**Місків Вадим Зіновійович. Обгрунтування конструктивних параметрів голчастих робочих органів для додаткового кришення грунту в складі комбінованих знарядь: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровоградський національний технічний ун-т. - Кіровоград, 2004**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Місків В.З. Обгрунтування конструктивних параметрів голчастих робочих органів для додаткового кришення грунту в складі комбінованих знарядь. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград, 2004.  Дисертація присвячена питанням додаткового обробітку грунту в складі комбінованих знарядь. Містить теоретичні дослідження кінематики та динаміки голчастого робочого органа. Отримана функція, яка описує зміну швидкості розповсюдження хвилі енергії в грунті при проникненні в нього робочого органа (голки). Також було знайдено вираз, який визначає кількість енергії, що передається ґрунту при контакті голки з ним. Обґрунтована маса секції голчастих робочих органів, яка забезпечує необхідний мінімальний питомий тиск на одиницю ширини захвату в залежності від фізико-механічних властивостей грунтів, що обробляються. Запропонована оригінальна конструкція голчастого робочого органа. Обґрунтовано його параметри і режими роботи.  Викладено методику та порядок проведення досліджень. Визначена техніко-економічна ефективність від впровадження голчастих робочих органів в складі комбінованих знарядь у виробництво. | |
| |  | | --- | | 1.Перспективним напрямком підвищення якості основного безполицевого обробітку грунту є використання в складі комбінованих знарядь голчастих робочих органів для додаткового кришення поверхневого шару грунту.  2.На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень установлено, що найбільш прийнятним для проведення додаткового поверхневого кришення грунту є голчастий барабан з тупим кутом входження голок в ґрунт.  3.На основі аналітично отриманих залежностей між конструктивними параметрами голчастих робочих органів та фізико-механічними властивостями ґрунту установлено, що необхідна кількість голок на дискові збільшується, а відстань між площинами суміжних дисків зменшується зі збільшенням глибини обробітку (вирази 11,12).  4. Маса секції голчастих робочих органів, яка забезпечує необхідний мінімальний питомий тиск на одиницю ширини захвату збільшується із підвищенням щільності ґрунту в межах передбачених виразом (18).  5.Інтенсивність порушення усталених у ґрунті зв’язків визначається швидкістю поступального (а разом з тим – обертального) руху диску, розміщенням голки на диску від яких залежить періодичність (частість) впливових імпульсів та гострота “пікових” зон “сплеску” рушійної хвилі.  6.Раціональні конструктивні параметри дисків секції голчастих робочих органів для використання їх в складі комбінованих знарядь повинні лежати в межах:  Рис. 1. Розрахункова схема.  *;*(3)*.*(4)  Відповідно рівняння для визначення модуля швидкості та прискорення можна записати у наступному вигляді:  ; (5)  . (6)  Згідно формули (5) та її графічної інтерпретації (рис. 2), абсолютна швидкість кінця зміщеної голки дещо відмінна від швидкості відповідної точки незміщеної голки – не знижується до нуля у нижній точці траєкторії руху і дещо більша максимального значення швидкості незміщеної голки у верхній точці.  Рис. 2. Абсолютні швидкості кінців незміщеної (нижня лінія) і зміщеної голки (верхня лінія).  Умовою початку та кінця взаємодії робочого органу з поверхневим шаром ґрунту є рівність *y(t)=h*, де *h* – товщина шару ґрунту, що взаємодіє з робочим органом.  