

УДК 631.3.012

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ РУШІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Бешун О. А., к.т.н.,

Ачкевич В. І., м.н.с.,

Чуба С.В.

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України**(044)527-82-42*

Анотація – інтенсивне ведення сільського господарства призводить до підвищення кількості заходів, пов'язаних з роботою машинно–тракторних агрегатів в полі. Під час роботи машинно–тракторних агрегатів відбувається контактна взаємодія рушія 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. В статті проведено огляд сучасних рушіїв машинно–тракторних агрегатів, описані їх переваги та недоліки. Розглянуто основні тенденції розвитку рушіїв та проаналізовано суть конструктивних напрямків розвитку сучасних ходових систем.

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

Постановка проблеми. 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 в зоні контакту колеса з ґрунтом, як наслідок відбувається збільшення ущільнення ґрунту. Ущільнення ґрунту призводить до руйнування його структури та може мати ряд негативних наслідків для якості ґрунтів та рослинництва, включаючи наступні: знижує рівень інфільтрації води у ґрунті, зменшує швидкість

проникнення води в ґрунтову зону і ґрунт, підвищує потенціал для поверхневого водяного стоку, поверхневих забруднень ґрунту та ерозії ґрунтів, знижує здатність ґрунту зберігати воду та повітря, які необхідні для росту та функціонування кореня рослин, зменшується врожай внаслідок ущільнення ґрунту, знижує потенціал врожайності у вигляді зниження врожайності сільськогосподарських культур [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень. 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-зчіпних якостей, зменшення питомого тиску на ґрунт і поліпшення прохідності трактора є збільшення площі контакту рушіїв із ґрунтом шляхом застосування широко профільних шин напівгусеничного ходу та здвоєних коліс.

Зміна геометричних параметрів рушіїв, з метою збільшення плями контакту для покращення зчеплення з опорною поверхнею, приводить до зменшення буксування привідного колеса та негативної дії на ґрунт. Найбільш ефективним можна вважати комплексний підхід, що полягає в 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 напряму впливає на зниження питомого тиску рушіїв на нього.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Провести огляд та зробити аналіз існуючих рушіїв сільськогосподарських агрегатів та напрямки подальшого розвитку.

Основна частина. Ущільнення ґрунту є однією з основних проблем сучасного сільського господарства. Надмірне використання машин, інтенсивне обробка ґрунтів та неправильне ведення господарювання призводять до ущільнення ґрунтів. Ущільнення ґрунту відбувається в широкому діапазоні в залежності від різновиду ґрунтів і кліматичних зон.

На основі аналізу джерел показано основні способи, як уникнути або запобігти ущільненню ґрунту: зменшення тиску на ґрунт знижуючи навантаження на вісь або збільшуючи контактну поверхню колеса з ґрунтом; скорочення кількості проходів сільськогосподарської техніки та інтенсивності; обмеження трафіку до певних ділянок поля (контрольований рух); збільшення органічної речовини ґрунту шляхом утримання залишків культур і пасовищ.

Джерела [3,4,5] вказують що збільшення ущільнення ґрунту веде до перевитрати палива до 40 % та до 15 % гірше засвоєння мінеральних добрив. В порівнянні з ущільненим ґрунтом на неущільнених ґрунтах можливе збільшення врожайності зернових та технічних культур від 8 до 35 %. Дослідження [6], продемонстрували, що збільшення щільності ґрунту додатковим 0,15 т / м³ за оптимальним 1,35 т/м³ зменшує врожайність на 10–15%.

Автор [11] вказує, що тиск на обробленому пухкому ґрунті 200–250 кПа зменшує просочувальні властивості ґрунту більш ніж на 80% у порівнянні з неущільненим ґрунтом.

Дослідники та науковці стверджують, що найбільший вплив на ущільнення ґрунту має енергетичний засіб, тобто співвідношення ваги засобу до площі контакту в залежності від умов роботи. Використання великогабаритної техніки, широкозахватних посівних комплексів призводить до застосування потужних тракторів та комбайнів, які в свою чергу дуже ущільнюють ґрунт [7,10,8]. Так використання 12 метрового посівного комплексу підвищує продуктивність агрегату до 15%, але збільшення ущільнення може призвести до втрат врожайності 0,6 т / га.

