

УДК.631.312.68

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ КОЛИВАНЬ РОЗПУШУВАЧА ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ

Караєв О.Г., член – кор. МААО , к.т.н.

Матковський О.І.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-21-32

Анотація. Наведена методика визначення конструктивних параметрів розпушувача викопувального плуга для дослідження режимів коливань під час переміщення з розпушуванням ґрунту з кореневою системою саджанців на поверхню поля. Доведено, що розпушення ґрунту з кореневою системою саджанців буде достатнім, якщо під час вибірки саджанців з ґрунту робітником, зусилля на його витягування не перевищує нормативних вимог. Такі умови праці можна забезпечити, якщо буде досягнуто режим роботи розпушувач з підкиданням ґрунту та кореневої системи саджанця.

Ключові слова: викопувальний плуг, параметри розпушувача, режими коливань, викопування саджанців.

Постановка проблеми. Технологічний процес викопування саджанців викопувальним плугом вміщує операції відділення (вирізання) і переміщення ґрунту з кореневою системою саджанця на висоту, яка перевищує глибину викопування з подальшим гравітаційним падінням на дно борозни. Наступною операцією є вибірка, яка здійснюється витяганням саджанців з ґрунту. Зусилля на витягування саджанців повинно відповідати умовам праці за напруженістю, на яке впливає ступень розпушеності ґрунту.

Переміщення ґрунту по робочим поверхням, які мають значну довжину, призводить до підвищення затрат енергії на забезпечення руху. Це можна віднести до завдань, що потребують вивчення і дослідження з метою створення робочих поверхонь, які мають меншу поверхню контакту, час знаходження у взаємодії не постійний.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню механіки руху ґрунтового шару присвячені дослідження що стосуються дво-гранного і тригранного клина [1, 2, 3, 4]. В даних роботах переміщення ґрунту, за умови підпору з боку незруйнованого ґрунтового середовища, відбувається по поверхням параметри положення яких залишаються незмінними. Інше відбувається, якщо положення поверхонь змінюється від коливань під час переміщення ґрунту й додатково ставиться завдання руйнування зв'язків між ґрунтовими агрегатами. Це потребує вивчення умов забезпечення такого руху і впливу коливань на розпушення ґрунту.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити рух ґрунтових агрегатів з саджанцями по розпушувачу з метою визначення його параметрів та режимів коливань для руйнування зв'язків між ґрунтовими агрегатами.

Основна частина. Робочий орган, який складається з скоби та розпушувача, встановлено на викопувальний плуг ВПН – 2. Відділення ґрунту з кореневою системою саджанця здійснюється викопувальною скобою 6, шарнірно приєднаним до неї розпушувач 4 здійснює подальше переміщення до поверхні поля. (рис. 1). Розпушувач коливається навколо горизонтальної осі поздовжньо до напрямку руху викопувального плуга від дію на нього через важіль 5 ексцентрикової тяги 3, яка приводиться через ексцентрик 2 приводним валом 1.

Переміщення ґрунту з кореневою системою відбувається за умови його ковзання по поверхні розпушувача і забезпечується силою підпору збоку незруйнованого ґрунтового горизонту [5]. Це можливо коли сила опору пласта стисненню буде достатня для подолання сил тертя. Тому деформацію стиснення пласта за рахунок сил тертя і ваги під час його руху по поверхні розпушувача можна не враховувати. Приймаємо за основу недеформовану модель відділеного ґрунту з кореневою системою.

