

На правах рукописи

БУКАТКИН Рустем Николаевич

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА
ДЛЯ ПРОРЕЗАНИЯ СРЕДНЕЙ ЖИЛКИ ТАБАЧНЫХ ЛИСТЬЕВ**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2013

Работа выполнена в Государственном научном учреждении
Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки
и табачных изделий Российской сельскохозяйственной академии наук
(ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии)

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Виневский Евгений Иванович

Официальные оппоненты: **Абликов Виктор Александрович**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
аграрный университет»
профессор кафедры «Процессы и
машины в агробизнесе»

Кузнецов Геннадий Яковлевич
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Северо-кавказский зональный научно-
исследовательский институт
садоводства и виноградарства
старший научный сотрудник
отдела развития виноградарства

Ведущая организация: Государственное научное учреждение
Северо-Кавказский научно-исследовательский
институт механизации и электрификации
сельского хозяйства Российской академии
сельскохозяйственных наук (г. Зерноград)

Защита диссертации состоится «24» декабря 2013 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13, КубГАУ, корпус факультета электрификации сельского хозяйства, ауд. № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан «21» ноября 2013 г. и размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве образования и науки России <http://vak2.ed.gov.ru/> и на сайте ФГБОУ ВПО Кубанского ГАУ <http://kubsau.ru/>

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

В.С. Курасов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Табачная отрасль является важной составляющей агропромышленного комплекса России, так как произведенный внутри страны табак является частью стратегического запаса, обеспечивающего экономическую безопасность страны. Постановлением правительства РФ № 581 в 2001 г., принята Федеральная целевая программа социально-экономического развития «Юг России» по возрождению и развитию табаководства в Краснодарском крае, Астраханской области, Республике Дагестан, Чеченской республике.

Продуктом культуры табака являются листья. Для получения табачного сырья, как товарного продукта, необходима послеуборочная обработка табачных листьев, которая включает уборку, подготовку к сушке, сушку и ферментацию.

Механическое воздействие на среднюю жилку табачных листьев, на этапе подготовки к сушке, позволяет уменьшить продолжительность одной из операций процесса сушки – досушку средней жилки, что значительно сокращает продолжительность процесса сушки.

Одним из наиболее эффективных способов механического воздействия является прорезание средней жилки табачных листьев. Однако существующие установки не удовлетворяют современным требованиям в малозатратном получении высококачественного табачного сырья. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования средств механизации для прорезания средней жилки табачных листьев.

Исследования проводились в соответствии с научно-тематическим планом Россельхозакадемии по заданию 10.02.05 (2006–2010 гг.) «Создать высокоэффективные технологические процессы и оборудование с использованием новых принципов переработки сельскохозяйственного сырья» (ГР № 15070.7705009252.06.8.002.6), а также с государственным контрактом с Департаментом сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края № 4.1.8/32 – 2007.

Цель работы – определение оптимальных параметров рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев, снижающих продолжительность процесса сушки табачных листьев.

Рабочая гипотеза – интенсификация процесса сушки табачных листьев достигается за счет прорезания средней жилки табачных листьев по всей длине.

Задачи исследований:

1. Усовершенствовать функциональную схему рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.
2. Аналитически определить конструктивные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.
3. Изучить физико-механические свойства свежесобраных листьев перспективных сортотипов табака, влияющие на процесс прорезания средней жилки.

4. Оптимизировать конструктивные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.

5. Разработать методику инженерного расчета параметров и режимов работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.

6. Испытать экспериментальный образец рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев и определить эффективность его применения.

Объект исследования – рабочий орган для прорезания средней жилки табачных листьев; технологические процессы обработки табачных листьев; свежесобранные и неферментированные листья черешковых и сидячих сортов табака различных ломок.

Предмет исследования – закономерности технологического процесса прорезания средней жилки табачных листьев рабочим органом по всей длине.

Методы исследования – базировались на положениях теоретической механики и теории механизмов и машин. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики и планирования многофакторного эксперимента.

Научную новизну работы составляют:

1. Зависимости трансформированного угла заточки лезвия дискового ножа и энергетических затрат от конструктивных параметров и режимов работы рабочего органа при прорезании средней жилки табачных листьев.

2. Закономерности изменения влажности табачных листьев в процессе сушки после прорезания их средней жилки рабочим органом.

3. Математическая модель в виде уравнения регрессии второго порядка, позволяющая определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.

Новизна технических решений и полезность разработок подтверждена патентами РФ на полезные модели № 89333 и № 102183.

Практическую значимость работы составляют:

1. Усовершенствованный рабочий орган для прорезания средней жилки табачных листьев, позволяющий прорезать среднюю жилку по всей длине независимо от размерных характеристик листьев.

2. Методика инженерного расчета рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев, позволяющая определить основные его параметры и режимы работы.

Реализация результатов исследований. Экспериментальный образец рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев в составе технологической линии для подготовки табачных листьев к сушке прошел ведомственные испытания на опытно-селекционном участке ГНУ ВНИИТТИ в соответствии с ОСТ 70.10-2002 «Машины и оборудование для послеуборочной обработки табака и махорки. Программа и методы испытаний».

Методика инженерного расчета разработанного рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев используется в учебном процессе Кубанского ГАУ.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и одобрены на заседании ученого совета ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии, научно-практических конференциях: молодых ученых КГАУ «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» в 2007–2011 гг.; молодых ученых и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии в 2010–2011 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК. Получены два патента РФ на полезные модели. Общий объем публикаций составляет 4,22 печатных листа, из них личный вклад автора 2,10 печатных листа.

Основные положения выносимые на защиту:

- усовершенствованная функциональная схема рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев;
- зависимости скорости ленты подающего транспортера от скорости ленты протягивающего транспортера табакопришивной машины, трансформированного угла заточки лезвия дискового ножа и энергетических затрат от конструктивных параметров и режимов работы рабочего органа при прорезании средней жилки табачных листьев;
- результаты экспериментальных исследований по определению физико-механических свойств табачных листьев, влияющих на процесс прорезания их средней жилки и закономерности изменения влажности листьев в процессе сушки;
- математическая модель в виде уравнения регрессии второго порядка, позволяющая определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев;
- методика инженерного расчета параметров и режимов работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев;
- экономическая эффективность применения рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников, включающего 128 наименований, в том числе 7 на иностранном языке, и приложения. Диссертация изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 18 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель работы и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ работ по интенсификации процесса сушки табачных листьев, проанализированы установки для механического повреждения черешка и средней жилки табачных листьев.