Дослідження [8,9] показали, що використання шин, призначених для роботи при зниженому тиску незалежно від системи вирощування, є скромною перевагою. Середньозважений прибуток становив £ 15 / га при роботі при тиску від 0,6 до 0,7 бар, в порівнянні із стандартним типом шин. Також дослідження порівнюють використання різних типів рушіїв колісні та гусеничні та їхній вплив на ущільнення ґрунту. Трактор Case Quadtrack створює ґрунтовий стрес на глибині 15 см до 200 кПа, трактор Challenger без навантаження на тій же глибині створює стрес до 170 кПа, а при навантаженні ґрунтовим знаряддям стрес збільшується до 190 кПа. Колісний трактор John Deere 9330 з встановленими шинами 650/65 R38 при тиску в шинах 1.2 bar створює ґрунтовий стрес на глибині 15 см до 340 кПа, а при зменшенні тиску в шинах до 0.6 bar стрес становить лише 150 кПа.

Тому питання вибору трактора чи комбайна для будь-якого господарства залишається актуальним. 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.

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 Агро холдингах 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'єктивні переваги:

- оперативність, швидкість руху може досягати 50 км /год.;
- можливість пересуватися по дорогам 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. Порте 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 агрегаткування. 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 тон, тисне на ґрунт в 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 дорогам. 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], в 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, 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 унеможливорює 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 [10,11] та ізраїльська Galileowhell 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 в залежності від виду робіт чи режиму руху трактора (рис. 1). 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.

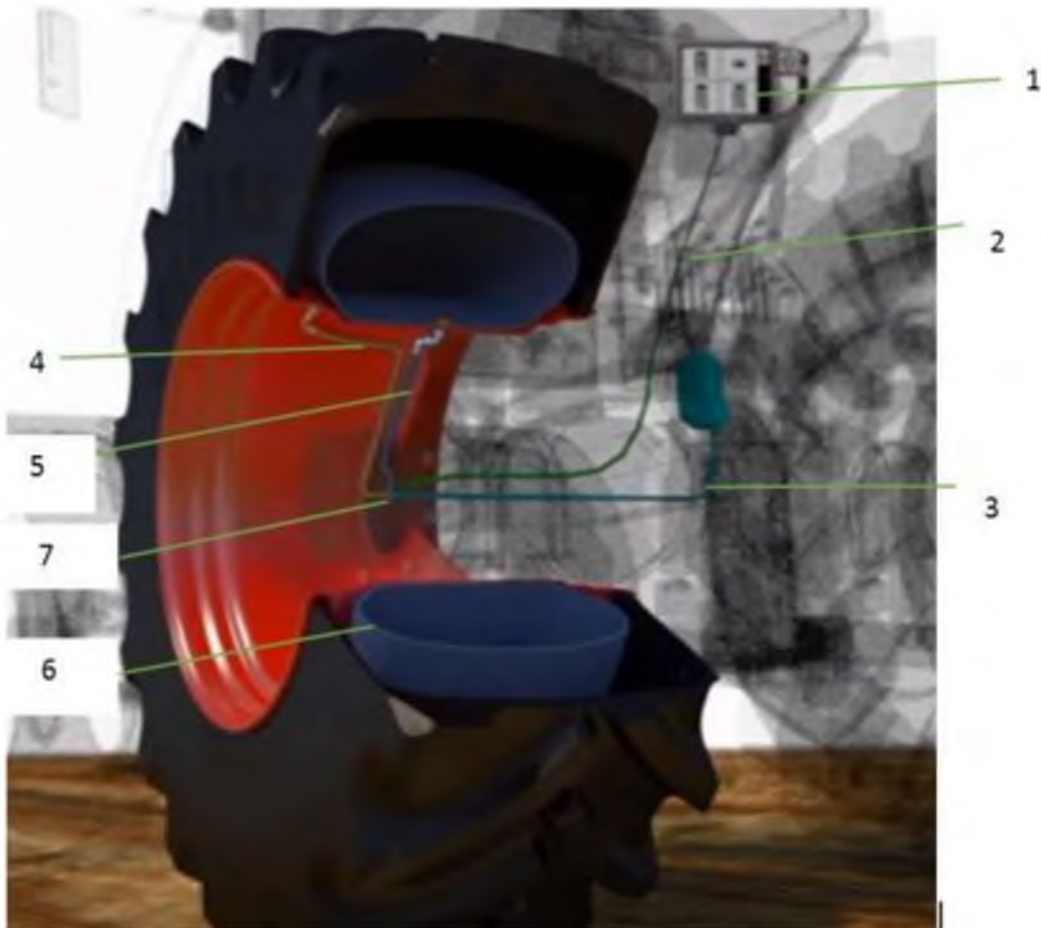


Рис. 1. Загальна конструкція сучасної агротехнологічної шини MitasAirCell

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.