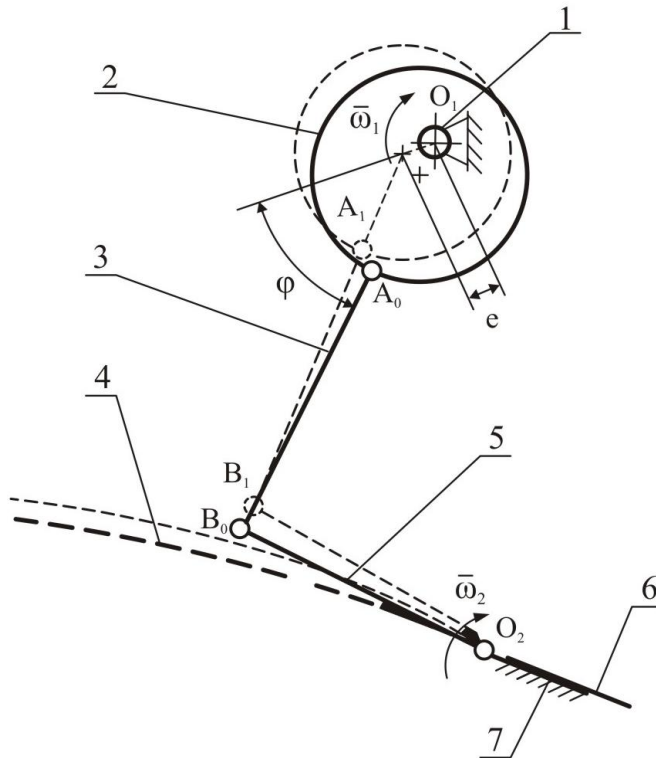


Рисунок 1 – Кінематична схема приводу розпушувача плуга: 1 – приводний вал; 2 – ексцентрик; 3 – ексцентрикова тяга; 4 – розпушувач; 5 – важіль; 6 – викопувальна скоба; 7 – башмак.

Розглянемо рух ґрунтових агрегатів з кореневою системою, після його сходу з скоби, як об'єкту на який спрямовано дію розпушувача. Ґрунт з кореневою системою, рухаючись по розпушувачу, здійснює відносний до нього і переносний з ним рух. Коливання розпушувача надають ґрунтовим агрегатам з кореневою системою поворотний переносний рух. Абсолютний рух ґрунтових агрегатів здійснюється по відношенню до поля. Якщо розглядати рух ґрунту з кореневою системою відносно розпушувача, який рухається відносно ґрунтового масиву (поля) то маємо випадок відносного руху.

Відобразимо схему прискорень й швидкостей для матеріальній точці С в якій сконцентровано масу системи «ґрунт – коренева система саджанця» під час руху по розпушувачу для випадку коли він рухається вгору (рис. 2).

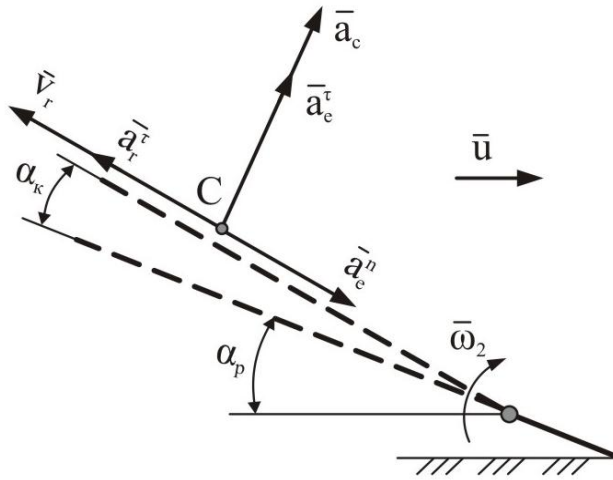


Рисунок 2 – Прискорення та швидкості системи «грунт – коренева система» т. С під час руху розпушувача вгору.

На схемі рис.2 для т. С відображені прискорення: \bar{a}_e^τ – дотичне прискорення переносного руху, \bar{a}_e^n – нормальне прискорення переносного руху, \bar{a}_c – коріолісове прискорення; швидкості: \bar{u} – швидкість руху агрегату, \bar{v}_r – відносна швидкість (за модулем дорівнює швидкості агрегату \bar{u}). Положення розпушувача визначаються кутом встановлення α_p , кутом коливань α_k та циклічною частотою коливань розпушувача ω_2 .