Значительный вклад в изучение ускорения процесса сушки табачных листьев и создание конструкций для повреждения их средней жилки внесли Г.В. Наливко, А.М. Голубев, А.Г. Петренко, Ю.М. Игнатов, О. Кацуа, В.В. Ченников, А.С. Ястребова, В.В. Ивченко, Н.В. Журавлев, В.Ф. Трубников, В.А. Федотенко, И.П. Леонов.

Анализ существующих функциональных схем рабочих органов для прорезания средней жилки табачных листьев показал, что недостатком их является настройка параметров применительно к конкретным сортам табака с различными размерными характеристиками листьев. На основании изложенного материала сформулирована рабочая гипотеза и задачи исследований.

Во второй главе выполнено теоретическое исследование кинематического и динамического процессов прорезания средней жилки табачных листьев усовершенствованным рабочим органом для прорезания средней жилки табачных листьев (рисунок 1) установленном на подающем транспортере 5 и состоящим из верхнего барабана-прорезателя 1, оснащенного дисковыми ножами 2, нижнего барабана 3 и упругого элемента 4 (пружины).

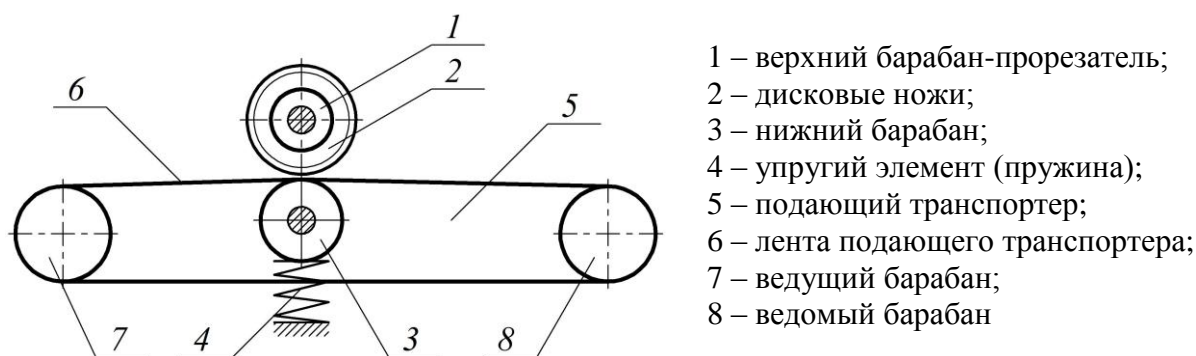
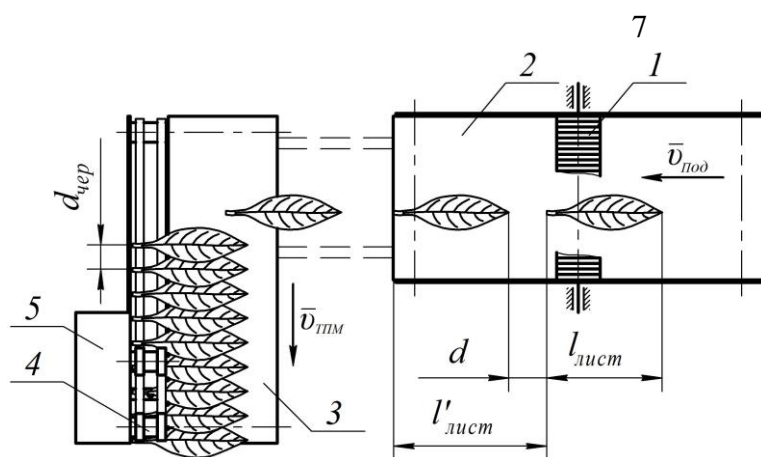


Рисунок 1 – Схема рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев

В предлагаемом рабочем органе нижний барабан 3 подпружинен и установлен под лентой 6 подающего транспортера 5 с возможностью вертикального перемещения.

Рассмотрим рабочий орган для прорезания средней жилки табачных листьев (рисунок 2, поз. 1) с устройством для крепления табачных листьев на шнур (табакопришивная машина МЗТ-250), которое содержит протягивающий транспортер 3, прижимной транспортер 4, аппарат закрепления листьев 5. От скорости ленты подающего транспортера 2 зависит плотность распределения табачных листьев при закреплении их на шнур табакопришивной машиной.



1 – рабочий орган;
 2 – подающий транспортер;
 3 – протягивающий транспортер;
 4 – прижимной транспортер;
 5 – аппарат закрепления листьев
 Рисунок 2 – Схема технологического процесса перемещения табачных листьев с подающего на протягивающий транспортер

Для поддержания необходимого зазора $d_{чер}$ между черешками при закреплении табачных листьев на шнур необходимо чтобы:

$$t_{под} = t_{тпм},$$

где $t_{под}$, $t_{тпм}$ – время перемещения табачного листа на расстояние, соответственно, $(l_{листв} + d)$ на подающем транспортере 2 и $d_{чер}$ на протягивающем транспортере 3, с:

$$t_{под} = \frac{l_{листв} + d}{v_{под}}; \quad t_{тпм} = \frac{d_{чер}}{v_{тпм}}, \quad (1)$$

где $l_{листв}$ – длина табачного листа, м; d – зазор между табачными листьями на подающем транспортере, м; $v_{под}$ – скорость ленты подающего транспортера (скорость подачи), м/с; $v_{тпм}$ – скорость ленты протягивающего транспортера, м/с.

Приравнивая правые части уравнений (1), получим:

$$v_{под} = \frac{(l_{листв} + d) \cdot v_{тпм}}{d_{чер}}. \quad (2)$$

Для обеспечения максимальной производительности табакопришивной машины скорость $v_{тпм}$ принимаем равной 0,07 м/с, а среднюю длину табачных листьев – 0,392 м. Тогда, согласно уравнению (2), при принятых значениях $d = 0,075$ м и $d_{чер} = 0,01$ м, скорость $v_{под}$ будет составлять 3,27 м/с.

