

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДКАЧКИ ПОВІТРЯ ПРИ ДОЗОВАНІЙ ПОДАЧІ ЧЕРЕШНІ ЖИВИЛЬНИКОМ-НАСОСОМ

Ломейко А.П., інженер

Таврійська державна агротехнічна академія

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню оптимальних значень конструктивних і кінематичних параметрів живильника-насоса флюїдизаційного апарату при заморожуванні черешні.

Ключові слова – живильник-насос, флюїдизаційний апарат, критерій оптимізації, швидкість дії живильника-насосу, пошкодження продукту.

Постановка проблеми. Найактуальнішою проблемою сільського господарства є максимальне збереження виробленої продукції, особливо це стосується таких видів сировини, як плоди та ягоди. Адже ця продукція потребує особливих умов зберігання. Серед існуючих способів зберігання плодів та ягід лише заморожування дозволяє не тільки довгостроково її зберігати, а й при цьому утримувати до 99 відсотків харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень. Для заморожування плодової та ягідної продукції найбільше поширення отримали повітряні, а саме флюїдизаційні, та кріогенні апарати. Але висока коштовність кріогенних установок не дозволяє їх ефективно використовувати у сільському господарстві. Аналіз конструкцій існуючих флюїдизаційних апаратів для заморожування плодів та ягід довів, що вони є найбільш ефективними для даного виду продукції, але мають значну енергоємність. Основні витрати енергії пов'язані з роботою відцентрованих вентиляторів. Але є чимало факторів, які викликають додаткові енерговитрати. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу заморожування плодів та ягід у флюїдизаційному апараті показують, що потрапляння вологого атмосферного повітря у морозильну камеру разом з продуктом, який завантажується через відкриті вікна подачі сировини, є досить суттєвим фактором, що впливає на енергоємність машини. А саме, виморожування вологи з повітря потребує додаткових витрат енергії, а взаємодія плодів і ягід, які заморожуються, з атмосферним повітрям викликає також погіршення якості продукції.

Таким чином, зниження об'єму атмосферного повітря, яке потрапляє у флюїдизаційний апарат разом з продуктом, дозволить зменшити енерговитрати на заморожування плодів та ягід. Розроблена авторами конструкція живильника-насосу (Рис.1) для плодової та ягідної продукції призначена для її дозування з одночасним відкачуван-

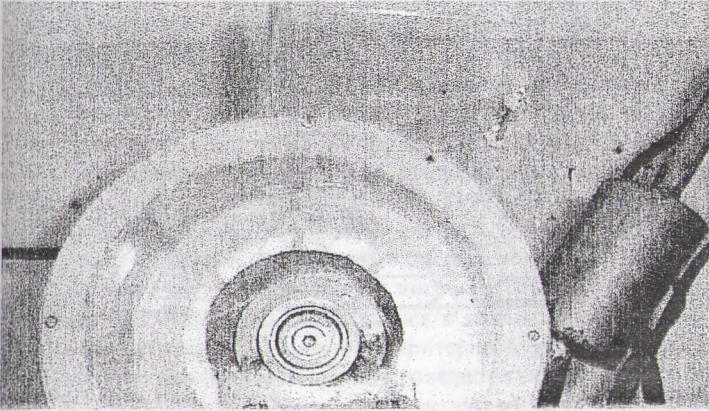


Рис. 1. Живильник-насос.

ням атмосферного повітря і може бути використаний для завантаження сировини до флюїдизаційного апарату [3,4].

Формулювання цілей статті. Основними задачами експериментальних досліджень було обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів живильника-насоса й одержання експериментальних моделей робочого процесу, а також перевірка висновків отриманих при теоретичних дослідженнях [1,2].

Основна частина. Лабораторна установка для проведення експериментальних досліджень (Рис.2) складається з живильника-насоса 6 [3,4], змонтованого на рамі 1 і оснащеного приводом 3 від електродвигуна, стенда визначення швидкості дії 8, завантажувального 7 і вивантажувального бункерів 9, контрольно-вимірювальних приладів.

Живильник-насос складається з корпусу, ротора з лопотями, дисків, що відсікають, торцевих кришок, патрубку від качки повітря з теплообмінником.

Корпус має вікна відкачки повітря, завантаження і вивантаження продукту. Теплообмінник типу "труба в трубі", встановлений на патрубку відкачки повітря, працює по протivotочній схемі руху теплоносіїв "повітря - проточна холодна вода", що дозволяє за рахунок різниці температур усередині живильника-насоса і зовнішнього середовища підвищити ефективність відкачки атмосферного повітря.