Принцип роботи та керування: оператор із кабіни трактора на панелі управління 1 вибирає необхідний тиск в шинах в залежності від:

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

В залежності від встановлених даних сигнал передається через кабель 2 до чотириходового крана 7, далі при необхідності через лінію підкачки 3 повітря нагнітається по лініям підкачки 4 та 5 в зовнішню шину чи у внутрішню камеру. При 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 [12]. 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 в 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. 2). Шина ребристого профілю всередині, що дозволяє збільшити площу опору шини на 53% в порівнянні із стандартною такого ж розміру [10]. Забезпечує кращу ефективність тягового зчеплення з меншим просіданням, що призводить до зниження експлуатаційних витрат в порівнянні з стандартними шинами. Забезпечує стабільну їзду, забезпечуючи тим самим комфорт та безпеку, без необхідності регулювати тиск в шинах.

Використання рушія Pneutrac дає можливість зменшити вагу на 20 % тим самим зменшивши тиск на ґрунт. При цьому також зменшується і ширина трактора в порівнянні із звичайним гусеничним. Також приводяться 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. Проведений огляд ходових систем сільськогосподарської техніки та транспортних засобів вказує на необхідність детального вивчення їх режимів роботи та вплив на показники родючого шару ґрунту.

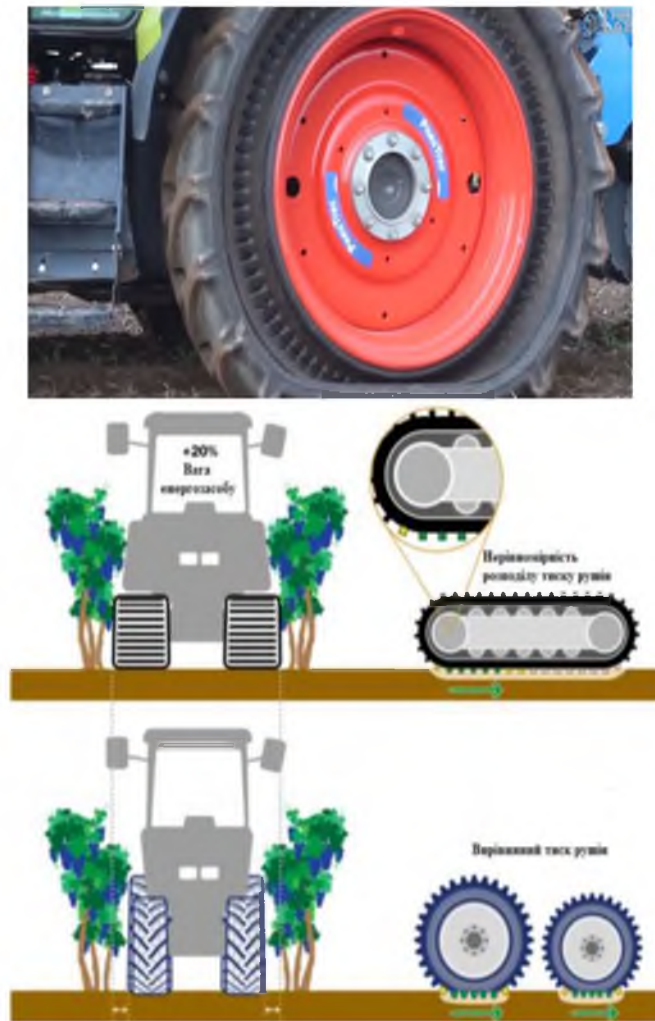


Рис. 2. Загальний вигляд та розподіл навантаження при використанні безкамерної шини Pneutrac

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

– ущільнення ґрунту тракторами з двома колесами на осі, приведена маса може сягати від 8 до 10 т/м²;

– трактора з спареними колесами на осі, приведена маса може сягати від 6 до 7 т/м².

