



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕТА ЯГОДЫ СУШЕНОГО ВИНОГРАДА

Рахматуллаев Равшан Кошмуродович

Гулистанский государственный университет

Доктор философии технических наук (PhD)

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.10069319>

ARTICLE INFO

Received: 25th October 2023

Accepted: 30th October 2023

Online: 31th October 2023

KEY WORDS

Моделирование, полет, ягода, угол, траектория, проекция, модель, движение, усилие.

ABSTRACT

В статье рассматривается вопрос математического моделирования процесса полета ягоды сушеного винограда брошенной под углом к горизонту. Рассмотрены теоретические предпосылки, обосновывающие движение ягоды в воздушном пространстве. Выведены расчетные уравнения для определения лобового сопротивления и дальности полета от массы ягоды.

Введение. В гребнеотделителе роторно – дисмембраторного типа сушеный виноград подвергается сложному физико-механическому и аэродинамическому воздействию, в процессе которых отделившиеся ягоды удаляются с дисмембраторных тарелок за счет центробежных сил. Изучение высоты и дальности полета отдельных ягод является основой для расчета масса – габаритных размеров проектируемого аппарата и выбора режимов работы основных узлов. Поэтому изучение характера движения ягод является обязательной процедурой наших исследований [1].

Для исследования траектории полета ягоды сушеного винограда воспользуемся методом математического моделирования. Задаваясь граничными условиями, можно определить критическую массу ягоды, его размер и начальную скорость полета при вылете его из пневматической «пушки».

Принимаем следующие граничные условия:

- Земля – инерционная система отсчета;
- Ускорение свободного падения g постоянно;
- Пренебрегаем действием воздуха на движущейся ягоду.

Схематичная схема движения ягоды после отрыва приведена на рис. 1

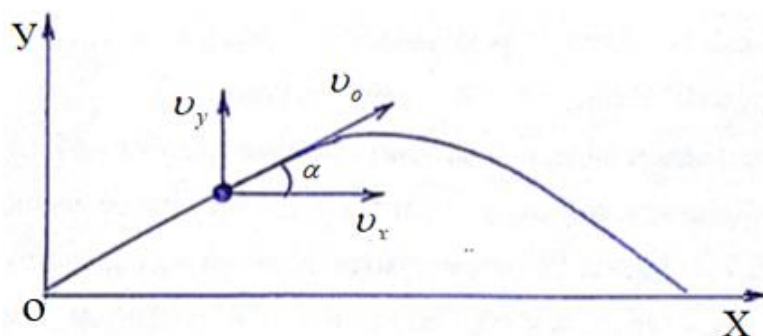


Рис. 1. Схема траектории полета ягоды

При принятых предположениях проекция ягоды на ось X будет двигаться равномерно со скоростью $v_x = v_o \cdot \cos \alpha$, проекция на ось Y будет двигаться равноускоренно с ускорением $a_y = -g$ и начальной скоростью $v_y = v_o \cdot \sin \alpha$, тогда:

$$\begin{cases} X = t \cdot v_x = t \cdot v_o \cos \alpha \\ Y = t \cdot v_y - \frac{gt^2}{2} = t \cdot v_o \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (1)$$

Выражая время t через координату $X(t)$:

$$t = \frac{X}{v_o \cos \alpha} \quad (2)$$

и подставляя в выражение $Y(t)$ (1), получим

$$Y = \frac{X v_o \sin \alpha}{v_o \cos \alpha} - \frac{g}{2} \left(\frac{X}{v_o \cos \alpha} \right)^2 = X \tan \alpha - \frac{g}{2} \left(\frac{X}{v_o \cos \alpha} \right)^2 \quad (3)$$

Графическая интерпретация этого математического выражения представляет собой параболу, которая пересекает ось Y в следующих двух случаях: при $X=0$ и при

$$X = \frac{2tg \alpha}{g} (v_o \cos \alpha)^2 = \frac{v_o^2}{g} 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v_o^2}{g} \sin 2\alpha \quad (4)$$

Таким образом, ягода упадет на расстоянии равном

$$l = \frac{v_o^2}{g} \sin 2\alpha \quad (5)$$

Для убедительности проверим соответствие математической модели экспериментальному объекту. Математическая модель не всегда тождественно отражает рассматриваемый объект и не передает все его свойства и особенности, а лишь приближенно описывает объект и носит приближенный характер.

