

УДК 631.3: 633.71

UDC 631.3: 633.71

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ ЛИСТЬЕВ ТАБАКА В КОНТЕЙНЕРЫ

OPTIMAL PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL LINE FOR LOADING TOBACCO LEAVES INTO CONTAINERS

Виневский Евгений Иванович
д.т.н., профессор, РИНЦ SPIN-код: 7273-9453

Vinevskii Evgeny Ivanovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 7273-9453

*ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42
vniitti1@mail.kuban.ru*

All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, 350072 Krasnodar, Moskovskaya, 42, tel/fax 252-16-12, vniitti1@mail.kuban.ru

Трубилин Евгений Иванович
д.т.н., профессор, РИНЦ SPIN-код: 6414-8130

Trubilin Evgeny Ivanovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 6414-8130

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

FGBOU VPO Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Ульянченко Елена Евгеньевна
магистрант, научный сотрудник, SPIN-код: 9329-0741,
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия
ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42,
vniitti1@mail.kuban.ru*

Ulyanchenko Elena Evgenyevna
Master student, research employee, RSCI SPIN-code: 9329-0741
*FGBOU VPO Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, 350072 Krasnodar, Moskovskaya, 42, tel/fax 252-16-12, vniitti1@mail.kuban.ru*

Виневская Наталия Николаевна
к.т.н., РИНЦ SPIN-код:8795-7290
*ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42
tel/fax 252-16-12, vniitti1@mail.kuban.ru*

Vinevskaja Natalia Nikolaevna
candidate of technical Sciences
RSCI SPIN-code: 8795-7290
All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, 350072 Krasnodar, Moskovskaya, 42, tel/fax 252-16-12, vniitti1@mail.kuban.ru

Представлены результаты исследований по оптимизации параметров технологической линии для загрузки листьев табака в контейнеры. Целью исследований являлось снижение затрат труда при подготовке листьев табака к сушке искусственным способом путем модернизации линии для подготовки листьев табака к сушке и использования ее для загрузки листьев табака в контейнеры. С целью механизации процесса загрузки листьев табака в контейнеры разработаны рабочие органы технологической линии для загрузки листьев табака в контейнеры. Проведены исследования по изучению массовых характеристик свежесобраных листьев табака трех различных сортов, районированных в Краснодарском крае. Дисперсионный анализ результатов исследований показал, что существенной разницы между массами листьев различных сортов табака не существует, в дальнейшем экспериментальные исследования достаточно проводить на одном из сортов. Оптимизацию параметров рабочего органа для укладки листьев табака в контейнеры проводили на основе анализа уравнения регрес-

The article presents the research results on parameters optimization of technological line for loading tobacco leaves into containers. The aim of the research was decreasing labor expenses on preparing tobacco for artificial curing. This was achieved by line modernization utilized for loading tobacco leaves into containers. We have also developed working parts of technological line for automatic loading of tobacco leaves into containers. Researches on weight studying of tobacco leaves of 3 sorts zoned in the Krasnodar region have been carried out. Dispersion analysis has not revealed weight differences between sorts, therefore, further researches can be carried for one sort. Optimization of working part for loading tobacco leaves into containers was carried by analysis of regression equation obtained by bifactorial experiment. Irregularity of leaf position was taken as optimization criterion. It has been discovered that optimal regimes: transporter belt speed $v=2,8\text{m/s}$, number of transporter's double movements $n=19\text{ min}^{-1}$ can be used for uniform container loading by leaves. Researches on studying line capacity on leaves position irregularity revealed that maximal uniformity obtained when line capacity is 260 kg/h

сии первого порядка, полученного при реализации двухфакторного эксперимента. В качестве критерия оптимизации приняли неравномерность раскладки листьев. Установлено, что для достижения наибольшей равномерности распределения листьев по ширине контейнера является применение оптимальных режимов: скорость ленты транспортеров $V=2,8$ м/с, число двойных ходов транспортеров $n=19$ кол/мин. Исследованиями по определению влияния производительности линии на неравномерность укладки листьев табака в контейнеры установлено, что наименьшая неравномерность раскладки листьев наблюдается при производительности линии 260кг/ч

