

УДК 629.113

ХОДОВІ СИСТЕМИ СУЧАСНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

В. І. Ачкевич*, С. В. Чуба**

e-mail: achkevychv@gmail.com, hotabuchua@gmail.com

*Національний університет біоресурсів і природокористування України

м. Київ, вул. Героїв оборони, 15, 03041, Україна

**Національний авіаційний університет

м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1, 03058, Україна

Економічна ефективність у сучасному сільському господарстві зумовлює використання великого, важкого обладнання, що, у свою чергу, може спричинити ущільнення не тільки поверхневих ґрунтів, але й глибших підповерхневих ґрунтів. Проблема поступово загострюється й набуває велетенських масштабів. Незалежно від типу ґрунтів — чорноземи чи пісчани — недосконалі агротехнології стають причиною переущільнення.

Внаслідок підвищення щільності, а відповідно і твердості ґрунту, знижується рівень життєдіяльності мікрофлори родючого шару ґрунту, що значною мірою позначається на втратах врожаю приблизно в 20–30%. Крім того, внаслідок переущільнення ґрунту, підвищується перевитрата пального на 10 – 15 %. Установлено, що після проходу важких колісних і гусеничних машин змінюється структура ґрунту: збільшується кількість грудок крупніших 10 мм на 15–20%. Така зміна структури відбувається до глибини 30–60 см (залежно від маси трактора, кратності проходів по одному сліду, типу та стану ґрунту). Крім того, різко збільшується число часток менше 0,25 мм, тобто відбувається розпилення ґрунту після проходу машин. Проходи коліс важких машинно-тракторних агрегатів по розпушеному та зволоженому ґрунту особливо несприятливі. Зруйнована структура ґрунту не відновлюється повністю навіть протягом року, внаслідок чого сильно ущільнений ґрунт із часом деградує.

Інтенсивне ведення сільського господарства призводить до підвищення кількості заходів, пов'язаних з роботою машино-тракторних агрегатів у полі. Під час роботи машинно-тракторних агрегатів відбувається контактна взаємодія рушії з ґрунтом. При взаємодії спостерігається деформування та ущільнення ґрунту, що негативно впливає на зміну його структури. Для зменшення негативного впливу на ґрунт необхідно виконувати правильний вибір ходових систем та їх режимів роботи в залежності від відповідних ґрунтових умов та компонування машинно-тракторних агрегатів.

Виконано аналіз основних тенденцій розвитку рушій машинно-тракторних агрегатів, проаналізовано суть конструктивних напрямків розвитку сучасних ходових систем, визначено переваги та недоліки.

Ключові слова: ходові системи, колісні рушії, машинно-тракторний агрегат, ґрунт, маса трактора.

Постановка проблеми

Спосіб і глибина обробітку ґрунту залежать, передусім, від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей сільськогосподарських культур і забур'яненості та носять зональний характер. За недостатнього природного зволоження в сухих степах України при вирощуванні багатьох культур ґрунт варто обробляти безполицевими знаряддями, а за достатнього, надмірного перевага віддається обробітку ґрунту з обертанням на повну глибину орного шару. Аналіз систем технологій і машин для обробітку ґрунту дозволяє ознайомитися й отримати орієнтацію у тенденціях розвитку техніки і напрямках доцільного використання орних земельних угідь для різних конкретно-господарських умов, специфічних для місцевості ґрунту та клімату. При цьому, першочерговим при виборі технології обробітку ґрунту є економічні показники, а не екологічні наслідки.

