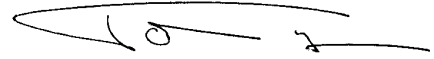


На правах рукописи



ТАТАРНИЦЕВ

Константин Вячеславович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ЛЬНА-
ДОЛГУНЦА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО АППАРАТА**

Специальность 05.20.01 –

“Технологии и средства механизации сельского хозяйства”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2008

Диссертация выполнена в ФГОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель	– член-корреспондент РАСХН, доктор технических наук, профессор Черников Виктор Григорьевич
Официальные оппоненты:	– доктор технических наук, профессор Сечкин Василий Семенович; – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Андреев Василий Алексеевич
Ведущая организация	– ОАО «Тверьсельмаш»

Защита состоится 22 мая 2008 года в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 006.054.01 в Государственном научном учреждении «Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук» по адресу: 196625, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3, корпус №1, ауд.201.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии.

Автореферат разослан 21 апреля 2008 года.

Ученый секретарь
Диссертационного совета



Черей Н.Н.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Развитию льняного комплекса в Российской Федерации уделяется особое внимание. Это обусловлено необходимостью обеспечения сырьем отечественной текстильной промышленности. Льняное волокно как продукт, выпускаемый предприятиями АПК, является единственным источником натурального сырья для производства весьма широкого спектра изделий бытового и технического назначений.

Вместе с тем, сегодняшнее состояние рынка льнопродукции и предстоящее вступление России в ВТО требует неотложного проведения работ по повышению конкурентоспособности отечественного льноводства.

Наиболее трудоемким и затратным процессом в льноводстве является уборка, на долю которой в зависимости от принятой технологии приходится 65...80 % затрат труда, 55...75 % денежных средств и до 40 % затрат энергии. В этой связи требуется проведение работ по обоснованию и разработке эффективных технических средств для уборки льна, способных увеличить производства длинного волокна и семян. Одним из важных путей решения данной задачи является снижение процента поврежденных стеблей с разрывом волокна и потерь семян, а также уменьшение отхода стеблей в путанину, которая попадая в льноворох значительно увеличивает затраты на его сушку и переработку.

В большой степени указанные выше показатели зависят от качества работы очесывающих аппаратов льноуборочных машин, поэтому их разработка и модернизация является актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Тверской ГСХА (тема 21 № ГР 01.2.007 04604).

Целью работы является снижение путанины в льноворохе путем совершенствования существующих технических средств для отделения семенных коробочек от стеблей льна и обоснование их параметров и режимов работы.

Объекты исследования – растения льна-долгунца, льносолома, экспериментальные и макетные образцы динамически активных монощелевых очесывающих аппаратов.

Методы исследований. Разработка технологического процесса и динамически активного моноцелевого очесывающего аппарата, методов расчета, эмпирических зависимостей и математических моделей, описывающих процесс отделения семенных коробочек от стеблей льна.

Теоретические и экспериментальные модели, графические построения и комплексный анализ данных проводился с использованием компьютерных программ Mathcad 13 и STADIA-7.0.

Экспериментальные исследования проведены в соответствии с СТО АИСТ 8.9-2004 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки льна. Методы оценки функциональных показателей» и РД 10.8.9-90 «Машины для уборки льна. Программа и методы испытаний». Исследования проводились с применением математических методов планирования эксперимента.

Опыты проведены в лабораториях ГНУ ВНИПТИМЛ РАСХН, в лабораториях и машинном зале ФГОУ ВПО «Тверская ГСХА», на опытных полях ФГОУ ВПО «Тверская ГСХА» и ГНИУ ВНИИМЗ РАСХН.

Научную новизну работы составляют:

- закономерности физиологических и прочностных характеристик стеблей льна-долгунца;
- математические модели, описывающие процесс отделения семенных коробочек от стеблей динамически активным моноцелевым очесывающим аппаратом;
- методика определения рациональных параметров и режимов работы очесывающего аппарата;
- конструктивно-технологическая схема динамически активного моноцелевого очесывающего аппарата с рабочей кромкой очесывающего пространства лопатки, выполненной в виде волнообразной поверхности.

Новизна технического решения подтверждена решением о выдаче патента РФ на полезную модель. Заявка № 2006143280/12(047262). Дата подачи заявки 06.12.2006.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

- технологического процесса и усовершенствованной конструкции динамически активного монощелевого очесывающего аппарата;
- теоретических и экспериментальных зависимостей конструктивных и кинематических параметров от различных факторов;
- рациональных величин параметров и режимов работы динамически активного монощелевого очесывающего аппарата.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований разработан, изготовлен и испытан в полевых условиях на макетном образце льноуборочного комбайна усовершенствованный динамически активный монощелевой очесывающий аппарат.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований используют в учебном процессе ФГОУ ВПО «Тверская ГСХА».

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на научных и научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов в ФГОУ ВПО «Тверская ГСХА» в 2006-2007 гг.; на международной научно-практической конференции «Стабилизация производства и развитие агропромышленного комплекса региона на основе внедрения инновационных технологий» (г. Тверь) в 2007 г.; на XI Международной научно-практической конференции «Наука и производство – пути развития и ожидаемые результаты» (г. Вологда) в 2008 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, включающих решение о выдаче патента РФ на полезную модель. Общий объем публикаций по теме диссертации составил 1,82 п.л., из них лично автора 1,05 п.л. Три работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАКом Министерства образования РФ для публикации основных результатов диссертаций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, выводов, списка использованной литературы из 106 наименований; изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунка, 12 таблиц и 10 приложений.

Содержание работы

Во введении показана актуальность работы и ее значение для агропромышленного комплекса России. Сформулированы положения, выносимые на защиту.

В разделе 1 изложено состояние вопроса, даны общие сведения об уборке льна-долгунца, а также описание и анализ технологий уборки.

