



МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 62-868:631.17

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОСНОВНОМУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Булгаков В.М., д.т.н.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Свірень М.О., д.т.н.,

Кісільов Р.В., к.т.н.,

Орищенко С.Б., інж.,

Кіровоградський національний технічний університет

Лісовий І.О., к.т.н.,

Уманський національний університет садівництва

E-mail: vbulgakov@meta.ua

Анотація – в статті проведений аналіз літературних досліджень і наукових публікацій та запропоновано конструкції віброуючих робочих органів плугів для виконання основного обробітку ґрунту.

Ключові слова – основний обробіток ґрунту, вібрація, плуги, дослідження.

Постановка проблеми. Обробіток ґрунту є однією з найбільш енергоємних операцій в сучасному сільськогосподарському виробництві. Тому застосування тут вібраційних технологій може дати значний ефект. Вібраційна техніка і технологія радикальним чином відрізняється від традиційних прототипів. Часто прояви вібраційних процесів значно складніші і ширші, ніж можливості традиційної техніки. З одного боку, небажані, некеровані прояви вібрації можуть стати причиною аварій і катастроф, заподіяти шкоду здоров'ю людини. З іншого боку, застосування вібраційних методів у різних сферах людської діяльності відкриває великі перспективи прискорення технічного прогресу на якісно новій основі.

Застосування новітньої високоефективної техніки і обладнання при зменшенні металоємності та енерговитрат є однією з головних задач розвитку сучасного машинобудування. Але на цьому шляху існують обмеження продуктивності традиційних машин, коефіцієнт кори-

сної дії яких коливається у межах 0,19-0,38. Для створення машин більшої ефективності необхідно звертатися до нових принципів і технологій, у тому числі і вібраційних.

Аналіз останніх досліджень. Деякі відомості про характер і параметри коливань для вібраційних машин різного технологічного призначення, є в наукових виданнях, що присвячені вібраційній техніці та вібраційним технологіям [1 – 9].

Формулювання цілей статті. Метою статті є зменшення загальної величини тягового опору, тертя ковзання ґрунту по лемешно-полицевій поверхні та залипання робочих органів з використанням вібраційних принципів під час їх застосування.

Задачі. Застосування вібраційних процесів і технологій у сільськогосподарському і лісогосподарському виробництвах під час основного обробітку вимагає: підвищити коефіцієнт корисної дії, покращити якість виробничих процесів, механізувати і автоматизувати технологічні процеси, які досі вдавалося застосовувати на базі існуючих технологій.

Основна частина. Експериментально встановлено, що при використанні вібрацій в плугах значно зменшується тертя ковзання ґрунту по лемішу і полиці, що є основною складовою в загальній величині тягового опору. Зменшується також і залипання робочих органів. У зв'язку з цим останнім часом з'явилося багато конструкцій плугів з вібруючими робочими органами.

Розглянемо пристрій запобігання залипання поверхні плужного корпусу (рис. 1), який складається з електродвигуна 6 з вібратором (дебалансом) 10, що закріплений на валу 9 ротора; вібруючої полиці 4 із затискною пластиною 8 і пружних пластин 3.

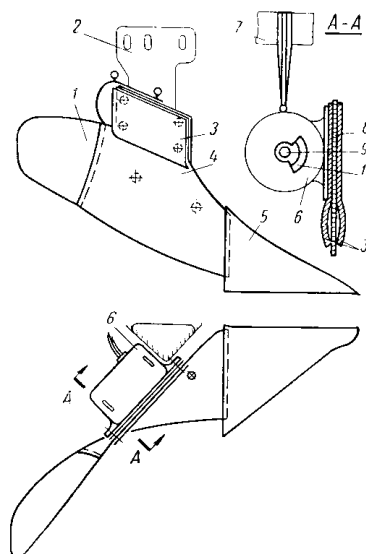


Рис. 1. Корпус плуга з пристроєм, що запобігає залипання лемешно-полицевої поверхні.