Не розуміння пагубного впливу на родючий шар ґрунту призводить до погіршення його фізико-механічної структури, і як наслідок зниження урожайності вирощуваних культур. Наслідки негативного впливу на ґрунт важко ігнорувати, адже вони досить суттєві:

- порушення структури ґрунту з руйнуванням ґрунтових пор, збільшенням твердості та щільності орного шару з наступним брилуванням, що значно підвищує затрати на проведення обробітку;

- порушення циркуляції води та повітря всередині ґрунтових шарів;

- порушення терморегуляції ґрунту, дослідним шляхом було встановлено, що переущільнений ґрунт швидше й сильніше прогрівається, а також швидше охолоджується; коливання температур протягом доби будуть більш значними та різкими, що негативно впливає на рослини;

- знижується вологозабезпечення рослин, аерація, погіршуються деякі важливі біологічні процеси; через порушення процесів аерації значно знижується доступність азоту та марганцю, які є життєво необхідними для рослини елементами;

- порушується процес випаровування вологи, рух вологи в нижні шари ґрунту обмежується, через що вона накопичується у верхньому шарі та спричиняє кисневе голодування коренів рослин, порушення волого обміну є причиною утворення на полях так званих «озер»;

- відбувається пригнічення та порушення росту коренів рослин, тому коренева система здебільшого формується неправильно та часто є недорозвиненою.

Як бачимо, наслідки переущільнення ґрунтів можуть стати фатальними як для вирощуваної культури, так, у майбутньому, і для самої ріллі.

Розвиток технічного забезпечення сільського господарства іде шляхом застосування широкозахватних агрегатів, застосування яких вимагає реалізації досить великої потужності колісними рушіями. Досить часто для реалізації необхідної потужності застосовують додаткові баластні маси, що призводить до збільшення питомих тисків у зоні контакту колеса з ґрунтом, як наслідок відбувається збільшення ущільнення ґрунту. Ущільнення ґрунту призводить до руйнування його структури та негативних наслідків у вигляді зниження врожайності сільськогосподарських культур [1, 2]. Механічний вплив рушіїв на ґрунт не можна розглядати тільки як ущільнювальний, бо водночас відбувається інтенсивне руйнування ґрунтової структури під впливом буксування. У гусеничних тракторів граничне буксування не перевищує 6–8%, тоді як за номінального тягового зусилля в колісних тракторів граничне буксування може досягати 25–30%, при цьому трактор із колісними рушіями витрачає на деформацію ґрунту і буксування понад 47% потужності двигуна [3, 4]. Ефективним способом підвищення тягово-зчпних якостей, зменшення питомого тиску на ґрунт і поліпшення прохідності трактора є збільшення площі контакту рушіїв із ґрунтом шляхом застосування широкопрофільних шин напівгусеничного ходу та здвоєних коліс.

Зміна геометричних параметрів рушіїв, з метою збільшення плями контакту для

покращення зчеплення з опорною поверхнею, приводить до зменшенню буксування привідного колеса та негативної дії на ґрунт. Найбільш ефективним можна вважати комплексний підхід, що полягає у підборі необхідної маси трактора та сучасної шини, з точки зору мінімізації негативного впливу на ґрунт. Усі вказані способи спрямовані на збільшення площі контакту шини з ґрунтом, що на пряму впливає на зниження питомого тиску рушіїв на нього.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета досліджень – виконати аналіз існуючих рушіїв сільськогосподарських агрегатів та визначити перспективні напрямки подальшого розвитку сучасних ходових систем. Основні завдання – проаналізувати переваги та недоліки сучасних рушіїв сільськогосподарської техніки, визначити тенденцію розвитку сучасних ходових систем. Дослідження виконані на основі аналізу літературних та технічних джерел інформації стосовно конструкцій ходових систем та їх впливу на показники родючого шару ґрунту.

Результати досліджень

Питання вибору трактора чи комбайна для будь-якого господарства залишається актуальним. Дія ходових систем тракторів на ґрунт залежить від типу рушія (гусеничний, колісний) і маси трактора. При роботі тракторів МТЗ-80, ДТ-75М, Т-70С ущільнювальна дія поширюється на глибину до 45 см, Т-150К і К-700 – на 50–70 см. Іноді ущільнення від дії ходових систем тракторів Т-150К і К-700 поширюється на глибину 1–1,2 м. При цьому, істотно збільшується об'ємна маса орного і підорного шарів, досягаючи 1,35–1,45 г/см³, зменшується загальна пористість на 23–25%. У багатьох ґрунтово-кліматичних зонах щільність будови ґрунту не самовідновлюється і в наступні роки [3].

