

УДК 677.021

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ
СЛОЕУТОНЯЮЩЕЙ МАШИНЫ, АДАПТИВНОЙ
К ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ СЛОЯ ЛЬНОСЫРЬЯ**

**A GROUND IS STRUCTURAL - TECHNOLOGICAL DECISION
OF IS THE MECHANISM OF THINNING MACHIN ADAPTIVE
TO CHANGE OF PARAMETERS OF LAYER OF RAW FLAX**

В.А. РОМАНОВ, Э.В. НОВИКОВ
V.A. ROMANOV, E.V. NOVIKOV

(Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства)
(All-Russia Scientific Research Institute of Mechanization Flax Cultivation)

E-mail: romanoff_va@bk.ru, edik1@kmtn.ru

Представлена конструктивно-технологическая схема слоеутоняющей машины, адаптивной к изменению параметров слоя льносырья, и результаты ее экспериментального обоснования.

Presented structurally is the mechanism of thinning machin adaptive to the change of parameters of layer of raw flax and results of her experimental ground.

Ключевые слова: льносырье, утонение слоя, линейная плотность, конструктивно-технологическая схема, канал утонения.

Keywords: raw flax, thinning of layer, linear closeness, structurally-technological chart, channel of thinning.

Интенсивная механизированная технология уборки льна-долгунца с последующим прессованием полученной тресты в рулоны качественно изменила свойства слоя льносырья, поступающего на первичную обработку [1].

Это касается, в первую очередь, существенного повышения сил связи между стеблями, их взаимной дезориентации и разрушения конструкции стеблей.

При первичной обработке такого сырья на длинное волокно доля длинного во-

локна составляет только 20...25%, а 70...75% содержащихся в стеблях волокнистых веществ образуют отходы [2], [3].

Одна из основных причин сложившегося положения – недостаточная адаптивность существующей технологии обработки к изменившимся свойствам сырья. Технология первичной обработки льносырья до настоящего времени базируется на технологических процессах и оборудовании, разработанных для сырья сноповой уборки – соответственно для слоя стеблей с

высокими значениями "сыпучести" и жесткости на изгиб.

Неадекватность технологических процессов изменившимся свойствам сырья проявляется прежде всего при подготовке слоя к обработке, поэтому такие работы зачастую приходится проводить вручную.

Низким качеством подготовки слоя к механической обработке на мяльно-трепальном агрегате обусловлено до 60% потерь длинного волокна [4]. Поэтому совершенствование способов и технических средств подготовки слоя льносырья к обработке является актуальной задачей.

Важнейшей технологической операцией в технологии подготовки слоя к обработке является утонение слоя. Опыт работ в области утонения слоя показывает, что для льносырья из рулонов наиболее эффективным является метод утонения слоя, основанный на его "вытяжке" со свободной фиксацией стеблей в межзубных впадинах утоняющих дисков. Этот метод утонения широко распространен в странах Западной Европы. Его отличительной особенностью является высокая надежность процесса прохождения слоя через канал утонения, а такие дефекты процесса, как намотки, забивки и т.п., приводящие к необходимости остановки технологического потока, практически не происходят при любом диапазоне варьирования параметров слоя на входе в канал утонения.

На основе данного метода ФГБНУ ВНИИМЛ была разработана слоеутоняющая машина СПЛ-2, которая в производственных условиях подтвердила высокую эксплуатационную надежность процесса [5]. В то же время были выявлены следующие технологические ее недостатки: невозможность регулирования коэффициента

утонения, а также вероятность неконтролируемого изменения угла разворота стеблей при утонении.

Исходя из вышеизложенного целью исследований является разработка перспективной конструктивно-технологической схемы слоеутоняющей машины, обеспечивающей регулирование коэффициента утонения слоя, снижение вероятности неконтролируемого разворота стеблей и проведение экспериментальной проверки принятых технических решений.

При разработке технического решения схемы слоеутоняющей машины использовали системный подход, обеспечивающий рассмотрение процесса утонения слоя с учетом взаимосвязей качества утонения с конструктивными и технологическими параметрами. Льносырье для исследований изменения линейной плотности по ширине слоя отбирали на Вышневолоцком льнозаводе. Определение линейной плотности проводили традиционным весовым методом, с делением материала по длине на 10 равных частей. Исследования по оценке предложенных технических решений слоеутоняющей машины выполняли в лабораторных условиях с использованием экспериментальной установки, обеспечивающей моделирование процесса утонения в необходимом диапазоне регулирования параметров. При проведении исследований использовали известные в математической статистике методы планирования экспериментов и обработки данных.

