

УДК 631.3: 633.71

UDC 631.3: 633.71

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01-Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ УРОЖАЯ ЛИСТОВОЙ МАССЫ ТАБАКА И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ****VERIFICATION PARAMETERS OF EQUIPMENT FOR REFINING CROP OF TOBACCO AND MEDICINAL HERBS**

Огняник Александр Васильевич  
к.т.н., старший научный сотрудник  
РИНЦ SPIN-код: 1178-7319  
vniitti1@mail.kuban.ru

Ognyanik Alexander Vasilievich  
Candidate of technical sciences, Senior researcher  
RSCI SPIN-code: 1178-7319  
vniitti1@mail.kuban.ru

Виневский Евгений Иванович,  
д.т.н., профессор, главный научный сотрудник  
РИНЦ SPIN-код: 7273-9453  
vniitti1@mail.kuban.ru  
*ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42*

Vinevskii Evgeny Ivanovich  
Dr.Sci.Tech., Professor, chief researcher  
RSCI SPIN-code: 7273-9453  
vniitti1@mail.kuban.ru  
*All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, 350072 Krasnodar, Moskovskaya, 42*

Послеуборочная обработка листовой массы различных сельскохозяйственных культур имеет свои особенности. В общем виде лист состоит из листовой пластинки и черешка, переходящего в среднюю жилку, вследствие чего геометрический центр листа не совпадает с его центром тяжести. Главная причина снижения качества урожая листовой массы – травмирование при уборке и послеуборочной обработки, что способствует к ухудшению их технологических свойств. Наибольшую трудность вызывает очистка листьев. Целью исследований являлось снижение затрат труда при очистке и сепарации урожая листостебельной массы. Теоретически изучен процесс ориентации листьев при подготовке их к сушке. Определена продолжительность ориентации листа. Теоретически обоснованы параметров рабочих органов для очистки листьев от примесей. Получено уравнение дальности полета листа в зависимости от коэффициента сопротивления листа и скорости транспортера. Проведено графическое исследование траектории полета табачного листа с различными коэффициентами сопротивлений в зависимости от их начальной скорости. Изучены размерно-массовые характеристики листьев подорожника в различных фазах вегетации. Проведен статистический анализ их с использованием дисперсионного анализа. Проведены расчеты параметров технологического процесса и рабочих органов для полистного разделения пачек табака и подорожника. Установлено, что при обработке свежесобранных листьев табака радиус барабана расщипки должен быть не менее 0,4 м, а при обработке свежесобранных листьев подорожника - не менее 0,2 м

Processing the leaves of different agricultural crops has its own peculiarities. In general every leaf consists of leaf lamina and petiole which turns into midrib, thus geometrical center does not match to its center of gravity. Basic reason of decreasing leaf crop productivity is its damaging during harvesting and further processing, this leads to deterioration of its technological properties. Leaf refining causes the most difficulty. The aim of the research was increasing labor productivity during crop refining and separation. Leaf orientation process for further curing has been theoretically studied. Time of leaf orientation has been defined. Parameters of operating devices for refining leaves have been theoretically determined. Equation for flying distance depending on leaf coefficient of resistance and velocity of transport belt has been assessed. Graphic exploration of tobacco leaf path with different coefficients of resistance depending on their initial velocity has been studied. Dimension and mass properties of plantain leaves in different vegetation stages has been defined. Variance analysis for these data has been carried. Calculation of technological process and operating devices parameters for separation tobacco and plantain bundles into single leaves has been conducted. It is determined that loosening drum diameter for tobacco green leaf processing should be not less than 0.4 m and for plantain green leaf processing – not less than 0.2 m

Ключевые слова: ОБОРУДОВАНИЕ, ОЧИСТКА,

Keywords: EQUIPMENT, CLEARING, SEPARA-

Послеуборочная обработка листовой массы различных сельскохозяйственных культур (листья табака, чая, подорожника) имеет свои особенности.

В общем виде лист состоит из листовой пластинки и черешка, переходящего в среднюю жилку, вследствие чего геометрический центр листа не совпадает с его центром тяжести.

Главная причина снижения качества урожая листовой массы – травмирование при уборке и послеуборочной обработки, что способствует к ухудшению их технологических свойств, потере стойкости к хранению. Наибольшую трудность вызывает очистка и сепарация листьев.