ключевые слова: ТАБАЧНЫЙ ЛИСТ, УБОРКА, ТРАНСПОРТИРОВКА, СУШКА
Doi: 10.21515/1990-4665-121-068

Keywords: TOBACCO LEAF, HARVESTING, TRANSPORTATION, CURING

При производстве табачного сырья самым трудоемким процессом является уборка и подготовка листьев к сушке, как естественным, так и искусственным способом. При ручной уборке листья с поля транспортируются в накопителях из мягкой тары или в контейнерах, которые затем подвергаются специальной подготовке перед сушкой (раскладке, томлению, полистной ориентации для закрепления на основу). Затраты трудовых ресурсов при этом большие [1]. За рубежом механизированы процессы уборки и подготовки листьев к сушке искусственным способом в крупногабаритных контейнерах.

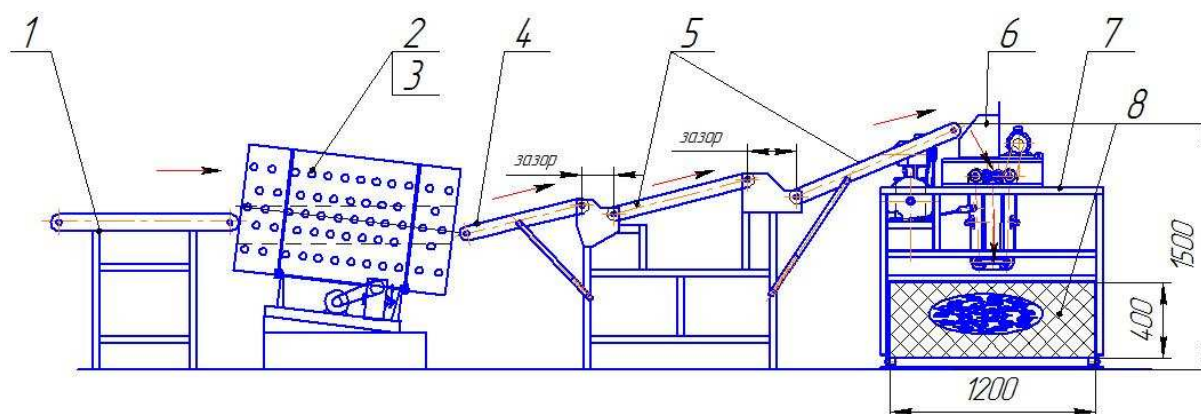
В отечественном табаководстве были разработки уборочной техники, но вопросы технологии и механизации процесса подготовки листьев механизированной уборки к искусственной сушке в контейнерах, снижающие затраты труда, не разработаны. Загрузка листьев табака в контейнеры при подготовке их к сушке искусственным способом до настоящего времени производится вручную.

Во ВНИИ табака, махорки и табачных изделий создана Технологическая линия для подготовки листьев табака к сушке, предназначенная для снижения затрат труда при закреплении листьев табака на шнур [2].

Целью исследований являлось снижение затрат труда при подготовке листьев табака к сушке искусственным способом путем модернизации Технологической линии для подготовки листьев табака к сушке и использование ее для загрузки листьев табака в контейнеры.

Для механизации процесса загрузки разработан рабочий орган для укладки листьев табака в контейнеры, который введен в состав технологической линии (рисунок 1) [3].