Виберемо систему рухомих осей координат Sx (рис. 3), зв'язаною з розпушувачем, ось Sx направимо за напрямком відносної швидкості (ліва система осей координат).

Зробимо де які припущення: рух ґрунту з кореневою системою за напрямком осі x буде прямолінійним, вважаючи малу кривизну поверхні розпушувача (для попередньо прийнятого радіусу його дуги); переміщення т.С від коливань розпушувача в напрямку осі y буде прямолінійним за умови малого кута коливань, різниці траєкторії по дузі кола (для моментів часу по довжині розпушувача) і прямій.

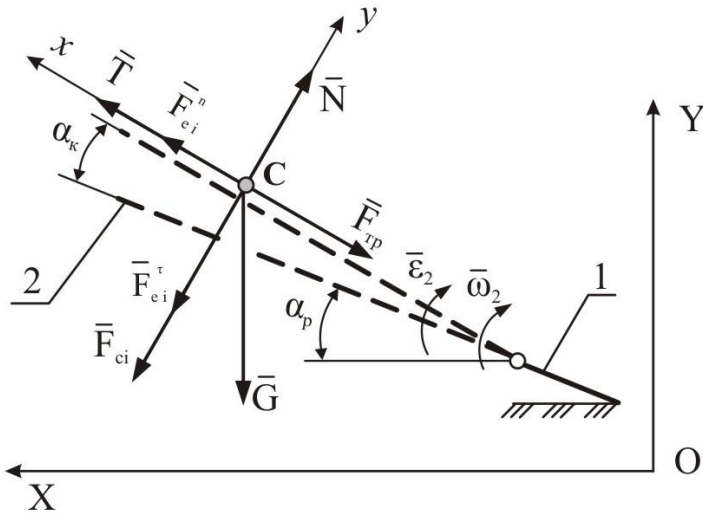


Рисунок 3 – Схема сил, які діють на ґрунтові агрегати під час руху розпушувача вгору.

Векторне рівняння руху т. С відносно рухомої системи координат Cx має вигляд

$$m \cdot \bar{a}_r^\tau = \bar{T} + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci}, \quad (1)$$

де \bar{T} – рухома сила; \bar{G} – сила тяжіння; \bar{N} – нормальна реакція зв'язку поверхні розпушувача; \bar{F}_{mp} – сила тертя; \bar{F}_{ei}^n – нормальна переносна сила інерції коливань; \bar{F}_{ei}^τ – дотична переносна сила інерції коливань; \bar{F}_{ci} – коріолісова сила інерції.

Рухома сила \bar{T} , яка забезпечує рух ґрунтових агрегатів в напрямку осі x розглянута в роботі [5]. Матеріальна т.С рухається відносно системи відліку прямолінійно й рівномірно. В цьому випадку відносна швидкість \bar{v}_r постійна по модулю й напрямку, тому відносне прискорення $\bar{a}_r = \ddot{x} = 0$. Рівняння (1) прийме вигляд

$$\bar{T} + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci} = 0. \quad (2)$$

В проекціях на осі координат Cx у для випадку руху вгору рівняння (2) буде наступним

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} = 0 &= T + F_{ei}^n - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) - F_{mp} \\ m\ddot{y} &= N - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ei}^\tau - F_{ci} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Ґрунтові агрегати залишаються на поверхні розпушувача під час коливань при $N > 0$. Якщо ця умова не виконується то вони відриваються від поверхні і тоді $F_{mp} = Nf = 0$. Рівняння польоту ґрунтових агрегатів з цієї умови на ось Cy буде наступним

$$\ddot{y} = -G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ei}^\tau - F_{ci} \quad (4)$$

Умова динамічної рівноваги для моменту відриву ґрунту відсутня, тому що всі сили мають однакову спрямованість.

