

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ОГУРЦА И ДЫНИ

*Сергей Пастушенко*

*Черноморский государственный университет имени Петра Могилы  
54003, Украина, г. Николаев, ул. 68 десантников, 10*

*Андрей Пастушенко*

*Николаевский национальный аграрный университет  
54020, г. Николаев, ул. Парижской коммуны, 9*

*Sergey Pastushenko*

*Petro Mohyla Black Sea State University  
54003, Ukraine, Nikolaev, st. 68 paratroopers, 10*

*Andrej Pastushenko*

*Nikolaev National Agrarian University  
54020, Nikolaev, st. Paris Commune, 9*

**Аннотация.** Приведены особенности методического подхода к проведению экспериментальных исследований рабочих процессов выделения семян огурца и дыни с целью проверки, и при необходимости корректировки теоретических положений, рассуждений и выводов. При проведении исследований использованы план Хартли для пяти факторного трехуровневого плана по количеству опытов, равному 27, который при решении проблем, связанных с техническими объектами сельскохозяйственного производства, ранее не применялся. Основными критериями оптимизации, по которым проведена оценка качества выполнения технологического процесса, избраны потери семян и чистота семян.

**Ключевые слова:** семена, коэффициент регрессии, показатель качества, оптимизация технологического процесса, достоверность результатов опыта.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для получения высококачественных семян овощебахчевых культур в технологическом комплексе по их выделению должно быть задействовано оборудование, которое может обеспечить требуемое качество конечной продукции. Состояние существующего и отсутствие современного оборудования для механизированного процесса получения семян овощебахчевых культур в Украине, является одной из важных проблем [1], по таким показателям как потери, качество и засоренность семян, затраты труда, металлоемкость, энергосберегаемость и дру-

гие, и свидетельствует, что его уровень не соответствует требованиям современного производства. В связи с этим семеноводство остается одной из наименее механизированных отраслей. Поэтому исследования, направленные на создание нового оборудования для выделения семян огурца и дыни, которое позволяет повысить качество продукции и гарантировать ее соответствие агротехническим требованиям, минимизировать потери семян и повысить экономическую эффективность технологического процесса, являются актуальными и имеют важное народно-хозяйственное значение.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Планирование эксперимента, обработка экспериментальных данных достаточно хорошо и полно освещены в специальной литературе [2]. Методики проведения исследований машин в области семеноводства овощебахчевых культур, которые были описаны ранее, на данный момент не соответствуют современным требованиям [3]. Это создало сложную ситуацию в отрасли, поскольку производство использует новые продуктивные сорта овощебахчевых культур, исследования физико-механических свойств которых не проводится, что в свою очередь затрудняет их использование в технологических процессах, сформированных с целью получения и доработки [4] семян механизированным путем.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Создание современного оборудования, которое обеспечит внедрение новых технологий производства качественного семенного материала овощебахчевых культур, требует не только теоретического обоснования процесса его получения, а и обязательного проведения экспериментальных исследований с целью подтверждения теоретических предпосылок. Решение проблемы качественного проведения экспериментальных исследований требует разработки новой методики испытаний, которая минимизирует необходимость проведения опытов в полевых условиях и дает возможность получить достаточное количество нужной информации для создания теоретических основ, с помощью которых описанный математически процесс, будет адекватным результатам лабораторных и производственных испытаний. При этом из значительного ряда переменных возможных факторов, которые могут использоваться для определения критериев оптимизации, оставляются те, которые будут существенно влиять на поставленную задачу.

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. На первом этапе определяли механико-технологические свойства семенных плодов огурца и дыни и их семян. На втором этапе исследовался технологический процесс выделения семян на экспериментальной установке давяльно-сепарирующего типа в лабораторных и полевых условиях. При проектировании машины для выделения семян, исследовались [5, 6] отдельные свойства плодов и семян различных сортов дыни и огурца, которые в наибольшей степени влияют на ход и качество выполнения технологического процесса. А именно:

- для семенных плодов – форма, размер, масса, коэффициент трения-скольжения фрагментов корки, коэффициент объемной деформации, удельное сопротивление раздавливанию;

- для семян – форма, размер, абсолютная и объемная масса, плотность семян и прочность оболочки, влажность, коэффициент внутреннего трения и трения скольжения.