Перед придбанням трактора рекомендується максимально точно визначити конкретні умови в залежності від професійного напрямку господарства, кліматичної зони та економічної складової, в яких техніка буде працювати протягом тривалого часу.

Ущільнення, в першу чергу, залежить від вологості ґрунту та від тиску рушія на ґрунт. При однаковому тиску в колесі, в залежності від вологості, ущільнення в сухому ґрунті буде меншим на 10–15 % у порівнянні із середньою

вологістю. В перезволоженому ґрунті ущільнення поширюється швидше і може бути на 15–20 % у порівнянні з ґрунтом середньої вологості. Тому ранній вихід тракторів в поле потребує досконалого аналізу.

Використання різних типорозмірів шин та тисків у шинах також має вирішальне значення на ущільнення при обробі ґрунту (рис. 1). Особливо в овочівництві, де використання широких шин досить обмежене.

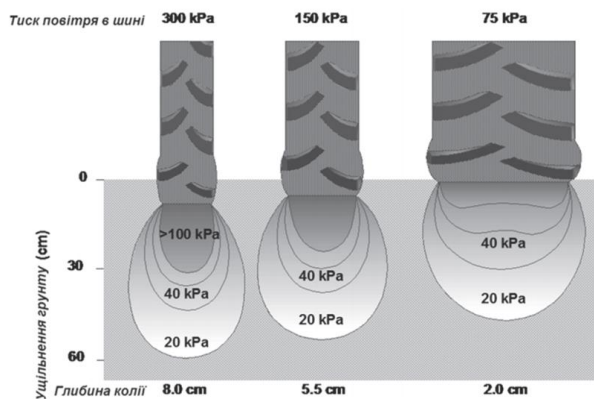


Рис 1. Деформація ґрунту під дією колісних ходових систем

На ринку сучасної сільськогосподарської техніки у виробника є досить широкий вибір та виникає складне питання вибору типу рушія при придбанні техніки. Одним із важливих критерієм вибору між колісним чи гусеничним рушієм є тягове зусилля, що може створити трактор. У сучасному аграрному комплексі України гусеничні трактори посідають поки що доволі скромне місце. На ділі такі трактори застосовуються переважно в Агрохолдингах чи великих господарствах, де береться до уваги фактор ущільнення ґрунту. Хоча об'єктивно використання гусеничних тракторів не є вирішенням проблеми протидії ущільненню ґрунту і дане питання залишається доволі дискусійним. Перевести ж парк техніки господарства цілковито на гусеничні траки – задоволення не найдешевше і не завжди доцільне, з економічної точки зору.

Колісні трактора найбільш розповсюджені, та мають об'єктів ні переваги:

- оперативність, швидкість руху може досягати 50 км /год.;
- можливість пересуватися по дорогах загального призначення;
- менші витрати на поточний ремонт.

Основний недоліком є переущільнення ґрунту. Найперспективніший спосіб підвищення переваг колісних рушіїв без значної зміни конструкції трактора — використання здвоєних коліс. Завдяки збільшеній площі контакту шин підвищується сила зчеплення рушіїв із ґрунтом, поліпшуються тягові якості навіть за несприятливих погодних умов та під час виконання ранньовесняних польових робіт, у результаті чого зменшується ґрунтове ущільнення. Додаткові колеса дають змогу знизити тиск у шинах, а відповідно, — і питомий тиск на ґрунт. Багато відомих компаній намагаються вирішити ці проблеми шляхом збільшення кількості осей, шириною шини та технічним рішенням щодо шини.

