УДК 631.312.021.3

О.В. Козаченко, проф., д-р техн. наук, О.М. Шкрегаль, доц., канд. техн. наук, В.С. Каденко, асп.
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна, vova_kadenko@mail.ru

Зміна форми леза ґрунтообробних знарядь при зношуванні

В статті розглянуто напрямки підвищення технічного рівня робочих органів ґрунтообробних знарядь, зокрема культиваторів для міжрядного та суцільного обробітку ґрунту. Визначено напрямки удосконалення і підвищення довговічності культиваторних лап при застосуванні локального зміцнення твердосплавними матеріалами, встановлено можливість формоутворення зубчастого леза при експлуатації.
ґрунтообробні знаряддя, лапа культиватора, ґрунт, зношування

О.В. Козаченко, проф., д-р техн. наук, О.М. Шкрегаль, доц., канд. техн. наук, В.С. Каденко, асп.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г.Харьков, Украина
Изменение формы лезвия почвообрабатывающих орудий при износе

В статье рассмотрены направления повышения технического уровня рабочих органов почвообрабатывающих орудий, в частности культиваторов для междурядной и сплошной обработки почвы. Определены направления совершенствования и повышения долговечности культиваторных лап при применении локального укрепления твердосплавными материалами, установлена возможность формообразования зубчатого лезвия при эксплуатации.
почвообрабатывающие орудия, лапа культиватора, почва, износ

Постановка проблеми. Технічний рівень сільськогосподарських машин і знарядь суттєво залежить від надійності і терміну служби робочих органів. Найбільше це відноситься до швидкозношуваних деталей ґрунтообробної техніки.

Найбільшу групу за різноманітністю конструктивного виконання робочих органів серед ґрунтообробної техніки складають культиватори для суцільного та міжрядного обробітку ґрунту. Враховуючи особливості умов експлуатації в абразивному середовищі, більшість робочих органів в результаті зношування втрачають початкову форму й працюють значну частину строку служби з погіршенням якісних показників та підвищених енерговитратах на виконання технологічного процесу (погане заглиблювання, нерівномірність ходу по глибині, збільшення тягового опору).

Останнім часом створена значна кількість технологічних процесів зміцнення і підвищення зносостійкості деталей, що засновані на різних фізичних принципах: термомеханічне оброблювання, плазмове наплавлення, термообробка та мікролегування поверхонь деталей тощо.

Найбільш поширеним способом підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних знарядь є застосування наплавлення робочих поверхонь твердосплавними матеріалами [1, 2, 3]. Враховуючи те, що більшість різальних поверхонь робочих органів виконують прямолінійними (лемеші плугів, лапи культиваторів та ін.), такий спосіб підвищення зносостійкості у зв'язку з незначною зміною конструкції є досить ефективним і недорогим.

© О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко, 2015

Одним перспективних напрямків досліджень процесів зношування ґрунтообробних знарядь є можливість керування характером зношування деталей таким чином, коли змінна геометрія робочої частини забезпечує при заданому ресурсі виконання вимог щодо якісних показників роботи. При цьому, зношування робочих органів суттєво залежить від значної кількості чинників, в тому числі від руху ґрунту по робочій поверхні , що вказує на можливість керування його зміною на ефективність процесу. Це робить можливим реалізацією виконання робочої поверхні, відмінної від прямолінійної форми. Такий підхід дозволяє змінювати силову взаємодію з оброблюваним ґрунтовим середовищем та формувати задані параметри робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження в напрямку підвищення ефективності ґрунтообробних знарядь вказують на перспективність керування якістю роботи та зношуванням зміною геометричних параметрів. Виконання робочої поверхні культиваторної лапи, що утворюється з двох площин запропоновано в [4,5]. В першому випадку реалізована змінна геометрія носка робочого органу, коли кут його розхилу має більше значення у порівнянні з кутом постановки крил. Дослідженнями [4] встановлено, що таке конструктивне виконання забезпечує уповільнення зношування лапи. При цьому збільшення кута розхилу носової частини зумовлює підвищений рівень забивання та збільшення тягового опору. Ці недоліки усуваються в [5] виконанням різальної крайки із змінним кутом, що збільшується по довжині леза. Такий підхід дозволив збільшити тангенціальний потік ґрунту по робочій поверхні та запобігти забивання рослинами бур'янів. При цьому вказані роботи не містять результатів порівняльних випробувань з серійними робочими органами культиваторів, що не дозволяє зробити висновки щодо їх зносостійкості.

