

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Машиностроение, 1990.
2. Чигарев Ю.В., Романюк Н.Н., Адамчик С.П. Способы снижения вибродинамических нагрузок, передаваемые машинно-тракторными агрегатами на почву // Агропанорама. - 2003. - № 4.
3. Полунгян А.А., Фоминых А.Б., Жеглов Л.Ф. Колебания колесной машины и ее систем. - М.: МГТУ, 1992.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ УБОРКИ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

**Л.В. Мисун, д-р техн. наук, профессор; В.М. Гришук,
аспирант; И.Н. Мисун, ассистент**

УО «БГАТУ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Analysis using of technical means for industrial producing of cowberry and plans of mechanized harvesting are given.

В процессе сельскохозяйственного использования осушенных торфяников происходит их физическое уплотнение, биологическая минерализация, водная и ветровая эрозии, обуславливающие потери органического вещества. С учетом этого весьма актуальной остается проблема разработки для таких экосистем механизированных технологий, отражающих ландшафтно-биологическое разнообразие белорусского Полесья.

Проведенные исследования показали, что одним из наиболее эффективных направлений решения данной проблемы является промышленное выращивание на этих землях брусничных культур. Такой подход позволяет существенно улучшить экологическую ситуацию на мелиорированных землях, дает возможность получать ценный продукт как для внутреннего использования, так и на экспорт.

В Беларуси эта работа ведется уже более двадцати лет: построены специальные ягодные чеки, создан комплекс машин, включающий технические средства для посадки, ухода, уборки и послеуборочной обработки. Внедренная в Беларуси технология производ-

сгва ягод брусничных культур предусматривает два способа механизированной уборки – «сухой» и на воде. «Сухая» уборка производится посредством очесывания и требует больших затрат времени и труда. Уборка же ягод на воде является наиболее эффективной и обеспечивает сбор 95–97 % урожая [1].

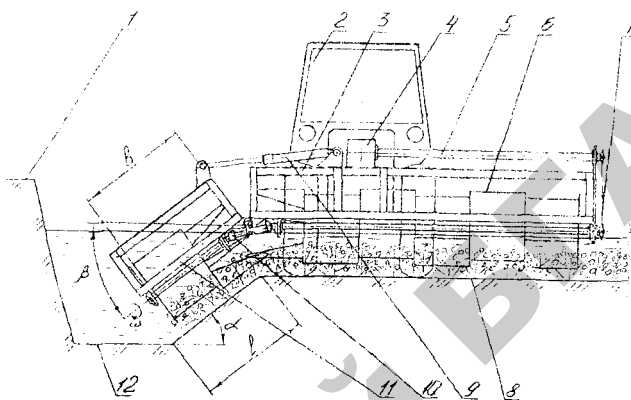


Рис. 1. Схема технологического процесса отделения ягод по краю чека:

- 1 – дамба; 2 – энергосредство; 3 – рама; 4 – редуктор; 5 – вал;
 6 – барабан; 7 – цепная передача; 8 – поверхность чека; 9 – гидроцилиндр;
 10 – карданный шарнир; 11 – дополнительная секция;
 12 – обводной канал

Однако сегодня рассмотренные выше технические средства по некоторым позициям уже не удовлетворяют требованиям современного производства ягодной продукции: отсутствует возможность отделения ягод по периметру промышленного чека на склонах обводного канала, имеются замечания производителей по обеспечению эксплуатационной безопасности выполнения операции, обеспечению эргономических требований.

Проведенный анализ функционирования технологического процесса позволил обосновать и разработать усовершенствованную конструкцию машины (рис. 1) для уборки ягод брусничных культур на воде (конструкция подтверждена патентом Республики Беларусь № 1082 на полезную модель «Устройство для отделения ягод клюквы»), внести соответствующие изменения в технологический процесс.

Усовершенствование заключается в том, что крайние ободы барабана устройства для отделения ягод клюквы по ширине захвата установлены с возможностью отклонения в вертикальной плоскости по оси на угол, равный углу наклона поверхности склона по краю чека. Дополнительная секция барабана 8 производит отделение ягод от клюквенника, который находится на склоне чека. Ягоды всплывают на поверхность воды, где впоследствии производится их сбор.

Ширина захвата поворотной части барабана (b) позволяет гарантированно обработать весь клюквенник, который находится на склоне чека

$$2l_p < b < l,$$

где l_p – длина растений клюквы; l – длина склона.

Влияние кинематических параметров устройства для отделения ягод клюквы на показатели качества протекания процесса несомненно, поэтому есть смысл привести некоторые результаты теоретического расчета основных показателей.