В результате анализа установлено, что в России и странах СНГ наиболее целесообразно применять технологию комбайновой уборки, когда практически все операции осуществляются одной машиной – льнокомбайном. Эта технология применима во всех зонах льноводства, при любых погодных условиях и состоянии посевов, а также является наименее затратной на стадии выполнения полевых операций. Ее существенный недостаток – большие затраты денежных средств на сушку и переработку льновороха, поступающего от льнокомбайна, из-за повышенного содержания в нем путанины и дороговизны энергоносителей.

Причиной возникновения путанины и других примесей в льноворохе является несовершенство очесывающих аппаратов, производящих отделение семенных коробочек от стеблей.

На основании анализа состояния вопроса и в соответствии с целью работы были поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Обосновать и усовершенствовать конструкцию очесывающего аппарата для льнокомбайна;
2. Разработать методику определения рациональных параметров и режимов работы усовершенствованного очесывающего аппарата;
3. Рассчитать основные параметры и режимы работы очесывающего аппарата и провести анализ его работы;
4. Изучить физико-механические и технологические свойства стеблей льна, имеющие прикладное значение при расчете и проектировании очесывающего аппарата;
5. Разработать математические модели процесса работы очесывающего

аппарата;

6. Провести испытания усовершенствованного очесывающего аппарата;
7. Определить экономическую эффективность результатов исследований.

В разделе 2 дан обзор исследований и конструкций, а также проведен анализ схем существующих очесывающих аппаратов. Приведено обоснование рациональной схемы очесывающего аппарата. Сформулированы, предъявляемые к нему, требования.

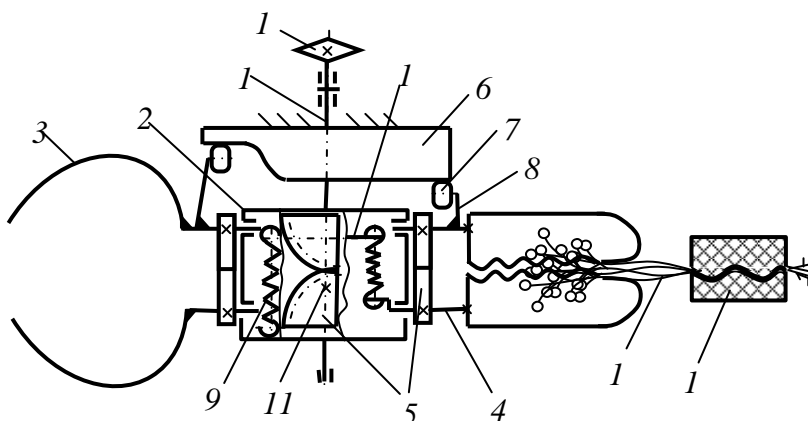
Вопросами научного обоснования конструктивных параметров и режимов работы очесывающих аппаратов льноуборочных машин посвящены работы М.И. Шлыкова, М.Н. Летошнева, П.Ф. Прибыткова, П.К. Шрамко, Л.Г. Ляднова, Г.А. Хайлиса, Л.Ю. Гурвича, Н.И. Кленина, Н.Н. Быкова, И.М. Махова, С.Г. Порфирьева, Б.П. Можарова, В.Г. Черникова, А.А. Чернышкова, В.Н. Бухаркина, Л.В. Родионова, Н.А. Смирнова, М.М. Ковалева, А.Н. Зинцова, Т.В. Тарлецкого, Петухова Б.С., Р.А. Ростовцева, В.В. Комарова и др.

В результате анализа установлено, что широко используемый в серийных льноуборочных машинах гребневой очесывающий аппарат имеет ряд недостатков, таких как повышенный отход стеблей в путанину при очесе, их повреждение при входе зубьев в ленту льна и т. д. Наиболее рационально для отделения семенных коробочек от стеблей льна применять динамически активный монощелевой очесывающий аппарат, который имеет ряд преимуществ перед другими конструкциями. Это, прежде всего, небольшой отход стеблей в путанину и их низкая повреждаемость.

Недостатком работы динамически активного очесывающего аппарата монощелевого типа являются большие потери семян, которые достигают 20%. Этот недостаток обусловлен тем, что рабочие органы данного очесывающего аппарата – лопатки работают в плоскости, подаваемой ленты льна. По этой причине ухудшается сепарация коробочек в слое, и увеличиваются потери семенной части урожая.

Решить данную задачу предлагается путем выполнения рабочей зоны щелевого пространства лопатки в виде волнообразной поверхности (рис. 1). Та-

кая форма щелевого пространства в рабочей зоне ведет к тому, что при протягивании стеблей сквозь него, они скользят по волнообразной поверхности, собираясь в пучок. Это вызывает колебания стеблей и протряхивание ленты льна. В результате происходит выделение из нее свободных семенных коробочек и семян, которые падают на дно камеры очеса.



*Рис. 1. Схема динамически активного монощелевого очесывающего аппарата с кулачково-шестеренчатым приводом поворотных лопаток
1 – вал; 2 – барабан; 3 – лопатки; 4 – поворотные оси; 5 – зубчатые сектора; 6 – кулачок; 7 – ролики; 8 – коромысла; 9 – пружины кручения; 10 – звездочка; 11 – фиксаторы; 12 – крепление пружин; 13 – зажимной транспортер; 14 – стебли льна*

В разделе 3 изложены теоретические исследования процесса отделения семенных коробочек от стеблей динамически активным монощелевым очесывающим аппаратом. Изучена его кинематика, обоснованы рациональные параметры и режимы работы.

Установлено, что при работе динамически активного монощелевого очесывающего аппарата с поворотными лопатками весь процесс очеса можно разделить на три этапа: захват стеблей, их группировка и протяжка.

Проведен анализ взаимодействия стеблей льна с лопатками на каждом этапе и получены зависимости, описывающие изменение скорости и ускорения точки контакта растений с рабочим органом на этапе группировки.

Анализ показал, что точка контакта совершает сложное движение, складывающееся из относительного вдоль кромки лопатки и переносного вместе с лопаткой (рис.2).