Лабораторные исследования проводились с целью:

- определение основных геометрических и массовых параметров и механико-технологических свойств семенных плодов и семян дыни и огурца;

- проверки приемлемости предложенного механизма разрушения семенников и выделения семян;

- исследования влияния режимов работы и конструктивных особенностей разработанной машины на качественные показатели технологического процесса выделения семян;

- сравнения теоретических и экспериментальных результатов исследований.

В процессе лабораторных исследований использовалась полномасштабная модель машины для выделения семян дыни и огурца [7, 8], рабочим телом для которой были натуральные семенные плоды этих культур.

Институтом южного овощеводства и бахчеводства Национальной академии аграрных наук Украины (НААНУ) рекомендованы для районирования в южном регионе Украины такие сорта: огурцов – Нежинский 12, Донской 175, Парад, Конкурент и Харьковский; дыни – Колхозница, Украинка, Подарок. В связи с этим исследования проводились применительно к этой сортовой группе.

Перед началом экспериментальных исследований необходимо по возможности выбрать все факторы, влияющие на процесс выделения семян и указать границы их варьирования. Метод психологического эксперимента сводили к тому, что исследователям, предлагалось расположить факторы, влияющие на показатели объекта в порядке убывания величины значимости или влияния на критерий оптимизации. То есть, необходимо было проранжировать  $k$  возможных факторов, приписав им порядковые номера (ранги) 1, 2, 3... $k$ .

На первом этапе статистической обработки результатов психологического эксперимента (опроса) подсчитывали коэффициент конкордации  $W$ .

Значение коэффициента конкордации могло изменяться в интервале от 0 до 1. Увеличение его значения, констатировало большую согласованность мнений специалистов.

После определения коэффициента конкордации оценивали его значимость по критерию Пирсона (критерий  $\chi^2$  – распределения уровня значимости). Случай, когда значение критерия Пирсона оказалось большим чем таб-

личное ( $\chi^2_{розр} > \chi^2_{табл}$ ), свидетельствовал о том, что согласованность мнений исследователей не была случайной, а избранные факторы являются весомыми.

С целью сокращения объема экспериментальных исследований, уменьшения числа переналадок лабораторной установки, числа ее рабочих органов, а также получения объективно необходимой информации о зависимости величин чистоты и потерь семян от одновременного изменения нескольких механико-технологических режимов, использовали D-оптимальное планирование Хартли второго порядка для пяти независимых факторов.

Основными критериями оптимизации, по которым проводили оценку качества выполнения технологического процесса, были выбраны: потери семян (ВН) и чистота семян (ЧН). Их значения должны удовлетворять следующим агротехническим требованиям:

– величина потерь семян не должна превышать 5%;

– чистота семян после обработки не должно быть меньше 96%.

Для каждого лабораторного опыта отбирали 25 – 30 кг семенных плодов огурца и дыни, которые взвешивались. Значение отобранной навески заносили в журнал лабораторно-полевых наблюдений. Величину потерь и чистоту семян определяли на заключительном этапе каждого из экспериментов.

Для определения потерь семян взвешивали массу семян  $m_H$ , которые прошли сквозь решетную деку машины и массу семян  $m_{ВН}$ , которая была удалена вместе с коркой в отходы и осталась на решетке. Потери семян рассчитывались по формуле:

$$ВН = \frac{m_{ВН}}{m_{ВН} + m_H} \cdot 100\% . \quad (1)$$

При определении чистоты семян в зоне выхода подрешетного продукта из общего количества выделенной массы отбирали примеси. После этого проводили взвешивание и определение отдельно массы семян и примесей. Чистоту семян определяли по формуле:

$$ЧН = \frac{m_H}{m_D + m_H} \cdot 100\% . \quad (2)$$

После проведения опытов и определения основных показателей качества выполнения технологического процесса, конечной целью

экспериментальных исследований является решение компромиссной задачи, при которой на экспериментальное значение одного из критериев оптимизации возможно наложение ограничений на стороны другого. Для оптимизации технологического процесса необходимо использовать математические модели, описывающие выбранные критерии оптимизации, и устанавливающие их оптимальное соотношение. Эта задача относится к задачам нелинейного программирования [9] и может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} ВН = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{i<j}^n B_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n B_{ij} X_i^2; \\ ЧН = B'_0 + \sum_{i=1}^n B'_i X_i + \sum_{i<j}^n B'_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n B'_{ij} X_i^2; \end{cases} \quad (3)$$

при  $ВН \leq 5\%$  ;  $ЧН \rightarrow 100\%$  ;

где:  $n$  – количество независимых факторов;

$B_0 \dots B'_{ij}$  – теоретические оценки коэффициентов математической модели.