Лопаті вільно переміщуються в пазах ротора за рахунок установлення пластинчастих пружин. Корпус, лопаті, диски, що відсікають і торцеві кришки живильника-насоса, виготовлені з органічного скла, що дозволяє візуально спостерігати за його робочим процесом.

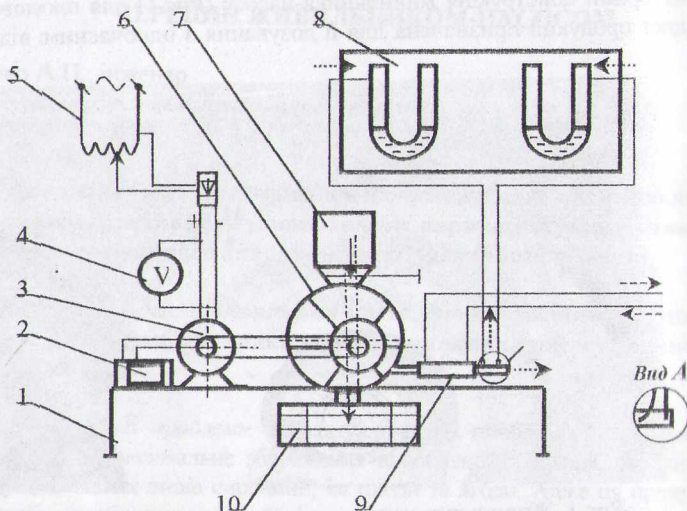


Рис.2 – Схема експериментальної установки:

1 – станина; 2 – тахометр; 3 – привод живильника-насоса; 4 – вольтметр; 5 – джерело живлення; 6 – живильник-насос; 7 – завантажувальний бункер; 8 – стенд для визначення швидкості дії живильника-насоса; 9 – теплообмінник; 10 – вивантажувальний бункер.

---> рух охолодженої води;

—> рух продукту;

.....> рух повітря.

Конструкція живильника-насоса дозволяє змінювати в межах інтервалу варіювання основні фактори [5], що впливають на робочий процес відкачки атмосферного повітря при одночасній подачі продукту на подальшу переробку.

Завантажувальний бункер самопливного типу за рахунок зміни перетину його вихідного вікна дозволяє встановлювати подачу в діапазоні $Q = 600 \dots 800 \text{ кг / год}$. Вивантажувальний бункер являє собою ізольовану ємність щільно з'єднану з вивантажувальним рукавом живильника-насоса й оснащений дверцятами для видалення продукту з нього. У місцях з'єднання деталей живильника-насоса передбачені ущільнення. У місці з'єднання патрубка відкачки атмосферного повітря з живильником-насосом поверхня корпусу перфорована.

Відповідно до плану проведення експериментів фактори встановлювалися на необхідних рівнях варіювання[5]. Регулюючи площу вихідного перетину, встановлювалася необхідна подача продукту. Установлена частота обертання ротора фіксувалася тахометром. Попередньо частоту контролювали лічильником числа обертів розробленого на базі мікрокалькулятора і секундоміром. За допомогою вольтметра постійного струму і ватметра контролювали напругу і споживану потужність електродвигуна.

Швидкість дії живильника-насоса на різних режимах роботи контролювалася за допомогою стенда. На стенді закріплені два однакових по розмірах сполученої сосуди, наповнені водою. Перший посуд показує напір повного тиску повітря, а другий посуд – напір статичного тиску на виході з патрубку відкачки. З'єднання сосудів з відповідними датчиками тиску, установлені на виході з патрубку відкачки, здійснюється за допомогою гнучкого гумового шланга. Значення напорів тисків визначалися по різниці висоти стовпа за допомогою міліметрової шкали стенда і записувалися в журнал для експерименту. Обробка даних з метою визначення критерію оптимізації “швидкість дії” проводилася згідно з методикою проведення експериментів[6].

Для експериментів як експериментальний зразок використовувалася черешня Мелітопольська (ДСТ 21922-76) розміром по найбільшому поперечному діаметрі в межах $d = 17 \dots 30$ мм[7]. Після проведення експерименту продукт масою m з вивантажувального бункера розділявся на дві фракції, маса яких визначалася за допомогою лабораторних ваг за ДСТ 24104-88Е:

- m_1 - не ушкоджені плоди, кг;
- m_2 - плоди, що мають механічні ушкодження, кг.