На основании анализа процесса утонения слоя в каналах со свободной фиксацией стеблей в межзубных впадинах утоняющих дисков была разработана конструктивно-технологическая схема утоняющей машины (рис. 1: а – вид сверху; б – разрез А-А).

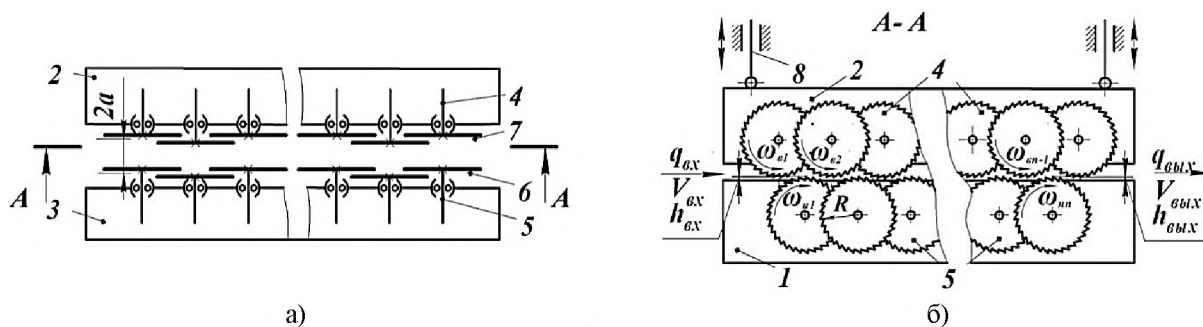


Рис. 1

Ее основными элементами являются четыре унифицированных редуктора: нижний редуктор 1 и верхние подвижные редукторы 2, 3, на консольных валах 4,5 которых установлены зубчатые слоеутоняющие диски, образующие канал утонения, состоящий из двух линий утонения 6,7 и $N_{зy}$ числа зон утонения. Верхний и нижний ряды зубчатых дисков смещены на половину шага α_{ω} относительно друг друга. Утонение обеспечивается выполнением соотношения

$$R_1 \omega_1 < R_i \omega_i \dots < R_n \omega_n, \quad (1)$$

где R – радиус дисков; ω – угловая скорость дисков.

Рационально иметь $R_{1\dots n} = \text{const}$, при этом увеличение линейной скорости зубьев $V_1 < V_i < V_{vy} \dots < V_{an}$ будет обеспечиваться только за счет изменения угловых скоростей ω дисков. Смежные зубчатые диски образуют зоны утонения. Число зон утонения $N_{зy}$ и разница скоростей образующих их дисков ΔV_{ij} во многом определяют коэффициент утонения слоя K_y , который находится с помощью выражения

$$K_y = q_{вх} / q_{вых} \neq \text{const}, \quad (2)$$

где $q_{вх}$ – линейная плотность слоя на входе в канал утонения, кг/м; $q_{вых}$ – линейная плотность слоя на выходе из канала утонения, кг/м.

Значения $q_{вх} \neq \text{const}$ и $q_{вых} \neq \text{const}$, диапазон их изменения зависят от технологических свойств льносырья и параметров основного оборудования технологической линии. Так, диапазон изменения $q_{вых}$ должен перекрывать изменение толщины слоя по числу стеблей от 1 до 2 стеблей [6], в отдельных случаях это значение может быть больше. На основе этого техническое решение слоеутоняющей машины должно обеспечивать плавное регулирование K_y в соответствующем диапазоне. Значение K_y в рассматриваемом способе утонения определяют не только конструктивные параметры машины ΔV_{ij} и $N_{зy}$, но и свойства утоняемого слоя льносырья. Прежде всего это ка-

сается носящих вероятностный характер изменений сил связи между стеблями и уровня обжима материала утоняющими дисками по длине канала утонения. Регулируя обжим материала, можно вносить изменения в силы воздействия рабочей боковой поверхности зубьев на стебли в зоне контакта и таким образом управлять значением K_y . С этой целью в конструктивно-технологической схеме машины предусмотрено перемещение верхних редукторов в вертикальной плоскости.

Основным фактором неконтролируемого разворота стеблей в канале утонения служат различия в уровне обжима льносырья по линиям утонения. Это приводит к неравенству сил действия зубьев утоняющих дисков на стебли, может вызвать различия в скорости перемещения отдельных стеблей или групп стеблей по линиям утонения, то есть их разворот. Основная причина – изменение линейной плотности материала по ширине слоя $q_{ш}$.