Зменшення інтенсивності зношування крил культиваторних лап по площині забезпечується виконанням криволінійної поверхні підвищеної обтічності [6], що має конічну поверхню, напрямною якої є логарифмічна спіраль. В [7,8] запропоновано удосконалення профілю леза робочого органу культиватора, що має мінімальну енергоємність. При цьому забезпечується зменшення у 1,25…1,32 рази тягового опору за рахунок зміни силової взаємодії з ґрунтовим середовищем. Вказані роботи не містять результатів стосовно визначення зносостійкості робочих органів при взаємодії їх з ґрунтовим середовищем.

Суттєве підвищення ефективності робочих органів ґрунтообробних знарядь можливо за рахунок виконання зубчастої робочої поверхні. Запропоновані в [9] зубчасті робочі органи за рахунок зміни силового навантаження мають менший тяговий опір при русі в абразивному середовищі та підвищують якісні показники процесу. Зубчаста поверхня леза може утворюватися також при зношуванні [10,11,12,13]. Дослідженнями встановлено, що зубчаста поверхня утворюється як результат різної швидкості зношування основного і наплавленого матеріалів. Ця особливість зношування леза пояснюється теорією різання анізотропних матеріалів, руйнування яких відбувається не чітко в площині руху леза і з причини не зминання, а обтікання ґрунтовим середовищем ріжучої кромки робочого органу. При цьому локалізований об'єм ґрунту переміщується в зони відносно низького тиску, що зумовлено точковим зміцненням і прискореним зношуванням несучого шару металу [10]. При цьому зубчасте лезо знижує питомий тиск на ділянку леза та сприяє зменшенню лінійного зношування, що сприяє підвищенню зносостійкості та довговічності робочих органів.

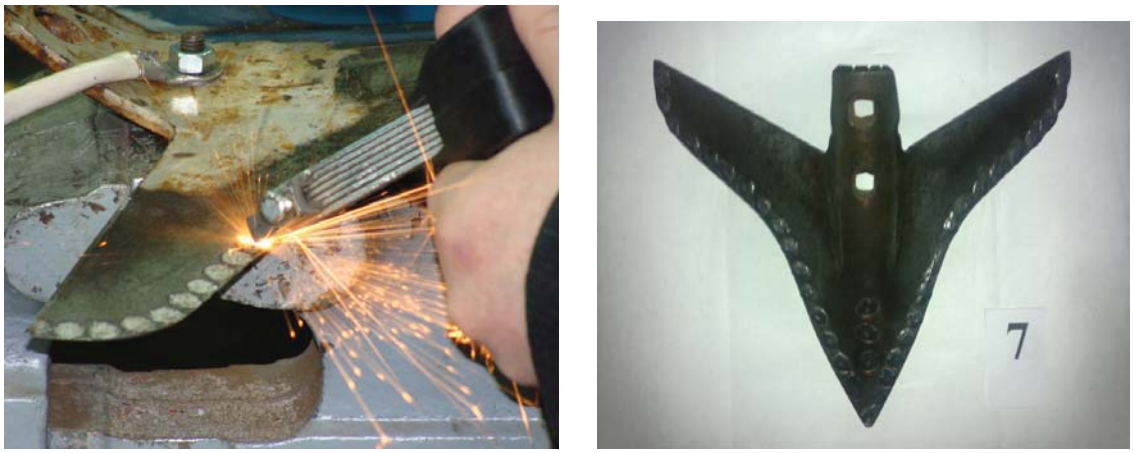
Виконаний аналіз літературних джерел вказує на переваги виконання робочих органів ґрунтообробних знарядь, що забезпечує формування зубчастої поверхні в процесі зношування.

Постановка завдання. Метою даної роботи є вивчення динаміки зношування робочих органів ґрунтообробних знарядь на прикладі лап культиваторів з криволінійною формою та оцінка впливу геометричних параметрів локального зміцнення леза при взаємодії з абразивним середовищем.