Для оценки процесса отделения ягод от растений проведем исследования кинематики движения планок барабана. Траектория движения планок является результатом их вращения с угловой скоростью $\dot{\omega}_n$ и поступательного перемещения со скоростью v_m .

Рассматривая два последовательных положения планки на окружности барабана, отделенных друг от друга промежутком времени t_n , можно написать

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2 = R_n + v_m \cdot t_n - R_n \cdot \cos(\dot{\omega}_n \cdot t_n); \\ y &= y_1 - y_2 = R_n - R_n \cdot \sin(\dot{\omega}_n \cdot t_n). \end{aligned} \quad (1)$$

Выразив $\dot{\omega}_n \cdot t_n$ через φ , а v_m через $R_n \cdot \varphi$ и показатель кинематического режима работы планок

$$\lambda_n = \frac{2\pi \cdot R_n \cdot n_n}{v_m}, \quad (2)$$

где n_n – частота вращения барабана, мин^{-1} ; и, подставив в уравнение трохойды (1), получим

$$\begin{aligned} x &= R_n \cdot \varphi / \lambda_n + R_n \cdot (1 - \cos \varphi); \\ y &= R_n \cdot (1 - \sin \varphi). \end{aligned} \quad (3)$$

Для установившегося процесса отделения ягод от растений поступательная скорость движения агрегата и угловая скорость вращательного движения планок барабана постоянны ($v_m = \text{const}$, $\dot{\omega}_n = \text{const}$)

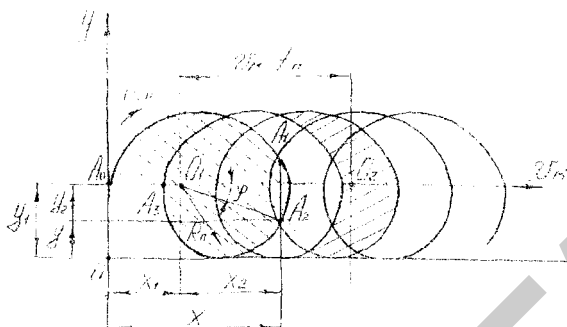


Рис. 2. Кинематика движения планок устройства для отделения ягод клюквы

Следовательно, и $\lambda_n = \text{const}$ [4]. Из рис. 2 видно, что за один оборот вала режущая часть ножа проходит путь по траектории $A_0A_1A_2A_3$, длина которой равна

$$l_n = \int_0^{2\pi} \sqrt{d^2 x^2 + d^2 y^2} = \int_0^{2\pi} \sqrt{\left(\frac{R_n \cdot \varphi}{\lambda_n} + R_n \cdot (1 - \cos \varphi)\right)^2 \cdot d\varphi^2 + \left(R_n \cdot (1 - \sin \varphi)\right)^2 \cdot d\varphi^2} = \int_0^{2\pi} \sqrt{R_n^2 \cdot \cos^2 \varphi + \frac{R_n^2}{\lambda_n^2} + 2 \frac{R_n^2}{\lambda_n} \cdot \sin \varphi + R_n^2 \cdot \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi. \quad (4)$$

При работе устройства угол φ изменяется от 0 до 2π .

Тогда

$$l_n = \frac{2\pi}{\lambda_n} \sqrt{\lambda_n^2 + 1} \cdot R_n. \quad (5)$$

Определим максимальную площадь растений S_n , обрабатываемых планкой за один оборот:

$$S_n = b_n \cdot l_n = b_n \frac{2\pi}{\lambda_n} \sqrt{\lambda_n^2 + 1} \cdot R_n, \quad (6)$$

где b_n — ширина захвата одной планки, м.

Полученное выражение (6) позволяет оценить степень влияния показателя λ_n на процесс сбивания ягод барабаном.

С учетом того, что высота растений составляет 15 – 25 см [1], рассмотрим случай, при котором осуществляется сбивание ягод с растений высотой $h_p \leq D_n/2 + h_n$ и густотой 40 шт/м² [1].

В начале технологического процесса планка барабана внедряется в ягодный покров по трохойде $A_0A_1A_2A_3$ и при установившемся режиме работы обработка растений происходит на ее участках $B_0B_1B_2B_3$, $C_0C_1C_2C_3$ и т.д. (рис. 3), смещенных друг от друга на величину A_n , которую можем определить из следующего выражения:

$$A_n = v_m \cdot t_n = \frac{2\pi \cdot R_n}{\lambda_n \cdot Z_n}, \text{ мм}, \quad (7)$$

где A_n – подача на планку, мм; Z_n – число планок барабана, расположенных в одной плоскости действия; t_n – время одного оборота планки, с.