Рассмотрим процесс полета листа под воздействием силы тяжести  $G_{л}$ , приложенной к центру тяжести, и под воздействием силы сопротивления воздушного потока  $P_{в}$ , приложенной к геометрическому центру (рис. 1).

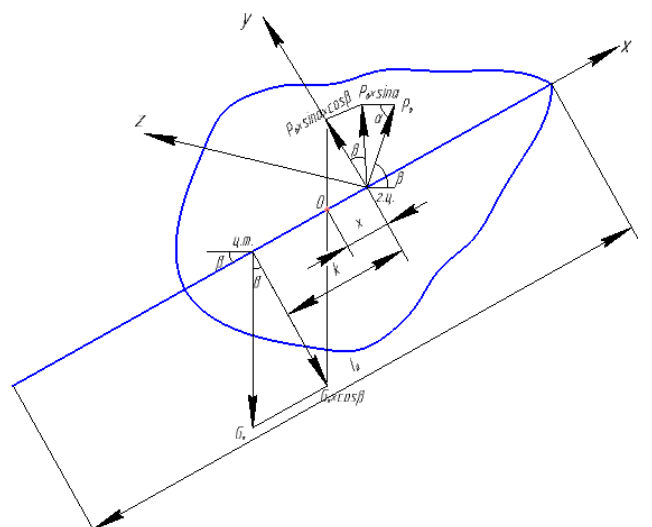


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на лист в процессе его полета

Выведено уравнение вращения листа при нахождении его в воздушном потоке:

$$Y_{JZ} \cdot \frac{d^2 \beta}{dt^2} = G_{Л} \cdot \cos \beta (k - x) + \rho_B \cdot S_{III} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot x \quad (1)$$

где  $Y_{JZ}$  – момент инерции листа относительно оси Z, перпендикулярной плоскости листа, кг·м<sup>2</sup>.

Решая квадратное уравнение относительно t, получаем продолжительность ориентации листа.

$$t = \frac{-\omega_0 \pm \sqrt{(\omega_0)^2 - 4 \left( \frac{6(k-x) \cdot \cos \beta}{g \cdot l_{Л}^2} + \frac{6 \cdot \rho_B \cdot S_{III} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot x}{m_{Л} \cdot l_{Л}^2} \right) (90^\circ + \beta)}}{2 \left( \frac{6(k-x) \cdot \cos \beta}{g \cdot l_{Л}^2} + \frac{6 \cdot \rho_B \cdot S_{III} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot x}{m_{Л} \cdot l_{Л}^2} \right)} \quad (2)$$

Рассмотрим свободное движение листа (например, при сходе с транспортера). Лист подорожника имеет начальную скорость  $V_T$ . В дальнейшем лист быстро теряет скорость вследствие силы сопротивления, оказываемой воздушным потоком (рис. 2).

На рисунке 2 показана траектория полета листа подорожника M после схода его с транспортера. Расстояние OC изменяется в зависимости от скорости транспортера.

Начало координат поместим на плоскость, которая ограничивает высоту емкости так, чтобы ось OY проходила через конец транспортера, когда начинается свободный полет листа подорожника. На лист подорожника действуют силы: тяжести  $G = mg$ ; сопротивление воздушной среды при падении листа  $R = k_{\Pi} \cdot m \cdot V$ , пропорциональное его скорости ( $k_{\Pi}$  – коэффициент сопротивления;  $m$  – масса листа подорожника;  $V$  – скорость листа).

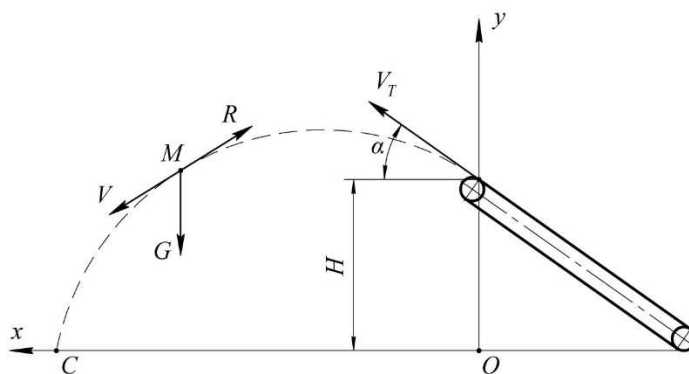


Рисунок 2 – Траектория полета листа после схода ее с транспортера

Перемещение точки М в проекциях на оси координат получим, проинтегрировав выражения при тех же начальных условиях:

$$x = \frac{v_T \cos a}{k_n} (1 - e^{-k_n t}) \tag{3}$$

$$y = H - \frac{gt}{k_n} + \left( \frac{v_T \sin a}{k_n} + \frac{g}{k_n^2} \right) (1 - e^{-k_n t}) \tag{4}$$