Вібрація від електродвигуна передається тільки частині полиці, яка найбільше схильна до залипання. Корпус і рама плуга ізольовані від коливань. На стійці 2 плужного корпусу нерухомо змонтовані леміш 5 і крило 1, а на Т-подібних болтах з овальними голівками встановлена полиця. Болти приварені до тильної сторони полиці і голівками входять у відповідні гнізда сідла стійки. Проміжок між поверхнею голівки болта і поверхнею гнізда повинен допускати коливання полиці на всіх напрямках з амплітудою 3-4 мм. Передня частина полиці заходить під край леміша на 6-10 мм, отже, проміжок в стику леміша з полицею не перешкоджає переходу пласта з леміша на полицю. Верхня кромка полиці 4 переходить в пластину 8, на яку з обох боків встановлюють пружні пластини 3. До пластин кріпиться електродвигун, який, крім того, за допомогою кронштейна сполучений із гряділем 7. На вал електродвигуна насаджений чавунний вібратор (дебаланс) 10, що обертається разом з валом і приварений до нього в трьох точках для запобігання від осьового зміщення. Вібратор виконаний у вигляді сектора і є нерівноваженою масою загальною вагою близько 1 кг, яка створює при обертанні відцентрове зусилля. Під впливом цього зусилля виникає вібрація (коливання) ротора, що передається на закріплену на шарнірах частину полиці.

В результаті експериментальних досліджень з'ясовано, що вібрації частотою 2800 коливань за хвилину при амплітуді 2-3 мм перешкоджають налипанню ґрунту [1].

Розглянемо тепер конструкцію вібраційного плужного корпусу з електромагнітним вібратором (рис. 2), що застосовується для тракторного плуга загального призначення.

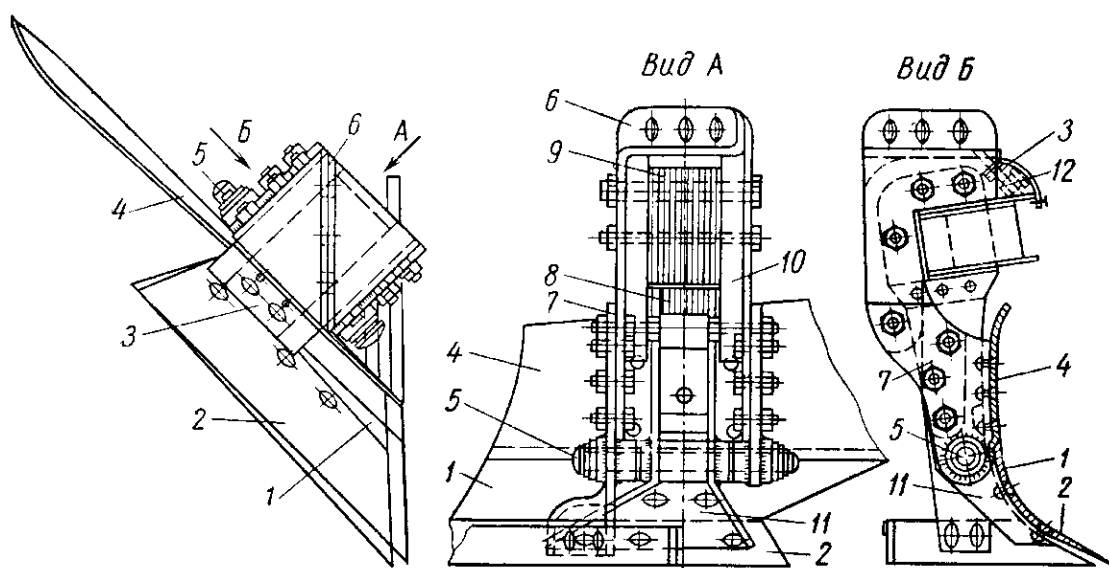


Рис. 2. Вібраційний плужний корпус з електромагнітним вібратором.