Визначаємо точки входження голки у грунт та виходу її із ґрунту:  Після нескладних перетворень довжина ділянки контакту робочого органу з поверхневою частиною ґрунту складає:  . (7)  Площа контакту голки з ґрунтом (у повздовжньому перерізі) описується диференційним рівнянням, але для спрощення подальших розрахунків конструктивних параметрів голчастого робочого органа її можна виразити наближено як площу трикутника з основою довжиною і висотою *y(t)=h* :  . (8)  Аналіз графіків, на яких зображено залежність площі контакту від таких параметрів як радіус диску, глибина занурення голки у грунт, зміщення робочого органу відносно центру диску (рис.3), переконливо засвідчує, що найбільш впливовою характеристикою є відстань *D* на яку зміщено робочий орган. Характерними з цього приводу є дві обставини: по-перше, цей параметр можна оптимізувати (на рисунку чітко проглядається точка максимуму); по-друге, оптимум зміщено у область від’ємних значень *D*, тобто конструктивно голка має бути закріплена нижче центра обертання.  а) залежність від *r*  б) залежність від *h*с) залежність від *D*  Рис.3. Залежність площі S контакту голки з ґрунтом від параметрів r, h, D.  Після обробки результатів досліджень на ЕОМ нами були отримані криві, які описують співвідношення агрегатних часток в ґрунті, обробленім комбінованим ґрунтообробним знаряддям як без застосування секцій голчастих робочих органів так і з їх застосуванням. Наведені криві апроксимовані (рис.8).  Рис.8. Співвідношення агрегатних часток в ґрунті обробленім комбінованим знаряддям для основного безполицевого обробітку ґрунту:  - без застосування секцій голчастих робочих органів;  - із застосування секцій голчастих робочих органів.  За результатами досліджень також було побудовано криві, що описують залежність між питомим тяговим опором комбінованого ґрунтообробного знаряддя та глибиною обробітку (рис.9).  Рис.9. Залежність питомого тягового опору ґрунтообробного знаряддя від зміни глибини обробітку ґрунту:  - без застосування секцій голчастих робочих органів;  із застосування секцій голчастих робочих органів.  Аналізуючи отримані експериментальні дані та графіки на рис.9. можна зробити висновок: при введенні в конструкцію ґрунтообробного знаряддя секцій голчастих робочих органів його тяговий опір зростає. При обробітку ґрунту на загальну глибину 22...24 см., що відповідає агротехнічним вимогам до основного безполицевого обробітку ґрунту секції голчастих робочих органів підвищують тяговий опір знаряддя на 12...13 %.  Порівнявши експериментальні дані про якісні та енергетичні показники роботи ґрунтообробного знаряддя при застосуванні секцій голчастих робочих органів та без них можна зробити висновок про доцільність застосування в складі знаряддя для основного безполицевого обробітку ґрунту секції голчастих робочих органів для додаткового обробітку ґрунту. При їх застосуванні спостерігається підвищення якісного показника роботи комбінованого ґрунтообробного знаряддя на 29%. Вміст  Після обробки даних на ЕОМ нами отримано наступне рівняння регресії:  (22)  Його аналіз проведено за допомогою поверхні відгуку (рис.8). З рівнянь (20) та (22) було складено систему рівнянь і оброблено її на ЕОМ з наступними умовами . В результаті було отримано наступні значення:  при см та м/с  Рис.8. Залежність питомого тягового опору секції голчастих робочих органів від зміщення голок від радіального напрямку.  Аналогічно було отримано рівняння регресії та поверхні відгуку для залежності якісного показника обробітку грунту та питомого тяговго опору секції голчастих робочих органів від радіуса секції та її питомого тиску на одиницю ширини захвату. Після обробки їх на ЕОМ з наступними умовами було отримано наступні значення:  при м та м/с.  при та м/с.  З метою перевірки працездатності розробленого голчастого барабана та впливу на якісний та енергетичний показник обробітку ґрунту нами були проведені польові дослідження комбінованого знаряддя для основного безполицевого обробітку ґрунту. Агрофон поля був максимально однорідним. Попередник - багаторічні трави. Досліди проводилися на чорноземі глибокому середньосуглинистому, середньогумусному з наступними показниками: вологість в шарі 0...10 см становила 18.8 %, а в шарі ґрунту 10...20 см – 22.4 %; твердість ґрунту відповідно становила 1.98 та 2.55 МПа.  