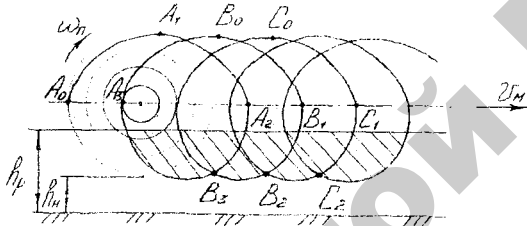


Рис. 3. Схема к определению режима работы устройства для отделения ягод клюквы

Анализируя выражение (7) можно сделать вывод, что показатель λ_n является фактором, позволяющим в широких пределах регулировать подачу на планку A_n , что

позволяет выбрать оптимально возможное количество воздействий планок на растение, соответствующее требуемому качеству отделения ягод. Обработка растений происходит в пространстве вращающихся планок, объем которого можно определить по формуле

$$V_n = S_{A_1 B_1 A_2 C_2} \cdot h_n \cdot Z_n^6, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8)$$

где $S_{A_1 B_1 A_2 C_2}$ – площадь обработанных растений при подаче на планку за один оборот барабана (см. рис. 1), м²; Z_n^6 – количество планок на барабане.

$$S_{A_1 B_1 A_2 C_2} = 4v_m \cdot t_n \cdot R_n - S_{A_1 A_2 C_0} - S_{mp}^n + v_m \cdot t_n \cdot R_n = 2v_m \cdot t_n \cdot R_n = \frac{2v_m \cdot R_n}{n_n \cdot Z_n} = \frac{4\pi \cdot R_n^2}{\lambda_n \cdot Z_n}, \quad (9)$$

где $S_{A_1 A_2 C_0} = \frac{3v_m \cdot t_n \cdot R_n - S_{mp}^n}{2}$ – площадь $\Delta A_1 A_2 C_0$;

S''_{np} – площадь нижней части трохойды, которую определим по следующей формуле

$$\begin{aligned}
 S''_{np} &= \int_0^{\pi} y \cdot dx = \int_0^{\pi} R_n \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot d\left(\frac{R_n}{\lambda_n} \cdot \varphi + R_n \cdot (1 - \cos\varphi)\right) = \\
 &= \int_0^{\pi} R_n \cdot (1 + \cos\varphi) \cdot \left(\frac{R_n}{\lambda_n} - R_n \cdot \sin\varphi\right) \cdot d\varphi = \int_0^{\pi} R_n^2 \left(\frac{1}{\lambda_n} + \frac{1}{\lambda_n} \cdot \sin\varphi - \sin\varphi - \sin^2\varphi\right) \cdot d\varphi = \\
 &= \frac{R_n^2}{\lambda_n} \cdot \varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{R_n^2}{\lambda_n} \cdot \cos\varphi \Big|_0^{\pi} + R_n^2 \cdot \cos\varphi \Big|_0^{\pi} - R_n^2 \left(\frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{4}\sin 2\varphi\right) \Big|_0^{\pi} = \\
 &= \frac{\pi R_n^2}{\lambda_n} + \frac{2R_n^2}{\lambda_n} - 2R_n^2 - \frac{1}{2}\pi R_n^2 = R_n^2 \left(\frac{\pi}{\lambda_n} + \frac{2}{\lambda_n} - \frac{\pi}{2} - 2\right).
 \end{aligned} \tag{10}$$

Подставив в формулу (8) значение $S_{A1B1B3A2}$, получим

$$V_{II} = \frac{4\pi \cdot R_n^2}{\lambda_n \cdot Z_n} \cdot b_n \cdot Z_n^6, \text{ м/с}. \tag{11}$$

Из данного выражения следует, что объем пространства вращающихся планок, в котором происходит сбивание ягод с растений (а, следовательно, и качество отделения ягод), зависит напрямую от параметров барабана. Оптимальные значения их мы можем определить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.В. Мисун. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы. – Мн., 1995.
2. Авторское свидетельство № 1706443 (СССР). Устройство для отделения ягод. – 1992 г., бюл. № 3.
3. Патент № 4501111 (США). Клюквоуборочная машина / Abbott Z.W. Оpubл. 26.02.1985.
4. Кондратьев В.Н. Косилки бильного типа: вопросы проектирования и эксплуатации: Пособие. – Мн.: БелНИИМил, 2002.
5. Сидорович Е.А. и др. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции. – Мн.: БелНИИИГи, 1992. – 120с.
6. Основы теории и расчета рабочих процессов сельскохозяйственных машин: Метод. указания. – Мн.: БИМСХ, 1982.
7. Размыслович И.Р. и др. Практикум по сельскохозяйственным машинам. – Мн.: Ураджай, 1997.