Перейдемо до розгляду наступного періоду, коли розпушувач рухається вниз. Схема прискорень т. С має вигляд (рис. 4).

Рівняння відносного руху ґрунтових агрегатів для випадку руху розпушувача вниз мають вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} = 0 &= F_{ei}^n - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) - F_{mp} \\ m\ddot{y} &= N + F_{ei}^\tau + F_{ci} - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

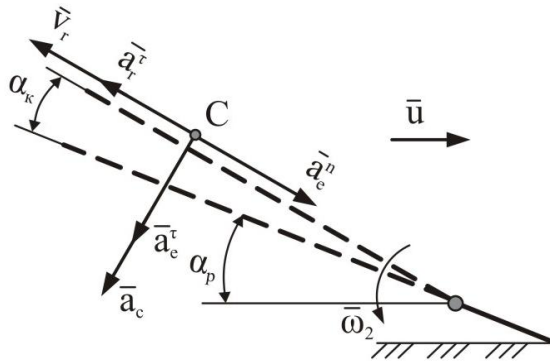


Рисунок 4 – Прискорення та швидкості т. С під часу руху розпушувача вниз.

Розглянемо сили, які діють на т.С за схемою (рис. 5) коли розпушувач рухається вниз.

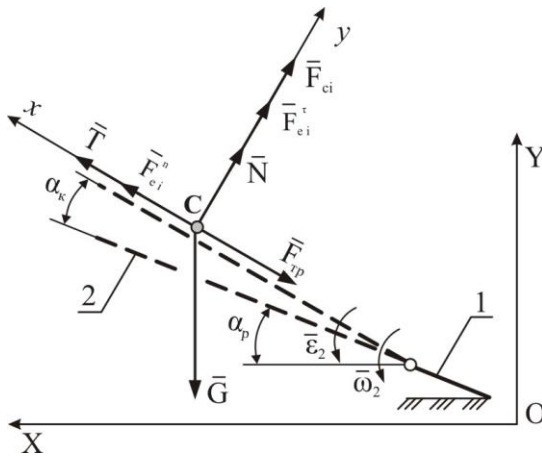


Рисунок 5 – Схема сил, діючих на ґрунтовий агрегат під час руху розпушувача вниз.

Рівняння польоту ґрунтових агрегатів для умови $F_{mp} = Nf = 0$ запишеться наступним

$$m \ddot{y} = F_{ei}^{\tau} + F_{ci} - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) \quad (6)$$

Рівняння (6) зі складовими [6]

$$F_{ei}^{\tau} = m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l_g}, \quad (7)$$

$$F_{ci} = 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) v_r}{l_g} \quad (8)$$

після скорочення на m прийме вигляд

$$\ddot{y} = \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l_g} + 2 \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l_g} - g \cdot \cos \left(\alpha_p + 2 \arcsin \left(\frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{2l_g} \right) \right) \quad (9)$$

де e – ексцентриситет, м; ω_1 – кутова швидкість ексцентрика, рад/с; l_g – довжина важеля, м; t – даний момент часу, с.

Умова динамічної рівноваги в момент відриву ґрунту з кореневою системою коли $\ddot{y} = 0$ має вигляд

$$e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t + 2e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) v_r - g \cdot \cos \left(\alpha_p + 2 \arcsin \left(\frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{2l_g} \right) \right) l_g \quad (10)$$

Максимальне прискорення $e \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \omega_1^2 = e \cdot \omega_1^2$ можливо для першого оберту ексцентрика при $\omega_1 \cdot t = \pi$, тому рівняння (8) прийме вигляд

$$-\frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot v_r \cdot t}{l_g} = g \cdot \cos \left(\alpha_p + 2 \arcsin \left(\frac{e}{l_g} \right) \right) \quad (11)$$