Постільки довжина ділянки контакту робочого органу з поверхневою частиною ґрунту визначена, можна поставити задачу стосовно кількості голок, які мають бути установлені на диску. Кожною голкою при коченні диску охоплюється ділянка довжиною *x(t1)-x(t2)*. Без ковзання і буксування за один оберт диск прокочується на відстань *2pr*. Отже, маємо співвідношення:  . (9)  де - кількість голок на дискові.  Кожна голка з радіусом *rг*, заглиблюючись у грунт на глибину *h*, викликає деформацію сколення ґрунту під кутом *Q*, обумовлюючи його зміщення з коефіцієнтом *К*.  Враховуючи зону перекриття *b0=0.1b* та вважаючи, що сколення гіпотетично має трикутну форму, розраховуємо відстань між площинами суміжних дисків, де закріплені голки:  , (10)  де - ширина ділянки ґрунту, обробленого однією голкою, м.  Диски мають охоплювати обробітком ґрунту ділянку шириною *L* і позначивши кількість дисків –*і*, маємо співвідношення для визначення їх кількості:  . (11)  Виходячи з досліджень Ветрова Ю.А. і Баландинського В.Л. і припускаючи що в зоні стиснення ґрунту його щільність практично постійна побудовані спрощені диференційні рівняння які описують зміну стану ґрунту під дією динамічних навантажень:  ; (12)  . (13)  Враховуючи співвідношення (3-5), після підстановки і рішення диференційних рівнянь отримана функція, яка описує зміну швидкості розповсюдження хвилі енергії в грунті при проникненні в нього робочого органа (голки):  . (14)  Рис.4. Графік зміни швидкості розповсюдження хвилі енергії. що виникає при проникненні робочого органа в ґрунт.  Згідно даних, отриманих моделюванням на ПЕОМ, де швидкість розповсюдження хвилі енергії в грунті *u* залежить не лише від параметрів часу *t* і відстані *x*, але і від конструктивних та експлуатаційних параметрів *v, r, D* (*u=u(t,v,r,D)*) (рис.4.), з’ясовано наступне:  Геометрична інтерпретація рівняння регресії (20) побудована за результатами розрахунків у вигляді поверхні відгуку та контурних ліній представлена на рис. 7  Рис.7. Залежність якісного показника обробітку ґрунту секцією голчастих робочих органів від зміщення голок від радіального напрямку.  З побудованого графіку можна зробити наступні висновки:  з підвищенням швидкості роботи агрегату якісний показник підвищується, але досить незначно;  в діапазоні відхилення голок від радіального напрямку від -5 до -7 см спостерігається екстремум, що підтверджує результати наших теоретичних досліджень. Тому можна признати, що значення раціонального відхилення голок від радіального напрямку згідно наведеного графіка може знаходитися в межах -5 - -7 см;  Отримані в результаті обробки експериментальних даних значення питомого опору секції голчастих робочих органів на переміщення його в ґрунті в залежності від відхилення голок від радіального напрямку *D* при різних значення швидкості агрегату також було опрацьовано і у відповідності з матрицею планування експерименту було отримане наступне рівняння регресії:  . (21)  Було проведено перевірку на адекватність та відтворюваність. Перевірка підтверджує, що отримана модель адекватна процесу і може бути описана поліномом другого ступеня.  Визначення якісного показника обробітку грунту проводилися у відповідності до ГОСТ 20915-75 “Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний” та ОСТ 70.4.2.-80 “Испытания сельскохозяйственной техники. Машини и орудия для основной обработки почвы”.  Визначення тягового опору та швидкості агрегатування пропонованого голчастого робочого органу проводилося за допомогою пристрою для дослідження параметрів функціонування робочих органів грунтообробних машин (рис.6)**.**  Рис.6. Пристрій для дослідження параметрів функціонування ґрунтообробних робочих органів.  