Полиця плуга розрізана по горизонтальній твірній циліндра приблизно на третину висоти від стику з лемішем. Нижня частина полиці 1 з лемішем 2 жорстко закріплена на важелі 11, який одночасно є важелем віброелемента, що сполучає його з якорем 8 вібратора. Стійку корпусу плуга замінено двома деталями: кронштейном 6 вібратора і кронштейном 7 верхньої частини полиці, які жорстко з'єднані між собою болтовим з'єднанням. Важіль 11 віброелемента встановлюють на осі 5 таким чином, щоб рухома частина полиці з лемішем і нерухома частина полиці склали нормальний корпус плуга. До верхньої частини кронштейна 6 вібратора приєднано за допомогою діамантної рамки 10 електромагніт 9 вібратора. Увесь корпус кріпиться до рами плуга за допомогою кронштейна вібратора. Проміжок між площиною якоря і сердечником електромагніту повинен складати 1,5 мм, в цих же межах встановлюється проміжок між віссю 5 і гніздами шарнірного кріплення важеля 11. При включенні електромагніту коливання якоря створюють коливання віброелемента (частини полиці з лемішем) в напрямку перпендикулярно поверхні лемеша.

Принцип роботи вібраційного корпусу полягає в наступному. Імпульси струму подаються на котушку електромагніту вібратора, примушуючи притягуватися якір разом із рухливою частиною робочого органу з частотою близько 50 коливань у секунду. В період відсутності імпульсів струму під дією реакції ґрунту якір віджимається. Отримані коливання рухливої частини робочого органу спрямовані по нормалі до леза лемеша. Випробування плужного корпусу проводились на чорноземних ґрунтах щільністю $25-35 \text{ кг/см}^2$. Плуг агрегувався з трактором типу Т-75. Глибина оранки коливалась в межах 18-20 см. Отримані експериментальні данні показали, що при підвищенні швидкості оранки ефект вібрації робочих органів підвищувався.

Заслужують уваги також дві конструкції плугів загального призначення з гідравлічним напівавтоматичним та автоматичним налаштуванням вібраторів. Конструкція цих плугів розроблена на базі плуга ПН-3-35. Стійка кожного корпусу тут розрізана на дві частини, які шарнірно з'єднані між собою. Верхня частина стійки приєднана до рами плуга, а нижня зв'язана з нею шарніром, який розташований нижче за умовний центр опору корпусу. Зміщення шарніра від центру опору повинне забезпечити необхідну силу для автоматичного регулювання режимів вібрацій [1].

Для утворення коливань плуг обладнаний тригвинтовим гідравлічним насосом-вібратором, гідромотором і гідроциліндрами, які встановлені на плужному корпусі.

На принциповій схемі вібраційного плуга з напівавтоматичним налаштуванням гідравлічного вібратора, представлено (рис. 3): 1 – рухома частина корпусу плуга; 2 – гідроциліндр із поршнем; 3 – нерухо-

ма частина стійки корпусу плуга; 4 – дросель для регулювання подачі масла в насос-вібратор; 5 – насос-вібратор; 6 – сполучна муфта; 7 – дросель для регулювання числа обертів гідромотора; 8 – лопатевий масляний насос; 9 – редуктор; 10 – гідромотор; 11 – масляний бак (на тракторі).