Ліва частина рівняння (11) є прискорення коливань, знак мінус вказує на напрямок протилежний напрямку осі Sy . Параметр кінематичного режиму K складе

$$K = \frac{e \cdot \omega_1^2}{g} = \frac{l_g \cdot \cos\left(\alpha_p + 2 \arcsin\left(\frac{e}{l_g}\right)\right)}{v_r \cdot t} \quad (12)$$

За значенням коефіцієнта K можливо отримати режими роботи розпушувача: якщо $K > 1$ – рух ґрунтових агрегатів відбувається з відривом від поверхні розпушувача (режим з підкиданням); якщо $K < 1$ – рух ґрунтових агрегатів відбувається без відриву від поверхні розпушувача.

В рівнянні (11) якщо виразити кутову швидкість ексцентрика через число обертів

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (13)$$

то можна визначити критичну частоту обертання ексцентрика n_k (об/хв) для режиму з підкиданням

$$n_k \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{e \cdot \left(\frac{v_r \cdot t}{l_g}\right)} \cos\left(\alpha_p + 2 \arcsin\left(\frac{e}{l_g}\right)\right)} \quad (14)$$

Отримана залежність дає можливість розрахувати і вибрати необхідні межі зміни конструктивних параметрів і режимів роботи розпушувача при експериментальних дослідженнях.

За отриманою формулою (14) для n_k побудовано графік критичної частоти обертання ексцентрика, де є область коли рух ґрунтових агрегатів з кореневою системою буде відбуватись з відривом від поверхні розпушувача. Розрахунок виконано для вихідних даних: $v_r = 1,45$ м/с; $e = 0,019$ м; $\omega_1 = 34$ рад/с; $\alpha_p = 0,38$ рад; $l_g = 0,35$ м; $g = 9,81$ м/с² (прискорення вільного падіння).

Графік дозволяє визначати критичні оберти ексцентрика. Для раніше обраних вихідних параметрів: l_e , e , v_r потрібно визначити час початку відриву, який залежить від кількості коливань n й довжини розпушувача L . З початку, визначається час переміщення ґрунтових агрегатів розпушувачем після їх сходу зі скоби до скидання на дно борозни

$$T = \frac{L}{v_r}. \quad (15)$$

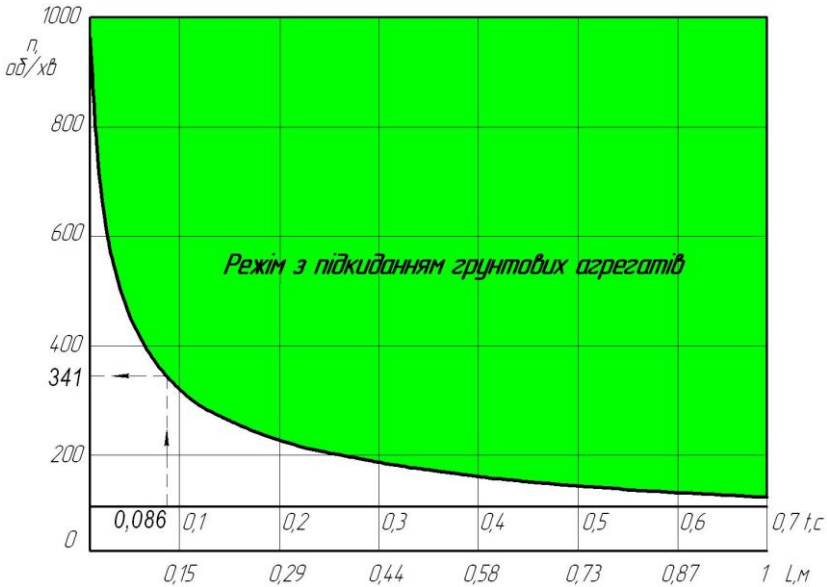


Рисунок 6 – Графік критичної частоти обертання ексцентрика за час взаємодії t та по довжині розпушувача L ($L=1$ м).