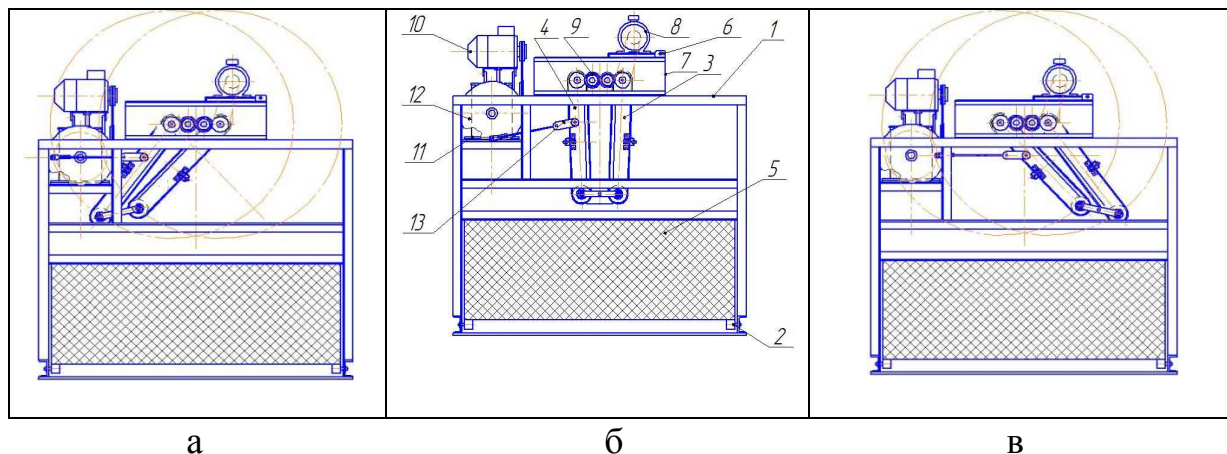
В задачу исследований входило оптимизировать технологические параметры рабочего органа для укладки листьев табака в контейнер в соответствии с исходной производительностью линии, установить границы эффективных значений производительности и технологических параметров рабочего органа.



1-подающий транспортер; 2, 3- барабан расщипки и очистки от примесей; 4-выносной транспортер; 5 - растягивающие транспортеры; 6 - загрузочная шахта (или прорезатель); 7- устройство для укладки листьев табака в контейнер; 8-контейнер.

Рисунок 1 - Технологическая линия для загрузки листьев табака в контейнеры

Технологический процесс подготовки листьев к сушке на технологической линии и процесс укладки листьев табака в контейнеры рабочим органом, осуществляется следующим образом (рисунок 1, 2).



1- рама; 2- рольганг; 3- правый транспортер; 4- левый транспортер; 5 - контейнер для листьев табака; 6 - площадка; 7- рама; 8 - электродвигатель; 9 - зубчатая передача; 10- электродвигатель; 11- червячный редуктор; 12 - кривошип; 13- шатун

Рисунок 2 – Принципиальная схема рабочего органа для укладки листьев табака в контейнеры (б) с крайним левым положением транспортеров (а) и крайним правым положением транспортеров (в)

При пуске линии табак с подающего транспортера 1 попадает через загрузочное окно в барабан расщипки 2, где происходит его очистка от примесей через отверстия 3, полистное разделение табачной массы путем ее подъема лопастями барабана и сбрасывания вниз. При ударе пачки листьев испытывают сдвиговые нагрузки и разделяются полистно. Листья попадают на выносной транспортер 4, затем на систему растягивающих транспортеров 5. С транспортеров листья попадают в загрузочную шахту прорезателя 6, в зазор между дисковыми ножами и проходят через них (рисунок 1). Прорезанные листья попадают в зазор между лентами правого 3 и левого 4 транспортеров рабочего органа для укладки листьев табака в контейнеры (рисунок 2). За счет колебательного движения транспортеров «вправо – влево» листья табака укладываются в контейнер послойно с чередованием черешковой и верхушечной зон листьев, что способствует

лучшим условиям сушки. Перемещение листьев лентами транспортеров с ускорением, естественным образом способствует уплотнению насыпной массы в контейнере.