В процессе резания со скольжением угол заточки в направлении резания меняет свое значение – уменьшается в зависимости от угла скольжения φ (см. рисунок 3). Переходя от представления о статической геометрии лезвия к представлению о его кинематической геометрии, происходит явление трансформации угла заточки. При этом, как установлено рядом исследователей, это явление влечет за собой снижение энергоемкости процесса резания.

Технологический процесс прорезания средней жилки табачного листа на глубину h_p осуществляется дисковым ножом путем подачи табачного листа со скоростью подачи $\bar{v}_{под}$ к верхнему барабану-прорезателю, который вращается с постоянной угловой скоростью ω (рисунок 3).

Для снижения трудозатрат при изготовлении, заточка дисковых ножей верхнего барабана-прорезателя производится односторонней под углом β .

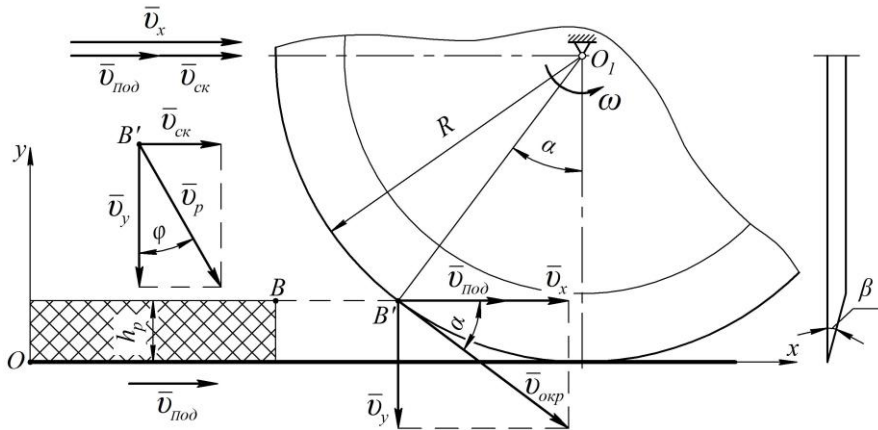


Рисунок 3 – Схема технологического процесса прорезания средней жилки табачного листа дисковым ножом верхнего барабана-прорезателя

Точка B' ножа будет иметь окружную скорость $\bar{v}_{окр}$. Систему отсчета xOy связываем с лентой подающего транспортера, движущейся с постоянной скоростью $\bar{v}_{под}$. При этом вектор $\bar{v}_{окр}$ раскладывается на две составляющие \bar{v}_x и \bar{v}_y по осям координат, тогда $v_x = v_{окр} \cos \alpha$, $v_y = v_{окр} \sin \alpha$. В направлении вектора \bar{v}_y точка B' ножа производит рубящее резание, а в направлении вектора \bar{v}_x – происходит скользящее резание средней жилки.

Скорость резания v_p средней жилки табачного листа, определится по формуле:

$$v_p = \sqrt{v_y^2 + v_{ск}^2}, \quad (3)$$

где $v_{ск}$ – проекция на ось x скорости относительного скольжения дискового ножа по средней жилке, м/с.

$$v_{ск} = v_x - v_{под} = v_{окр} \cos \alpha - v_{под}. \quad (4)$$

При $v_x > v_{под}$ будет происходить резание со скольжением лезвия дискового ножа о среднюю жилку; при $v_x = v_{под}$ будет происходить только рубящее резание со скоростью v_y ; при $v_x < v_{под}$ дисковый нож будет тормозить перемещающуюся среднюю жилку.

Задача (кинематическое исследование) решается из условия $v_x > v_{под}$.

Выражение (3) с учетом (4) примет вид:

$$v_p = \sqrt{(v_{окр} \sin \alpha)^2 + (v_{окр} \cos \alpha - v_{под})^2}. \quad (5)$$

Коэффициент скольжения ε определится отношением $v_{ск}$ и v_y :

$$\varepsilon = \frac{v_{ск}}{v_y} = \frac{v_{окр} \cos \alpha - v_{под}}{v_{окр} \sin \alpha}. \quad (6)$$

Косинус и синус угла α находится из прямоугольного треугольника $O_1B'B_n$ (см. рисунок 4):

$$\cos \alpha = \frac{O_1 B_n}{R} = \frac{R - h_p}{R}; \quad \sin \alpha = \frac{B' B_n}{R} = \frac{l}{R} = \frac{\sqrt{h_p(2R - h_p)}}{R}. \quad (7)$$

Тогда выражение (6), с учетом (7), примет вид:

$$\varepsilon = \frac{v_{окр}(R - h_p) - v_{под}R}{v_{окр}\sqrt{h_p(2R - h_p)}}. \quad (8)$$

Рассмотрим прорезание средней жилки с последующим углублением в нее дискового ножа вдоль прямой $x-x$ на длине l (рисунок 4). Линейная скорость v_i точек B_i дискового ножа вдоль прямой $x-x$ меняет свое значение в зависимости от расстояния $O_1 B_i$.

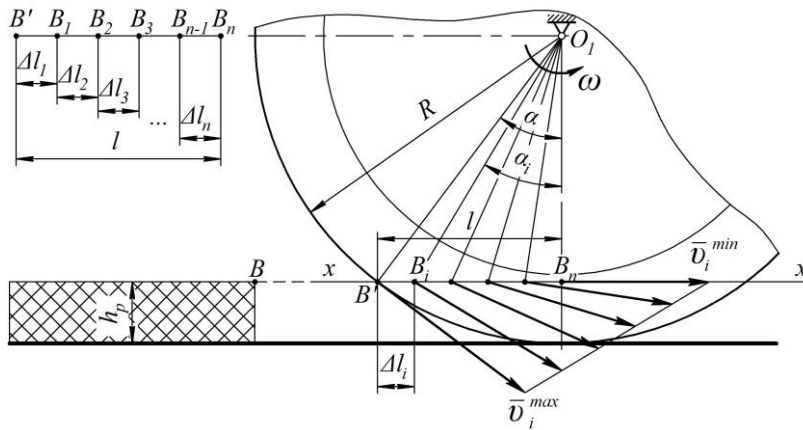


Рисунок 4 – Изменение линейных скоростей v_i точек дискового ножа вдоль прямой $x-x$ в пределах угла $0 \leq \alpha_i \leq \alpha$

Трансформированный угол заточки β_1 определяется по формуле:

$$\beta_1 = \arctg \left(\frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}} \right). \quad (9)$$

При перемещении средней жилки вдоль прямой $x-x$ на длине l , угол β_1 будет различен. Поэтому определим значения трансформированного угла заточки для нескольких положений B_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$).