При построении математической модели воспользуемся некоторыми гипотетическими предположениями. Поэтому свои суждения должны проверить экспериментально. Практические критерии позволят сравнивать гипотетические модели и выбрать из них наиболее оптимальную, подходящую [2].

Для этого установим пределы применимости выведенной нашей модели с учетом действующих на ягоду всех сил. Изобразим схему действия сил, действующих на ягоду (рис. 2.)

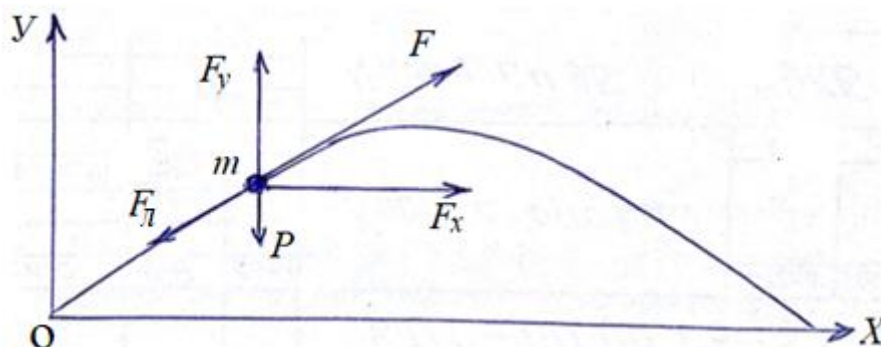




Рис. 2. Проекция сил, действующих на ягоду

Ягода при полете претерпевает лобовое сопротивление, действующее в сторону, противоположную движению:

$$F = \xi S \rho_{\text{в}} v^2, \quad (6)$$

где ξ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

S - площадь миделевого сечения, м^2 ;

ρ - плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

v - скорость движения ягоды, $\text{м}/\text{с}$.

Коэффициент ξ зависит от формы ягоды и режима обтекания в воздухе, т.е. числа Рейнольдса $\xi = f(\text{Re})$

$$\text{Re} = \frac{v d_{\text{э}} \rho_{\text{в}}}{\mu}, \quad (7)$$

где $d_{\text{э}} - 10 \text{ мм}$ - эквивалентный диаметр ягоды винограда сорта «Ризамат - ата»;

$\rho_{\text{в}} = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$ - плотность воздуха при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\mu = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ - динамическая вязкость воздуха при температуре $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [3];

$v = 3,0 \text{ м}/\text{с}$ - начальная скорость ягоды при отделении из

дисмембраторных тарелок за счет центробежных сил

Подставляя находим критерий Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{30 \cdot 0,221 \cdot 1,29}{1,7 \cdot 10^{-5}} = 22764 \quad \text{- режим турбулентный.}$$

При $\text{Re} \approx 23000$ коэффициент равен $\xi = 0,15$

Пологая миделево сечение $S = 0,25 \pi d^2$, можно определить лобовое сопротивление

$$F_{\text{л}} = \xi 0,25 d_{\text{э}}^2 \rho_{\text{я}} v^2, \quad (8)$$

где $\rho_{\text{я}} = 1450 \text{ кг}/\text{м}^3$ - плотность ягоды.