Время падения  $T$  пачки табака на поверхность, найдем, положив  $y=0$  и разложив в ряд

$$e^{-k_n t} (e^{-k_n t} = 1 - k_n t + \frac{k_n^2 t^2}{2} + \dots) \tag{5}$$

$$T = \left( V_T \sin a + \frac{2g}{k_n} + \left[ \frac{1}{k_n^2} (V_T k_n \sin a + 2g)^2 + 2H (v_T k_n \sin a + g) \right]^{\frac{1}{2}} \right) \times (V_T k_n \sin a - g)^{-1} \tag{6}$$

Исключив из уравнений (3), (4) и (6) время  $t$ , после несложных преобразований получено уравнение дальности полета листа в зависимости от коэффициента сопротивления листа и скорости транспортера.

$$y = \frac{1}{k_n} \frac{g + k_n V_0 \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha} X + \frac{g}{k^2} \ln \left( 1 - \frac{k_n}{V_0 \cos \alpha} X \right) \tag{7}$$

На основании уравнения (7) проведено графическое исследование траектории полета табачного листа с различными коэффициентами сопротивлений в зависимости от их начальной скорости. На рисунке 3 представлена траектория полета листьев подорожника при начальной скорости транспортера  $V_{тр} = 0,98$  м/с, на рисунке 4 представлена траектория полета листьев подорожника с различными коэффициентами сопротивления при начальной скорости транспортера  $V_{тр} = 1,96$  м/с, а на рисунке 5 представлена траектория полета листа при скорости транспортера  $V_{тр} = 4,74$  м/с.

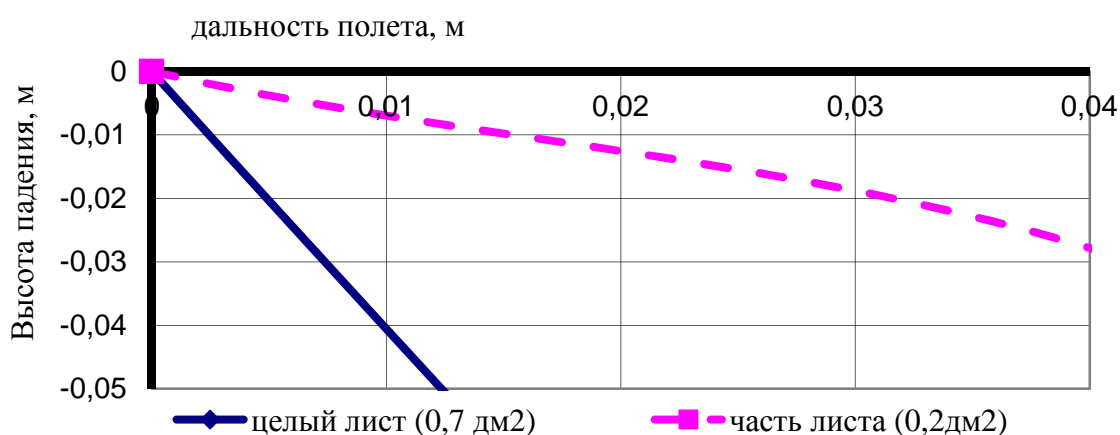


Рисунок 3. Траектория полета листьев с различными коэффициентами сопротивления при начальной скорости транспортера  $V_{тр} = 0,98$  м/с.