– трактора із можливістю регулювати тиск в шинах, приведена маса може сягати від 5 до 6 т/м².

– гусеничні трактора, приведена маса може сягати від 4 до 5 т/м².

Сучасні світові виробники виконують пошук ефективних конструкторських рішень, для підвищення ефективності рушіїв та зниженню їх впливу ґрунт.

Література:

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. doi:org/10.1016/j.aasci.2017.05.026.
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. doi:org/10.1016/j.still.2017.07.015.
3. Chamen, W. C. T., Moxey, A. P., Towers, W., Balana, B., & Hallett, P. D. (2015). Mitigating arable soil compaction: A review and analysis of available cost and benefit data. *Soil & Tillage Research*, 146 (Part A.), 10–25. doi: 10.1016/j.still.2014.09.011.
4. Ткаченко Д. Експлуатація техніки з колісними рушіями / Д. Ткаченко // Пропозиція. – 2013. – № 8. – С. 130–133.
5. Lamandé, M., Greve, M. H., & Schjønning, P. (2018). Risk assessment of soil compaction in Europe – Rubber tracks or wheels on machinery. *CATENA*, 167, 353–362. doi:org/10.1016/j.catena.2018.05.015.
6. Tim Chamen, T. CTF Europe. What does it cost? Can it be cured? Soil Compaction. Retrieved from <https://www.nlr.no/.../Soil%20Compaction-cost-cure%20Tim..>
7. Stoessel, F., Sonderegger, T., Bayer, P., & Hellweg, S. (2018). Assessing the environmental impacts of soil compaction in Life Cycle Assessment. *Science of The Total Environment*, 630, 913–921. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.222.
8. Chyba, J., Kroulík, M., Křištof, K., Misiewicz, P. A., & Chaney, K. (2014). Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. *Agronomy Research*, 12 (1), 59–64.
9. Meredith, A. (2017). Trial shows how to slash the cost of soil compaction. *Farmers weekly*, 1.
10. Soil stresses under tracks and tyres – measurements and model development. Retrieved from <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/.../304/C06210001.pdf>
11. Innovation award for Mitas PneuTrac at EIMA fair. Retrieved from <https://www.mitasag.com/about/press-releases/innovation-award-for-mitas-pneutracs-at-eima-fair>
12. PneuTrac trelleborg a new generation of farm tires. Retrieved from <https://www.google.com.ua/search?q=pneutracs+trelleborg+A+new+generation+of+farm+tires>.
13. Fawcett, T. (2016). Understanding tyres is as important as knowing your tractor. The Weekly Times. Retrieved from <https://www.weeklytimesnow.com.au/machine/crop-gear/understanding-tyres-is-as-important-as-knowing-your-tractor/news-story/>

АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Бешун О. А., Ачкевич В. И. Чуба С. В.

Аннотация – интенсивное ведение сельского хозяйства приводит к увеличению количества мероприятий, связанных с работой машинно–тракторных агрегатов в поле. Во время работы машинно–тракторных агрегатов происходит контактное взаимодействие ходовых систем с почвой. При взаимодействии наблюдается деформирование и уплотнение почвы, что отрицательно влияет на изменение ее 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. В статье проведен обзор современных ходовых систем машинно–тракторных агрегатов, описаны их преимущества и недостатки. Рассмотрены основные тенденции развития двигателей и проанализирована суть конструктивных направлений развития современных ходовых систем.

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT SECTORS OF AGRICULTURAL MACHINERY AGRICULTURAL MACHINERY

O. Beshun, V. Achkevych, S. Chuba

Summary

Intensive farming leads to an increase in the number of activities associated with the operation of machine tractor units in the field. During the work of machine–tractor units there is a contact interaction between the propeller and the ground. In the interaction there is deformation and consolidation of the soil, which adversely affects the change in its structure. In order to reduce the negative impact on the soil, it is necessary to perform the correct choice of running systems and their operating modes, depending on the soil conditions and the layout of the machine–tractor aggregates. In the article an overview of modern engines of machine–tractor aggregates was conducted, their advantages and disadvantages were described. The main tendencies of engines development are considered and the essence of the constructive directions of development of modern running systems is analyzed.