Виклад основного матеріалу. Важливими характеристиками локального зміцнення леза ґрунтообробних знарядь, в тому числі й лап культиваторів, є діаметр та розташування елементів по довжині леза [14]. В процесі абразивного зношування лезо приймає гладку зубчасту форму без гострих виступів, що сприяє підвищенню ефективності робочих органів.

В якості об'єкту дослідження прийнято робочі органи культиватора згідно [15] з характеристиками локального зміцнення l=d=10мм, тобто крок розташування елементів зміцнення дорівнював їх діаметру по довжині леза. Експериментальні робочі органи виконані з Ст 65Г та локально зміцнені за варіантами: 1 – електроерозійне легування (ЕЕЛ); 2 – наплавлення дротом Т-598. Локальне зміцнення методом ЕЕЛ виконували в Сумському національному аграрному університеті із застосуванням переносної установки «Елітрон 22А», яка дозволяє зміцнювати поверхні деталей на глибину до 0,12мм. Нанесення покриттів здійснювали на попередньо розмічені ділянки із заданим кроком (рис.1, а) за існуючою методикою [16]. В якості зміцнюючих матеріалів застосовано тверді сплави марок ВК8 та Т16К6. За першим варіантом отримано гладку поверхню з колами зміцнення (рис.1, а), а в другому – робочу поверхню з виступами над поверхнею деталі на 1,5…2,5мм. Наплавлення леза дротом Т-598 забезпечило отримання співвідношення твердості елементів локального зміцнення і основного матеріалу в межах 1,5:1, що зумовлює раціональну зносостійкість та самозагострювання леза робочих органів.

Експериментальні робочі органи встановлювали на культиватор для суцільного обробітку ґрунту КПС-4 в агрегаті з трактором МТЗ-82. Випробування проводили за наступних умов: грунт – чорнозем звичайний; вологість – в межах 22…24%, глибина обробітку 0,12м; робоча швидкість – 2…2,2м/с.



а) б)

а) – електроерозійне легування; б) – лапа наплавлена дротом Т598

Рисунок 1 – Загальний вид локально зміцнених робочих органів культиватора

Джерело: розроблено автором

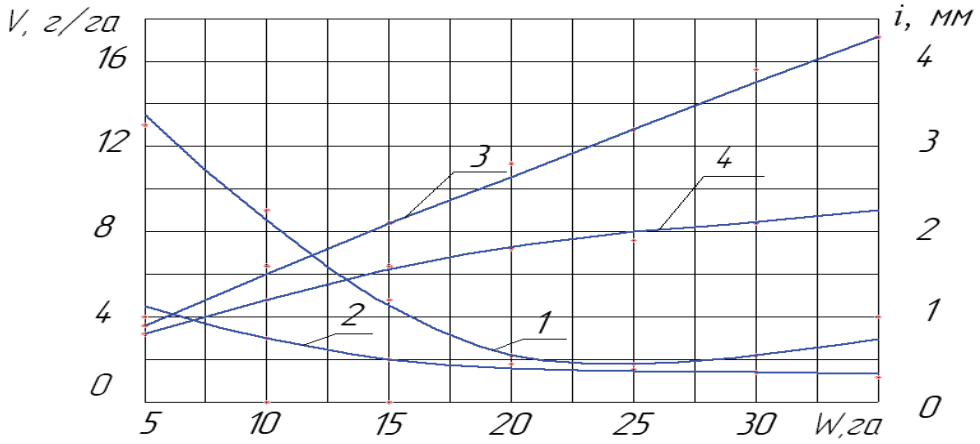
За результатами випробувань встановлена недоцільність застосування ЕЕЛ в якості зміцнюючих покриттів внаслідок незначної товщини нанесеного шару твердого сплаву. Його зношування спостерігалося до перших п'яти гектарів напрацювання культиваторного агрегату.

Аналіз досліджень робочих органів культиватора за другим варіантом вказують на різну інтенсивність зношування елементів деталі та інтенсивне утворення зубчастого профілю по довжині леза (рис.2). З рис.2 видно, що верхнє розташування елементів зміцнення при нижньому підрізані лапи забезпечує отримання зубчастої поверхні з плавними переходами між зубами та спостерігається ефект самозагострювання робочої поверхні.

