

УДК 631.17

Віктор Барановський¹, д.т.н., проф.; Марія Паньків¹, к.т.н., доц.; Віталій Паньків¹, к.т.н., доц.; Н. Дубчак², к.т.н., доц.; Юлія Паньків, Ph.D.

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Відокремлений підрозділ НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ПРОДУКТІВ

Анотація. Продукти виробництва, наприклад цукрові та кормові буряки, коренеплоди цикорію, морква, картопля, топінамбур є важливою технічною культурою агропромислової та переробної галузі України. Підвищення якості збирання та переробки продуктів в процесі виробництва продукції, зберігання та транспортування – актуальна проблема, яка має важливе державне значення. В статті наведено методологічні принципи прогнозування пошкодження або руйнування продукту в процесі його виробництва на основі теоретичного аналізу одиничних подій, або потоку подій за певний період часу.

Ключові слова: продукт, фізична дія, пошкодження, вірогідність, технологічна лінія, подія.

Viktor Baranovsky, Ph.D., Prof.; Maria Pankiv, Ph.D., Assoc. Prof.; Vitaliy Pankiv, Ph.D., Assoc. Prof.; N. Dubchak, Ph.D., Assoc. Prof.; Julia Pankiv, Ph.D.

MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES DESTRUCTION OF ROOT

Abstract. Production products, for example, sugar and fodder beets, chicory root crops, carrots, potatoes, Jerusalem artichoke are an important technical culture of the agro-industrial and processing industry of Ukraine. Improving the quality of collection and processing of products in the process of production, storage and transportation is an urgent problem of important national importance. The article provides methodological principles for forecasting damage or destruction of a product during its production based on a theoretical analysis of single events or a stream of events over a certain period of time.

Keywords: product, physical action, damage, probability, technological line, event.

Механізовані процеси виробництва, обробки, переробки та транспортування, де відбувається фізична дія (вплив) на продукт робочими органами знарядь праці, поряд з корисним очікуваним результатом призводять до погіршення якості отриманого продукту [1].

З методологічної позиції, погіршення якості продукту є наслідком його пошкодження або руйнування, які відбуваються в результаті поточкових процесів різної фізичної природи – механічну обробку, нагрівання та охолодження, хімічний вплив тощо [2]. В цьому контексті, розглянемо аналіз поточкових механічних процесів, в яких робочі органи машини завдають продукту механічні пошкодження або руйнування, що значно знижує якість сировини та продукту переробки з неї.

Припустимо, що цукрові та кормові буряки, коренеплоди цикорію, морква, картопля, топінамбур (в подальшому продукт) обробки на технологічній лінії має постійну міцність P , або зусилля, яке необхідне для пошкодження продукту.

Розглянемо n точок (рис. 1), де продукт піддається силовій взаємодії F зі сторони робочих органів машини, при цьому щільність ймовірності якого дорівнює $w_i(F)$, $i = 1, 2, \dots, n$.

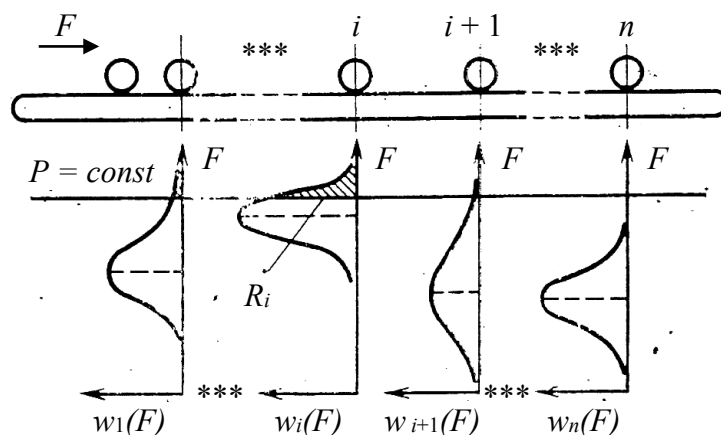


Рисунок 1. Щільність $w_i(F)$ вірогідності зовнішнього впливу на продукт в різних точках технологічної лінії