Для установления влияния сорта табака, перерабатываемого на линии, проведены исследования по изучению массовых характеристик свежесобранных листьев табака одной ломки, трех различных сортов, районированных в Краснодарском крае: Юбилейный (сидячелистная форма) и Трапезонд 15, Вирджиния 202 (черешковые листья) (таблица 1).

Таблица 1 – Статистические характеристики масс листьев табака различных сортов

Наименование статистических характеристик	Массы листьев, гр		
	Трапезонд 15	Юбилейный	Вирджиния 202
среднее значение X_{cp} , гр	22,56	22,61	21,29
стандартное отклонение S , гр	5,018	5,21	5,26
коэффициент вариации V , %	22,24	23,04	24,74

Статистическая обработка результатов исследований показала, что коэффициент вариации находится в пределах 22...25%.

С целью оценки существенности разности между объемами выборок масс листьев различных сортов проведен дисперсионный анализ (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты дисперсионного анализа масс листьев табака различных сортов

Сравниваемые сорта	F-статистика	F-критическое	Разность
Трапезонд 15-Юбилейный	0,146	3,889	не существенная
Вирджиния 202-Трапезонд 15	3,201	3,889	не существенная
Юбилейный Вирджиния 202	3,171	3,889	не существенная

Проведенный дисперсионный анализ дает основание утверждать, что на 5%-ном уровне значимости существенной разницы между массами листьев различных сортов табака не существует, в дальнейшем экспериментальные исследования достаточно проводить на одном из сортов.

Поисковыми опытами установлены основные факторы, влияющие на технологический процесс укладки листьев табака в контейнер: скорость ленты транспортеров $V (X_1)$; число двойных ходов транспортеров $n (X_2)$.

Оптимизацию параметров рабочего органа для укладки листьев табака в контейнеры проводили на основе анализа уравнения регрессии первого порядка, полученного при реализации двухфакторного эксперимента.

В качестве критерия оптимизации (Y) приняли неравномерность раскладки листьев (%). В таблице 3 приведены интервалы варьирования и условия кодирования независимых переменных $V (X_1)$ и $n (X_2)$.

Таблица 3 - Основные факторы и уровни их варьирования

Факторы	Обозначение	Уровни	
		-1	1
Скорость ленты транспортеров V , м/сек	X_1	2,8	5,2
Число двойных ходов транспортеров n , мин ⁻¹	X_2	19	38

Исследования проводили на сорте табака Юбилейный.

После реализации опытов и обработки их результатов, получена математическая модель технологического процесса в виде уравнения поверхности отклика в кодированных значениях факторов в зависимости от скорости ленты транспортера V и числа двойных ходов транспортеров n :

$$Y=17,4394+2,8934X_1+3,61958X_2-11,6571 X_1X_2 \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения (1) показывают, что наибольшее влияние на параметр оптимизации из линейных членов оказывает частота колеба-

ний кривошипно-шатунного привода (X_2), а наименьшее – скорость ленты транспортера (X_1).

Для определения оптимальных значений факторов X_1 и X_2 был применен графический метод. Для этого были построены двухмерные поверхности путем подстановки фиксированных значений факторов X_1 и X_2 (рисунок 3).