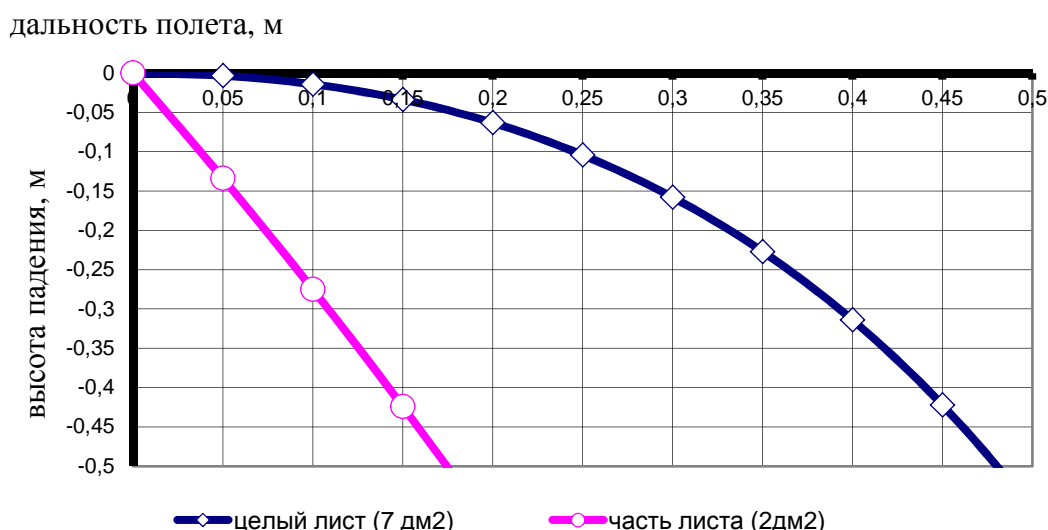


Рисунок 4. Траектория полета листьев с различными коэффициентами сопротивления при начальной скорости транспортера  $V_{тр} = 1,96$  м/с.

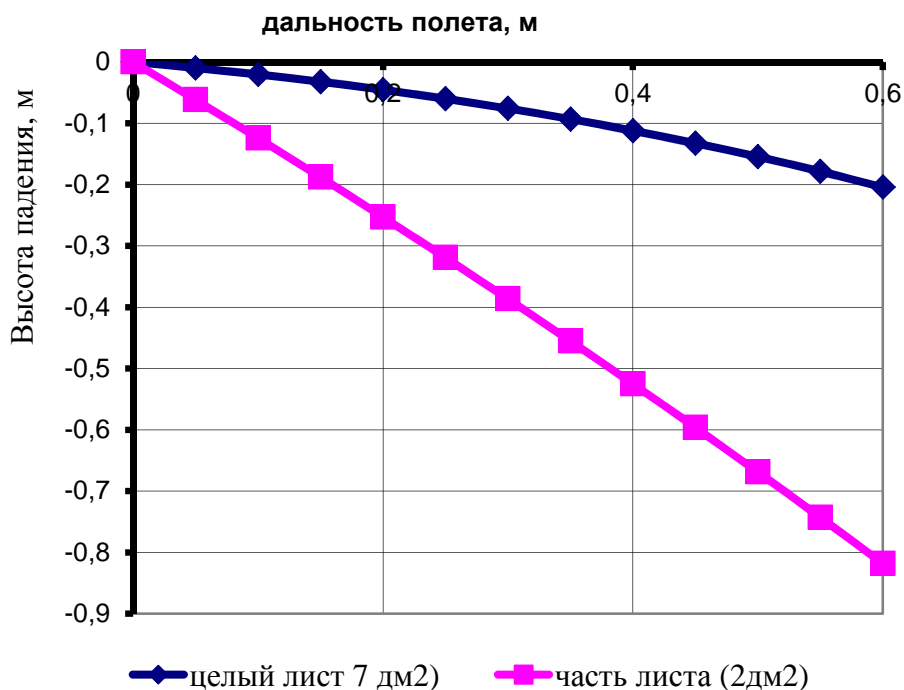


Рисунок 5. Траектория полета листьев с различными коэффициентами сопротивления при начальной скорости транспортера  $V_{тр} = 4,74$  м/с.

Изучены размерно-массовые характеристики листьев подорожника (длина, ширина и масса листа, длина черешка). Опыты проводили в период роста листьев и через 22 дня, когда они достигли максимального роста. Для более подробного анализа размерно – массовых характеристик листьев подорожника в различных фазах вегетации проведен статистический анализ их с использованием дисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1. Анализ результатов дисперсионного анализа объемов выборок экспериментальных данных параметров листьев подорожника

Сравниваемые данные	F-статистика	F-критическое	Разность
Длина	45,0	4,1	Существенная
Ширина	64,3	4,1	Существенная
Длина черешка	1,5	4,1	Не существенная
Масса	17,0	4,1	Существенная

Анализ результатов дисперсионного анализа экспериментальных данных размерно- массовых характеристик листьев подорожника в различных фазах вегетации показал следующее:

- длина и ширина листьев в различных фазах вегетации имеют между собой существенную разницу между собой;

- длины черешка листа подорожника в различных фазах вегетации имеют между собой несущественную разность;

масса листа в различных фазах вегетации они имеют между собой существенную разницу.