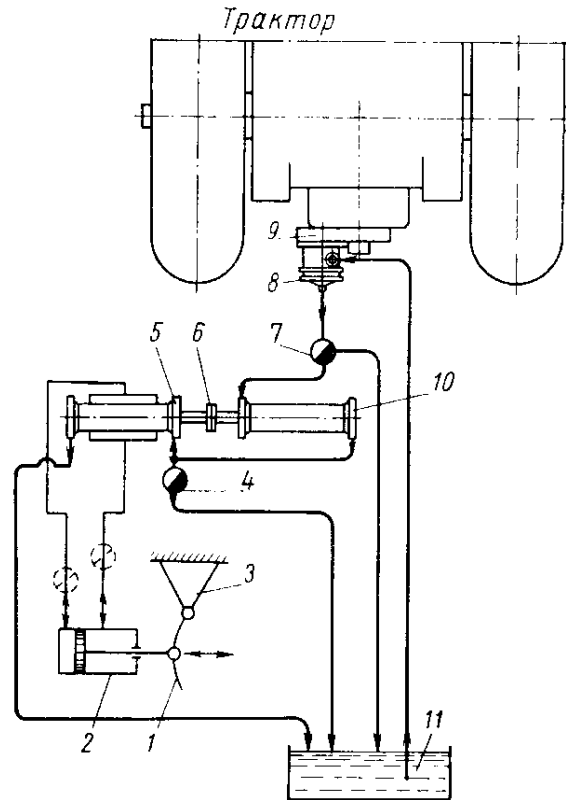


Рис. 3. Принципова схема вібраційного плуга з напівавтоматичним налаштуванням гідравлічного вібратора.

Система збудження коливань діє таким чином. Від трактора через редуктор 9 приводиться в обертання лопатевий насос 8, який через дросель 7 подає масло з бака 11 до гвинтового гідромотора 10. Гідромотор сполучений муфтою 6 з насосом-вібратором 5. Масло з гідромотора 10 по шлангу подається в насос-вібратор 5. За кожен оберт ведучого гвинта насоса-вібратора по маслопроводу подається два імпульси штоку гідроциліндра 2. Шток гідроциліндра приводить у дію нижню (рухливу) частину корпусу плуга. З насоса-вібратора через дросель 4 масло частково зливається в масляний бак.

Вібраційний плуг з автоматичним налаштуванням вібраторів відрізняється тим, що вібратори встановлені на кожному корпусі і автоматизація подачі імпульсів здійснюється за допомогою золотника з дроселем.

Заводські випробування вібраційних плугів з гідравлічними вібраторами показали, що гідравлічні гвинтові вібратори забезпечують збудження коливань з частотою 6000-9000 коливань за хвилину. Про-



те отримати розрахункову амплітуду коливань робочого органу дуже важко, оскільки вібрації масла гасяться, проходячи по маслопроводах. Тому треба продовжувати роботу по удосконаленню конструкцій гідравлічних вібраторів з автоматичним настроюванням.

Наведемо ще одну елементарну схему автоматичного налаштування вібрацій плужного корпусу на оптимальний режим. Для цього розглянемо конструкцію плужного корпусу з ексцентриковим вібратором та приводом від мотоциклетного двигуна. Вібраційний плужний корпус даної конструкції виготовлено із стандартного плужного корпусу з циліндричною робочою поверхнею. У нижній частині стійки корпусу є шарнір, навколо якого вібує ця частина з лемешем і полицею. Плужний корпус 1 навішується на спеціальну тензометричну чотириланкову навісну систему.

Для надання коливань корпусу на рухливій платформі 3 встановлений ексцентриковий вібратор 6, який за допомогою троса з'єднаний з рухомою частиною корпусу.

Привод вібратора здійснюється від мотоциклетного двигуна, у якого автоматично регулюється відкриття дросельної заслінки. Обертальний момент передається від валу двигуна до валу ексцентрикового вібратора 1, а від нього через трос 2 (рис. 4) важелю 3, який закріплений на нижній частині плужного корпусу, викликаючи її коливання навколо шарніра. Натяг троса 2 регулюється зміною положення гайки 4 на гвинті 5. Застосування гнучкої ланки для передачі коливань у вібраційних пристроях полегшує умови пуску і дозволяє регулювати переміщення рухомої платформи 3 (рис. 4), зв'язаної з системою налаштування вібратора на оптимальний режим. При цьому налаштування вібратора здійснюють таким чином: спочатку зміною натягу троса регулюють амплітуду коливань, після того, як амплітуда встановлена, підтягують пружину, що розташована під нерухою платформою, потім гідравлічний амортизатор 4 з'єднують з дросельною заслінкою двигуна. Таким чином, зміна опору ґрунту автоматично викликає збільшення або зменшення частоти вібрації.