Вірогідність пошкодження R_i об'єкту (робочого органу) на i -й ділянці технологічної лінії визначається

$$R_i = \int_p^{\infty} w_i(F) dF. \quad (1)$$

Тоді вірогідність пошкодження продукту після проходження i -х ділянок може бути визначено згідно теореми про повторення експериментів [3] за формулою

$$R_i = \left[\frac{d \prod_{i=1}^n (q_i + R_i z)}{dz} \right]_{z=0}, \quad (2)$$

де z – довільний параметр; $q_i = 1 - R_i$.

Припустимо, що міцність P продукту в i -й точці технологічної лінії є також випадкова величина, яка має щільність ймовірності $w_i(P)$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Тоді наслідком взаємодії продукту з робочим органом машини в цій точці можна отримати шляхом порівняння двох випадкових величин F_i і P_i .

При цьому, за умови $F_i \geq P_i$, будемо мати більші або менші* пошкодження продукту. Верифікацію в цьому випадку поняття вірогідності більші або менші* пошкодження продукту проведемо наступним чином.

Припустимо, що продукт проходить m раз через i -у точку на технологічній лінії обробки продукту, при цьому кожний раз проводимо вимірювання випадкових величин F_{ik} та R_{ik} , де $k = 1, 2, \dots, s$.

У подальшому нанесемо результати таких вимірів на площину Π (рис. 2) з координатними осями OF та OP , позначивши такі виміри точками M_i .

Ордината кожної точки M_{ik} буде відповідати відповідній силі F_{ik} зовнішнього впливу на продукт, міцність якого дорівнює P_{ik} на i -й ділянці технологічної лінії його обробки.

При цьому, умова $F_i \geq P_i$, або пошкодження продукту обробки виконується для всіх точок M_{ik} , які розташовуються вище лінії $F = P$, а також для тих точок M_{ik} , які безпосередньо належать цій лінії.

Оцінка вірогідності R_i^* настання такої події буде дорівнювати відношенню числа точок в півплощині A до загального об'єму проведених вимірів випадкових величин

$$R_i^* = N_A / N_{(A+B)}. \quad (3)$$

Для ефективності оцінки вірогідності R_i^* необхідна умова

$$R_i^* \rightarrow R_i \mid (N_{A+B}) \rightarrow \infty, \quad (4)$$

що утруднює застосування формули (3) в практичних розрахунках.

Тоді, розглянемо точку M_{ik} як двовірну випадкову величину з компонентами F_{ik} та P_{ik} , при цьому кожна компонента має щільність вірогідності $w_i(F)$ та $w_i(P)$ відповідно (рис. 2).

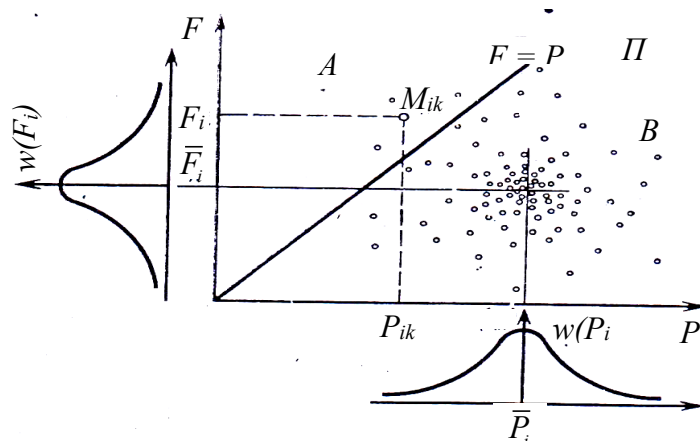


Рисунок 2. Щільність $w_i(F)$ вірогідності зовнішнього впливу на продукт в різних ділянках технологічної лінії

Двовірна щільність вірогідності в випадку нормального розподілення являє собою пагорбові поверхню (рис. 3).