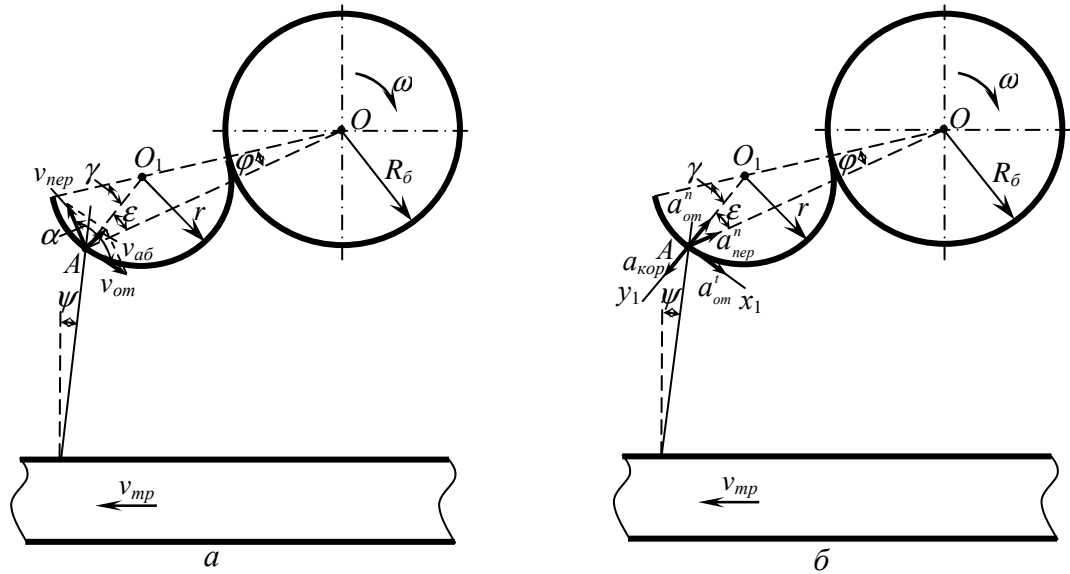


Рис. 2. Схема для определения скоростей (а) и ускорений (б) точки контакта стеблей с рабочей кромкой лопатки

Графики, описывающие изменения скорости и ускорения точки контакта, показаны на рисунке 3.

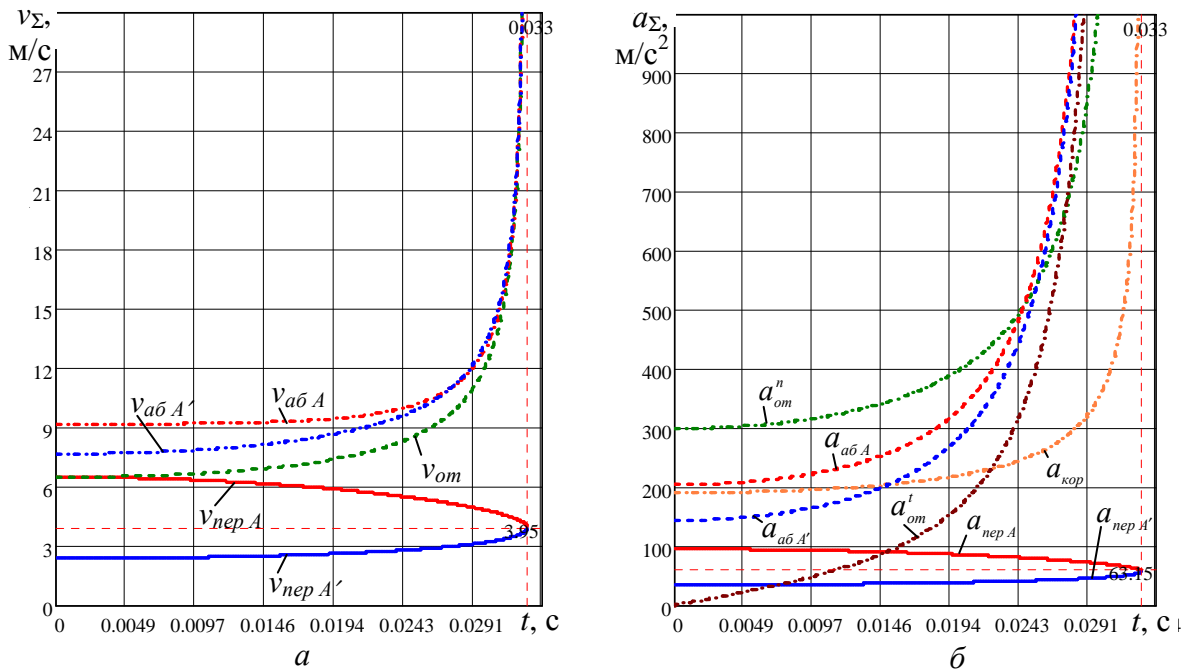


Рис. 3. Скорости (а) и ускорения (б) точки контакта стебля с рабочей кромкой лопатки на этапе группировки стеблей при очесе

Из графиков на рисунке 3 видно, что значения переносных скоростей v_{nepA} , $v_{nepA'}$ и ускорений a_{nepA} , $a_{nepA'}$ в процессе этапа группировки стремятся к единому значению, что объясняется формированием пучка стеблей. Относи-

тельные же значения скоростей v_{om} и ускорений a_{om}^n, a_{om}^t , а также значение кориолисова ускорения a_{kop} неограниченно возрастают. Они играют на этапе группировки решающую роль, так как значения абсолютных скоростей $v_{a\bar{b}A}$, $v_{a\bar{b}A'}$ и ускорений $a_{a\bar{b}A}$, $a_{a\bar{b}A'}$ также неограниченно возрастают.

