

STUDY OF POTATO SEPARATION ON A MODEL INSTALLATION

Abbasov G.I. (Republic of Azerbaijan) Email: Abbasov546@scientifictext.ru

Abbasov Giyas Imran - Doctor of Philosophy in Engineering, Associate Professor,
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING,
AZERBAIJAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY, GANJA, REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Abstract: the pile of potatoes coming after the harvest for processing, may contain a large amount of soil and plant impurities. All this creates difficulty for the effective selection of the separation body of separating device, to ensure the conditions of quality tubers separation of impurities. A study has been conducted on the model of the control area optics - E-separating installation. The separation of commercial potato stream into fractions by size has been studied. In the separation process the role of indicators has been used characterizing the shape of bodies, employee information, in the form of the output voltage of the flow meter's rays passing through the control body detection zone. The dependences of the number of tubers and impurities from the voltage at the output of the measuring device for the various product fractions have been introduced. Results of the study can be used for research aimed at improving post-harvest technology in potato.

Keywords: potatoes, separation, fractions, impurities, separating device, bodies' recognition characteristic parameters.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАЦИИ КАРТОФЕЛЯ НА МОДЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Аббасов Г.И. (Азербайджанская Республика)

Аббасов Гияс Имран оглы - доктор философии по технике, доцент,
кафедра электротехники,
Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджанская Республика

Аннотация: в ворохе картофеля, поступающем после уборки на обработку, может содержаться в большом количестве почвенно-растительные примеси. Все это создает трудность для эффективного выбора разделительного органа сепарирующего устройства, обеспечить условия качественного отделения клубней от примесей. Исследования проведены на модели контрольной зоны оптико-электронной сепарирующей установки. Изучено разделение потока товарного картофеля на фракции по размеру. В процессе сепарации использована роль показателя, характеризующего форму тел, служащую информацией, в виде напряжения на выходе измерительного прибора от потока луча, проходящего через контрольную зону распознавания тел. Приводятся зависимости количества клубней и примесей от напряжения на выходе измерительного аппарата для различных фракций продукта. Результаты исследования могут быть использованы при исследованиях, направленных на совершенствование послеуборочной техники в картофелеводстве.

Ключевые слова: картофель, сепарация, фракции, примеси, сепарирующее устройство, распознавание тел, характеристические параметры.

УДК. 631. 358

В Азербайджанской Республике картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных культур. По данным на 2015 г. объем производства картофеля составил 839,8 тыс. тонн. Общая же потребность этой продукции составляет 1400 тыс. тон [1, 2]. Потенциальные же возможности республики являются достаточными для достижения указанного рубежа. При этом учитывается не только увеличение урожайности культуры, но и повышение эффективности производства, сопровождаемой широкой механизацией технологии ее возделывания, уборки и послеуборочной обработки. Использование картофелеуборочных комбайнов в комбинации с послеуборочной обработкой в различных почвенно-климатических условиях, республики выявил ряд их недостатки, а именно недостаточности в отделении почвенных комков от клубней. В ворохе картофеля, поступающем после уборки на обработку, может содержаться в большом количестве почвенно-растительной примеси [3]. При этом ворох содержит в основном почвенные комки разного размера. Все это создает определенную трудность качественно отделять почву и примеси от картофеля на сепарирующие –сортировальной установке. В этой области созданы и создаются новые способы автоматизации определения клубней картофеля от комков почвы и камней [4]. Среди их наиболее перспективными с позиции модернизации являются те, которые включают оптико-электронные распознающие и сортирующие системы [5].

Результаты сепарации можно теоретически предсказать с помощью моделирования автоматической сепарации поступающей на транспортер смеси клубней и твердых примесей. Исследования проведены на модели контрольной зоны оптико-электронного сепарирующего устройств, представляющей собой стационарную лабораторную установку, которая имитирует в динамике перемещение и разделение

исследуемых тел. Предварительно изучено разделение потока товарного картофеля на фракции по размеру. Предположив - что возможно произвольное число φ фракций, введем следующие обозначения: k - общий размер квадратного калибра: $k_{\varphi\max}$ и $k_{\varphi\min}$ - наибольший и наименьший размеры по квадратному калибру всего потока товарного картофеля; $k_{f\max}^{(i)}$ и $k_{f\min}^{(i)}$ - наибольший и наименьший размеры по квадратному калибру i -й для фракции ($i=1, 2, \dots, \varphi$); α , β и γ - размеры клубня по трем взаимно перпендикулярным (продольной и поперечным) осям, получающиеся из аппроксимации формы клубня эллипсоидам. Тогда произвольную фракцию можно охарактеризовать величиной

$$S_k^{(i)} = k_{f\max}^{(i)} / k_{f\min}^{(i)} \quad (1)$$

Этом параметр является характеристическим параметром i -й фракции.