Рисунок 2 – Загальний вид зносу експериментально лапи (вид знизу)

Джерело: розроблено автором

Результати порівняльних випробувань серійних стрілчастих лап культиватора шириною захвату 0,33м та експериментальних з криволінійною формою та локально зміцненим лезом вказують на суттєву відмінність динаміки їх зношування (рис.3). Найбільша інтенсивність масового зносу обох зразків робочих органів спостерігається в початковий період експлуатації в інтервалі напрацювання 0…15 га (залежності 1, 2). Після напрацювання 20 га цей показник стабілізується на рівні 3,0 г/га. Таку динаміку зміни вагового зносу дослідних робочих органів можна пояснити, в першу чергу, більшою обтічністю форми експериментального зразку лапи. Суттєва різниця для дослідних зразків спостерігається також в значеннях середнього лінійного зносу по довжині леза (залежності 3, 4). Характерним є уповільнення значення зносу експериментального робочого органу (залежність 4) після певного напрацювання, що можна пояснити утворенням зубчастого профілю леза та перерозподілом тиску ґрунту в зонах зубців та западин.



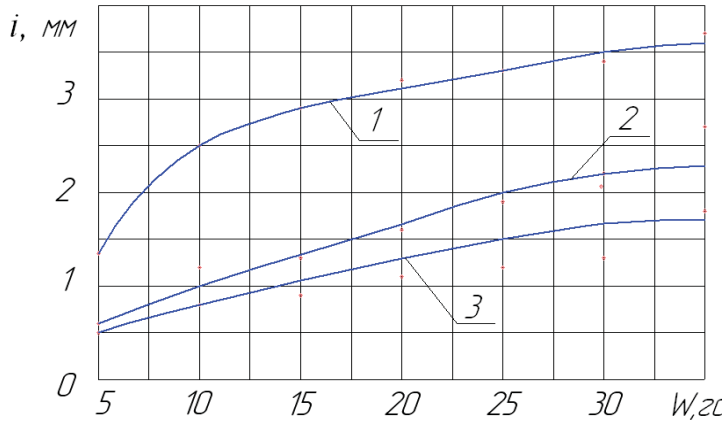
1,2 – ваговий знос, відповідно, серійної стрілчастої та експериментальної лап; 3,4 – середній лінійний знос по довжині леза, відповідно, серійної та експериментальної лапи

Рисунок 3 – Залежність зносу культиваторних лап за напрацюванням

Джерело: розроблено автором

Характерною особливістю експериментальної лапи [15] є те, що кожне крило виконано з двох спряжених ділянок із змінним кутом розхилу по довжині. Це спонукає розглядати особливості динамік кожної з них окремо з метою подальшого обґрунтування

раціональних параметрів робочих органів. На рис.4 представлені залежності зносу елементів (носок, перша та друга ділянки леза) експериментальної лапи за напрацюванням. Аналіз експериментальних даних вказує на характернице інтенсивне зношування носка лапи, особливо інтенсивне зношування відбувається на початку експлуатації до 10 га (залежність 1). Це пояснюється максимальним тиском ґрунту на носок робочого органу. Спостерігається різна інтенсивність зношування першої та другої ділянок лапи, що в першу чергу, пояснюється зміною значення динамічного напору ґрунту на різальну крайку леза з різним кутом розхилу [17].



1 – носок; 2 – перша ділянка; 3 – друга ділянка

Рисунок 4 – Залежності зносу елементів експериментальної лапи за напрацюванням
Джерело: розроблено автором

Отримані результати досліджень вказують на ефективність експериментальної лапи та доцільність подальшого пошуку способів підвищення рівностійкості зношування елементів робочих органів культиваторів. Як варіант вирішення цієї проблеми в напрямку оптимізації параметрів локального зміцнення та геометричних параметрів реалізовано в [18]. Крім того, необхідно зазначити, що збереження геометрії утвореного зубчастого леза лапи культиватора в горизонтальній площині можливо у випадку, коли форма зубу забезпечує рівномірний розподіл тиску в зоні контакту і зумовлює не тільки якісне руйнування оброблюваного шару ґрунту, але й зниження тягового опору.