Для определения доверительных интервалов коэффициентов полученных полиномов (3) [10, 11], использовали условие:

теоретичні оцінки коефіцієнтів математичної моделі:

$$|B| > \Delta B , \quad (4)$$

где:  $\Delta B$  – доверительный интервал значимости коэффициента. Если условие (4) выполнялось, то коэффициент  $B$  признавался значимым и использовался в уравнениях математической модели (3). В противном случае коэффициент в уравнениях регрессии не учитывали.

План Хартли для пяти факторного трехуровневого плана с количеством опытов, равным 27 при решении проблем, связанных с техническими объектами сельскохозяйственного производства ранее не применялся [12]. Поэтому сущность методики экспериментального исследования и статистической обработки полученных результатов для такого случая следующая. Проведение эксперимента требует повторности опыта в каждой строчке плана, что в свою очередь определяется условиями допустимой погрешностями опыта. Она в свою очередь выбирается от практической необходимости. В нашем случае три повторности составляли опыт.

После получения экспериментальных показателей выполнение их анализа возможно лишь при соблюдении двух условий:

1. Дисперсии, обусловленные погрешностями опытов для всех серий измерений должны быть однородными (главное условие).

2. Измерения или серия измерений должны рассматриваться как случайные выборки из генеральной совокупности, которые подчиняются нормальному закону распределения (второстепенное условие).

Для проверки однородности (равнозначности) в сельскохозяйственных экспериментах используется критерий Кохрена. Условие однородности опыта предполагает примерно одинаковое влияние ошибок и случайных погрешностей. Иначе говоря, дисперсии параллельных опытов в точках плана должны быть сопоставимы между собой. Критерий Кохрена применяется, если повторность опытов в каждой строчке плана одинаковая и представляет собой отношение максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий:

$$G_{ОП} = \sigma_{i_{\max}}^2 / \sum_1^N \sigma_i^2, \quad (5)$$

где:  $\sigma_{i_{\max}}^2$  – наибольшая дисперсия в строке плана;

$\sum_1^N \sigma_i^2$  – сумма дисперсий всех строк плана.

Полученное значение сравнивается с табличным, и если  $G_{ОП} < G_{Табл.}$ , то дисперсии однородны. Соответственно, можно проводить анализ экспериментальных данных.

После определения однородности дисперсий, для составления уравнений регрессии необходимо установить коэффициенты регрессии. При их определении с помощью компьютерных программ целесообразно использовать стандартные формулы в скалярной форме. Так для всех квази D-оптимальных планов коэффициенты находятся по формулам:

$$\left. \begin{aligned} B_0 &= \lambda_1 \sum_u Y_u - \lambda_2 \sum_i \sum_u X_{iu}^2 Y_u; \\ B_{ii} &= \lambda_1 \sum_u Y_u + \lambda_3 \sum_u X_{iu}^2 Y_u - \lambda_4 \sum_i \sum_u X_{iu}^2 Y_u; \\ B_i &= \lambda_5 \sum_u X_{iu} Y_u; \\ B_{ij} &= \lambda_6 \sum_u X_{iu} X_{ju} Y_u. \end{aligned} \right\} (6)$$

В литературе [13, 14] более подробно описано значение каждой из величин, входящих в состав формул для определения коэффициентов регрессии.

После определения коэффициентов регрессии проверяется адекватность полученной модели факторов, гипотезе адекватности линейного приближения и проводится статистическая обработка результатов.

Общая методика оценки адекватности любого эксперимента заключается в следующем. Остаточная сумма квадратов ( $SS_R$ ) при проведении повторяющихся опытов, может быть разложена на две суммы – сумму квадратов ( $SS_{LF}$ ), которая определяет неадекватность результатов эксперимента и сумму квадратов ( $SS_Y$ ), которая связана с дисперсией, которая характеризуется погрешностью опыта, т.е.  $SS_R = SS_{LF} + SS_Y$ .