Допустим, что весь диапазон потока товарного картофеля разбит на φ

фракций, причем характеристическим $S_k^{(i)}$ для них одинаков, то есть

$$S_k^{(i)} = S_k^{(2)} = \dots = S_k^{(i)} = \dots = S_k^{(\varphi)} \equiv S_k = const. \quad (2)$$

Тогда

$$(S_k)^\varphi = k_{\varphi\max} / k_{\varphi\min} \quad (3)$$

Таким путем получим фракции, диапазоны которых последовательно (от одной к другой) изменяются по геометрической прогрессии - знаменатель которой равен характеристическому параметру S_k . Разделение потока товарного картофеля на фракции можно осуществить исходя их заданности либо желаемого числа φ_v фракции, либо желаемого значения S_{kv} характеристического параметра. Если воспользоваться первым способом соотношение (3) преобразуется в

$$\log S_k = \log \check{g}(k_{\varphi\max} / k_{\varphi\min}) \varphi_v, \quad (4)$$

(здесь $k_{\varphi\max}$ и $k_{\varphi\min}$ заданы), а если вторым, то

$$\varphi = \log \check{g}(k_{\varphi\max} / k_{\varphi\min}) \log S_{kv}. \quad (5)$$

введем параметры

$$x_\beta = 2\beta/k \quad \text{и} \quad x_\gamma = 2\gamma/k \quad (6)$$

характеризующие форму подлежащих разделению тел (эти параметры можно назвать факторами формы) и определяющие степень удлиненности тела для заданного квадратного калибра k : рост x_β означает увеличение длины тела, снижение x_γ - уменьшение его толщины.

Факторы формы играют важную роль в процессе сепарации, поскольку информацией на основании которой осуществляется разделение тел, служит входное напряжение измерительного прибора, представляющее собой фракцию размеров проходящего через контрольную зону тела. Отметим, что с увеличением размера клубня в направлении, совпадающем с направлением потока лучи, напряжение на выходе измерительного прибора снижается, вследствие чего оно может оказаться практически таким же, как и в случае прохождения маленьких тел примеси через контрольную зону опико-электронного сортирующего устройства. Возможны перекрытия областей малых напряжений, а следовательно, и ошибки разделения больших клубней и маленьких примесей. Перекрытие напряжений из-за прохождения через контрольную зону больших тел примесей и маленьких клубней также возможно, но мало вероятно, поэтому в качестве важных для правильной сепарации количественных характеристик принимаем экстремальные факторы формы $x_{\beta\max}$ и $x_{\gamma\min}$, а также их отношение $x_{\beta\gamma} = x_{\beta\max} / x_{\gamma\min}$. Как показали исследования для клубней $x_{\beta\max} = 1,2$, для комков почвы $x_{\beta\min} = 0,6$, откуда $x_{\beta\gamma} = 2$.

Вероятность ошибочной идентификации проходящего через контрольную зону тела увеличивается с ростом как $x_{\beta\gamma}$, так и характеристического параметра фракции S_k вследствие появления в данной фракции клубней большего размера. Вероятность ошибочной сепарации повышают также дрейф характеристик электронной аппаратуры сепарирующего устройства и ошибки предварительного разделения потока товарного картофеля на фракции. Поэтому введем параметр, косвенно характеризующий вероятность выделения тела из сепарируемой смеси, назвав его фактором размера

$$R = \psi_1 \psi_2 x_{\beta\gamma} S_k \quad (7)$$

где ψ_1 и ψ_2 - поправочные коэффициенты, учитывающие ошибки разделения на фракции и дрейф электронной аппаратуры.

При $x_{\beta\gamma} = 2$, значение S_k , найденном из соотношения (4), и фиксированных ψ_1 и ψ_2 найдем значения R для разного числа фракций двух потоков товарного картофеля. Для экспериментов использовали клубни наибольшей плотности ($1,1 \text{ г/см}^3$), комки легкого суглинка ($1,6 \text{ г/см}^3$), и камни ($2,3 \text{ г/см}^3$), то есть наихудшие для сепарации смеси. Результаты экспериментов отражены в нижеследующей таблице.