Вібраційний плужний корпус з приводом від мотоциклетного двигуна і механічним вібратором був випробуваний в польових умовах на легких суглинних ґрунтах. Проведені випробування показали, що розроблена система автоматичного регулювання режимів вібрації за допомогою дросельної заслінки двигуна і зворотного зв'язку працювала задовільно, при збільшенні навантаження забезпечувала зміну числа оборотів двигуна і відповідно частоти коливань. Було з'ясовано, що із збільшенням навантаження збільшується частота коливань, але зменшується амплітуда.

Розглянемо ще одну конструкцію плужного корпусу, який іпіншого опору ґрунту (рис. 5).

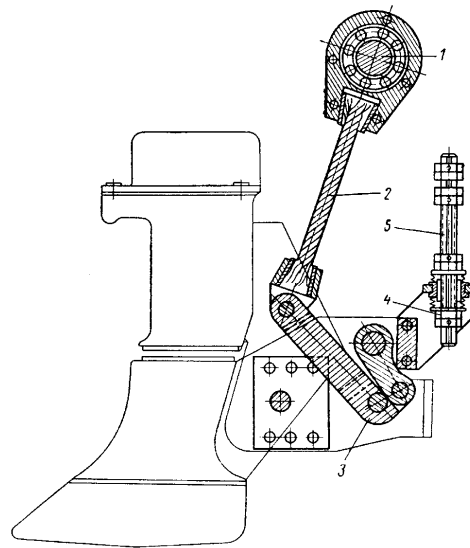


Рис. 4. Корпус плуга з гнучкою ланкою для передачі коливань.

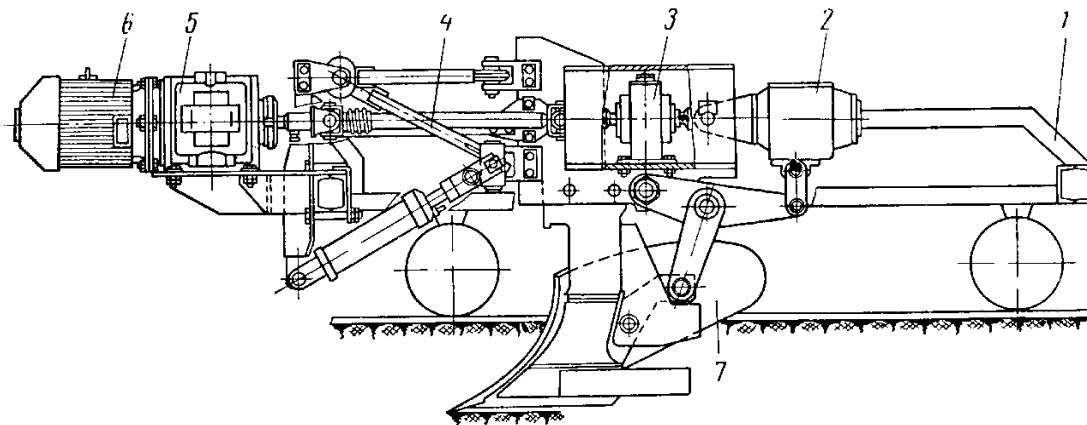


Рис. 5. Плуг з автоматичним налаштуванням на оптимальний режим вібрації.