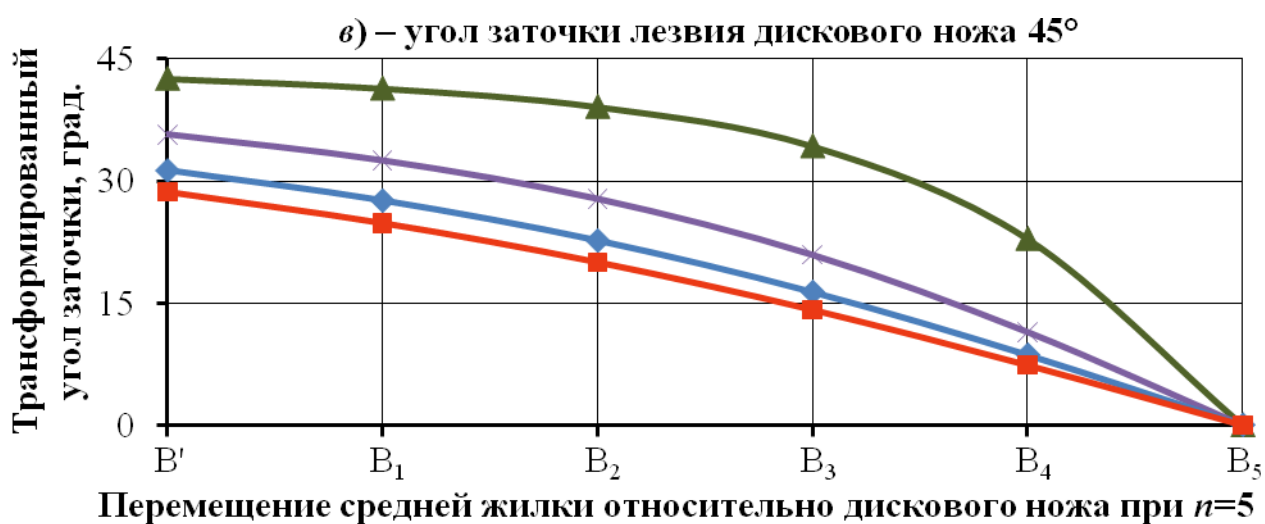
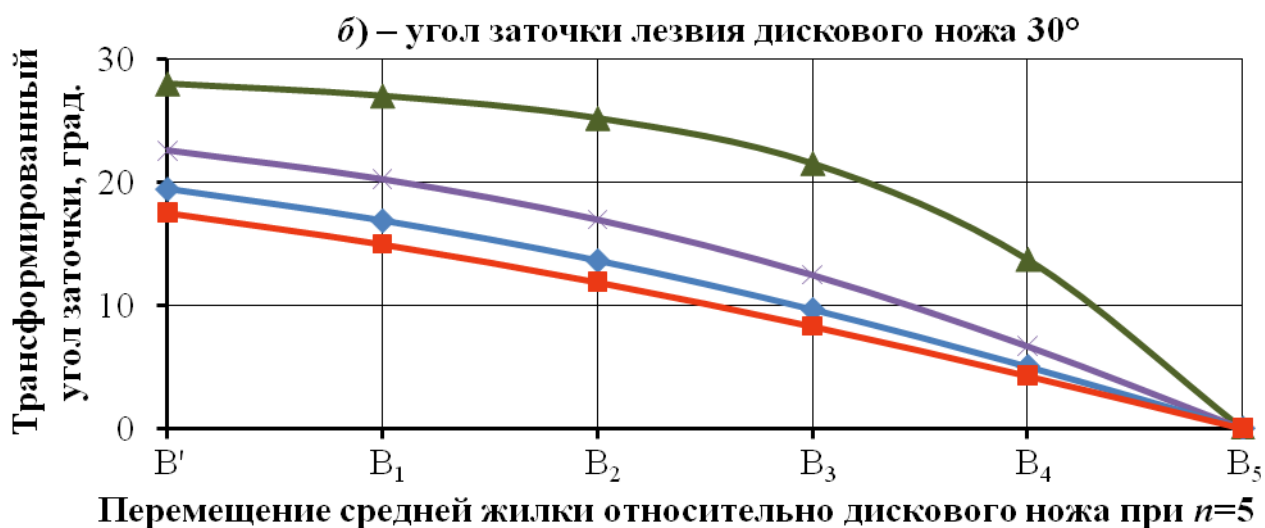
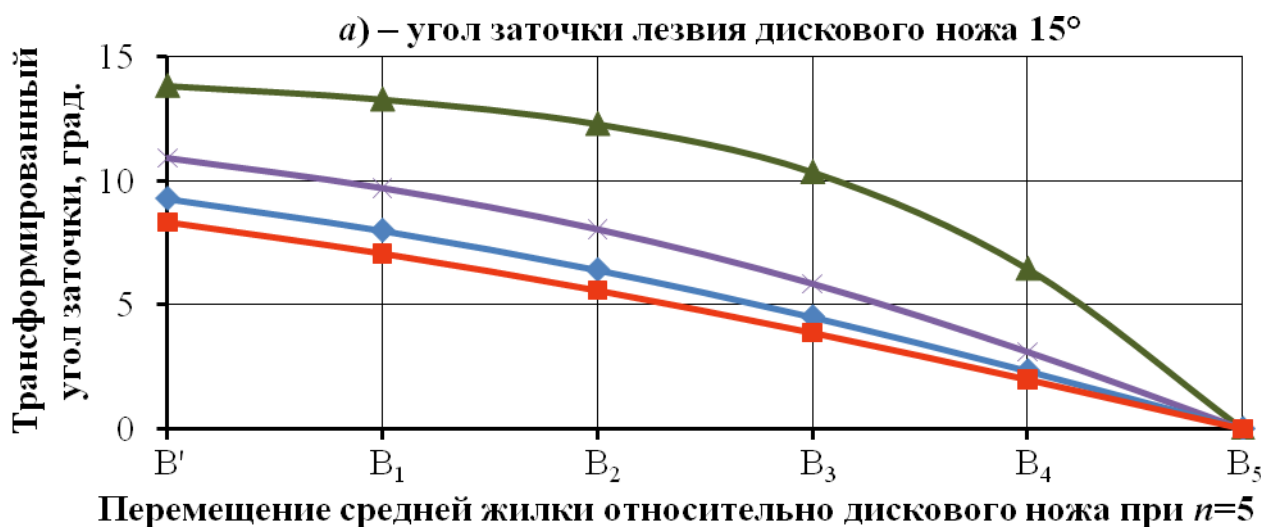
Для этого разобьем l на n частей одинаковой длины Δl_i :