Таблица 1. Характеристические параметры (S_k) различных фракций (n) картофеля

| Число фракций, φ | S_k | | $S_1(\psi_1=1,0; \psi_2=1,0)$ | | $S_2(\psi_1=1,1; \psi_2=1,0)$ | | $S_3(\psi_1=1,1; \psi_2=1,1)$ | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | $k_{\varphi\max}=100\text{мм}$ |
| | $k_{\varphi\min}=30\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=40\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=30\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=40\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=30\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=40\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=30\text{мм}$ | $k_{\varphi\min}=40\text{мм}$ |
| 1 | 3,33 | 2,50 | 6,7 | 5,0 | 7,4 | 5,5 | 8,0 | 6,1 |
| 2 | 1,83 | 1,58 | 3,7 | 3,2 | 4,1 | 3,5 | 4,5 | 3,9 |
| 3 | 1,50 | 1,36 | 3,0 | 2,8 | 3,3 | 3,0 | 3,7 | 3,3 |
| 4 | 1,35 | 1,26 | 2,7 | 2,6 | 3,0 | 2,8 | 3,3 | 3,1 |
| 5 | 1,27 | 1,20 | 2,6 | 2,4 | 2,8 | 2,7 | 3,1 | 3,0 |
| 6 | 1,22 | 1,17 | 2,5 | 2,4 | 2,7 | 2,6 | 3,0 | 2,3 |

Из таблицы 1 видно, что с увеличением φ вероятность ошибочной сепарации уменьшается, но слишком увеличивать число фракций не целесообразно, так как это ведет к повышению громоздкости соответствующих устройств и удорожанию техники. По этому нужно искать компромиссное решение, учитывая также критерий сепарации D , за которой принимается отношение наибольшей толщины $h_{\text{кmax}}$ клубня, близкого по размерам верхней границе данной фракции, к наименьшей толщине $h_{\text{кmin}}$ комка почвы, примыкающего к нижней границе той же фракции, если клубни и комки вызывают одинаковые напряжение (U) на измерительном приборе:

$$D = (h_{\text{кmax}}/h_{\text{кmin}})U_{\text{ср}}=U_{\text{к}} \quad (8)$$

Чем больше D , тем меньше вероятность ошибок сепарации. По мере увеличения диапазона фракции значение D уменьшается. При сепарации смеси с большим диапазоном граничных параметров нужно разделить ее поток на фракции. При этом значение D каждой из них возрастает, а следовательно, повышается точность сепарации.

Рассмотрим сепарацию не разделенного на фракции потока товарного картофеля с граничными параметрами $h_{\varphi\max}=100\text{мм}$ и $h_{\varphi\min}=30\text{мм}$. Исследованиями выявлены 20 типов клубней и 15 типов комков по форме. Для опытов отобрали по 15 клубней и по 30 комков каждого типа. Согласно эргодической гипотезе, большое число наблюдений над системой, движение которой представляет собой стационарный случайный процесс, имеет те же статистические свойства, что и такое же число наблюдений над подобности ей произвольно выбранными системами.

Следовательно, каждая из них может быть использована для анализа поведения множества систем, определяя не только их возможные состояния, но и вероятности любой их совокупности. С помощью эргодической гипотезы можно оценить статистические характеристики процесса сепарации, пропустив многократно полученную смесь из 300 клубней и 450 комков почвы через модель контрольной зоны оптико-электронного сепарирующего устройства. Во время опытов смесь пропускали трижды, и этого оказалось достаточно для получения статистических характеристик процесса сепарации. При прохождении каждого тела через модель контрольной зоны регистрировалось напряжение U на выходе измерительного аппарата. Полученные таким образом кривые распределения количества клубней (L), комков почвы (M) и камней (N) по интервалом изменения U представлены на нижеследующем рисунке.

Как видно из рисунка распределения чисел клубней, комков и камней имеют характер Гауссовский кривой с явно выраженными зонами ΔU_i наиболее вероятного (свыше 70% прошедших через контрольную зону тел) напряжения на выходе измерительного аппарата для каждого из компонентов сепарируемой смеси. При $U < U_1''$ и $U > U_1''$. Вероятность появления на измерительном аппарате напряжения, соответствующего прохождению через контрольную зону камня, чрезвычайно мала (в область $U_1' < U < U_1''$, попадает менее 5% результатов измерений); аналогично при $U_1' < U < U_2''$ мала вероятность появления напряжения, соответствующего прохождению почвенного комка, а при $U_3' < U < U_3''$ -соответствующего прохождению клубня. В диапазоне изменения U имеется область ΔU (между U_1'' и U_3'), в которой возможна ошибочная идентификация, так как напряжения, выдаваемые измерительным аппаратом прохождению через контрольную зону клубней, комков и камней, перекрываются. Вероятность появления напряжение U в интервале с границами U_2'' и U_3' весьма мала, что свидетельствует о небольшой вероятности ложной идентификации проходящего через контрольную зону тела, а следовательно, и ошибок сепарации смеси.