Гусеничні трактори поділяються на напівгусеничні та гусеничні. До переваг гусеничних рушіїв слід віднести, що сумарна площа гусеничних тракторів у порівнянні з аналогічним показником колісного трактора є більшою у середньому на 40–60%. Відповідно, меншим є тиск на ґрунт багатотонної машини і, як результат, знижується показник ущільнення. Головними перевагами є здатність заходити раніше в поле на початку сезону та максимально довгий час залишатися в полі в кінці сезону. У поєднанні широкозахватним посівним агрегатом, спроможним проводити посів зернових чи технічних культур у перезволожений ґрунт, трактор із гусеничним або напівгусеничним рушієм здатен виконати більше корисної роботи.

Відповідно, переваги гусеничних машин коротко окреслюються таким чином: зростання продуктивності роботи, зниження ущільнень ґрунту, певна економія пального та можливість працювати на вологому ґрунті.

Втім, є у них і серйозні недоліки, які витікають із конструктивних особливостей усіх видів сільськогосподарської техніки на гусеничному ході.

Перший – це висока вартість гусеничних траків, яка помітно перевищує аналогічний показник придбання якісних гумових коліс. За різними даними різниця в вартості складає 10 – 20 %. Додаймо до цього ще й той фактор, що гумові гусениці внаслідок тих чи інших причин можуть бути схильними до швидкого зношування, а отже, і до незапланованих витрат. Другий — неможливість швидко виконувати переїзди поміж полями, розташованими далі, ніж

декілька кілометрів, власним ходом. Це також стосується швидкого зношування гусеничних траків, а тому такий трактор слід використовувати в господарстві з великою площею земель де немає великих переїздів поміж полями, або ж тримати спеціальний транспорт для перевезення. Третій незначний недолік – це незадовільна маневреність окремих моделей гусеничних тракторів, яка створює проблеми під час агрегування. На розворотах машина може нагортати цілі гребені, що зведуть нанівець усю виконану роботу на краях поля. Ця проблема в принципі, вирішується переходом тракторів з двома траками на чотири тракові.

Аналіз тракторного парку показує, що середній трактор, який використовується в сільському господарстві при вазі трактора 5–6 тонн, тисне на ґрунт у межах 3–5 т/м², в залежності від типу шин та структури ґрунту.

При збільшенні кількості коліс на осях трактора, тиск на ґрунт зменшується, але при цьому збільшуються габарити трактора, що ускладнює пересування по дорогах. Збільшення кількості осей до 3 чи 4 дає такий самих ефект зниження тиску на ґрунт при збереженні ширини трактора.

Використання різних моделей шин також зменшує тиск на ґрунт, так, наприклад, колісні трактори, обладнані радіальними шинами, забезпечують менший (на 20–25%) [1], у порівнянні з діагональними, тиск на ґрунт і мають вищу прохідність під час роботи на м'яких ґрунтах, але мають м'яку бічну поверхню шини, що є недоліком. А зниження тиску повітря від 0,18 до 0,08 мПа в шинах 16,9R30 засвідчило, що максимальний тиск на ґрунт знижується на 33% [1]. У зв'язку з тим, що нормальні навантаження на колеса трактора змінюються в широких межах, а трактори працюють на ґрунтах із різною структурою та різних кліматичних зонах, рівень тиску повітря в шинах рекомендується заводом-виробником із деяким запасом, що унеможливило перевищення деформацій понад допустимі межі.

Відома компанія Goodyear пропонують на вибір широкі шини з низьким тиском на ґрунт. Так при ширині шини 1000 мм площа опору шини становить 4980 см², а при ширині шини 1400 мм площа опору становить 7260 см².

Модернізація та покращення якості сільськогосподарських шин призводить до появи

цікавих рішень, що поєднують переваги гусеничних та колісних тракторів.

Чеська компанія Mitas [5, 6] та ізраїльська Galileo wheel розробили різні моделі шин, які поєднують в собі основні переваги гусеничного та колісного рушія.