Разработана функциональная схема линии подготовки листьев к сушке (рис. 6).

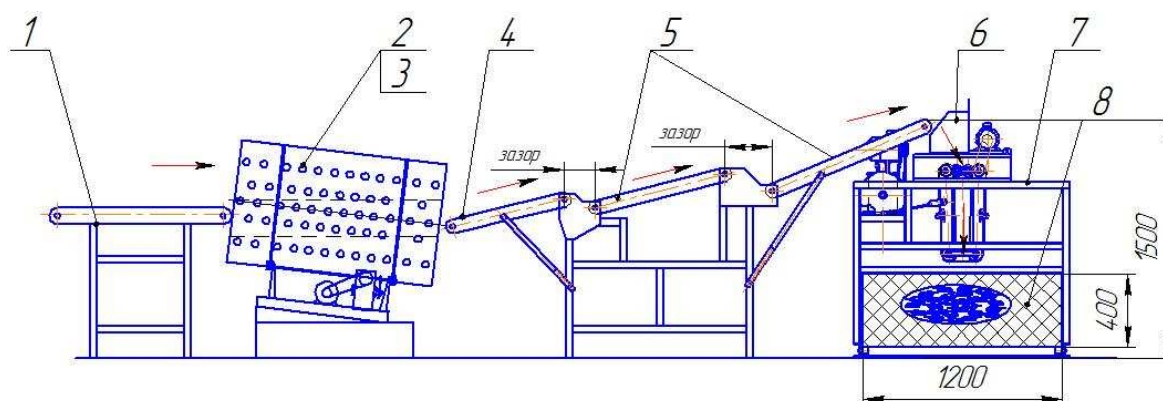


Рисунок 6. Функциональная схема линии подготовки листьев к сушке  
 1-подающий транспортер; 2, 3- барабан расщипки и очистки от примесей;  
 4-выносной транспортер; 5 – растягивающие транспортеры; 6 – прореза-  
 тель

На основе методики расчета параметров технологического процесса и рабочих органов для полистного разделения пачек табачных листьев [2, с.3] проведены расчеты применительно к свежесобраным листьям табака и подорожника (таблица 4), исходные данные для которых представлены в таблице 3 (рис.7).

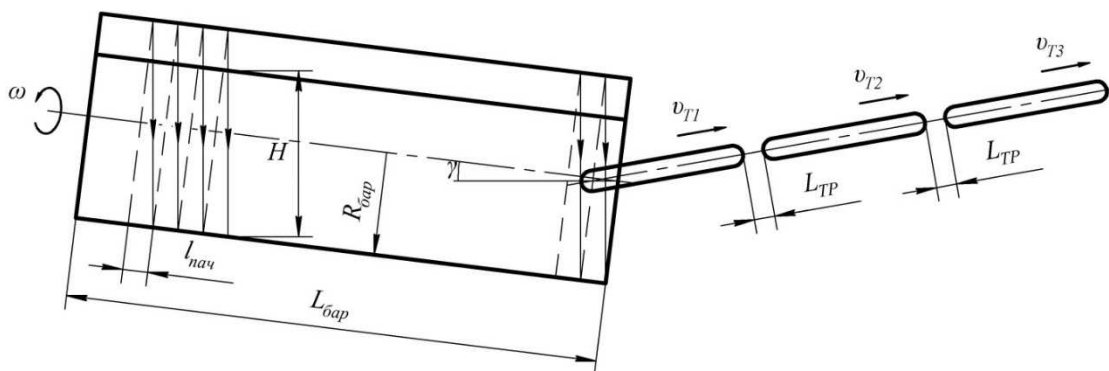


Рисунок 7. Схема устройства для очистки урожая листовой массы  
 Таблица 3. Исходные данные для расчета параметров устройства для  
 очистки урожая листовой массы