Висновки:

1. Дослідження зношування робочих органів культиваторів з різними видами зміцнення вказує на доцільність застосування зубчастих різальних поверхонь, що можуть утворюватися в процесі експлуатації.

2. Для підвищення рівностійкості зношування культиваторних лап з криволінійною формою леза доцільно вести пошук в напрямку оптимальної форми зуба і геометричних параметрів леза та елементів локального зміцнення, що забезпечують рівномірний розподіл тиску в зоні контакту різального елементу з ґрунтом.

Список літератури

1. Аулін В.В. Зміна форми різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин в процесі зношування [Текст] /В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, О.Ю. Жулай // Праці Таврійської держ. аграрнотехн. академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип.40. – С. 5-11.
2. Демидко М.О. Визначення оптимального наробітку до відновлення культиваторних лап: Зб. наук. праць Укр.НДіПВТ ім. Л. Погорілого [Текст] / М.О. Демидко, С.І. Бондарєв, В.І. Власенко. – Дослідницьке, 2005. – Вип. 8(22), кн.2. – С. 281-287.

3. Сидоров С.А. Повышение ресурса почвообрабатывающих органов наплавочными сплавами [Текст] / С.А. Сидоров, А.И. Сидоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №9. – С. 20-22.
4. Подкатилов К.Е. Испытания самозатачивающихся лап культиваторов [Текст] / К.Е. Подкатилов // Трактора и сельхозмашины. – 1966. - №8. – С. 28-29.
5. Козаченко О.В. Дослідження стрілчастих лап культиватора удосконаленої форми [Текст] / О.В Козаченко, О.С. Вотченко //Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2005. – Вип.42. – С. 205-210.
6. Гаврильченко А.С. Особенности износа культиваторных лап с криволинейным лезвием [Текст] / А.С. Гаврильченко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2006. – Вип. 44. – т.2 – С. 34-38.
7. Козаченко О.В. Обґрунтування профілю леза лапи культиватора мінімальної енергоємності [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк // Агроінженерні дослідження: Вісник Львівського національного аграрного університету. – Львів : ЛНАУ, 2008. – Вип. 12, Т. 2. – С. 347–353.
8. Козаченко О.В. Теоретические исследования энергоемкости культиваторных лап [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Экология и сельскохозяйственная техника: Вестник СЗНИИМЭСХ. – Санкт-Петербург : СЗНИИМЭСХ, 2009. – С.211–217.
9. Плоскорез с зубчатыми рабочими органами [Текст] / Кушнарев А.С., Хохотва А.С., Дяченко М.Н. и др. // Земледелие, 1984. - №3. – С.62.
10. Клюенко В.Н. Универсальные самозатачивающиеся плужне лемехи повышенной износостойкости [Текст] / В.Н. Клюенко // Трактора и сельхозмашины. – 1989. - №9. – С. 38-41.
11. Кобець А.С. Исследование износа культиваторных лап, оснащенных элементами локального упрочнения рабочей поверхности [Текст] / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.Н. Пугач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2007. – Вип. 59.– Т.1 – С. 76-80.
12. Козаченко О.В. Вплив параметрів леза на довговічність лап культиваторів [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль**,** О.В. Блезнюк та інші // Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industri machinery – Lublin-Rzeszow, Poland, 2013. – Motrol. Vol.15, No 7 – С. 63-67**.**
13. Денисенко М. Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин [Текст] / М. Денисенко, А. Опальчук // Вісник ТНТУ. – 2011. – Спецвипуск . 4.2. – С. 201-210.
14. Козаченко О.В. Теоретичні передумови формування зубчастого леза при зношуванні лапи культиватора [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.С. Вотченко // Науковий вісник ЛНАУ: Технічні науки. – Луганськ, ЛНАУ, 2013. – №47. – С. 153-160.
15. Pat. 39713 Ukrayina, MPK A01V 35/00. Robochiy organ kultivatora / [Kozachenko O.V., Shkregal O.M., Bleznyuk O.V.]; zayavnik ta vlasnik HNTUSG Im. P. Vasilenka. – №u200811612; zayavl. 29.09.08; opubl.10.03.09, Byul. №5. – 3s.
16. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами: навчальний посібник / [Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Марцинковський В.С. та ін.]; за ред. проф. В.Б. Тарельника. – Суми: Університетська книга, 2011. – 189 с.
17. Козаченко О.В. Математичне моделювання взаємодії леза з ґрунтовим середовищем [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів №2 (1): Науковий журнал. - Харків, ХНТУСГ, 2014. – С. 86-91.
18. Пат.94680 Україна, МПК A01B 35/20. Робочий орган культиватора / [Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Блезннюк О.В., Каденко В.С., Манько В.В.] заявник та власник Козаченко О.В. - №201406241; заявл 05.06.2014; опубл. 25.11.14, Бюл.№22.
19. Козаченко О.В. Теоретичне обґрунтування параметрів культиваторної лапи [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк // Motorization and power industriy in agriculture. – Lublin, Poland, 2010. – Motrol. Tom 12B. – С. 130-134.