Подставляя данные, получим $F_{\text{л}} = 0,15 \cdot 0,01^2 \cdot 1450 \cdot 3^2 = 0,22 \text{ кг}$

Сравним эту силу с основной силой P , в рассматриваемом случае, силой тяжести

$$P = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{я}} \cdot g. \quad (9)$$

Для этого составим отношение:

$$\frac{F_{\text{л}}}{P} = \frac{\xi 0,25 d^2 \rho_{\text{в}} v^2}{\frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{я}} g} = \frac{3}{2} \xi \frac{\rho_{\text{в}} v^2}{\rho_{\text{я}} g} \quad (10)$$



Поскольку ранее мы определили $l = \frac{v_o^2}{g} \sin 2\alpha$, (при $\alpha = 45^\circ$, $\sin 2\alpha = 1$), то

$$l = \frac{v_o^2}{g} \quad \text{или} \quad v_x^2 = lg.$$

Подставляя полученное соотношение в формулу (10) получим:

$$\frac{F_{\text{л}}}{P} = \frac{3}{2} \xi \frac{\rho}{\rho_{\text{я}}} \frac{v^2}{dg} = \frac{3}{2} \xi \frac{\rho l}{\rho_{\text{я}} d} \quad (11)$$

При $l = 10 \text{ м}$, $d_{\text{я}} = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$ и $\xi = 0,15$ получим

$$\frac{F_{\text{л}}}{l} = 0,0225$$

Обозначив через Δl абсолютную погрешность дальности вылета, тогда при заданных условиях и дальности $l = 10 \text{ м}$, получим $\Delta l = 2,25 \div 2,5 \text{ см}$, т.е. ошибка расчета может составить от 2 до 2,5 см.

References:

1. Patent No. FAP 01146 (UZ) Device for processing dried grapes / Rakhmatov O., Nuriev K. K., Rakhmatov O. O., Rakhmatov F. O., Yusupov A.M. // Official Bulletin – 2016. - No.11.
2. Понамарев В.Б., Лошкаров А.Б. Математическое моделирование технологических процессов. – Екатеринбург, 2006-112 с.
3. Павлов К.Д., Романов П.Г., Носков А.А. Примеры и задачу по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия 1987.
4. Рахматуллаев, Р., Эрматов, В., & Батиров, Б. (2023). ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРОБОТКИ СУШЕНОГО ВИНОГРАДА. International Bulletin of Applied Science and Technology, 3(10), 266-268.
5. Jo'raboyev I. INNOVATSION PAXTA XOM ASHYOSINI QURITISH TEXNOLOGIYASI TAXLILI //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 2 Part 2. – С. 104-107.
6. Эгамбердиев, П. Э., Хўжақулов, Ф. М., Махмудов, И. Р., & Абдураимов, Д. У. (2023). УЗУМНИНГ ХЎРАКИ НАВЛАРИ ХОМТОК ҚИЛИШНИНГ ҲОСИЛДОРЛИК КЎРСАТКИЧИ ВА ҲОСИЛ СИФАТИГА БОҒЛИҚЛИГИ. Евразийский журнал академических исследований, 3(6), 13-18.
7. Хо'jaqulov F. M. TOMCHILATIB SUG 'ORISH USULINING XO 'RAKI UZUM NAVLARINI YETISHTIRISHDAGI AHAMIYATI //Евразийский журнал технологий и инноваций. – 2023. – Т. 1. – №. 10. – С. 35-37.
8. Egamberdiyev, P. L., Raxmatullayev, R., Ungarov, A., & Jo'lbekov, I. (2023). UZUMNI MUZLATIB ISHLOV BERISHNI SUSLADAGI QAND TARKIBIGA TA'SIRINI O'RGANISH. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(6 Part 2), 127-129.
9. Qurbanov E. et al. DEVELOPMENT OF SELECTION AND GROWING TECHNOLOGY OF NUT VARIETIES FOR SIRDARYA REGION //International Bulletin of Applied Science and Technology. – 2023. – Т. 3. – №. 6. – С. 447-450.



10. Қурбонов, Э., Тўхтақўзиев, А., Бабабеков, У., & Эрматов, В. (2023). ИККИ ИЗЛИ ОСМА БОРОНА ТИШЛАР УЗУНЛИГИНИ АНИҚЛАШДА ЛАБОРАТОРИЯ ШАРОИТИДА ОЛИБ БОРИЛГАН ТАЖРИБАЛАРИНИНГ НАТИЖАЛАРИ. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(6), 23-26.