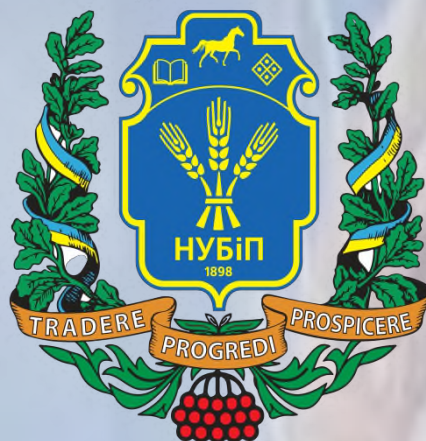


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
міжнародної науково-практичної онлайн конференції
«Сучасні проблеми та перспективи розвитку
машинобудування України»,
присвяченої 20-й річниці з дня створення
факультету конструювання та дизайну
Національного університету біоресурсів і
природокористування України

23-24 вересня 2021 року

м. Київ

УДК 631.356.2

**ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ КОРЕНЕПЛОДУ
ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ПРИ ЙОГО ВИЛУЧЕННІ З ҐРУНТУ**

Булгаков В.М., акад. НААН, д.т.н., проф.

Дубровіна О.О., студ.

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України, м. Київ*

E-mail: ybulgakov@meta.ua

Проблема. Широко застосовувані в теперішній час вібраційні викопуючі робочі органи для коренеплодів цукрових буряків мають ряд переваг в порівнянні з іншими викопуючими робочими органами, наприклад зі звичайними лемішними, дисковими і вильчатими копачами, особливо при роботі на важкому і твердому ґрунті. Незважаючи на істотні переваги, вібраційний спосіб викопування коренеплодів має і деякі недоліки. Так,

головними недоліками є не надто висока надійність вібраційного приводу, особливо при роботі з високою частотою коливань викопуючого робочого органу (20 і більше Гц), при роботі на важких і твердих ґрунтах, також підвищені металоємність і енергоємність даного технологічного процесу в цілому. Все це викликає гостру потребу у проведенні нових теоретичних і експериментальних досліджень, за результатами яких можливо створювати більш досконалі конструкції вібраційних викопуючих робочих органів коренезбиральних машин. Таким чином тема даної роботи є досить актуальною.

Мета дослідження. Визначення раціональних параметрів коливань коренеплодів при їх вібраційному викопуванні з ґрунту на основі створення математичної моделі поздовжніх коливань конусоподібного пружного тіла, що знаходиться у пружнодемпфуючому середовищі.

Результати досліджень. Для розробленої нами нової конструкції вібраційного викопуючого робочого органу побудована математична модель поздовжніх коливань коренеплоду в ґрунті як пружного тіла в пружнодемпфуючому середовищі. Для теоретичного опису зазначених коливань був застосований варіаційний принцип Остроградського-Гамільтона. Для цього була розроблена еквівалентна схема поздовжніх коливань коренеплоду як усього тіла в пружнодемпфуючому середовищі, яка показана на рис. 1.

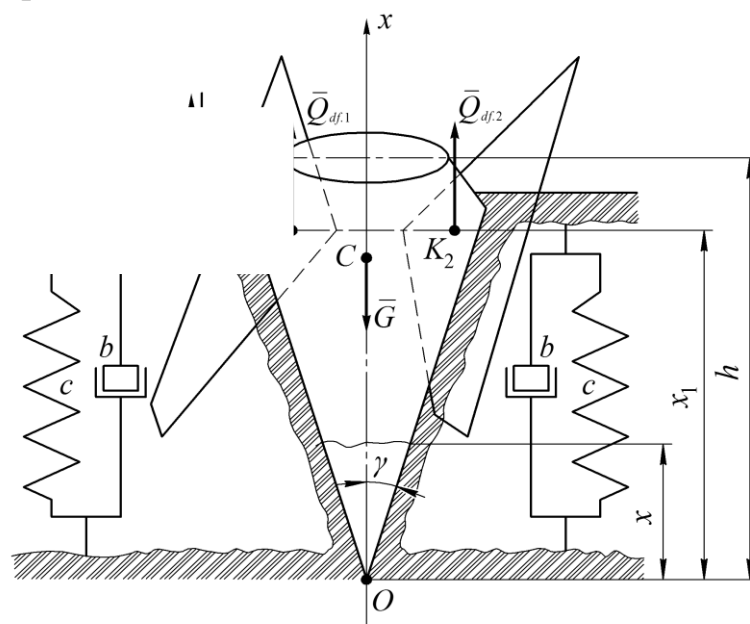


Рис. 1. Еквівалентна схема поздовжніх коливань коренеплоду як пружного тіла в пружнодемпфуючому середовищі

На підставі наведеної схеми були визначені всі фізико-механічні параметри,

що входять в функціонал Остроградського-Гамільтона і побудовано зазначений функціонал, який має наступний вигляд:

$$S = \frac{1}{2} \int_0^h \int_{t_1}^{t_2} \left\{ \rho \cdot \pi \cdot x^2 \cdot \tan^2 \gamma \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 - E \cdot \pi \cdot x^2 \cdot \tan^2 \gamma \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 + \right. \\ \left. + H \cdot \sin(\omega t) \cdot \sigma_1(x - x_1) \cdot y(x, t) - \right. \\ \left. - 2\pi \cdot c \cdot x \cdot \tan \gamma \cdot y^2(x, t) - 2\pi \cdot b \cdot x \cdot \tan \gamma \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 \right\} dx dt. \quad (1)$$