Oleksiy Kozachenko, Professor, Ph.D., Alexander Shkrohal, associate professor Ph.D., Volodimir Kadenko, post-graduate
Kharkov National Technical University of Agriculture Petro Vasilenko, Kharkiv, Ukraine

Changing the shape of the blade with wear tillage implements

The aim of this work is to study the dynamics of work wear tillage implements the example cultivators paws with curved shape and impact assessment geometrical parameters of local strengthening the interaction blade with an abrasive environment

In the article the ways of raising the technical level of the working bodies of tillage implements, including cultivators for inter-row cultivation and continuous. Directions improved and durability cultivators paws when using local hardening carbide materials The possibility of forming toothed blades during operation

Research deterioration of working with different types of cultivators strengthening indicates the feasibility of gear cutting surfaces can be formed during operation
cultivating tools, paw cultivator, soil deterioration

Одержано 22.10.15

УДК 631.356.02

В.М. Булгаков , проф., д-р техн. наук, академік НААН України, І.В. Головач , проф., д-р техн. наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
М.І. Черновол , проф., д-р техн. наук, чл.-кор. НААН
Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград, Україна

Теоретичні передумови дослідження коливань коренеплоду при його вібраційному викопуванні

В роботі проведені теоретичні дослідження поступальних коливань коренеплоду як твердого тіла у пружному середовищі разом з оточуючим ґрунтом, які надаються коренеплоду від вібраційного викопуючого робочого органу у повздовжньо-вертикальній площині. Складена система диференціальних рівнянь зазначеного коливального процесу, розв'язок якої дав можливості визначати амплітуди і частоти цих коливань, що забезпечують повне руйнування зв'язків коренеплоду з ґрунтом і створюють передумови для його остаточного вилучення.
коренеплід, вібраційний викопуючий робочий орган, поступальні коливання, частота, амплітуда, система диференційних рівнянь

В.М. Булгаков , проф., д-р техн. наук, академик НААН Украины, И.В. Головач , проф., д-р техн. наук
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина
М.И. Черновол , проф., д-р техн. наук, чл.-кор. НААН
Кировоградский национальный технический университет, Кировоград, Украина
Теоретические предпосылки исследования колебаний корнеплода при его вибрационном выкапывании

В работе проведены теоретические исследования поступательных колебаний корнеплода свеклы как твердого тела в упругой среде вместе с окружающей почвой, передающихся корнеплоду от вибрационного выкапывающего рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости. Составлена система дифференциальных уравнений указанного колебательного процесса, решение которой дало возможность определить амплитуды и частоты этих колебаний, обеспечивающие полное разрушение связей корнеплода с почвой и создающие предпосылки для его окончательного извлечения.
корнеплод, вибрационный выкапывающий рабочий орган, поступательные колебания, частота, амплитуда, система дифференциальных уравнений

Постановка проблеми. При вібраційному викопуванні цукрового буряку основну роль відіграють коливання, що надаються коренеплоду та оточуючому його ґрунту від викопуючих лемешів вібраційного робочого органу. Завдяки зазначеним коливанням відбувається інтенсивне розпушування ґрунту на глибині ходу робочого

© В.М. Булгаков, І.В. Головач, М.І. Черновол , 2015