$$\Delta l_i = \frac{l}{n}; \quad \sum_{i=1}^n \Delta l_i = l = \sqrt{R^2 - (R - h_p)^2} = \sqrt{h_p(2R - h_p)}. \quad (10)$$

Тогда уравнение (9), с учетом (8) и (10), примет вид:

$$\beta_1 = \arctg \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \left[\frac{v_{окр}(R - h_p) - v_{под}R}{v_{окр}l \left(1 - \frac{i}{n}\right)} \right]^2}}. \quad (11)$$

Уравнение (11) представлено графически (рисунок 5) при скорости подачи 3,27 м/с.



Окружная скорость, м/с ▲ 4,12 × 5,36 ◆ 6,59 ■ 7,84

Рисунок 5 – Графики изменения трансформированного угла β_1 заточки лезвия от перемещения средней жилки относительно вращающегося дискового ножа при различной окружной скорости $v_{окр}$

$$F_{mp} = Nf_{ск}, \quad (14)$$

где $f_{ск}$ – коэффициент трения скольжения.

Решением условия равновесия (12) является построение силовых многоугольников (рисунок 7).

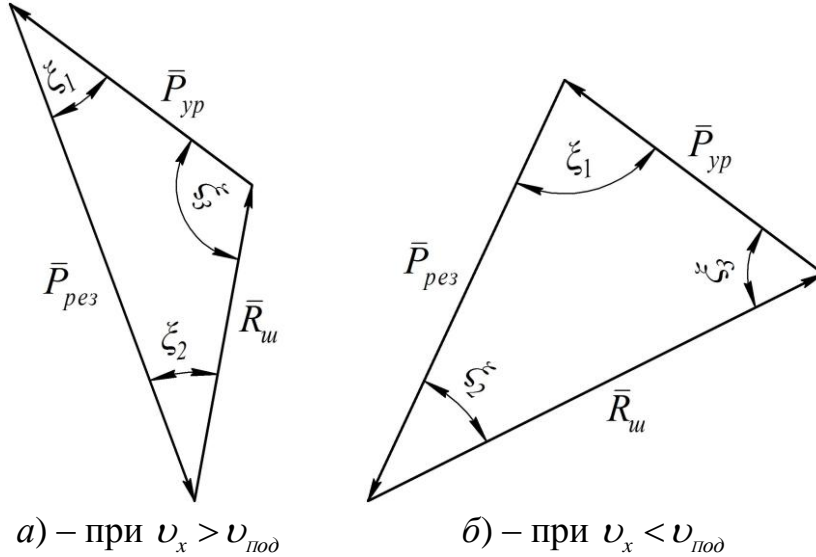


Рисунок 7 – Силовые многоугольники, как решения условия равновесия

По теореме синусов находим величину уравновешивающей силы:

$$\frac{P_{рез}}{\sin \xi_3} = \frac{P_{уп}}{\sin \xi_2} = \frac{R_{ш}}{\sin \xi_1};$$

$$P_{уп} = P_{рез} \frac{\sin \xi_2}{\sin \xi_3}. \quad (15)$$

Величина силы резания $P_{рез}$ средней жилки табачных листьев дисковым ножом рабочего органа определялась экспериментально.

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R - h_p}{R}\right); \quad \mu = \arctg f_{ск}.$$

При $v_x > v_{под}$:	$\gamma = 90^\circ - \alpha - \varphi; \quad \varphi = \arctg \left[\frac{v_{окр}(R - h_p) - v_{под}R}{v_{окр}\sqrt{h_p(2R - h_p)}} \right];$ $\xi_1 = \gamma; \quad \xi_2 = \varphi + \alpha - \mu; \quad \xi_3 = 90^\circ + \mu.$
При $v_x < v_{под}$:	$\gamma = 90^\circ - \alpha + \varphi; \quad \varphi = \arctg \left[\frac{v_{под}R - v_{окр}(R - h_p)}{v_{окр}\sqrt{h_p(2R - h_p)}} \right];$ <p>1) если $\alpha + \mu > \varphi$</p> $\xi_1 = \gamma; \quad \xi_2 = \alpha + \mu - \varphi; \quad \xi_3 = 90^\circ - \mu;$ <p>2) если $\alpha + \mu < \varphi$</p> $\xi_1 = 90^\circ + \alpha - \varphi; \quad -\xi_2 = \varphi - \alpha - \mu; \quad \xi_3 = 90^\circ + \mu.$

Произведение $P_{yp} s_{max}$, дает максимальную работу A_{max} в момент входа лезвия ножа в жилку табачного листа, или в единицу времени – максимальную мощность N_{max} , т.е. в целом энергозатраты процесса прорезания.

$$A_{max} = P_{yp} s_{max}, \quad (16)$$

где $s_{max} = \frac{h_p}{\sin \alpha}$ – наибольшее перемещение точки приложения силы \bar{P}_{yp} , совпадающее с направлением действия этой силы, м.