Визначення тягового опору комбінованого грунтообробного знаряддя для основного безполицевого обробітку грунту проводилося із застосуванням стандартної тензолабораторії на базі трактора ХТЗ-120.  **В четвертому розділі**“Результати та аналіз експериментальних досліджень секції голчастих робочих органів” наведені основні результати експериментальних досліджень.  Отримані в результаті обробки експериментальних даних значення ступеня кришення ґрунту в залежності від відхилення голок від радіального напрямку *D* при різних значення швидкості агрегату було внесено у матрицю планування експерименту. Після розрахунків нами було отримане наступне рівняння регресії:  . (19)  Було проведено перевірку на адекватність та відтворюваність. Перевірка підтверджує, що отримана модель адекватна процесу і може бути описана поліномом другого ступеня.  Після обробки отриманих експериментальних даних в пакеті прикладних програм Statistika 5.01 нами було отримано наступне рівняння регресії:  . (20)  при незначних швидкостях поступального руху диску (*v=1 м/с),*„сплески” на графіку швидкості хвилі майже не спостерігаються, при збільшенні швидкості поступального руху диску*(v=1.5, 2, 2.5 м/с)*як кількість „сплесків” так і їх амплітуда збільшується;  після нанесення імпульсу у момент початку робочого органу з ґрунтом виникає хвиля енергії, швидкість якої зменшується по мірі віддалення від точки контакту голки з ґрунтом;  хвиля “затухає”, але затухання, яке носить в цілому експоненційний характер, супроводжується “сплесками”, характерними для хвилеподібних процесів;  інтервал між “сплесками” визначається переважно значенням радіуса диску: із його збільшенням (*r=0.2, 0.3 м*) відповідно збільшується інтервал між черговими “сплесками”;  характер зміни швидкості хвилі у зоні “сплеску” визначається переважно величиною зміщення голки відносно вісі обертання: із збільшенням величини зміщення (*D=0, 0.1 м*) гострота піку у зоні “сплеску” згладжується (“пікова” частина хвилі стає більш пологою).  З’ясоване дозволяє сформулювати висновок, який стосується якісного опису процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом: якщо припустити, що характер руйнувань структури ґрунту визначається хвилею, що виникає при контакті голки з поверхневим шаром ґрунту (а іншими припущеннями важко пояснити, як при нульовому куті атаки робочого органу, при відсутності ефектів ковзання та буксування, при наявності лише точкового впливу голки на грунт у ньому можуть відбуватися суттєві структурні зрушення), то інтенсивність руйнування усталених у ґрунті зв’язків визначається швидкістю поступального (а разом з тим – обертального) руху диску, величиною радіусу диску, від якої залежить періодичність (частість) впливових імпульсів, розміщенням голки на диску, зокрема величиною її зміщення відносно вісі обертання диску, від якої залежить гострота пікових зон “сплеску” рушійної хвилі.  Динамічні навантаження супроводжуються передачею енергії величиною *E* від робочого органу до ґрунту. У ґрунті вона витрачається на пластичну деформацію, яка призводить до зміни взаємного положення складових часток ґрунту у межах збереження його цілісності, та на створення нових поверхонь ґрунту внаслідок руйнувань його цілісної структури .  Повертаючись до отриманих нами раніше результатів (формули (5), (6), (10), та інші), нами було знайдено формулу, яка визначає кількість енергії, що передається грунту при контакті голки з ним:  (15)  Аналізуємо залежність між величиною енергії, що витрачається на структурно-деформаційні зрушення ґрунту, та експлуатаційними і конструктивними параметрами робочого органу можна зробити наступні висновки:  - залежність *Е* від величини радіусу диску *r* при різних значеннях швидкості поступального руху *v*, зміщення голки відносно вісі обертання *D* та глибини  проникнення голки у грунт *h* засвідчує чітку тенденцію до збільшення *Е* при збільшенні *r* та наявність особливостей такої тенденції - при інших рівних умовах пропорції збільшення енергії еквівалентні пропорціям збільшення швидкості поступального руху; кількість енергії із збільшенням відстані голки від вісі обертання збільшується не пропорційно, інтенсивніше зростає у міру її збільшення; кількість енергії із збільшенням глибини проникнення голки у грунт збільшується також непропорційно - до певної глибини зростання менш інтенсивно, із збільшенням глибини проникнення зростання стає більш інтенсивним.  - залежність *Е* від поступальної швидкості переміщення диску над поверхнею грунту *v* при різних значеннях радіусу диску *r*, зміщення голки відносно вісі обертання *D* та глибини проникнення голки у грунт *h* засвідчує загальну тенденцію до збільшення *Е* при збільшенні *v* та наявність особливостей такої тенденції - при інших рівних умовах пропорції збільшення енергії не пропорційні збільшенню радіусу диску, збільшенню відстані голки від вісі обертання; найбільш інтенсивно кількість енергії збільшується із збільшенням глибини проникнення голки у грунт.  -залежність *Е* від величини зміщення голки відносно вісі обертання диску D при різних значеннях радіусу диску *r*, швидкості поступального руху *v*, та глибини проникнення голки у грунт *h* засвідчує аналогічну тенденцію до збільшення *Е* при збільшенні D. Характерна особливість такої тенденції - при інших рівних умовах пропорції збільшення енергії менш суттєве для співвідношень між радіусом диску і зміщенням, суттєве збільшення кількості енергії спостерігається при збільшенні швидкості поступального руху та збільшенні глибини проникнення голки у грунт.  - залежність *Е* від глибини проникнення голки у грунт *h* при різних значеннях радіусу диску *r*, швидкості поступального руху *v* та зміщення голки відносно вісі обертання D засвідчує тенденцію до збільшення *Е* при збільшенні *h*. Найбільш суттєвим є реагування *Е* на варіації швидкості поступального руху *v*.  Для визначення маси секції голчастих робочих органів виходимо з уявлення її конструкції, як послідовності закріплених на одній вісі обертання голчастих дисків у формі блоків так, що у кожному блоці закріплено *N* голок під кутом *a* між суміжними голками у площині руху голчастого робочого органа, суміжні блоки розміщені на відстані *bд* один від одного. На суміжних блоках розміщення голок здійснено із зміщенням на кут *b* відносно розміщення відповідної голки іншого диску, усього на робочому органі таких блоків *M*(рис.5).  Рис. 5. Схема розміщення голок на суміжних блоках секції голчастих робочих органів.  Повна поверхня площі контакту голок секції голчастих робочих органів з ґрунтом:  . (16)  де *rг* – радіус голки, кількість голок *і* = 1,2,..,М; кількість блоків *j*=1,2,..,N; *x* - кут між прямою, перпендикулярною поверхні ґрунту і прямою, якою визначено напрям орієнтації голки, яка взаємодіє з ґрунтом і визначається як *x=arccos(1-h/r)*  Виходячи з уявлення про грунт як середовище, що деформується, можна записати рівняння:  . (17)  де:  *I* – щільність грунту;  *G* – маса секції голчастих робочих органів:;  динамічна деформація: .  Виходячи з забезпечення мінімального питомого тиску на одиницю ширини захвату маса секції голчастих робочих органів визначається залежністю:  (18)  Таким чином, за умов експлуатації секції голчастих робочих органів у складі 10 блоків по 8 голок у кожному, при радіусі кочення 20 см, для розпушення ґрунту на глибину 10 см у ґрунтах з масовою щільністю І=1100 кг/м3 та динамічною деформацією eД=0,096 його розрахункова маса має бути 69 кг.  **В третьому розділі** “Програма та методика експериментальних досліджень” описано застосовану апаратуру, устаткування та обладнання, що використовувались при виконанні дослідів, а також програму і методику досліджень. | |