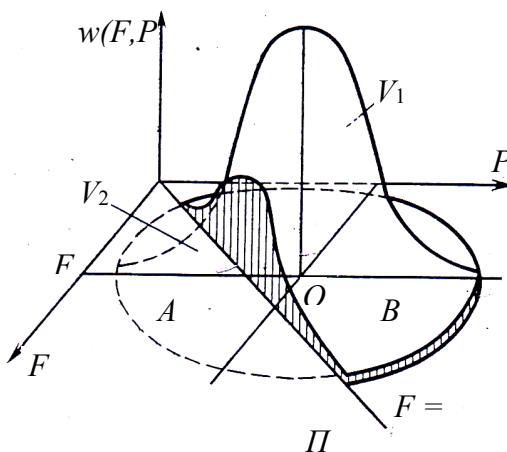


Рисунок 3. Схема до визначення вірогідності P пошкодження продукту методом обчислення об'єму

Тоді, згідно інтегрального виразу (1) будемо мати, при цьому точки M_{ik} складають повну групу подій

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} w_i(F, P) dF dP = 1. \quad (5)$$

Виконаємо січення двовірної щільності $w_i(F, P)$ площиною, яка проходить через лінію $F = P$, яка перпендикулярна площині Π . Відсічений таким чином об'єм, який знаходиться між поверхнею $F_i = P_i$ та площиною Π буде дорівнювати вірогідності R_i та може бути обчислений за інтегральним виразом [4]

$$R_i = V_2 = \int_0^{\infty} \int_0^F w_i(F, P) dF dP, \quad (6)$$

або

$$R_i = 1 - V_1 = 1 - \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} w_i(F, P) dF dP, \quad (7)$$

де V_1 і V_2 ш – об'єми, які показано на рис. 3.

Таким чином, ймовірність пошкодження продукту обробки на i -й ділянці технологічної лінії буде залежати:

- від вигляду двовірної щільності вірогідності $w_i(F, P)$;
- від визначальних параметрів двовірної щільності вірогідності $w_i(F, P)$.

До основних визначальних параметрів двовірної щільності вірогідності $w_i(F, P)$ можна віднести:

- положення проекції точки O на площині Π ;
- дисперсія σ_F^2 та σ_P^2 ;
- коефіцієнт кореляції K_{FP} взаємозв'язку між двома випадковими величинами F та P .

Щільність вірогідності $w_i(F)$ та вірогідності $w_i(P)$ в загальному випадку можуть підкорятися різним законам випадкового розподілення.

В кожній конкретній ситуації вірогідність $w_i(F, P)$ може мати свій конкретний певний вигляд.

Таким чином, запропонована методологія або принцип оцінки дозволяє визначати показники якості обробки продуктів на всіх етапах її проходження на технологічних лініях машин.

Наприклад, визначити пошкодження коренеплодів або картоплі в процесі їх механізованого збирання корене- або бульбозбиральними машинами, в процесі доробки зібраної продукції на технологічних лініях підготовки сировини для переробки тощо на основі запровадження статистичних досліджень показників або компонентів F та P .

Перелік посилань

1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник; за ред. Д. Г. Войтюка / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
2. Baranovsky V., Truhanska O. Pankiv M., Bandura V. Research of a contact impact of a root crop with a screw auger. Research in Agricultural Engineering, 2020. Vol. 66. No 1. P. 33–42.
3. Жлуктенко В.І., Наконечний С.І. Теорія ймовірностей і математична статистика: у 2-х ч. Ч. 1. Теорія ймовірностей. К.: КНЕУ, 2000. 304 с.
4. Швачич Г.Г., Коноваленков В.С., Заборова Т.М. Вища математика. Розділ «Подвійні та криволінійні інтеграли»: Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. 36 с.