Для проверки адекватности определяется F-критерий Фишера:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_Y^2} = \frac{SS_{LF}}{f_{LF}} : \frac{SS_Y}{f_Y}, \quad (7)$$

где:  $f_{LF}$  и  $f_Y$  – соответственно числа степеней свободы, соответствующие суммам  $SS_{LF}$  и  $SS_Y$ , полученное расчетное значение которых, как и при расчете критерия Кохрена также сравниваются с табличным.

Эксплуатационно-технологические испытания [15] проводились с целью проверки эффективности применения разработанной нами давяльно-сепарирующей машины для выделения семян огурца и дыни, которая была выполнена как отдельный независимый узел технологического оборудования и устанавливалась на производственную площадку рядом с серийной машиной ИБК-5А. Обе машины работали в стационарном режиме.

В процессе экспериментальных исследований выполнялись следующие требования:

- условия проведения эксперимента идентичные и постоянные на весь период исследования;
- опыты проводились в условиях, типичных для данного участка хозяйства;
- подача плодов на переработку поддерживалась равномерно;
- отбор проб осуществлялся в соответствии с установленным режимом работы.

Сравнительные испытания проводились при выделении семян из плодов дыни «Колхозница 749/753» и «Украинка» и огурцов «Конкурент» и «Нежинский».

Программа и методы исследования были разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 70.10.8-84 [16]. Для проведения опыта

дыни и огурцы отбирали в трех точках вороха, а затем оценивали их биологическую спелость. Достоверность выбранных режимов и параметров устанавливали путем отбора и анализа не менее 3-х проб.

Показатели качества определяли при постоянной непрерывной работе машины. Отбор проб проводили на выходе конечных продуктов. Опыт проводили с трехкратной повторяемостью по установленному режиму с партиями плодов в 100 кг каждая.

Качество полученной продукции проверяли визуальным и биологическим методами [17].

Качественные показатели выполнения технологического процесса выделения семян огурца и дыни, которые характеризуют чистоту полученной продукции, и потери семян рассчитывали по формулам (1) и (2).

Правильность регулировок и выбранных режимов проверялись тремя исследованиями. Обработку проб осуществляли вручную с использованием приборов, указанных в ГОСТ 70.10.8.84. [16].

#### ВЫВОДЫ

Особенность экспериментальных исследований рабочих процессов выделения семенного материала огурца и дыни состоит в том, что механизированный технологический процесс получения семян, прежде всего, зависит от параметров и режимов работы машины давяльно-сепарирующего типа. В свою очередь, научное обоснование таких параметров и режимов работы невозможно без детального изучения механико-технологических свойств семенной рабочей массы и особенностей операций, связанных с разрушением семенников и сепарацией семенного, растительного материала.

В связи с этим, программой и методикой экспериментальных исследований предусмотрено два этапа. Они включали в себя объединенные общей целью, отдельные исследования, выполнение которых обеспечивало проверку и, при необходимости, корректировку теоретических положений, соображений и выводов по повышению эффективности производственного процесса выделения семян огурца и дыни за счет обоснования параметров и режимов работы новой машины.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pastushenko S. 2007. Problem of mechanization process of extracting the seeds of cucurbit crops in south of Ukraine / S. Pastushenko, K. Dumenko, A. Pastushenko // Sbornik prednasek Vyzkumny ustav zemedelske techniky "Zemedelska technika a biomasa 2007, №4. – Praha. – 134–137.
2. Anisimov I. 1987. Mashiny i potochnye linii dlja proizvodstva semjan ovoshhebahchevyh kul'tur / I. Anisimov. – Kishinev: Shtiinca. – 292.
3. Pastushenko S. 2008. Metodika provedennja viprobuvan' mashin dlja dorobki nasinnevoi tehnologichnoi masi ovochebashtannih kul'tur / S. I. Pastushenko, O. A. Gorbenko, M. M. Ogienko // Prognozuvannja ta viprobuvannja tehniki i tehnologij dlja sil'skogospodars'kogo virobnictva : zb. nauk. prac' UkrNDI. – Doslidnic'ke. – Vip. 11 (25). – 349–356.
4. Pastushenko S. 2009. Research on influencing of cavitation process on cleaning vegetables and melon cultures seeds by hydro-pneumatic separator / S. Pastushenko, Shh. Tanas, N. Ogiyenko // Teka: Copyright by Commission of Motorization and Posher Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. – Lublin. – Vol. IX. – 223-234.
4. Dubrovin V. 2008. Doslidzhennja mehaniko-tehnologichnih vlastivostej nasinnevih plodiv ovochebashtannih kul'tur / V. Dubrovin, A. Pastushenko // Naukovij visnik Nacional'nogo agrarnogo universitetu. – Kiiv: NAU. – Vip. 125. – 277-285.
5. Pastushenko S. 2010. Osoblivosti doslidzhen' mehaniko-tehnologichnih vlastivostej nasinnja ogirka ta dini / S. Pastushenko, M. Ogienko, A. Pastushenko // MOTROL : Motorization and Posher Industry in Agriculture. – Lublin, Poland. – Vol. 12A. – P. 196-201.
6. Pat. № 29671 U Ukraina, MPK A23N 15/00. Mashina dlja vidilennja nasinnja ogirka ta dini / Pastushenko S., Dumenko K., Pastushenko A. – zajavl. 27.08.2007; opubl. 25.01.2008. Bjul. №2.
7. Pastushenko A. 2010. Mashina daval'nogo tipa dlja vydelenija semjan ovoshhebahchevyh kul'tur v Ukraine/ A. Pastushenko// Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii Respublikanskogo unitarnogo predprijatija «Nauchno-prakticheskij centr NAN Belarusi po mehanizacii sel'skogo hozjajstva». – Minsk : RUP NPC NAN Belarusi. –117-121.