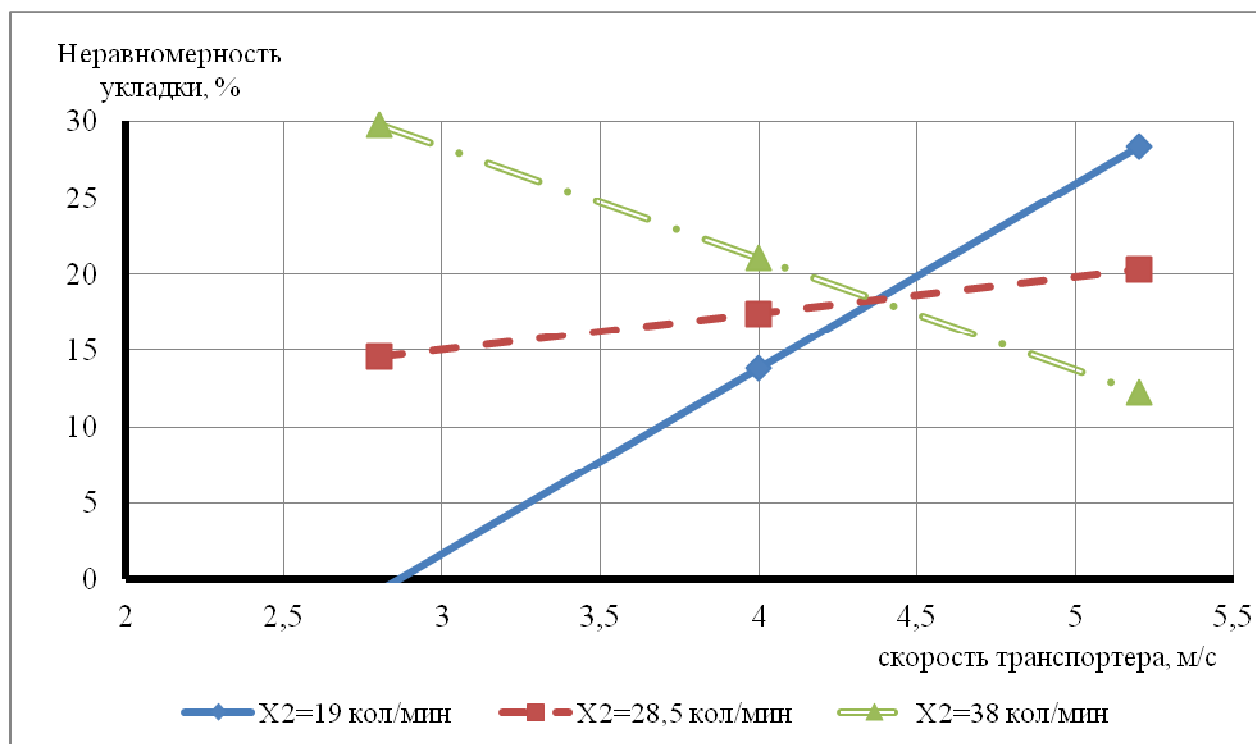


Рисунок 3 –Влияние частоты колебания кривошипно-шатунного механизма (числа двойных ходов транспортеров) и скорости лент транспортеров на неравномерность укладки листьев табака в контейнер

Из графика (рисунок 3) следует, что путём достижения наибольшей равномерности распределения листьев по ширине контейнера является применение следующих оптимальных режимов: скорость ленты транспортеров $V=2,8$ м/с; число двойных ходов транспортеров $n=19$ кол/мин.

Проведены исследования по определению влияния производительности линии на неравномерность укладки листьев табака в контейнеры.

Расчет неравномерности раскладки листьев табака в контейнере при различной производительности W , проводили следующим образом:

- определяли среднее значение массы листьев m_i по ширине контейнера с шагом $B = 200\text{мм}$:

$$m_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}{6} \quad (2)$$

- определяли отклонение массы листьев Δm_i в i -ой полосе от среднего значения массы листьев $m_{\text{ср}}$:

$$\Delta m_i = m_i - m_{\text{ср}} \quad (3)$$

- определяли среднеарифметическое отклонение:

$$\Delta m_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta m_i|}{n} \quad (4)$$

- определяли неравномерность раскладки листьев табака в контейнере:

$$H_p = \frac{\Delta m_{\text{ср}}}{m_{\text{ср}}} 10^2 \quad (5)$$

Исследовали три режима производительности линии: $W_1 = 133,1$ кг/ч; $W_2 = 263,4$ кг/ч и $W_3 = 553,8$ кг/ч.