Даний вібраційний плужний корпус складається з наступних вузлів: рами 1 зі стійкою плуга, що може бути встановлена на самохідному візку або начіплена на трактор; шарнірно підвішеного до стійки вібраційного лемеша 7 з полицею; важільного передаточного механізму 4; дебалансового вібратора 2 з направленими коливаннями (рис. 6); редуктора 3 для синхронізації обертання дебалансів вібратора; електродвигуна 6 та безступінчастого фрикційного варіатора 5, який дозволяє змінювати число обертів в межах 1500- 6000 за хвилину; системи управління варіатором електричної або гідравлічної (рис. 7); власне оптимізуючого пристрою, що дає сигнали на систему управління варіатора (рис. 8).

Система оптимального регулювання з гідроприводом представлена окремо та складається з привода важеля варіатора 1, розподільника 2 і оптимізатора 3 (рис. 7).

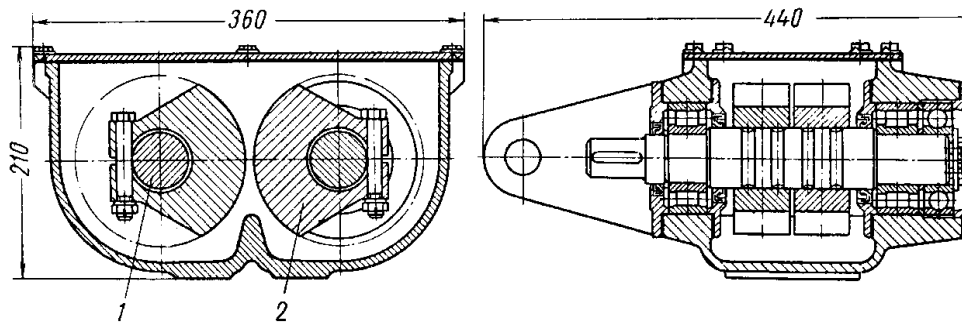


Рис. 6. Дебалансовий вібратор з направленими коливаннями.

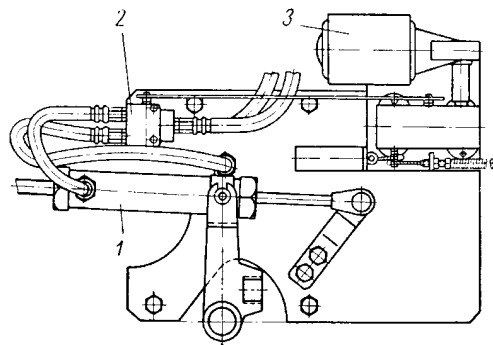


Рис. 7. Система управління приводами.

Основні конструктивні елементи оптимізатора (рис. 8): кришка 1, корпус 2, уловлювач 3.

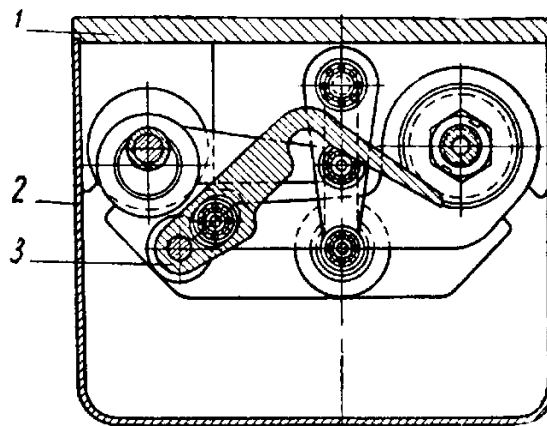


Рис. 8. Оптимізатор коливань.

Привод варіатора здійснюється від трактора через проміжний редуктор або безпосередньо від електродвигуна змінного струму ($n = 2800 \text{ об/хв}$).

Збурювальна сила вібратора може регулюватись не тільки за рахунок зміни числа обертів, але і за рахунок зміни ексцентрицитету дебаланса.