Критерій оптимізації “пошкодження” визначався по формулі:

$$\Pi = m_1 / (m_1 + m_2) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де Π - критерій оптимізації “пошкодження”, %.

План проведення експерименту включає 27 дослідів, що був реалізований у триразовій повторності, і його результати були оброблені на ЕОМ за допомогою прикладних програм, розроблених на кафедрі “Сільськогосподарські машини” ТГАТА, згідно з методикою проведення експерименту[6].

Отримані рівняння регресії, мають вигляд:

для “швидкості дії”:

$$Y(S, \frac{m^3}{c}) = 0,0003 + 0,0007 \cdot X1 + 0,0002 \cdot X2 + 0,0003 \cdot X3 - \\ - 0,0001 \cdot X1 \cdot X2 + 0,0004 \cdot X1 \cdot X3 - 0,0004 \cdot X2 \cdot X3 + \\ + 0,0003 \cdot X1 \cdot X1 + 0,0003 \cdot X2 \cdot X2 + 0,0002 \cdot X3 \cdot X3. \quad (2)$$

для “пошкодження продукту”:

$$Y_2(\Pi, \%) = 0,0323 + 0,0249 \cdot X_1 + 0,0088 \cdot X_2 + 0,0248 \cdot X_3 - \\ - 0,0028 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0046 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,0105 \cdot X_2 \cdot X_3 + \\ + 0,0105 \cdot X_1 \cdot X_1 + 0,0002 \cdot X_2 \cdot X_2 + 0,009 \cdot X_3 \cdot X_3. \quad (3)$$

За допомогою F-критерію Фишера доведено, що отримані регресійні моделі по двох критеріях оптимізації адекватні на 95% рівні імовірності. Це дозволяє дати практичні рекомендації режимних параметрів роботи живильника-насоса.

Використовуючи отримані рівняння регресії, проведена оптимізація параметрів і режимів роботи об'єкта дослідження. Для цього використовувався метод двовірних перетинів поверхні відгуку. При цьому визначалися такі значення критеріїв оптимізації, при яких досягається максимальна відкачка повітря при мінімальному пошкодженні продукту. Ізольнії відповідному максимальному значенню швидкості дії при припустимому пошкодженні продукту 5% [7] виділялися, тим самим, відокремлюючи область припустимих значень від неприпустимих (Рис.3-6). Значення в межах значень даних ліній зі зміщенням у бік зменшення пошкодження показують оптимальні величини параметрів і режимів роботи живильника-насоса для даного виду продукту.

Аналіз двовірних перетинів дозволив визначити область оптимальних значень параметрів живильника-насоса для черешні Мелітопольської, представлених у таблиці 1.

Варто помітити, що вибір оптимальних параметрів залежить від рекомендацій з пошкоджуваності даного виду продукції. Крім того, параметри живильника-насоса взаємозв'язані [5] і залежать від подачі флюїдизаційного апарату.

Таблиця 1.

Область оптимальних значень параметрів живильника-насоса для черешні «Мелітопольської» при подачі 600 кг/год.

Частота обертання ротору, об/хв	Відносний ексцентриситет ротору	Число лопат ротора, шт.	Швидкість дії живильника-насоса, м ³ /з	Пошкодження продукту, %
20-100	0,05-0,2	8-12	(1-1,5)*10 ⁻³	4-5

Висновки. Для досягнення поставлених задач за допомогою лабораторної установки був реалізований план експерименту другого порядку по двох критеріях оптимізації "швидкість дії" і "пошкодження". За результатами експерименту отримані регресійні моделі процесу відкачки атмосферного повітря від продукту при одночасному його завантаженні у флюїдизаційний апарат.

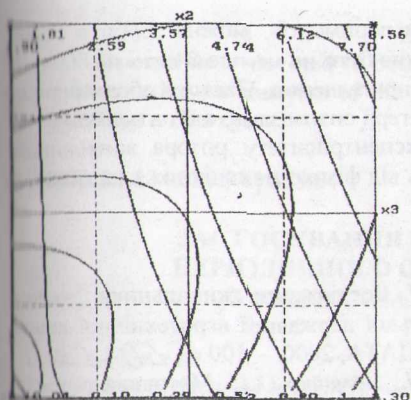


Рис.3 – Парна взаємодія числа лопотів z і відносного ексцентриситету $\bar{\lambda}$ при частоті обертання $n=600$ об/мин на «швидкість дії» живильника-насоса $S(\times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с})$ і «пошкодження» $P(\%)$.