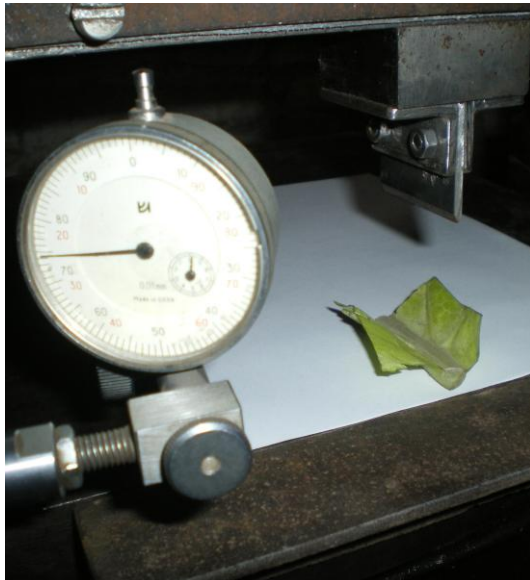
Тогда, с учетом (7), получим:

$$A_{max} = \frac{P_{yp} h_p R}{\sqrt{h_p (2R - h_p)}}. \quad (17)$$

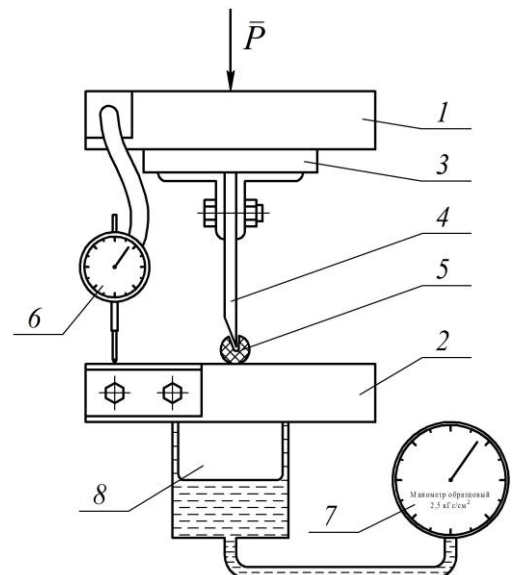
Рассчитаны параметры упругого элемента (пружины), обеспечивающего прижим средней жилки табачных листьев к верхнему барабану-прорезателю, что позволяет прорезать среднюю жилку по всей длине независимо от размерных характеристик табачных листьев: диаметр проволоки пружины (4,5 мм); средний диаметр пружины (30 мм); число витков пружины (5).

В третьей главе представлены программа и методики экспериментальных исследований. Исследования проводились в лаборатории машинных агропромышленных технологий ГНУ ВНИИТТИ, на специально сконструированных приборах, установках и линии для подготовки табачных листьев к сушке ЛПТС-360.

Процесс прорезания средней жилки табачных листьев при нормальном резании изучался на специально разработанной установке (рисунок 8).



а) – рабочая область установки



б) – схема установки

1 – подвижная плита; 2 – неподвижная плита; 3 – магнит; 4 – лезвие;

5 – часть средней жилки; 6 – головка индикаторная с ценой деления 0,01 мм;

7 – манометр образцовый 2,5 кгс/см²; 8 – поршень

Рисунок 8 – Установка для исследования процесса прорезания средней жилки табачных листьев при нормальном резании

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами общей теории статистики. Обработка результатов многофакторного эксперимента проводилась в программе Microsoft Excel.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований по обоснованию усовершенствованной функциональной схемы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев (см. рисунок 1).

Изучены размерные характеристики средней жилки табачных листьев. Установлено, что изменчивость толщины средней жилки сорта Юбилейный на 8,1 % больше, чем у сорта Трапезонд 92. Анализ результатов дисперсионного анализа показал, что разница между толщиной средней жилки табачных листьев сортов Трапезонд 92 и Юбилейный существенная. Разница в толщине средней жилки по длине в сравнении с толщиной в месте крепления листьев к стеблю табачного растения увеличивается в среднем от 3,35 % (через 50 мм) до 81,7 % (через 400 мм).

Определены коэффициенты трения скольжения $f_{ск}$ для свежееубранных табачных листьев сортов Трапезонд 92 и Юбилейный при взаимодействии со сталью нижней и верхней стороной пластинки листьев. Также определен коэффициент трения скольжения для вырезанной средней жилки (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента трения скольжения

Соприкосновение со стальной поверхностью	Коэффициент трения скольжения	
	сорт Трапезонд 92	сорт Юбилейный
Нижняя сторона листа	0,512	0,549
Верхняя сторона листа	0,644	0,647
Средняя жилка	0,500	0,500

При взаимодействии табачного листа со стальной поверхностью нижней стороной, соприкосновение в основном приходится на среднюю и боковые жилки, поэтому площадь соприкосновения листа с трущейся поверхностью небольшая и коэффициент трения скольжения меньше, чем при взаимодействии верхней стороной.

Несколько большее значение коэффициента трения скольжения у сорта Юбилейный объясняется тем, что площадь соприкосновения пластинки листа со стальной поверхностью больше, чем у сорта Трапезонд 92.

Исследование продолжительности процесса сушки, отделенных от табачных листьев и прорезанных (без скольжения) при различных углах заточки лезвия частей средних жилок, показало, что применение лезвий с углом заточки больше 50° нецелесообразно.

Анализ литературных источников и проведенные собственные исследования позволили определить независимые факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс прорезания средней жилки табачных листьев рабочим органом и интервалы их варьирования.

Исходя из этого, выполнен один трехфакторный экстремальный эксперимент с использованием ортогонального композиционного плана Бокса и Уилсона, в результате которого получено следующее уравнение:

$$W = 0,00176X_1^2 + 0,1318X_2^2 + 4,6335X_3^2 + 0,0089X_1X_2 + 0,1538X_1X_3 + 0,3339X_2X_3 - 0,5829X_1 - 1,8253X_2 - 33,6304X_3 + 72,4445, \quad (18)$$

где W – влажность, %; X_1 – угол заточки дисковых ножей, град; X_2 – окружная скорость, м/с; X_3 – скорость подачи, м/с.

Модель (18) адекватна, так как $F_{расч} = 0,04 < F_{0,05;3;15} = 2,06$.

Из уравнения (18) методом частных производных определены оптимальные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев:

- угол заточки лезвия дисковых ножей ($17,5^\circ$);
- окружная скорость (2,06 м/с);
- скорость подачи (3,27 м/с).