Во время этапа группировки происходит поворот стебля вокруг места зажима и его отклонение на угол ψ . Для исключения излома растения должно выполняться условие

$$\psi = \frac{(R_{\bar{o}} + r) \sin \varphi_1 - v_{mp} \frac{\varphi_2}{\omega} + \sqrt{R_{\bar{o}}(R_{\bar{o}} + 2r)} \sin \varphi_1}{h_{\bar{o}} - \sqrt{R_{\bar{o}}(R_{\bar{o}} + 2r)} \cos \varphi_1} < [\psi], \quad (1)$$

где $R_{\bar{o}}$ – радиус барабана; r – радиус лопатки; v_{mp} – скорость зажимного транспортера; ω – угловая скорость барабана; $h_{\bar{o}}$ – расстояние от зажимного транспортера до оси барабана; $[\psi]$ – допустимый угол изгиба стебля; φ_1 и φ_2 – соответственно, углы поворота барабана на этапах захвата и группировки, определяемые из выражений

$$\varphi_1 = \arccos(v_{mp} / \omega R_{\bar{o}}) \text{ и } \varphi_2 = \arcsin \frac{r}{R_{\bar{o}} + r}. \quad (2)$$

Изучено поведение семясодержащей структуры стебля при очесе лопаткой, получены зависимости и построены графики перемещения, скорости и ускорения соцветия. Графики представлены на рисунке 4.

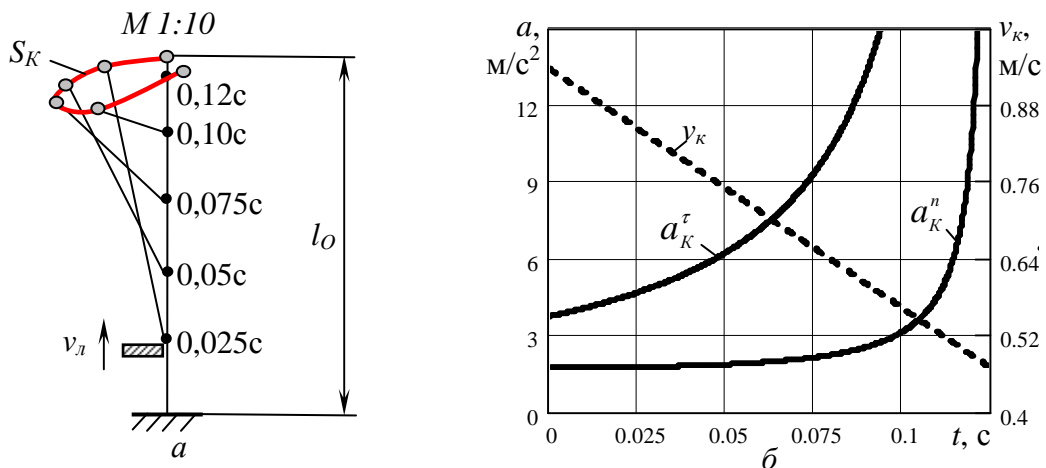


Рис. 4. Графики перемещения, скорости и ускорения соцветия стебля при очесе

Из рисунка 4, а видно, что траектория движения верхушки стебля представляет собой дугу, по которой семясодержащая структура стебля перемещается в сторону рабочего органа. Если ширина рабочего органа будет небольшой, то стебель будет его огибать – захлестываться. При этом скорость v_k движения падает, а ускорение a_k^r и a_k^n неограниченно возрастает (рис. 4, б), что ведет к росту сил инерции, под действием которых может происходить отрыв семенных коробочек от стеблей без контакта с рабочим органом.

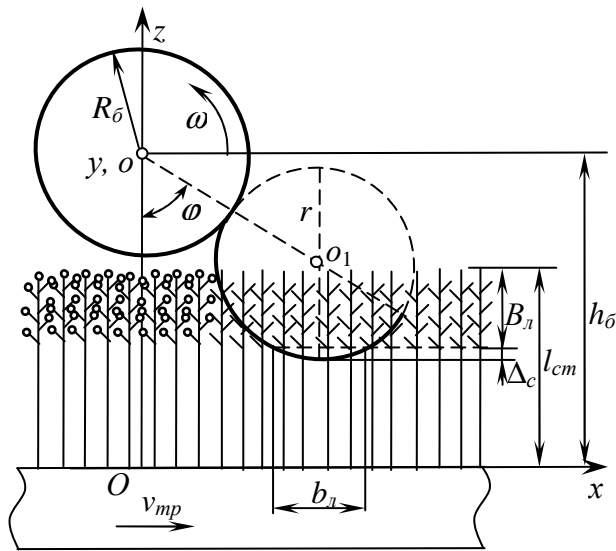


Рис. 5. Схема к определению радиуса лопатки и их числа на барабане

Для качественного очеса, подаваемых стеблей льна, лопатки должны воздействовать на всю зону расположения семенных коробочек растений. Из условия полного очеса ленты льна лопаткой (рис. 5) получено условие выбора ее радиуса

$$\frac{h_{\text{б}} - R_{\text{б}}}{2} \geq r \succ \frac{h_{\text{б}} - l_{\text{см}} + B_{\text{л}} - \frac{v_{\text{мп}}}{\omega}}{1 + \frac{v_{\text{мп}}}{\omega R_{\text{б}}}} \quad (3)$$

и формула для расчета числа лопаток на очесывающем барабане

$$z_{\text{л}} \geq \frac{2\pi v_{\text{мп}}}{\omega \sqrt{\left(\frac{v_{\text{мп}}}{\omega} + \frac{v_{\text{мп}} r}{\omega R_{\text{б}}} + r - h_{\text{б}} + l_{\text{см}} - B_{\text{л}} \right) \left(2r - \frac{v_{\text{мп}}}{\omega} - \frac{v_{\text{мп}} r}{\omega R_{\text{б}}} - r + h_{\text{б}} - l_{\text{см}} + B_{\text{л}} \right)}}, \quad (4)$$

где $l_{\text{см}}$ – длина стеблей от места зажима до вершины; $B_{\text{л}}$ – зона расположения семенных коробочек в ленте льна.

Расчеты показали, что радиус лопатки должен находиться в пределах от 0,088 до 0,142 м, а их число на барабане должно равняться 6 шт. Из соображений повышения производительности радиус лопатки выбрали равным 0,14 м.

