.

2. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон: монография. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. унив-та, 2009. – 271 с.

3. Сидоров М.И. Общая технология переработки лубяных волокон / М.И. Сидоров, В.Н. Храмов, З.Ф. Алексеева. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 320 с.

4. Чеботарёв В.П. Сравнительный анализ оборудования для получения короткого льноволокна, применяемого на льнозаводах республики / В.П. Чеботарёв, В.М. Изойтко, А.Е. Лукомский, С.Г. Кривонос, А.В. Новиков: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-20 окт. 2012г.). Т.1. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 332 с.