Результаты исследований в виде графика зависимости неравномерности раскладки листьев табака в контейнере от производительности линии W представлены на рисунке 4 и виде уравнения регрессии

$$y = 0,0003x^2 - 0,2227x + 50,557 \quad (6)$$

Установлено, что вначале с повышением производительности с $W_1 = 133,1$ кг/ч до $W_2 = 263,4$ кг/ч неравномерность раскладки снижается от $= 27\%$ до $= 15,7\%$. Дальнейшее повышение производительности линии от $W_2 = 263,4$ кг/ч до $W_3 = 553,8$ кг/ч приводит к увеличению неравномерность раскладки от $= 15,7\%$ до $= 32,6\%$ (рисунок 4).

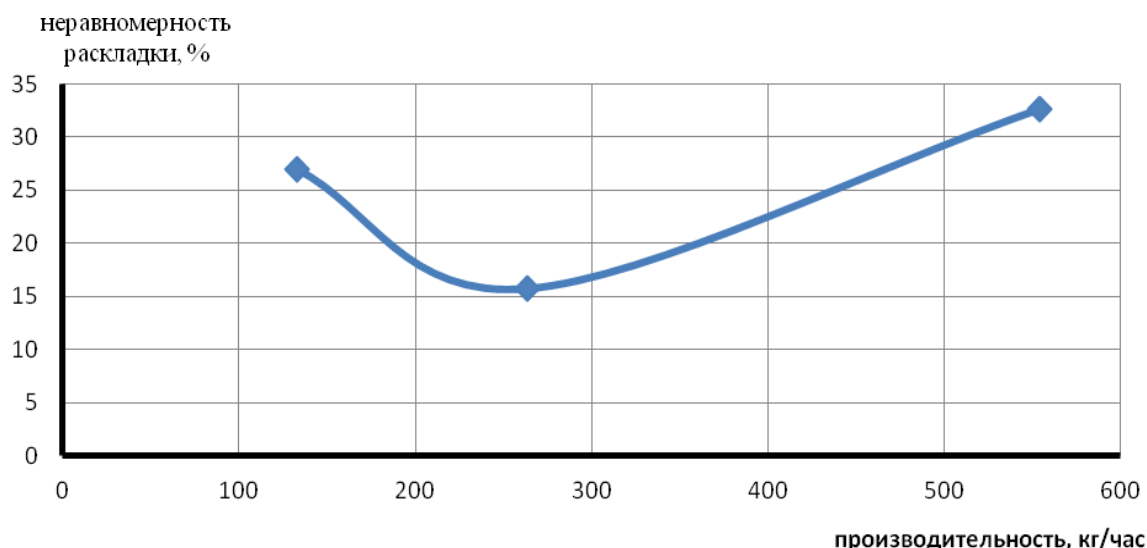


Рисунок 4 - Влияние производительности линии на неравномерность раскладки листьев табака в контейнере

Согласно проведенному многофакторному эксперименту, были определены оптимальные параметры работы укладчика (частота колебаний кривошипно-шатунного привода - 19 кол. /мин, скорость ленты транспортера - 2,8 м/с), обеспечивающие наибольшую равномерность распределения по ширине контейнера и отвечающие производительности линии.

На выявленном эффективном режиме провели испытания технологической линии по загрузке двух контейнеров на сорте Юбилейный (рисунок 5).

Провели испытания по сушке листьев контейнерах 1,2, контрольным образцом служил табак, нанизанный на игольчатую кассету и уложенный в контейнер3 вручную с ориентированной укладкой листьев.

Сушку проводили в соответствии с технологической инструкцией в режиме:

Томление	$t=35-37^{\circ}\text{C}$, $W=75-80\%$	30ч
Сушка пластинки	$t=45-55^{\circ}\text{C}$, $W=50-35\%$	48ч.
Сушка жилки	$t=65-70^{\circ}\text{C}$, $W=25-10\%$	12ч

Результаты оценки качества высушенного табачного сырья, таблица 4.



Рисунок 5 – Технологический процесс подготовки табака к сушке

Таблица 4 – Оценка качества товарного сырья.