Исследованиями установлено, что наибольшее давление со стороны стеблей на рабочие кромки щелевого пространства лопатки при очесе создается в конце этапа группировки (рис. 6). Это объясняется тем, что во время этого

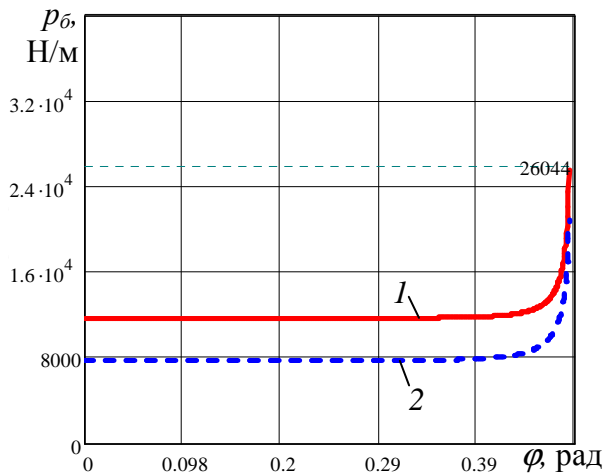


Рис. 6. Изменение давления со стороны стеблей на рабочие кромки лопатки в зависимости от угла поворота очесывающего барабана: 1 – свежесвытербленные стебли; 2 – сухие стебли льна

этапа стебли собираются в пучок, перемещаясь к центру лопатки в продольном направлении и, расширяясь в поперечном, оказывают давление на кромки щелевого пространства. Следовательно, в этот момент на растения действуют наибольшие силы трения, стремящиеся разорвать стебель. Наиболее слабым на разрыв частью растения является место перехода стебля в цветоножку. Исходя из

этого, получено уравнение для расчета ширины прорези, обеспечивающей отрыв семенных коробочек именно в этом месте

$$h = \frac{H}{a_2} \left[a_2 - \ln \left[1 - \xi \left[\exp \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(R_0 + r)^2 \sin^2 \varphi_2}{r^2}} \right] - 1 \right] + \frac{[F_{\text{отр}}]}{f_{\text{cm}} d_{\text{cm}} p_{\text{вз}}} \right] \right], \quad (5)$$

где H – толщина ленты льна; a_2 и $p_{\text{вз}}$ – константы, характеризующие свойства стеблей и их состояние; ξ – коэффициент бокового распора стеблей; f_{cm} – коэффициент трения стеблей льна о лопатку; $[F_{\text{отр}}]$ – предельное усилие разрыва стебля в месте перехода цветоножки в стебель; d_{cm} – диаметр стебля.

Расчеты по формуле (5) показали, что рациональное значение ширины щелевого пространства составляет 0,004 м.

Для полного выделения семенных коробочек и семян из очесываемой ленты льна рабочая зона щелевого пространства лопатки должна быть выполнена в виде синусоиды со следующими параметрами

$$y(t) = 0,005 \sin \left(40t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (6)$$

Амплитуда колебаний верхушечной части стебля во время очеса в зависимости от его длины при такой форме рабочей зоны щелевого пространства лопатки представлена на рисунке (7).

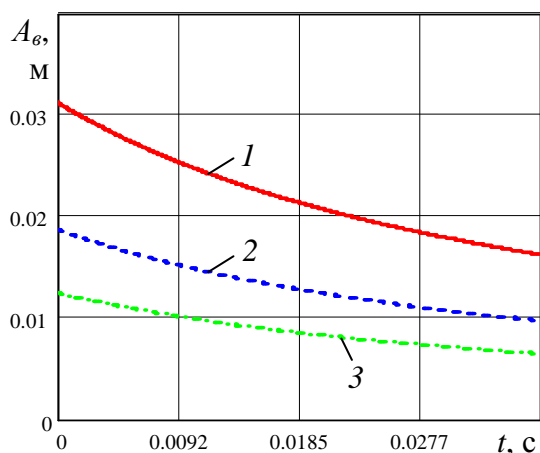


Рис. 7. Изменение амплитуды колебаний верхушки стебля при очесе (этап группировки) при различной длине стеблей: 1 – 1,0 м; 2 – 0,6 м; 3 – 0,4 м

Другие параметры динамически активного монощелевого очесывающего аппарата, рассчитанные по известным формулам и принятые как устоявшиеся, имеют следующие значения: радиус очесывающего барабана 0,16 м; ширина каждой половинки лопатки, образующей щелевое пространство, в центральной части 0,08 м; угловая скорость очесывающего барабана $14,7 \text{ с}^{-1}$; расстояние от

оси очесывающего барабана до зажимного транспортера 0,45 м с возможностью регулировки; скорость зажимного транспортера 1,54 м/с.

В разделе 4 описаны методики, приборы и оборудование, а также результаты проведения экспериментальных исследований.

Для расчетов рациональных параметров и режимов работы динамически активного очесывающего аппарата были проведены исследования по определению наиболее слабого на разрыв места стебля с определением разрывного усилия. Опыты проводили на разрывной машине РМ-30-1. Кроме того, было определено влияние физиологических параметров растения льна-долгунца на значение разрывного усилия.

Установлено, что наиболее слабой на разрыв частью растения является место перехода стебля в цветоножку. Среднее значение разрывного усилия для свежесобраных стеблей составляет 32,4 Н, а для стеблей семидневной вылежки – 28 Н. Наиболее сильное влияние на этот показатель оказывают такие параметры стебля, как его диаметр, число семенных коробочек и зона их расположения на стебле. Коэффициенты корреляции между этими показателями составили 0,68, 0,675 и 0,627, соответственно.

С целью проверки работоспособности и уточнение основных параметров и режимов работы усовершенствованного динамически активного монощелево-

го очесывающего аппарата, полученных в результате теоретических изысканий, проводились лабораторные исследования. Исследования проводились на специально разработанной установке, позволяющей моделировать процесс отделения семенных коробочек от стеблей льна указанным аппаратом (рис. 8).