Полученные при планировании эксперимента значения согласуются с результатами теоретических исследований представленных во второй главе.

В результате теоретико-экспериментальных исследований установлено, что с увеличением окружной скорости дисковых ножей, при прорезании средней жилки табачных листьев, продолжительность процесса сушки листьев увеличивается. Это происходит, во-первых, за счет того, что уменьшается величина разреза, так как уменьшается трансформированный угол заточки, а во-вторых, при увеличении окружной скорости, получается более гладкая поверхность разреза средней жилки, в результате чего уменьшается площадь испарения.

Экспериментальными исследованиями установлено, что различная скорость резания при прорезании средней жилки табачных листьев дисковым ножом величину силы резания изменяет незначительно. В связи с этим принято среднее значение силы резания (2,50 Н), соответствующее оптимальным параметрам процесса прорезания.

Проведены исследования зависимости влажности табачных листьев от продолжительности процесса сушки в естественных условиях при различных вариантах послеуборочной обработки (рисунок 9): с прорезанием средней жилки усовершенствованным рабочим органом; с прорезанием средней жилки табакопришивной машиной ТПМ-69МБ; без прорезания (контроль).

Анализ графиков показал, что продолжительность процесса сушки табачных листьев с прорезанной средней жилкой в сравнении с непрорезанной (контроль) сокращается: при прорезании рабочим органом на 35 %; при прорезании табакопришивной машиной ТПМ-69МБ на 10 %.

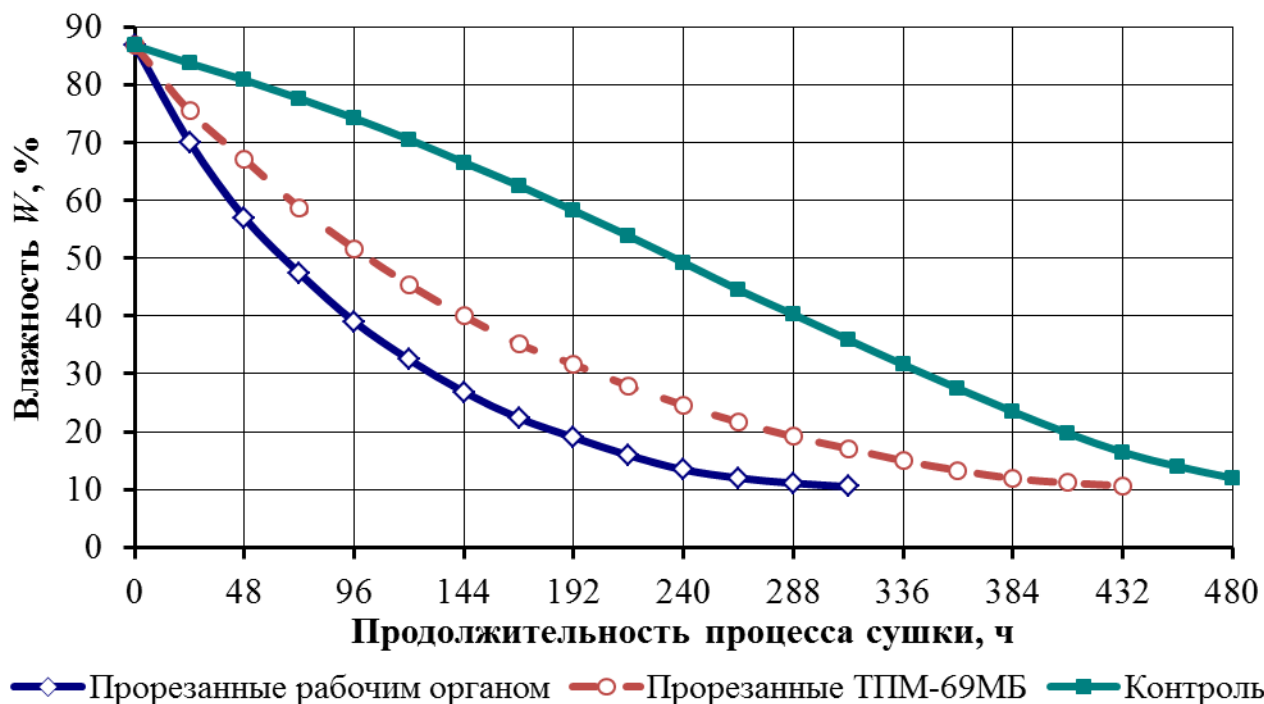


Рисунок 9 – Графики зависимости влажности табачных листьев от продолжительности процесса сушки при различных вариантах послеуборочной обработки

В пятой главе представлен расчет экономической эффективности использования предлагаемого рабочего органа в составе технологической линии ЛПТС-360. Годовой экономический эффект, рассчитанный, как снижение прямых эксплуатационных затрат, составляет 143,6 тыс. руб. Кроме того, послеуборочная обработка табачных листьев предлагаемым вариантом позволяет уменьшить капиталовложения в приобретаемую технологическую линию и сушильные сооружения на 16,7 % за счет увеличения производительности сушильных сооружений.

Общие выводы

1. Усовершенствована функциональная схема рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев, (патент РФ на полезную модель № 102183). Данный рабочий орган обеспечивает прорезание черешка и средней жилки табачных листьев по всей длине независимо от их размерных характеристик.

2. Определены скорость ленты подающего транспортера (3,27 м/с), обеспечивающая максимальную производительность технологической линии для подготовки табачных листьев к сушке и предел окружной скорости дисковых ножей верхнего барабана-прорезателя (7–8 м/с), выше которого трансформированный угол заточки лезвия дискового ножа, а, следовательно, и энергетические затраты при прорезании средней жилки табачных листьев уменьшаются незначительно.

3. Установлено, что при нормальном резании изменение угла заточки лезвия более 50° увеличивает усилие на прорезание средней жилки табачных листьев в среднем в 2,6–3,8 раза, а продолжительность процесса сушки сокращается незначительно, следовательно, применение лезвий с углом заточки больше 50° нецелесообразно.