Польові випробування вібраційного плужного корпусу проводилися на причіпному чотирикорпусному плузі. Принцип роботи вібраційного плужного корпусу з автоматичним налаштуванням на оптимальний режим залежно від питомого опору ґрунту полягає в наступному. Опір, що діє на корпус, через систему важелів викликає стискання пружини оптимізатора. В результаті перемикальний важіль повертає храповик до замикання контакту. При замиканні контакту включається реверсивний двигун, який управляє важелем варіатора. При зміні опору корпусу реверсивний двигун міняє напрям обертання, змінюючи тим самим, кількість обертів вібратора і тим самим підтримує оптимальні параметри вібрації [1].

Польові дослідження даних пристроїв показали наступне. Основні принципи використання вібрацій з метою зниження тягового опору ґрунтообробних знарядь і обґрунтування оптимальних режимів підтвердилися. Зокрема підтвердилося, що ефективність вібрацій тим вища, чим більша частота і амплітуда вимушених коливань, менша поступальна швидкість і вищий питомий опір ґрунту.

На легких і середніх ґрунтах тяговий опір зменшується на 20-30%, а на особливо важких – більше ніж на 50% (при оптимальних режимах вібрації).

Удосконалюючи систему управління режимами вібрації залежно від питомого опору ґрунту, було розроблено схему плужного корпусу з електромагнітним вібратором і перемикальним пристроєм з кремнієвими керованими вентилями (рис. 9).

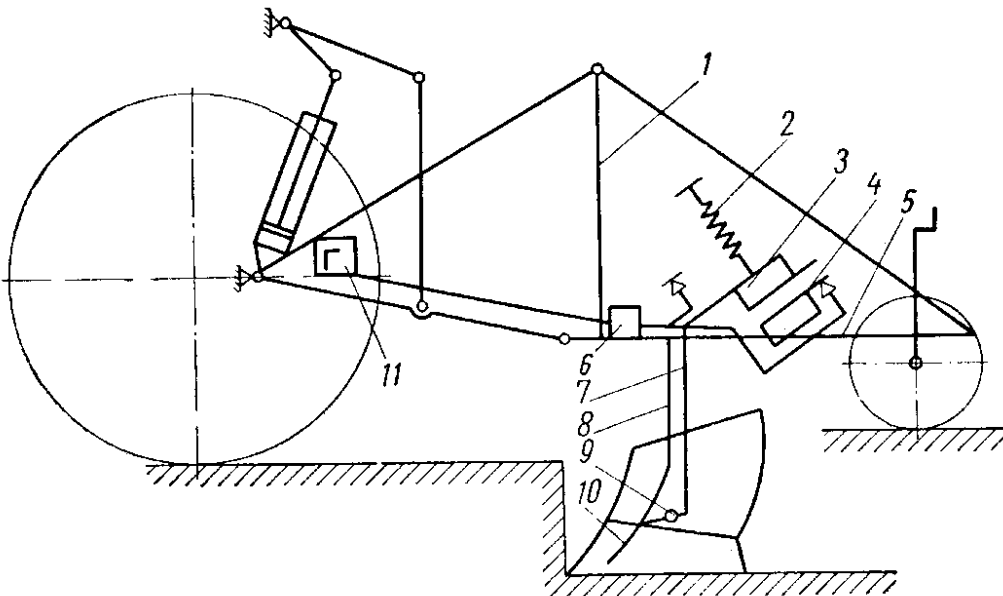


Рис. 9. Плуг з електромагнітним вібратором.

Вібраційний плужний корпус складається з рами 5; навісного пристрою 1; електромагніту 3; генератора 11; перемикального пристрою 6; нерухомої 8 верхньої частини стійки і рухомої 10, з якою



з'єднані леміш і полиця; вісі шарніра 9, який через важіль і пружину з'єднаний з електромагнітом. Шарнір розташований вище за умовний центр опору корпусу так, щоб сумарна сила діючих на корпус зусиль через важіль 7 і пружину 2 передавалася на магніт 3, викликаючи його спрацьовування.