Наименование показателя	Значение показателя			
	контейнер 1	контейнер 2	контейнер 3	кассета
Влажность после сушки, %	13,5	11,6	15	12,5
Выход табака по товарным сортам, г:				
I	335,71	308,25	204,9	364,13
II	217,7	406,27	246,5	275,9
III	65,5	111,9	402,21	91,67
IV	-	23,76	12,07	-

Согласно таблице 5 выход высших товарных сортов в экспериментальных образцах (контейнер 1,2) составил 84-89%. Выход высших товарных сортов в контрольном образце (контейнер 3)- составил 52%, а в контрольном образце (кассета)- 86%.

Механизированная укладка листьев табака в контейнер позволила получить товарное сырье необходимого качества. В сравнении с контрольным образцом (контейнер 3) процент выхода высших товарных сортов больше в 1,7 раза.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- изучены массовые характеристики свежесобранных листьев табака трех различных сортов. Проведенный дисперсионный анализ дает основание утверждать, что на 5%-ном уровне значимости существенной разницы между массами листьев различных сортов табака не существует. На линии можно производить укладку различных сортов табака, дальнейшие экспериментальные исследования достаточно проводить на одном из сортов.
- выявлены регулируемыми параметры, обеспечивающие заданную производительность и отвечающие конструктивным особенностям линии: скорость движения лент транспортеров и число их двойных ходов

- экспериментальным путем получены оптимальные режимы работы линии (скорость ленты транспортеров $V=2,8$ м/с, число двойных ходов транспортеров $n=19$ кол/мин), обеспечивающие наибольшую равномерность распределения листьев по ширине контейнера.
- получена математическая модель в виде уравнения регрессии первого порядка и построен график влияния настраиваемых параметров на равномерность распределения листьев по ширине контейнера.
- определено, что при уровне производительности линии $W_2 = 263,4$ кг/ч неравномерность раскладки листьев в контейнере - минимальна.
- проведены лабораторные испытания технологической линии по раскладке листьев в контейнеры с последующей сушкой листьев. Проведена товарная оценка качества высушенного сырья. Установлено, что процент выхода высших товарных сортов в сравнении с контролем больше в 1,7 раза.

Список литературы

1. Саломатин, В.А. Инновационные машинные технологии в производстве табака / В.А. Саломатин, Е.И. Винеvский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2012. - №4. - С. 7-9.
2. Винеvский Е.И. Технологическая линия для подготовки листьев табака к сушке / Винеvский Е.И., А.В. Огняник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2009. - № 7. - С. 9-10.
3. Ульянченко Е. Е. Трубилин Е. И. Устройство для укладки листьев табака в контейнер. ФГБНУ «Всероссийский научно -исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ./ Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 75 - летию В. М. Шевцова / отв. за вып. А. Г. Кошцаев. - Краснодар : КубГАУ, 2016. -2 с.

References

1. Salomatin, V.A. Innovacionnyye mashinnyye tehnologii v proizvodstve tabaka/ V.A. Salomatin, E.I. Vinevskij //Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. - 2012. - №4. - S. 7-9.
2. Vinevskij E.I. Tehnologicheskaja linija dlja podgotovki list'ev tabaka k sush-ke / Vinevskij E.I., A.V. Ognjanik // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. - 2009. - № 7. - S. 9-10.
3. Ul'janchenko E. E. Trubilin E. I. Ustrojstvo dlja ukladki list'ev tabaka v kon-tejner. FGBNU «Vserossijskij nauchno -issledovatel'skij institut tabaka, mahorki i tabachnyh izdelij», FGBOU VPO Kubanskij GAU./ Nauchnoe obespechenie agropro-myshlennogo kompleksa : sb. st. po materialam IX Vseros. konf. molodyh uchenyh, po-svjashh. 75 - letiju V. M. Shevcova / otv. za vyp. A. G. Koshhaev. - Krasnodar : KubGAU, 2016. -2 s.