Цікавим рішенням є розробка двокамерної шини Mitas AirCell, що дозволяє регулювати тиск в шинах у залежності від виду робіт чи режиму руху трактора (рис. 2). Повітряна камера розташована на ободі всередині шини і займає близько 30% загального обсягу шини. Компанія стверджує, що повітряна камера не стикається з самою шиною, і тому не створює додаткового тертя або нагрівання. Принцип роботи та керування: оператор із кабіни трактора на панелі управління 1 вибирає необхідний тиск у шинах в залежності від наступного:

- структури ґрунту: легкий, середній та важкий ґрунт;
- вологості ґрунту: низька вологість, середня та висока вологість;
- розміру шин;
- наявності та ваги баласту;
- операції обробки: культивация, оранка, глибоке рихлення.

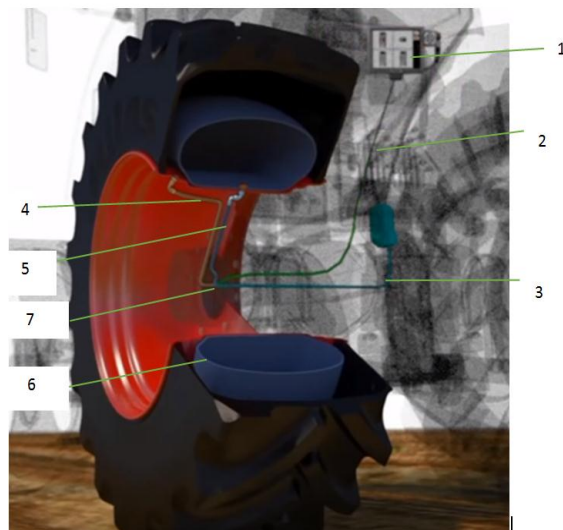


Рис 2. Загальна конструкція сучасної агротехнологічної шини Mitas AirCell

1 – панель управління оператором; 2 – кабель; 3 – лінія підкачки коліс з компресором; 4 – лінія підкачки в зовнішню шину; 5 – лінія підкачки у внутрішню камеру; 6 – внутрішня камера; 7 – чотирьохходовий кран з клапаном випуску повітря.

В залежності від встановлених даних сигнал передається через кабель 2 до чотирьохходового крана 7, далі за необхідності через лінію підкачки 3 повітря нагнітається по лініях підкачки 4 та 5 в зовнішню шину чи у внутрішню камеру. За необхідності зменшення тиску повітря стравлюється через клапан. Тиск в шинах може варіюватися в межах від 0,8 атм при роботі в полі до 2 атм на дорозі. За рахунок наявності незалежних компресорів на кожному колесі час накачки коліс становить 30–35 сек [4]. В аналогічних системах підкачки з одним компресором в системі час підкачки становить в межах 10 хв, що різко збільшує час простою транспортного засобу. Такий метод регулювання тиску у шинах дозволяє створювати більшу



площу по поверхні шини на ґрунт та збільшити тягове зусилля трактора.

Іншим цікавим рішенням є розробка безповітряної шини Ω (омега) – подібного дизайну *PneuTrac* (рис. 3). Шина ребристого профілю всередині, що дозволяє збільшити площу опору шини на 53% у порівнянні із стандартною такого ж розміру [5], забезпечує кращу ефективність тягового зчеплення з меншим просіданням, що призводить до зниження експлуатаційних витрат у порівнянні із стандартними шинами; забезпечує стабільну їзду, забезпечуючи тим самим комфорт та безпеку, без необхідності регулювати тиск у шинах.