8. Pereverzev E. 1998. Matematicheskaja model' obrabotki rezul'tatov jeksperimental'nogo oprosa na osnove interval'nogo analiza i nechetkih chisel / E. Pereverzev, V. Poshivalov, J. Daniev // Pridniprovs'kij naukovij visnik, ekonomika. – №58 (125).
9. Mitropol'skij A. 1971. Tehnika statisticheskikh vchislenij / A. Mitropol'skij. – M. : Nauka. – 576.
10. Obrabotki rezul'tatov jeksperimental'nyh issledovanij. – K.: izd. Ukrainskoj Akademii s.-h. nauk, 1959. – 62.
11. Kovalev M. 1994. Issledovanija sel'skohozjajstvennoj tehniki i obrabotka opytnyh dannyh / M. Kovalev, G. Hajlis. – M.: Kolos. – 169.
12. Dolgov I. 1967. Matematicheskie metody v zemledel'cheskoj mehanike / I. Dolgov, G. Vasil'ev. – M.: Mashinostroenie. – 365.
13. Mel'nikov S. 1980. Planirovanie jeksperimenta v issledovanijah sel'skohozjajstvennyh processov / S. Mel'nikov, V. Aleshkin, P. Roshhin. – L.: Kolos. – 212.
14. Pastushenko A. 2010. Virobnichi viprobuvannya eksperimental'nogo zrazka mashin u skladi liniï z vidilennja nasinnja ogirka i dini / A. S. Pastushenko // Naukovij visnik Nac. universitetu bioresursiv i prirodokoristuv. Ukraïni. – Kiïv: NUBiP Ukraïni. – Vip. 144. Ch. 4. – 178-185.
15. Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Liniï i mashiny dlja poluchenija semjan ovoshhnyh i bahchevyh kul'tur. Programma i metody ispytanij: GOST 70.10.84. – M. : Goskomsel'hoztehnika SSSR, 1985. – 56.
16. Net'osov V. 1998. Eksperimental'ni doslidzhennja fiziko-mehanichnih vlastivostej nasinnja bashtannih kul'tur / V. Net'osov, O. Gol'dshmidt. – Mikolaïv: Visnik agrarnoi nauki Prichornomor'ja, Vip. 5. – 99–103.

ously used. The main optimization criteria, which conducted evaluation of quality of the process, were chosen the loss of seeds and seed purity.

**Key words:** seeds, regression coefficient, an indicator of quality, optimization of the process, the reliability of the results of the experiment.

#### **FEATURES OF EXPERIMENTAL RESEARCH METHODOLOGY OF MECHANIZED PROCESSES OF CUCUMBER AND MELON SEED OBTAINING**

**Summary.** Listed features of methodical approach of holding experimental researches of cucumber and melon seed obtaining workflows to check and if necessary correct theoretical assumptions, arguments and conclusions. In the research was used plan Hartley for five three-level factorial plan with the number of experiments equal to 27, which in resolving problems associated with technical objects agricultural production, not previ-