Характер изменения $q_{ш}$, имеющий для слоеутоняющих механизмов, основанных на "вытяжке" слоя, существенное значение, был определен экспериментально. Установлено, что изменение $q_{ш}$ обусловлено изменчивостью линейной плотности по длине стеблей $q_{ст}$, неоднородностью параметров и взаимного расположения (растянутости) стеблей в слое. Изменение $q_{ст}$ носит линейный характер и зависит от диаметра стеблей. С увеличением диаметра стеблей интенсивность изменения линейной плотности падает. Определение изменения относительной линейной плотности по ширине слоя $q_{ш0}$ (нумерация зон 1→10 от комля к вершине, $q_{ш0}$ 5-й зоны принято за единицу) проводили в двух вариантах: $q_{ш01}$ – без выравнивания стеблей; $q_{ш02}$ – с выравниванием стеблей в образцах по комлям остукиванием, что моделировало технологический процесс обработки сырья с комлеподбиванием. Общее число партий в опыте 13, при определении $q_{ш02}$ – 6 партий с горстевой длиной стеблей от 71 до 85 см; при определении $q_{ш01}$ – 7 партий с горстевой длиной стеблей от 60 до 74 см и растянутостью от 1,10 до 1,39.

Обработка данных показала, что изменения $q_{ш02}$ носят линейный характер. Для исследованных партий сырья $R^2 = 0,64 \dots 0,98$, для обобщенных данных $R^2 = 0,83$, а уравнение зависимости имеет следующий вид:

$$q_{ш02} = -0,119 n_3 + 1,541, \quad (3)$$

где $q_{ш02}$ – относительное изменение линейной плотности; n_3 – номер зоны по ширине слоя.

Изменения $q_{ш01}$ адекватно описываются полиномом второй степени, для отдельных партий сырья $R^2 = 0,77 \dots 0,94$. Для обобщенных данных уравнение зависимости с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,63$ имеет вид:

$$q_{ш01} = -0,031 n_3^2 + 0,308 n_3 + 0,24, \quad (4)$$

где $q_{ш01}$ – относительное изменение линейной плотности; n_3 – номер зоны по ширине слоя.

Из полученных данных, которые показаны графически на рис. 2, следует, что для сырья с растянутостью (кривая 2), обеспечить равенство линейной плотности слоя по линиям утонения и тем самым снизить вероятность неконтролируемого разворота стеблей возможно за счет регулирования расстояния b от комлей до центра между линиями утонения. В этом случае равенство величин относительной линейной плотности по линиям утонения – точки А и D, соответственно $q_{лу1} = q_{лу2}$ обеспечивается при $b = OC$.

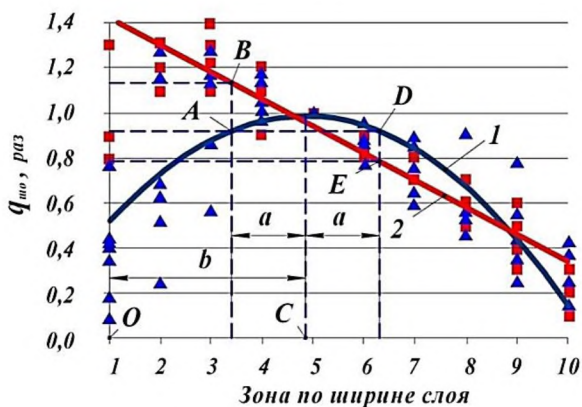


Рис. 2

Для льносырья с выравненными по комлю стеблями невозможно обеспечить выполнение условия $q_{лу1} = q_{лу2}$ за счет рационального размещения слоя относительно линий утонения – точки В и Е. Исходя из этого, регулирование сечения канала утонения предложено выполнить независимым, по линиям утонения, что нашло отражение в конструктивно-технологической схеме (в механизме подъема и опускания верхних редукторов 8, рис. 1).

Для оценки целесообразности предложенных технических решений были проведены исследования влияния на K_y высоты подъема на входе в канал утонения $h_{вх}$ и выходе из него $h_{вых}$ верхних редукторов. Исследования проводили на образцах льнотресты с горстевой длиной стеблей 79 см, диаметром 1,5 мм, отделяемостью 5,6 ед. Линейная скорость вершин зубчатых дисков на выходе из канала утонения составляла 60 м/мин, а линейная плотность слоя на подаче 1,5 кг/м.