При роботі плуга в ґрунті зусилля, що діє на корпус, зростає, викликаючи розтягування пружини 2. Внаслідок цього відбувається замикання контакту і сердечник магніту притягується. У наступний момент магніт вимикається і сердечник відходить від вимикаючого контакту 4. Потім процес повторюється. Перемикальний пристрій забезпечує автоматичне включення і виключення електромагніту. Параметри магніту можна розрахувати так, щоб імпульси подавалися в моменти сколювання ґрунту.

Закінчуючи огляд робіт із створення вібраційних плугів і культиваторів, необхідно відмітити наступне. Усі описані конструкції плугів і культиваторів слід розглядати не як машини, рекомендовані для застосування у виробництві, а як макети знарядь з вібруючими робочими органами, на яких можна здійснити перевірку різних режимів вібрації і вибрати тип вібратора. На даному етапі розвитку конструкцій вібраційних плугів головним завданням є створення системи регулювання вібрацій, що автоматично налаштовуються на оптимальний режим залежно від питомого опору ґрунту і швидкості знарядь.

Висновки. Вібраційні технології надають можливість досягти суттєвої інтенсифікації існуючих технологічних процесів і розробити нові способи обробки матеріалів та середовищ, знизити енерговитрати і покращити якість обробки, а також досягти нового рівня механізації і автоматизації ручної праці.

Подальші дослідження цієї галузі зможуть привести до нових ефективних технічних рішень, які забезпечать високу якість, інтенсивність технологічного процесу та сприятимуть розв'язанню проблем екологічно чистих технологій.

Література

1. Вібраційні машини сільськогосподарського виробництва: Монографія. / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, І.П. Паламарчук, В.В. Дрига, О.М. Черниш, В.В. Яременко. – Кіровоград: КОД, 2012. – 512 с.
2. Головач І.В. Мінімально допустима частота коливань вібраційного викопуючого робочого органу / І.В. Головач, І.П. Паламарчук, М.О. Свірень // Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях". – : Вінниця – №4(68), 2012. – С. 35 – 41.
3. М.О. Свірень Визначення умов захвату коренеплоду при вібраційному викопуванні / М.О. Свірень // Всеукраїнський науково-



технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях". – : Вінниця – №4(68), 2012. – С. 75 – 83.

4. Бауман В.А., Выховский И.И. Вибрационные процессы в строительстве / В.А. Бауман, И.И. Выховский. – М.: Высшая школа, 1977. – 255 с.

5. Вайнкоф Я.Ф., Квитко А.К. Вибрационная техника на вспомогательных транспортных операциях / Я.Ф. Вайнкоф, А.К. Квитко. – М.: Машиностроение, 1964. – 270 с.

6. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. Т.4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. З.З. Лавендела. 1981. – 509 с.

7. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник / Под редакцией В.А. Баумана и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 548 с.

8. Гончаревич И.Ф. Динамика вибрационного транспортирования / И.Ф. Гончаревич. – М.: Наука, 1972. – 244 с.

9. Повидайло В.А. Вибрационные устройства в машиностроении / В.А. Повидайло, Р.И. Силин, В.А. Шигель. – К.: Машигиз, 1962. – 111 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

В.М. Булгаков, Н.А. Свирень, Р.В. Кисилёв, С.Б. Орищенко,
И.А. Лисовый

Аннотация - в статье проведенный анализ литературных исследований и научных публикаций, предложены конструкции вибрирующих рабочих органов плугов для выполнения основной обработки почвы.

RESEARCH OF VIBRATION PROCESSES AT THE MAIN PROCESSING OF THE SOIL

V. Bulgakov, M. Sviren, R. Kisilov, S. Orischenko, I. Lisovoi

Summary

In article the carried-out analysis of literary researches and scientific publications designs of the vibrating working bodies of plows for performance are offered the main processing of the soil.