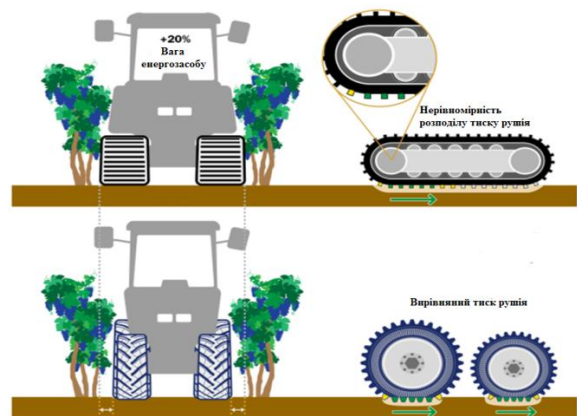


Рис. 3. Загальний вигляд та розподіл навантаження при використанні безкамерної шини *PneuTrac*

Використання рушія *PneuTrac* дає можливість зменшити вагу на 20 %, тим самим зменшивши тиск на ґрунт. При цьому також зменшується і ширина трактора у порівнянні із звичайним гусеничним. Також наводяться дані про зменшення ущільнення ґрунту на 20 %, за рахунок кращого розподілення ваги трактора. Краще зчеплення рушіїв *PneuTrac* з ґрунтом збільшує тягове зусилля на 6 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведений огляд ходових систем сільськогосподарської техніки та транспортних засобів вказує на необхідність детального вивчення їх режимів роботи та вплив на показники родючого шару ґрунту.

Виконаний аналіз гусеничних та колісних рушіїв на основі впливу на ґрунт, наразі умовно можна скласти таку класифікацію рушіїв:

- ущільнення ґрунту тракторами з двома колесами на осі, приведена маса може сягати від 8 до 10 т/м²;
- трактори з спареними колесами на осі, наведена маса може сягати від 6 до 7 т/м².
- трактори із можливістю регулювати тиск в шинах, приведена маса може сягати від 5 до 6 т/м².
- гусеничні трактори, наведена маса може сягати від 4 до 5 т/м².

Подальші наукові дослідження будуть направлені на вивчення впливу сучасних ходових систем на показники родючого шару ґрунту, показники розвитку рослин, пошуки шляхів підвищення ефективності рушіїв та мінімізації шкідливого впливу на ґрунт.

References

1. Makharoblidze, R. M., Lagvilava, I. M., Basilashvili, B. B. & Khazhomia, R. M. (2017). Theory of turn bodies of mountain tandem wheeled self-propelled chassis. *Annals of Agrarian Science*, 15 (3), 339–343.
2. Usowicz, B. & Lipiec, J. (2017). Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174, 241–250.
3. Tkachenko, D. & Kolesnyk, I. (2013). Eksploatatsiia tekhniki z kolisnymy rushiiamy [Exploitation of equipment with wheeled motors]. *Propozytsiia*, 10, 130–133 [in Ukrainian].
4. Fawcett, T. (2016, August 21). Understanding tyres is as important as knowing your tractor. *The Weekly Times*.
5. Innovation award for Mitas PneuTrac at EIMA fair (2014). Retrieved from <https://www.agronaplo.hu/nagyvilag/innovation-award-mitas-pneutracs-eima-fair>.
6. PneuTrac trelleborg A new generation of farm tires (2017). Retrieved from <https://www.google.com.ua/search?q=pneutracs+trellborg+A+new+generation+of+farm+tires>.

RUNNING SYSTEMS OF MODERN AGRICULTURAL MACHINERY

V. Achkevych*, S. Chuba**

e-mail: achkevychv@gmail.com,
hotabuchua@gmail.com

* National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv - 03041, Ukraine

** National Aviation University

Kosmonavta Komarova 1, Kyiv, Ukraine 03058

Economic efficiency in modern agriculture predetermines the use of large, heavy equipment, which, in turn, can cause compaction not only of surface soil, but also of deeper subsurface soils. The problem is gradually becoming more acute and acquiring gigantic proportions. Regardless of the type of soil – black or sandy – imperfect agrotechnologies become the cause of over-compaction.