Далі, задавшись числом коливань розпушувача n за час T , визначаємо тривалість одного коливання

$$t_k = \frac{T}{n}. \quad (16)$$

Потрібно щоб відрив ґрунтових агрегатів почався за час більший половини першого періоду обертання ексцентрика, тому час відриву складе

$$t_e \geq \frac{t_k}{2} \quad (17)$$

Для $n = 4$ час відриву складе $t_e=0,086$ с., який відкладаємо на осі часу (див. рис. 6) і відбиваємо перпендикуляр до перетину з кривою графіка. Далі опускаємо перпендикуляр на ось обертів і отримуємо значення критичних обертів, яке дорівнює $n_k \approx 340$ об/хв. Для попередньої перевірки робочого органу плуга були проведені натурні функціональні випробування (рис. 7). Перевірка проводилась у третьому полі розсадника ТОВ «Блексі фрут компанії» (дворічні саджанці) на викопуванні саджанців яблуні Ред Чиф та брейбурн у встановлені терміни викопки (повне опадання листя).



Рисунок 7 – Викопування саджанців яблуні Ред Чиф у полі розсадника

Ставилось завдання перевірки функціональності робочого органа плуга за показниками якості виконання технологічного процесу викопування та вибірки саджанців на режимі роботи розпушувача з підкиданням, які були забезпечені числом обертів ексцентрика – 350 об/хв., ексцентриситетом – 0,019 м, довжиною розпушувача – 1 м, довжиною важеля – 0,35 м. Рух агрегату був 1,45 м / с (5,2 км / год.), кількість коливань розпушувача під час переміщення ґрунту з саджанцями дорівнювала чотири.



а)



б)

Рисунок 8 – Вимірювання зусиль на витягування саджанців(а)), коренева система саджанця Ред Чиф (б))

Програма й методика перевірки показників якості технологічного процесу складена з використанням положень ОСТ 70.16.1 – 86 «Машини и орудия для выкопки и выборки сеянцев и саженцев». Результати представлені за формою документа в таблиці.

Таблиця 1 – Показники якості виконання технологічного процесу викопувальним плугом

Найменування показника	Значення показника
1	2
Місце та дата випробувань	Розсадник 03.12.2013
Фон роботи	Поле розсадника
Режим роботи:	
- робоча швидкість руху, м/с	1,45
- робоча ширина захвату, м	0,55

Продовж. табл. 1

Глибина підкопування, см	
- встановлена	30
- фактична	32,6
- стандартне відхилення, \pm см	3,2
- коефіцієнт варіації, відсоток	5,3
Повнота викопування, відсоток-кількісна доля саджанців, які не викопані	-
Пошкодження саджанців, відсоток	
- підземної частини по видам	відсутнє
- надземної частини по видам	1,5
Зусилля на витягування саджанців з ґрунту, Н	50,7
Маса ґрунту, яка зв'язана з кореневою системою підкопаного саджанця, г	800
Забивання і налипання робочих органів, відсоток.	11,2
Шлях заглиблення робочих органів, м	1,2
Шлях виглиблення робочих органів, м	0,9

Попередні випробування показали, що активний розпушувач дозволяє підвищити розпушеність ґрунту, що проявилось в дотриманні оптимальних зусиль (50 Н) на витягуванні саджанців (рис. 7) і здійснити переміщення саджанця до поверхні поля та забезпечити показники якості кореневої системи саджанців які були досягнуті під час вирощування.

Висновки.

1. За результатами досліджень отримана залежність для визначення кінематичних режимів роботи розпушувача, за складовими якої можна провести оптимізацію:

- конструктивних параметрів: довжини важеля, довжини розпушувача, величини ексцентриситету;

- кінематичних параметрів: числа обертів ексцентрика, кількості коливань розпушувача за час взаємодії з ґрунтом та саджанцями.