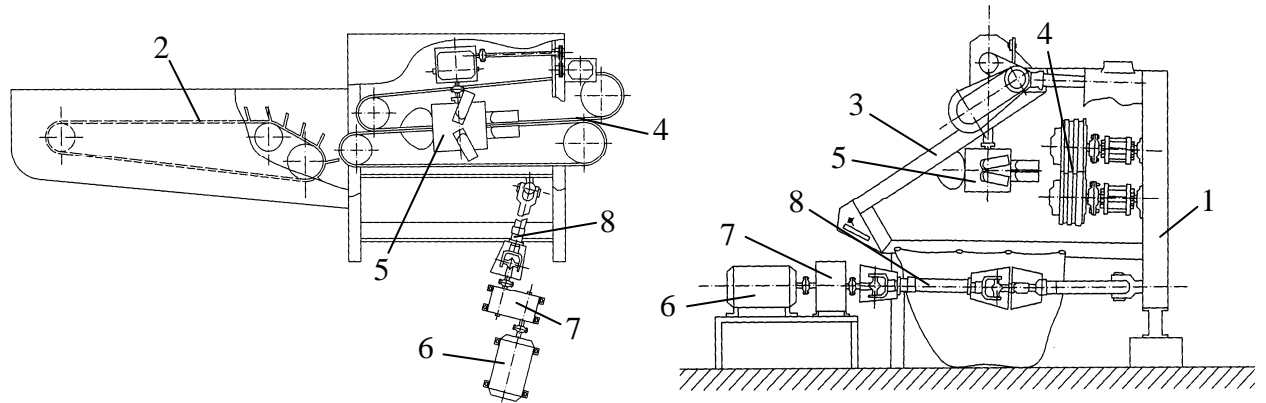


Рис.8. Схема экспериментальной установки

Установка состоит из рамы-картера 1, внутри которой располагаются передачи привода рабочих органов: цепочно-пальцевого подающего транспортера 2 и узлов камеры очеса 3, включающей в себя зажимной транспортер 4 и динамически активный монощелевой очесывающий аппарат 5. Привод установки осуществляется от электродвигателя 6 через редуктор 7 и карданный вал 8.

Установка работает следующим образом. Лента стеблей льна укладывается на подающий транспортер 2, после чего включается электродвигатель 6, который через редуктор 7 и карданный вал 8 приводит в движение передачи рамы-картера 1. В результате подающий транспортер 2 подводит стебли льна к камере очеса 3, где они подхватываются зажимным транспортером 4 и подводятся в зону действия очесывающего аппарата 5. Лопатки очесывающего аппарата 5 отделяют семенные коробочки от стеблей льна. Коробочки попадают в мешок для сбора вороха, а стебли зажимным транспортером 4 выводятся за пределы камеры очеса 3.

Опыты проводились по методике многофакторного планирования эксперимента. В качестве выходных параметров, определяющих качество выполнения технологического процесса очеса, были приняты показатели чистоты очеса

$Ч$ (Y_1), повреждений стеблей, влияющих на выход длинного волокна $П$ (Y_2), и потерь семян $С$ (Y_3). Показатели определяли согласно СТО АИСТ 8.9-2004.

Факторы, влияющие на процесс очеса, выбирались на основании сведений об исследуемом процессе, после чего, путем предварительных экспериментов и априорного ранжирования были выделены те, которые оказывают наибольшее воздействие на выходные параметры. К таким факторам были отнесены: форма рабочей зоны щелевого пространства лопатки Φ (X_1), частота вращения барабана n (X_2) и число стеблей на погонном метре ленты льна i_n (X_3).

Задача исследований состояла в том, чтобы, варьируя значениями управляемых факторов, найти такое условие протекания процесса, при котором достигаются наилучшие значения показателей качества работы.

Каждый из выбранных факторов X_i варьировался на трех уровнях: верхнем, нижнем и нулевом. Для удобства анализа результатов эксперимента производили кодирование факторов по следующему преобразованию

$$X_i = (x_i - x_{i_0})/A, \quad (7)$$

где X_i и x_i – соответственно, кодированное и натуральное значение фактора; x_{i_0} – натуральное значение фактора на основном (нулевом) уровне; A – значение интервала варьирования факторов.

Опыты проводились рандомизировано в трехкратной повторности с доверительной вероятностью, равной 95%. Регрессионный анализ проводился при помощи компьютерной программы STADIA-7.0.

В результате обработки данных были получены уравнения регрессии, описывающие чистоту очеса стеблей льна Y_1 , их повреждения Y_2 , влияющие на выход длинного волокна, и потери семян Y_3 в зависимости от исследуемых факторов:

$$Y_1 = 87,8 - 0,856X_1 + 9,63X_2 + 0,495X_3 + 1,59X_1X_2 - 0,09X_1X_3 - 1,35X_2X_3; \quad (8)$$

$$Y_2 = 2,58 - 0,083X_1 - 0,74X_2 - 0,532X_3 + 0,0825X_1X_2 + 0,495X_1X_3 + 0,577X_2X_3; \quad (9)$$

$$Y_3 = 17,1 + 4,13X_1 - 0,888X_2 + 1,34X_3 - 0,463X_1X_2 - 0,487X_1X_3 - 0,213X_2X_3. \quad (10)$$

Проверка показала, что полученные модели адекватны эксперименталь-

НЫМ ДАННЫМ.