4. В результате многофакторного эксперимента определены оптимальные параметры и режимы работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев: скорость ленты подающего транспортера (3,27 м/с); окружная скорость дисковых ножей верхнего барабана-прорезателя (2,06 м/с); угол заточки лезвия дисковых ножей ($17,5^\circ$), – при которых достигается минимальная продолжительность процесса естественной сушки табачных листьев.

5. Разработана методика инженерного расчета параметров и режимов работы рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев, на основе которой определены: трансформированный угол заточки лезвия дискового ножа – $16,17^\circ$ (при $v_x > v_{под}$, $i=0$); максимальная мощность в момент входа лезвия дискового ножа в среднюю жилку табачного листа – 1,27 Вт; диаметр проволоки (4,5 мм), средний диаметр (30 мм) и (число витков пружины) упругого элемента (пружины).

6. В результате испытаний рабочего органа для прорезания средней жилки табачных листьев установлено, что его применение сокращает продолжительность процесса сушки на 35 %, а использование его в технологической линии ЛПТС-360 с последующей сушкой в сушильных сооружениях позволяет снизить годовые прямые эксплуатационные затраты на 143,6 тыс. руб и уменьшить капиталовложения на 16,7 % в сравнении с использованием табакопришивной машины ТПМ-69МБ, при обработке 77 тонн свежесобраных табачных листьев.

Основные положения диссертации опубликованы

– в изданиях рекомендованных ВАК:

1. Букаткин, Р.Н. Оптимизация параметров рабочего органа для прорезания средней жилки табачного листа / Е.И. Виневский, Р.Н. Букаткин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 6. – С. 19–20.
2. Букаткин, Р.Н. Оптимизация параметров процесса прорезания листьев табака / Р.Н. Букаткин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 9. – С. 30–31.
3. Букаткин, Р.Н. Определение энергоемкости процесса прорезания средней жилки табачных листьев / Р.Н. Букаткин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2012. Вып. 4 (37). – С. 276–279.

– в прочих изданиях:

4. Букаткин, Р.Н. Обоснование параметров рабочего органа для подачи листьев к механизму закрепления их на шнур / Р.Н. Букаткин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы I Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных (14–16 нояб. 2007 г.) / КубГАУ. – Краснодар, 2007. – С. 302–303.
5. Букаткин, Р.Н. Некоторые физико-механические свойства растений отечественных сортов табака / Е.И. Винецкий, К.Г. Громов, А.В. Огняник, С.К. Папуша, Е.В. Шидловский, Н.Н. Винецкая, Р.Н. Букаткин // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2008. – Вып. 177. – С. 203–208.
6. Букаткин, Р.Н. Исследование процесса прорезания средней жилки листьев табака / Р.Н. Букаткин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. молодых учёных (18–20 нояб. 2009 г.) / КубГАУ. – Краснодар, 2009. – С. 337–338.
7. Букаткин, Р.Н. Обоснование и реализация технологии аграрно-промышленного производства табачного сырья / И.И. Дьячкин, А.И. Петрий, Л.П. Пестова, З.П. Белякова, И.В. Сафронова, Р.Н. Букаткин // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2009. – Вып. 178. – С. 109–112.
8. Букаткин, Р.Н. Новый способ подготовки табака к сушке / А.И. Петрий, И.И. Дьячкин, Л.П. Пестова, И.В. Сафронова, Р.Н. Букаткин, А.В. Огняник // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2009. – Вып. 178. – С. 112–116.
9. Букаткин, Р.Н. Теоретические основы технологических процессов и параметров технических средств для подготовки листьев табака к сушке / Е.И. Винецкий, Р.Н. Букаткин // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2009. – Вып. 178. – С. 295–303.
10. Букаткин, Р.Н. Влияние сорта табака на особенности влагоотдачи и расход технического тепла при искусственной сушке / А.И. Петрий, Л.П. Пестова, Л.А. Пярина, И.И. Дьячкин, Р.Н. Букаткин // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2010. – Вып. 179. – С. 113–119.
11. Букаткин, Р.Н. Оптимизация параметров средств механизации методом планирования многофакторного эксперимента / Е.И. Винецкий, Г.В. Попов, С.К. Папуша, Е.В. Шидловский, А.В. Огняник, Н.Н. Винецкая, Р.Н. Букаткин // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2010. – Вып. 179. – С. 300–312.
12. Букаткин Р.Н. Исследование параметров рабочего органа для прорезания средней жилки табачного листа / Р.Н. Букаткин // Научно-инновационные технологии как основа продовольственной безопасности Российской Федерации: сб. докладов 4-й конф. молодых учёных и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии (9 дек. 2010 г.). – М., 2010. – С. 45–47.

13. Букаткин, Р.Н. Теоретико-экспериментальное обоснование параметров технологического процесса прорезания средней жилки табачного листа / Р.Н. Букаткин // Современные методы направленного изменения физико-химических и технологических свойств сельскохозяйственного сырья для производства продуктов здорового питания: сб. науч. трудов 5-й конф. молодых учёных и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии (12 окт. 2011 г.). – М., 2011. – С. 58–62.
14. Букаткин, Р.Н. Определение кинематического угла заточки лезвия при прорезании средней жилки табачного листа [Электронный ресурс] / Р.Н. Букаткин // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы I Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов в дистанционном режиме / ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2012. – Режим доступа <http://www.vniitti.ru/conf/conf2012/article/BukatkinR.N.-statya.doc>
– *патенты*:
15. Пат. 89333 Российская Федерация, МПК А24Б3/07. Устройство для прорезания средних жилок листьев табака / Букаткин Р.Н., Винецкий Е.И., Поярков И.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТТИ. – № 2009125818/22; заявл. 06.07.09; опубл. 10.12.09, Бюл. № 34.
16. Пат. 102183 Российская Федерация, МПК А24Б5/00, А24Б1/06. Устройство для крепления табачных листьев на шнуре / Букаткин Р.Н., Винецкий Е.И., Поярков И.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТТИ. – № 2010138260/21; заявл. 15.09.10; опубл. 20.02.11, Бюл. № 5.

Подписано в печать 20.11.2013 г.
Бумага офсетная
Печ. л. 1,0
Тираж 100 экз.

Формат 60×84 $\frac{1}{16}$
Офсетная печать
Заказ № ____

Отпечатано в типографии КубГАУ
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13