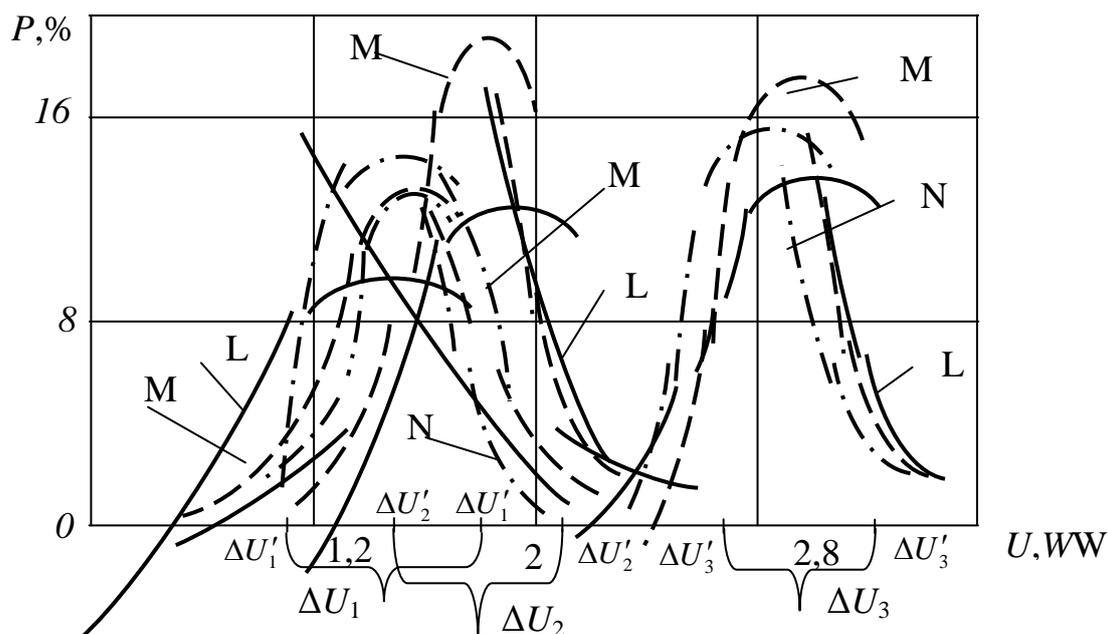


Рис. 1. Зависимости количеств клубней (L), почвенных комков (M) и камней (N) от напряжения (U) на выходе измерительного аппарата для неразделенной (—), для первой (---) и второй (- · -) фракций

Качество разделения при этих условиях подготовленной указанным способом смеси на модели контрольной зоны оптико-электронного сепарирующего устройства оказалось высоким: правильно отделено клубней 890 из 900, комков почвы – 1280 из 1350; эффективность сепарации составила 96,45 %, потери картофеля -1,11%. Чтобы привести потери в соответствие с агротехническими требованиями – смесь перед сепарацией разделили на две фракции, причем в первую ($k_{f\min}^{(1)} = 30\text{мм}$, $k_{f\max}^{(1)} = 55\text{мм}$) попало 210 клубней и 305 тел примесей, во вторую ($k_{f\min}^{(2)} = 55\text{мм}$, $k_{f\max}^{(2)} = 100\text{мм}$) – 90 клубней и 145 тел примесей. Характеристический параметр $S_k=1,83$. Геометрические параметры контрольной зоны сепарирующего устройства выбирали для каждой фракции по специальной методике. Первую фракцию пропускали через модель контрольной зоны четыре раза, вторую – десять раз. Полученные кривые (рисунок) указывают на существенное уменьшение зоны ΔU , внутри которой возможно ошибочная идентификация вследствие перекрытия зон напряжения, выдаваемого измерительным аппаратом при прохождении клубней, почвенных комков и камней, а следовательно, на повышение точности сепарации. Предложенный метод моделирования процесса автоматической сепарации клубней и твердых примесей может быть использован при исследованиях, направленных на совершенствование уборочной и послеуборочной техники в картофелеводстве.

Список литературы / References

1. Азербайджан сейчас в поиске этого подземного богатства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sputnik.az/economy/20160503/404969504.html/> (дата обращения: 13.04.2018).
2. Для развития необходимо снижение себестоимости продукции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xeber.az/azerbaicanin-bu-addimi-rusiyani-qorxuya-salib/> (дата обращения: 13.04.2018).
3. Филанов Р.Ф. Исследование параметров, определяющих режим работы сепарирующе-сортирующего устройства для послеуборочной обработки картофеля / Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2008, № 2. С. 46-48.
4. Ткаченко Р.Н. Исследование технологических свойств объекта сепарации и функциональных возможностей рабочих органов сепарирующих устройств / Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2015. № 3. С. 191-194.
5. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины (конструкция-теория-расчет): учебник. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2003. 707 с.