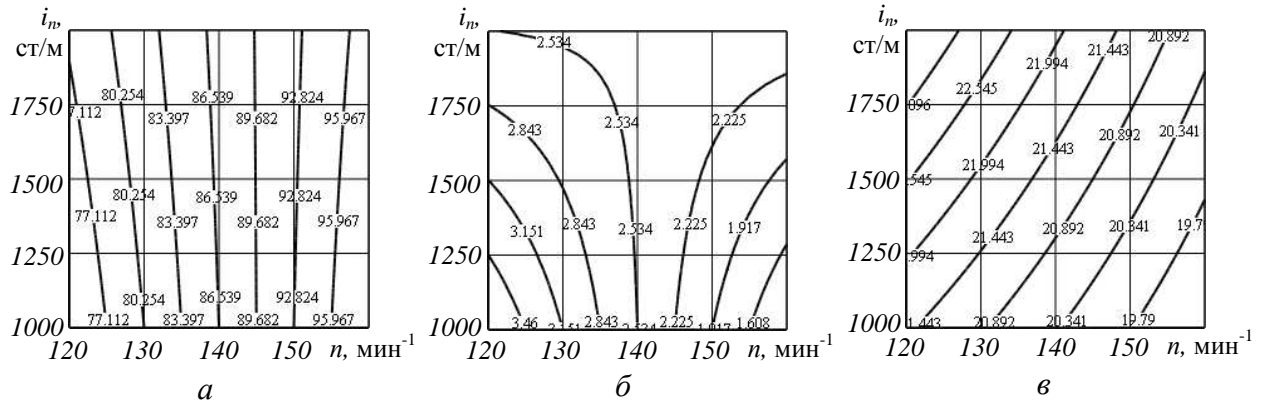
Анализ уравнений регрессии показывает, что на чистоту очеса значительное влияние оказывает частота вращения очесывающего барабана. На повреждения стеблей, влияющие на выход длинного волокна, большое влияние оказывают, как частота вращения барабана, так и число стеблей на погонном метре ленты льна. Кроме того, на этом показателе сказываются сочетания первого и третьего, а также второго и третьего факторов. На потери семян значительное влияние оказывают все три фактора, наибольшее из которых оказывают первый и третий (форма рабочей зоны щелевого пространства лопатки и число стеблей на погонном метре ленты стеблей льна). С изменением формы с прямолинейной на волнистую потери снижаются, как и предполагалось изначально. С ростом числа стеблей на погонном метре ленты льна потери возрастают. Это объясняется, тем, что более толстый слой стеблей менее эффективно протряхивается, и продукты очеса из него выделяются не полностью.

Для изучения поверхностей откликов уравнений регрессии с помощью компьютерной программы Mathcad 13 были построены их двумерные сечения. Двумерные сечения поверхностей откликов представлены на рисунке 9.

Анализ двумерных сечений, показывает, что наилучшие показатели чистоты очеса у лопаток с обеими формами рабочей зоны щелевого пространства наблюдаются при частоте вращения барабана 160 мин^{-1} . Наименьшие повреждения стеблей отмечаются также при этой частоте вращения очесывающего барабана, но в отличии от показателя чистоты очеса повреждения зависят и от числа стеблей на погонном метре ленты льна. У лопатки с прямолинейной формой рабочей зоны щелевого пространства лопатки с ростом числа стеблей на погонном метре ленты льна повреждения возрастают, а у лопатки с волнообразной формой рабочей зоны – уменьшаются. Это объясняется тем, что при очесе ленты льна с большим числом стеблей на погонном метре лопаткой с прямолинейной формой рабочей зоны процесс группировки (образования пучка стеблей) происходит более «жестко» из-за возникающего высокого давления в зоне контакта, вследствие сопротивления стеблей сжатию. При очесе стеблей

лопаткой с волнообразной формой рабочей зоны процесс группировки происходит менее интенсивно из-за криволинейной формы. Также волнообразная рабочая зона сильнее повреждает растения, но, чем толще слой стеблей, тем меньшее их число контактирует с лопаткой и не повреждается.

Прямая форма рабочей зоны очесывающего щелевого пространства лопатки



Волнообразная форма рабочей зоны очесывающего щелевого пространства лопатки

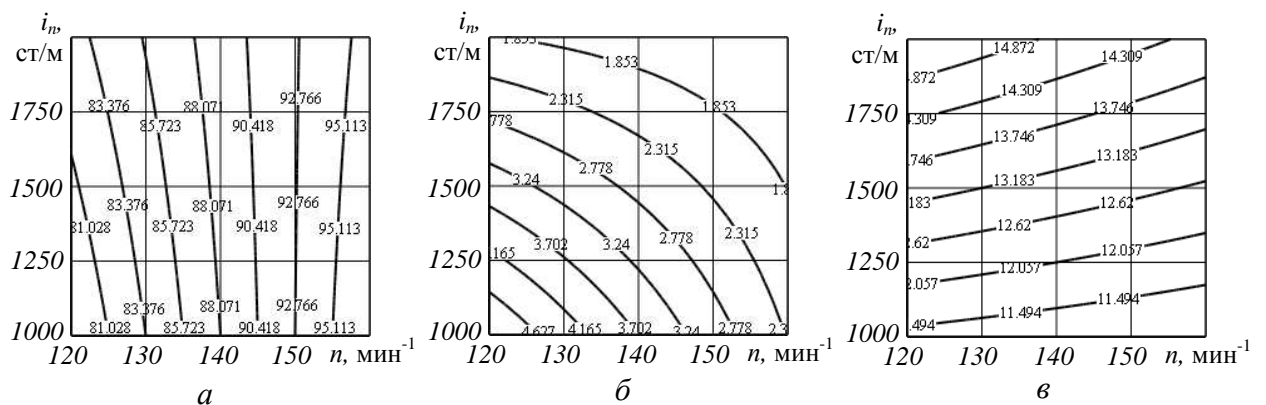


Рис. 9. Двумерные сечения поверхностей откликов, характеризующие чистоту очеса стеблей льна (а), их повреждения (б) и потери семян (в) в зависимости частоты вращения барабана и числа стеблей на п. м. ленты льна при разной форме рабочей зоны щелевого пространства лопатки

Наименьшие потери семян у лопаток с обеими формами рабочей зоны щелевого пространства наблюдаются при небольшом количестве стеблей на погонном метре ленты льна и наибольшей частоте вращения барабана. Это объясняется тем, что из небольшого слоя стеблей продукты очеса выделяются более интенсивно. Следует отметить, что у лопатки с волнообразной рабочей зоной потери семян очень слабо зависят от частоты вращения барабана, что указывает на эффективное выделение семян из слоя стеблей за счет протряхивания ленты льна при скольжении растений по волнообразной поверхности.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что проведенная модернизация динамически активного монощелевого очесывающего аппарата позволила в два раза снизить потери семян по сравнению с ранее существующим аналогом.