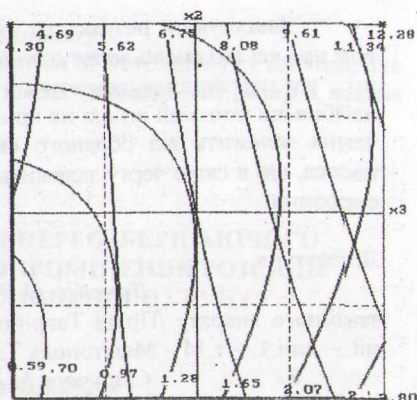


Рис.4 – Парна взаємодія числа лопотів z і відносного ексцентриситету $\bar{\lambda}$ при частоті обертання $n=1000$ об/мин на «швидкість дії» живильника-насоса $S(\times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с})$ і «пошкодження» $P(\%)$.

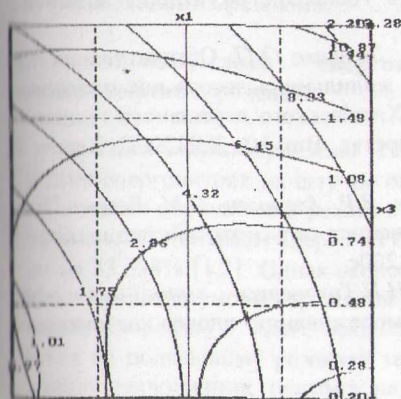


Рис.5 – Парна взаємодія частоти обертання n и числа лопотів z при відносному ексцентриситеті $\bar{\lambda} = 0,2$ на «швидкість дії» живильника-насоса $S(\times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с})$ і «пошкодження» $P(\%)$.

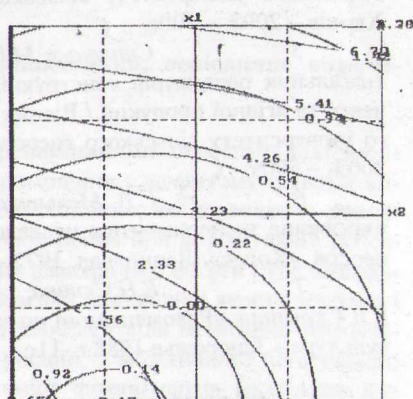


Рис.6 – Парна взаємодія частоти обертання n і числа лопотів $z = 8$ ум. на «швидкість дії» живильника-насоса $S(\times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с})$ і «пошкодження» $P(\%)$.

Аналізуючи результати експериментів, можна зробити висновок про те, що число лопат повинне бути не менше 8 шт. і не більш 12 шт., що підтверджує теоретичні припущення. Частота обертання має найбільше істотний вплив на критерії оптимізації, а її оптимальне значення залежить від обраного ексцентриситету ротора живильника насоса, що в свою чергу залежить від фізико-механічних властивостей сировини.

Література

1. Ломейко О.П. Дослідження живильника флюїдизаційного апарату / Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – вип.1. – т.14 – Мелітополь ТДАТА, 2000. – 100 с. 50-53
2. Стручасв М.І., Ломейко О.П. Методика розрахунку живильника-насосу для флюїдизаційного апарату при заморожуванні плодової та ягідної продукції / Збірник наукових праць Міжнародної науково-технічної конференції Одеської державної академії холодові, Одеса – 170с. 0 18-121
3. Питатель-насос. Пат.48698А F25D25/00, F04C13/00 Таврійська державна агротехнічна академія Дідур В.А., Стручасв М.І., Ломейко О.П., Стручасв К.М.15/08/2002.№8.
4. Стручасв М.І., Ломейко О.П. Живильник-насос для плодової та ягідної продукції / Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства, Вип.9, ХДТУСГ, Харків – 2002. – 500с. С
5. Стручасв М.І., Ломейко О.П. Обґрунтування оптимальних параметрів конструкції живильника-насоса для плодоовочевої та ягідної продукції / Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства, Вип.10, ХДТУСГ, Харків – 2003. – 500з С
6. С.В. Мельников, В.Р. Аleshкин, П.М. Гоциш Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов, «Колос»: Ленинград, 1972 – 200с
7. Е.П.Сенина, Н.П.Тихоненко, канд. с/х наук В.В.Скрытний «Рекомендации по замораживанию плодов косточковых культур» - Запорожье, 1988 г.-11с

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE PROCESS ROLLOUTS OF AIR AT THE METERED FLOW CHERRIES THE FEEDER - PUMP.

A. Lomejko