В результате эксперимента было установлено, что $K_y = f(h_{вх}, h_{вых})$ аппроксимируется с $R^2 = 88,52\%$ зависимостью, представленной на рис. 3.

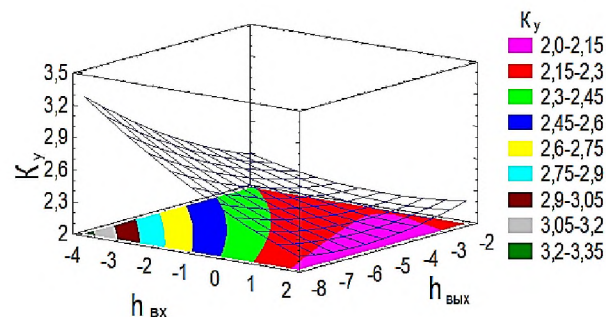


Рис. 3

В процессе проведения эксперимента не были выявлены случаи неконтролируемого разворота стеблей. Из рис. 3 следует, что, изменяя величину $h_{вх}$ и $h_{вых}$, можно плавно регулировать коэффициент утонения K_y в широких пределах, а его регулирование в какой-то степени будет способствовать повышению равномерности слоя на выходе из утоняющего механизма [7]. Это подтверждает правильность заложенных в конструкцию изделия технических решений.

ВЫВОДЫ

Разработана конструктивно-технологическая схема слоеутоняющей машины, основанной на утонении слоя стеблей льнотресты в каналах со свободной фиксацией стеблей в межзубных впадинах утоняющих дисков, адаптивная к изменению параметров слоя при подготовке его к первичной обработке в поточных технологических линиях перерабатывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.А. О некоторых факторах потерь длинного волокна // В сб.: Инновационные разработки для производства льна / Мат. Междунар. научн.-практич. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ, г. Тверь, 14-15 мая 2015 г. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. С. 240...243.
2. Новиков Э.В., Королева Е.Н., Безбабченко А.В., Ущиповский И.В. Качество льносырья, волокна и эффективность первичной переработки в льнокомплексе России / Сб. научн. тр. ВНИИМЛ: Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. С. 196...200.
3. Новиков Э.В., Королева Е.Н., Безбабченко А.В., Ущиповский И.В. Анализ эффективности первичной переработки льносырья в Российской Федерации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 71...74.
4. Дьячков В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 2006.
5. Романов В.А., Пучков Е.М., Зубов Ф.М. Повышение эффективности переработки льнотресты // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010, №8. С.24...25.
6. Справочник по заводской первичной обработке льна / Под общ. ред. В.Н. Храмцова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

7. Дьячков В.А. О неравномерности слоя по плотности на выходе утоняющего механизма слоеформирующих машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №3. С. 31...35.

REFERENCES

1. Romanov V.A. O nekotoryh faktorah poter' dlinного volokna // V sb.: Innovacionnyye razrabotki dlja proizvodstva l'na / Mat. Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf. FGBNU VNIIML, g. Tver', 14-15 maja 2015 g. – Tver': Tver. gos. un-t, 2015. S. 240...243.
2. Novikov Je.V., Koroleva E.N., Bezbabchenko A.V., Ushhapovskij I.V. Kachestvo l'nosyr'ja, volokna i jeffektivnost' pervichnoj pererabotki v l'nokomplekse Rossii / Sb. nauchn. tr. VNIIML: Mashinno-tehnologicheskaja modernizacija l'njanogo agropromyshlennogo kompleksa na innovacionnoj osnove. – Tver': Tver. gos. un-t, 2014. S. 196...200.
3. Novikov Je.V., Koroleva E.N., Bezbabchenko A.V., Ushhapovskij I.V. Analiz jeffektivnosti pervichnoj pererabotki l'nosyr'ja v Rossijskoj Federacii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 71...74.
4. D'jachkov V.A. Proektirovanie mashin dlja pervichnoj obrabotki lubjanyh volokon. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnol. un-ta, 2006.
5. Romanov V.A., Puchkov E.M., Zubov F.M. Povyshenie jeffektivnosti pererabotki l'notresty // Mеханизация i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2010, №8. S.24...25.
6. Spravochnik po zavodskoj pervichnoj obrabotke l'na / Pod obshh. red. V.N. Hramcova. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.
7. D'jachkov V.A. O neravnomernosti sloja po plotnosti na vyhode utonjajushhego mehanizma sloeformirujushhijh mashin // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2003, №3. S. 31...35.

Рекомендована заседанием лаборатории "Переработка лубяных культур" ВНИИМЛ. Поступила 02.12.16.