В разделе 5 изложены результаты полевых испытаний макетного образца льнокомбайна с динамически активным монощелевым очесывающим аппаратом. Исследования проводились по методике согласно РД 10.8.9-90 “Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки льна. Методы оценки функциональных показателей”.

Условия проведения испытаний в основном соответствовали требованиям, предъявляемым при работе льнокомбайнов, за исключением фазы спелости льна. Работа комбайна рекомендуется в ранне-желтую и желтую стадии спелости, а при испытаниях макетного образца лен находился в бурой стадии спелости.

Агротехнические показатели качества работы макетного образца, также соответствовали предъявляемым требованиям за исключением потерь семян. Они составили 10%, а по ТУ для комбайна ЛК-4А они не должны превышать 4%. Несмотря на это проведенная модернизация динамически активного монощелевого очесывающего аппарата позволила в два раза уменьшить потери семян в сравнении с ранее существующим аналогом.

В качестве положительного момента необходимо также отметить, что макетный образец обеспечивал получение однородного вороха практически не содержащего путанины.

В разделе 6 произведен расчет экономической эффективности работы макетного образца льнокомбайна в сравнении с существующим его аналогом, а также в сравнении с серийным гребневым очесывающим аппаратом, установленных на комбайне ЛК-4А.

Экономический эффект по сравнению с ранее существующим аналогом в основном достигнут за счет сокращения потерь семян и составляет 59500 рублей на одну машину в год. По сравнению с гребневым очесывающим аппаратом

эффект достигнут за счет снижения затрат на сушку и переработку льновороха и составляет 17500 рублей на одну машину в год.

Выводы

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований сформулированы следующие выводы.

1. Установлено, что недостаточная эффективность работы льноуборочных комбайнов в значительной мере обусловлена несовершенством гребневого очесывающего аппарата, принцип работы которого основан на многократном прочесе ленты стеблей льна. Многократное воздействие гребня на слой стеблей приводит к повышенному содержанию в льноворохе путанины, вследствие чего повышаются затраты на его сушку и переработку.

2. Анализ существующих очесывающих аппаратов показал, что наиболее рациональным является динамически активный монощелевой очесывающий аппарат, главным недостатком которого являются большие потери семян. Для снижения потерь семян при очесе стеблей льна этим аппаратом произведена его модернизация (решение о выдаче патента РФ на полезную модель. Заявка № 2006143280/12(047262). Дата подачи заявки 06.12.2006).

3. На основании теоретического анализа работы динамически активного монощелевого очесывающего аппарата разработана методика определения его рациональных параметров и режимов.

4. Исходя из условия прочеса ленты стеблей на всю зону расположения семенных коробочек, радиус очесывающей лопатки аппарата должен быть равен 0,14 м. Для очеса всей массы, подаваемых стеблей, число лопаток на барабане должно быть 6 шт. С целью исключения повреждений стеблей при очесе ширина очесывающего щелевого пространства лопатки должна быть 0,004 м. Для улучшения выделения продуктов очеса из слоя стеблей льна рабочая кромка очесывающего щелевого пространства лопатки должна быть выполнена в виде синусоиды. Расчет показал, что радиус очесывающего барабана должен быть не менее 0,16 м, а его угловая скорость не менее 14 с^{-1} .

5. Установлены закономерности физиологических и прочностных харак-

теристик стеблей льна необходимых для расчета рациональных параметров и режимов работы динамически активного монощелевого очесывающего аппарата.

6. В результате экспериментальных исследований получены регрессионные модели, описывающие процесс отделения семенных коробочек от стеблей динамически активным монощелевым очесывающим аппаратом. Анализ моделей и построенных по ним поверхностей отклика показал эффективность произведенной модернизации аппарата.

7. Производственная проверка показала, что произведенная модернизация динамически активного монощелевого очесывающего аппарата позволила сократить потери семенной части урожая в два раза по сравнению с существующим аналогом.

8. Общий экономический эффект на одну машину в год от применения на льнокомбайне модернизированного динамически активного монощелевого очесывающего аппарата составил:

- по сравнению с ранее существующим аналогом – 59500 рублей;
- по сравнению с серийным гребневым очесывающим аппаратом – 17500 рублей.

Экономический эффект по сравнению с ранее существующим аналогом в основном достигнут за счет сокращения потерь семян, а по сравнению с серийным гребневым очесывающим аппаратом за счет снижения затрат на сушку и переработку льновороха.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Татарницев К.В. Экспериментальные исследования динамически активного монощелевого очесывающего аппарата / Техника и оборудование для села № 5 – 2008. – С. 31-32.

2. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарницев К.В. Определение скоростей и ускорений точки контакта стеблей льна с лопаткой динамически активного монощелевого очесывающего аппарата / Тракторы и сельскохозяйствен-

ные машины – № 4. – 2008. – С. 38-40.

3. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарницев К.В. Конструкции очесывающих аппаратов и их анализ / Материалы XI Международной научно-практической конференции «Наука и производство – пути развития и ожидаемые результаты». Тезисы докладов. Вологда - март 2008. – С. 260-268.

4. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарницев К.В. Совершенствование конструкции динамически активного очесывающего аппарата моноцелевого типа / Стабилизация производства и развитие агропромышленного комплекса региона на основе внедрения инновационных технологий. Матер. международ. научно-практ. конф. 13-15 июня 2007 г. – Тверь: ТГСХА, 2007. – С. 234-237.

5. Ростовцев Р.А., Татарницев К.В. Динамические особенности очеса стеблей льна / Достижения науки и техники АПК, № 4 – 2007. – С. 15-17.

6. Ростовцев Р.А., Татарницев К.В. Исследование процесса очеса стеблей льна динамически активным очесывающим аппаратом моноцелевого типа / Вестник Всероссийского научно-исследовательского института по переработке лубяных культур, № 3. – Кострома, 2007. – С. 39-42.

7. Решение о выдаче патента РФ на полезную модель, МПК А01D45/06. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей / Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Татарницев К.В. № 2006143280/12(047262); Заяв. 06.12.2006.