№ п/п	Исходные данные для расчета	Лист	
		подорожника	табака
1	Длина листа, м	0,1	0,3
2	Ширина листа, м	0,063	0,2
3	Масса листа, кг	0,02	0,002
4	Площадь листа, м <sup>2</sup> /дм <sup>2</sup>	0,0063/0,063	0,06/0,6
5	Коэффициент парусности	23,8	2,5

Таблица 4. Сводная таблица результатов расчета параметров устрой-  
 ства для очистки и сепарации урожая листовой массы

Параметр	Листья табака	Листья подо- рожника
Критическая угловая скорость барабана, $\omega_{кр}$ , мин <sup>-1</sup>	5,6...6,7	6,5...6,1
Скорость движения пачки листьев по лопасти, V, м/с	3,7	22,7
Скорость пачки в момент удара, V, м/с	2,2	1,3
Длина барабана, $L_{бар}$ , м	2,0	2,0
Время поворота листа, t, с	0,2	0,1
Путь, проходящий листом за время поворота, h, м	0,4	0,2



Установлено, что для обеспечения перемещения пачек листьев по внутренней поверхности барабана минимальная частота вращения барабана расщипки должна быть не менее  $7 \text{ мин}^{-1}$ , а длина барабана расщипки должна быть не менее 2 м (табл. 4). Расчеты показывают, что при обработке свежесобранных листьев табака радиус барабана расщипки должен быть не менее 0,4 м., а при обработке свежесобранных листьев подорожника - не менее 0,2 м.

Таким образом по результатам теоретико – экспериментальных исследований обоснованы параметры процесса и устройства для очистки урожая листовой массы в процессе подготовке их к сушке.

#### Список литературы

1.Огняник, А.В. Технологическая линия для подготовки листьев табака к сушке / А.В. Огняник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. - № 7. – С. 9-10.

2. Огняник, А.В. Теоретико-экспериментальная оптимизация параметров рабочих органов для подготовки листьев табака к сушке / А.В. Огняник // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс].- Краснодар: КубГАУ, 2011. - № 09(73). – 7 с. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/36.pdf>.

3.Виневский, Е.И. Оптимальные параметры технологической линии для загрузки листьев табака в контейнеры// Е.И. Виневский, Е.И. Трубилин, Е.Е. Ульяновченко [и др.] [Электронный ресурс]. Научный журнал КубГАУ - Краснодар: КубГАУ, 2016. № 121 (07). - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/47.pdf>.

4.Огняник, А.В. Оптимизация параметров рабочих органов для подготовки листьев табака к сушке// А.В. Огняник, Е.И. Трубилин, Е.И. Виневский, Е.И. Папуша// Научный журнал КубГАУ, № 131 (07), 2017г. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/34.pdf>.

5.Табак и табачные изделия. Том 2. Табачное сырье. Уборка и послеуборочная обработка. Краснодар: просвещение – Юг, 2019.- 204 с. Под общей редакцией В. А. Саломатина.

#### References

1.Ognyanik, A.V. Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki list'ev tabaka k sushke / A.V. Ognyanik // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2009. - № 7. – S. 9-10.

2. Ognyanik, A.V. Teoretiko-eksperimental'naya optimizaciya parametrov rabo-chih organov dlya podgotovki list'ev tabaka k sushke / A.V. Ognyanik // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Elektronnyj resurs].- Krasnodar: KubGAU, 2011. - № 09(73). – 7 s. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/36.pdf>.

3.Vinevskij, E.I. Optimal'nye parametry tekhnologicheskoy linii dlya zagruzki list'ev tabaka v kontejnery// E.I. Vinevskij, E.I. Trubilin, E.E. Ul'yanchenko [i dr.] [Elektronnyj

resurs]. Nauchnyj zhurnal KubGAU - Krasnodar: KubGAU, 2016. № 121 (07). - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/47.pdf>.

4.Ognyanik, A.V. Optimizaciya parametrov rabochih organov dlya podgotovki li-st'ev tabaka k sushke// A.V. Ognyanik, E.I. Trubilin, E.I. Vinevskij, E.I. Papusha// Nauchnyj zhurnal KubGAU, № 131 (07), 2017g. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/34.pdf>.

5.Tabak i tabachnye izdeliya. Tom 2. Tabachnoe syr'e. Uborka i posleuborochnaya obrabotka. Krasnodar: prosveshchenie – YUg, 2019.- 204 s. Pod obshchej redakciej V. A. Salomatina.