Для знаходження частот власних коливань і амплітуд вимушених коливань коренеплоду при його захопленні вібраційним викопуючим робочим органом був застосований метод Рітца. В результаті отримано рівняння частот Рітца для визначення будь-якої частоти розглянутих поздовжніх коливань тіла коренеплоду при дії на нього вертикальної збурювальної сили. Зокрема, отримано вираз для визначення першої власної частоти коливань коренеплоду як пружного тіла, на підставі якого побудовані графіки залежності першої власної частоти від коефіцієнта пружної деформації і коефіцієнта демпфування ґрунту. Також отримані графіки залежності амплітуди вимушених коливань зазначеного тіла від коефіцієнта пружної деформації ґрунту, коефіцієнта демпфування ґрунту і відстані поперечного перерізу тіла коренеплоду від умовної точки закріплення, які показані на рис. 2. Крім цього, побудовані графіки залежності амплітуди вимушених коливань коренеплоду як пружного тіла від зміни амплітуди збурювальної сили. Обґрунтовано також неможливість настання резонансу розглянутого коливального процесу і розриву коренеплоду при його поздовжніх деформаціях.

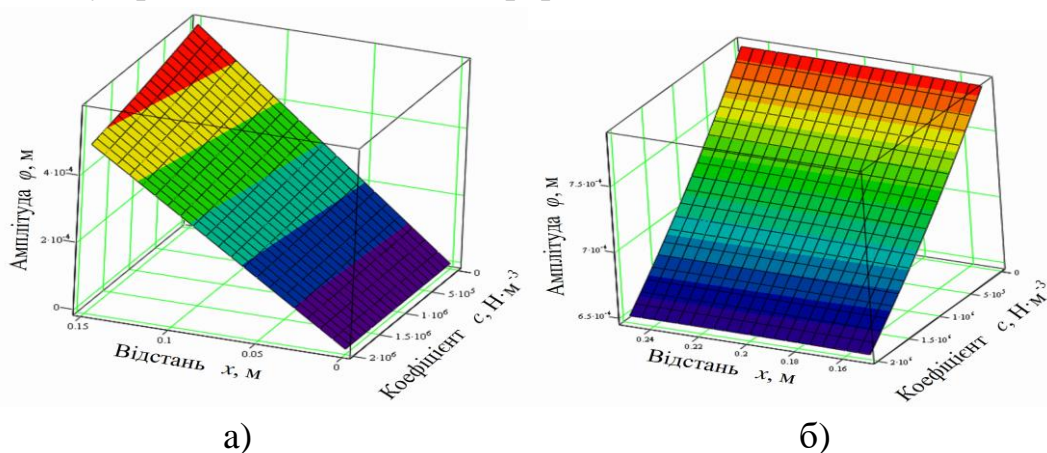


Рис. 2. Залежність амплітуди вимушених поздовжніх коливань тіла коренеплоду від коефіцієнта пружної деформації ґрунту c і відстані x

поперечного перерізу коренеплоду від умовної точки O його закріплення в ґрунті: $a - x = 0 \dots 0,15$ м;

$b - x = 0,15 \dots 0,25$ м; (амплітуда збурювальної сили $H = 500$ Н, частота збурювальної сили $\nu = 10$ Гц, коефіцієнт демпфування ґрунту – $b = 6,5 (\text{Н} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{м}^{-3}$, координата точки захоплення коренеплоду вібраційним викопуючим робочим органом $x_1 = 0,15$ м)

Висновки:

1. На підставі використання варіаційного принципу Остроградського-Гамільтона побудована теорія поздовжніх коливань коренеплоду як суцільного пружного тіла, закріпленого в ґрунті, що є пружнодемпфуючим середовищем.
2. Отримано рівняння частот Рітца для обчислення власних частот будь-якого порядку поздовжніх коливань коренеплоду як суцільного пружного тіла.
3. При зміні коефіцієнта c пружної деформації ґрунту в межах $c = 0 \dots 20 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-3}$ перша власна частота поздовжніх коливань тіла коренеплоду зростає в межах $610 \dots 740 \text{ с}^{-1}$ ($97 \dots 118$ Гц) при значенні коефіцієнта b демпфування ґрунту, що дорівнює $b = 6,5 (\text{Н} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{м}^{-3}$, що досить чітко узгоджується з експериментальними даними, наведеними в літературних джерелах.
4. Отримано графічну залежність амплітуди вимушених поздовжніх коливань від коефіцієнта c пружної деформації ґрунту. Встановлено, що при зміні коефіцієнта пружної деформації ґрунту в межах $c = 0 \dots 20 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-3}$, амплітуді збурювальної сили $H = 500$ Н, її частоті $\nu = 10$ Гц, коефіцієнті b демпфування ґрунту $b = 6,5 (\text{Н} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{м}^{-3}$, амплітуда вимушених коливань тіла коренеплоду зменшується, при цьому змінюється в межах $0,58 \dots 0,48$ мм нижче точки захоплення коренеплоду вібраційним викопуючим робочим органом і в межах $0,77 \dots 0,65$ мм вище точки захоплення.
5. При зміні амплітуди вимушених коливань з боку робочого органу в межах $H = 100 \dots 600$ Н амплітуда вимушених поздовжніх коливань тіла коренеплоду змінюється в межах $0,30 \dots 0,68$ мм.