Due to the increase in density and, consequently, the hardness of the soil, the level of vital activity of the microflora of the fertile soil layer decreases, significantly affecting crop losses by about 20–30%. In addition, because of soil re-compaction, fuel over-consumption increases by 10–

15%. It has been established that after the passage of heavy wheeled and tracked vehicles, the structure of the soil changes: the number of lumps larger than 10 mm increases by 15-20%. Such a change in structure occurs at a depth of 30-60 cm (depending on the weight of the tractor, the multiplicity of passes along one track, the type and condition of the soil). In addition, the number of particles less than 0.25 mm increases dramatically, that is, the soil is sprayed after the passage of machinery. Wheel passes of heavy machine-tractor units on the loosened and moist soil are especially unfavorable. Destroyed soil structure is not fully restored even during the year, because of which highly compacted soil degrades over time.

Intensive farming leads to an increase in the number of passes associated with the operation of machine-tractor units in the field. During the operation of the machine-tractor units, the contact interaction of the propeller with the ground occurs. During the interaction, deformation and compaction of the soil is observed, which negatively affects the change in its structure. To reduce the negative impact on the soil, it is necessary to make the right choice of undercarriage systems and their operating modes, depending on the relevant soil conditions and the layout of the machine and tractor units.

The analysis of the main trends in the development of engines of machine-tractor units, analyzed the constructive directions of development of modern suspension systems, identified the advantages and disadvantages.

Keywords: running systems, wheel systems, thrusters, machine-tractor unit, soil, tractor weight.

ХОДОВЫЕ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В. И. Ачкевыч*, С. В. Чуба**

e-mail: achkevychv@gmail.com,
hotabuchua@gmail.com

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
м. Киев, ул. Героев обороны, 15, 03041, Украина

**Национальный авиационный университет
м. Киев, проспект Космонавта Комарова, 1,
03058, Украина

Экономическая эффективность в современном сельском хозяйстве предопределяет использование большого, тяжелого оборудования, что, в свою очередь, может вызвать уплотнение не только поверхностных грунтов, но и более глубоких

подповерхностных почв. Проблема постепенно обостряется и приобретает гигантских масштабов. Независимо от типа почв – черноземы или песчаные – несовершенные агротехнологии становятся причиной переуплотнения.

Вследствие повышения плотности, а соответственно и твердости почвы, снижается уровень жизнедеятельности микрофлоры плодородного слоя почвы, что в значительной мере сказывается на потерях урожая примерно на 20–30%. Кроме того, в результате переуплотнения почвы, повышается перерасход горючего на 10–15%. Установлено, что после прохода тяжелых колесных и гусеничных машин меняется структура почвы: увеличивается количество комков крупнее 10 мм на 15–20%. Такое изменение структуры происходит на глубине 30–60 см (в зависимости от массы трактора, кратности проходов по одному следу, типа и состояния почвы). Кроме того, резко увеличивается число частиц менее 0,25 мм, то есть происходит распыление почвы после прохода машин. Проходы колес тяжелых машинно-тракторных агрегатов по разрыхленной и увлажненной почве особенно неблагоприятны. Разрушенная структура почвы

не восстанавливается полностью даже в течение года, в результате чего сильно уплотненный грунт со временем деградирует.

Интенсивное ведение сельского хозяйства приводит к увеличению количества проходов, связанных с работой машинно-тракторных агрегатов в поле. Во время работы машинно-тракторных агрегатов происходит контактное взаимодействие движителя с грунтом. При взаимодействии наблюдается деформирование и уплотнение почвы, что отрицательно влияет на изменение его структуры. Для уменьшения негативного воздействия на почву необходимо выполнять правильный выбор ходовых систем и их режимов работы в зависимости от соответствующих грунтовых условий и компоновки машинно-тракторных агрегатов.

Выполнен анализ основных тенденций развития двигателей машинно-тракторных агрегатов, проанализированы конструктивные направления развития современных ходовых систем, определены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: ходовые системы, колесные системы, движители, машинно-тракторный агрегат, почва, масса трактора.