2. Експериментальна перевірка роботи розпушувача на критичних обертах ексцентрика, встановлених за формулою (14)

дозволила отримати рух ґрунтових агрегатів по розпушувачу з підкиданням, що збільшило розпушеність ґрунту, яка дозволила забезпечити умови праці робітників, за величиною зусиль на витягуванні саджанців відповідно до нормативних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бледных В.С. Построение рабочей поверхности корпуса плуга на основе технологических требований/ В.С. Бледных, С.В. Олейников // Совершенствование методов использования сельскохозяйственной техники / Научн. труды ЧИМЭСХ. — Челябинск, 1984.— С. 82–85.

2. Бледных В.С. Тяговое сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.С. Бледных // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов / Сбор. научн. трудов. ЧИМЭСХ.— Челябинск, 1990.— С. 10–16.

3. Вопросы технологии механизации сельскохозяйственного производства /ЦНИИМиЭСХ Нечерноземной зоны СССР.— Минск.: Госиздат с -х . литературы БССР, 1963. — 263 с.

4. Кудринецкий Р.Б. Взаємодія двогранного клина з ґрунтом / Р.Б. Кудринецкий // Механізація та електрифікація сільського господарства.— Київ, 2001.— Вип. 85.—С.85–90.

5. Кольцов М.П. Тяговий опір коливального робочого органа викопувального плуга / М.П. Кольцов, О.І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 3.– С.156–160.

6. Рубцов М.О. Параметри коливального розпушувача - сепаратора / М.О. Рубцов, О.І. Матковський// Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3.– С.174 – 180.

BIBLIOGRAPHY

1. Blednyh V.S. Design of plow base working surface on basis of technological requirements / V.S. Blednyh, S.V. Oleinikov // Sovershenstvovanie metodov ispolzovaniya sel'skohozaistvennoy tekhniki / Nauchn. trudy ChIMESH. — Cheliabinsk, 1984.— S. 82–85.

2. Blednyh V.S. Draught resistance of tillage tool / V.S. Blednyh // Pochvoobrabatyvaushchie mashiny i dinamika

agregatov / Sbor. nauchn. trudov. ChIMESH.— Cheliabinsk, 1990.— S. 10–16.

3. Technology problems of farming mechanization /TsNIIMiESH Nechernozemnoy zony USSR.— Minsk.: Gosizdat s-h . literary BSSR, 1963. — 263 s.

4. Kudrinetskiy R.B. Interworking of two-sided cotter with soil / R.B. Kudrinetskiy // Mekhanizatsiya ta elekryfikatsiya sil'skogo gospodarstva.— Kyiv, 2001.— Vyp. 85.—S.85–90.

5. Kol'tsov M.P. Draught resistance of digger fluctuating working element / M.P. Kol'tsov, O.I. Matkovsky // Pratsi Tavriiskogo derzhavnogo agrotekhnologichnogo universytetu. — Melitopol: TDATU, 2013. — Vyp. 13, t. 3.— S.156–160.

6. Rubtsov M.O. Parameters of fluctuating scarifier-separator / M.O. Rubtsov, O.I. Matkovsky // Naukovy visnyk Tavriiskogo derzhavnogo agrotekhnologichnogo universytetu. — Melitopol: TDATU, 2012. — Vyp. 2, t. 3.— S.174–180.

DETERMINATION OF PARAMETERS AND MODES OF PLOUGH LIFTER FLUCTATIONS FOR NURSERY TRANSPLANTS EXCAVATION

O.G Karaiev, O.I Matkovsky

Summary

The technique for determining parameters of digger lifter to study the fluctuation modes during breaking up of soil with nursery transplant root system on field surface have been suggested. It was determined that breaking up of soil with nursery transplant root system would be sufficient if during nursery transplants excavation by worker the efforts on excavation not exceed the regulatory requirements. Such working conditions can be provided if working mode of lifter with throwing soil and nursery transplant root system is achieved.

Key words: digger, lifter parameters, fluctuation modes, excavation of nursery transplants.