

ВПЛИВ РУШІЙНИХ СИСТЕМ МАШИНИХ АГРЕГАТІВ НА УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

В. М. Зубко, кандидат технічних наук, доцент

ORCID ID: 0000-0002-2426-2772

Сумський національний аграрний університет

Є. О. Комісар, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-1535-9564

Сумський національний аграрний університет

В статті описано вплив рушійних систем машинних агрегатів (МА) на систематичне переущільнення ґрунту, яке впливає на розвиток сільськогосподарських культур починаючи від проростання та до формування врожаю. Названо основні наслідки, до яких призводять ущільнення від рушійних систем МА. Розглянуто уже існуючі методи для зменшення механічного впливу рушіїв на ґрунт.

Підсумки розвитку тракторобудування і масове застосування тракторів в аграрному господарстві підтвердили побоювання дослідників про пагубний вплив рушіїв тракторів на родючий шар ґрунту і викликали загострення ряду серйозних проблем, які не можуть бути вирішені в рамках загальноприйнятої технології використання МА в землеробстві

Контроль трафіку вимагає належного узгодження руху всіх машин, включаючи комбайни, зернові перевантажувачі. Перетворення руху техніки на контрольований трафік не є простою заміною, швидше переходом, який може тривати роки.

Питання оптимізації збирального процесу зернових культур хвилюють багатьох агровиробників. Якщо для прискорення роботи існує можливість придбати більш потужний комбайн з містким бункером і іншими сучасними технічними можливостями, то логістичне питання вирішити набагато складніше.

Розроблена пропозиція моніторингу збирального процесу, яка включає процес моніторингу роботи збиральної техніки, розробку і використання даних щодо місця локалізації перевантажувачів, автомобілів по відношенню до збирального комбайна та оцифрування відповідної інформації – дає можливість побудувати оптимальний маршрут переміщення зерна від комбайна до зерновоза з уникненням ущільнюючого ефекту ґрунту, його втрат при перевантажуванні, контроль кількості та вологості зібраного збіжжя та оптимізації витрати паливно-мастильних матеріалів.

Ключові слова: *ущільнення, маршрутизація, дрон, ґрунт, моніторинг, машинні агрегати, рушій, перевантажувач, комбайн.*

Вступ, постановка проблеми. В умовах інтенсивного ведення аграрного виробництва значно посилюється вплив на ґрунт ходових систем сільськогосподарських агрегатів.

Про проблему ущільнення ґрунтів сьогодні говорять все частіше. Адже інтенсивне виробництво, поява великої кількості важкої сільськогосподарської техніки та нехтування правильною організацією сівозмін у багатьох господарствах дуже негативно впливають і на структуру ґрунту, і на його родючість у кінцевому підсумку.

Хоч як прикро це констатувати, але єдиної методики боротьби з ущільненням ґрунту не існує. Потрібно системно підходити до вирішення даного питання, виявляти взаємозв'язки та прогнозувати можливі наслідки.

Мета. Провести аналіз наслідків переущільнення ґрунту рушійними системами машинних агрегатів (МА), та запропонувати новий принцип руху машин по полю при відвезенні зерна від комбайнів, для зменшення кількості проїздів і відповідно ущільнення ґрунту.

Результати досліджень. При експлуатації аграрних тракторів, машин і знарядь необхідно керуватися принципом, що техніка, призначена для роботи в тім або іншій середовищі, повинна мати екологічну сумісність із цим середовищем.

Одним із факторів деградації ґрунтового покриву є ущільнення орного шару, яке спостерігається на полях абсолютної більшості аграрних господарств України, де щорічно застосовується інтенсивний обробіток ґрунту з багаторазовим проходженням по полю важкої сільськогосподарської техніки. Підвищення щільності погіршує ряд фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів, зокрема руйнується структура, знижується їхня водопроникність, з'являється брилистість, різко збільшуються втрати ґрунтової вологи на випаровування і поверхневий стік. Переущільнені орні ґрунти є причиною недобору продукції сільськогосподарських культур [1].

Внаслідок систематичного переущільнення ґрунту рушійними системами машинних агрегатів (МА), які мають масу до 20 т (а збиральна техніка з повним навантаженням - більше 30 т), створюють значне навантаження на ґрунт в процесі руху при виконанні технологічних операцій. Це явище повторюється з року в рік на 40-80% площі поля, тому має накопичувальний характер, викликаючи ущільнення ґрунту до глибини 80-100 см, а в окремих випадках і більше. Істотно прискорюється цей процес при порушенні вимог щодо проведення польових робіт, коли техніка заходить в поле при вологості ґрунту понад 90% польової вологості [2].

Дослідження проф. М.Х. Пігульовського і Н.А. Качинського показали, що найбільшому руйнуванню ґрунту піддають рушії колісних тракторів (рис.1); нерівномірність розподілу навантаження по площі гусеничного ланцюга гусеничного трактора значною мірою знижує його переваги в порівнянні з колісним; укладання ланок гусеничного ланцюга супроводжується ударами і підвищує ущільнення ґрунту; порушення структури родючого шару неминуче приводить до втрати врожайності вирощуваних рослин [3].

Підсумки розвитку тракторобудування і масове застосування тракторів в аграрному господарстві підтвердили побоювання дослідників про пагубний вплив рушіїв тракторів на родючий шар ґрунту і викликали загострення ряду



Рис.1. Негативний вплив рушіїв на родючий шар ґрунту

серйозних проблем, які не можуть бути вирішені в рамках загальноприйнятої технології використання МА в землеробстві [3].

Характер і закономірності ущільнення ґрунту залежать від розмірів і режимів навантаження деформатора, а також від вихідного стану земельного масиву. При наявності розпушування шару в розрахунках, як правило, допускають, що ущільнюється лише цей пласт. Аналіз механіко-математичних моделей ґрунтів показує, що для розрахунку утрамбування найбільше підходить енергетичний метод, що враховує вплив закону поглинання енергії на зміну властивостей земельного покриву. Крім того, дослідник В. В. Кацігін запропонував взяти до уваги залежність розподілу енергії попереду деформатора [4].

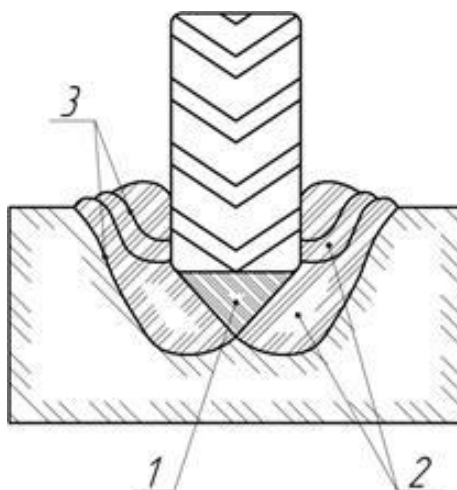


Рис. 2. Схема утворення ядра ущільнення в ґрунті від рушіїв мобільної сільськогосподарської техніки: 1 - ядро ущільнення ґрунту; 2 - зони зрушень; 3 - майданчики ковзання

Напруження, що діють у верхніх шарах ґрунту, прямо пропорційні напруженням в зоні контакту шини з ґрунтом. Вони, в свою чергу,

визначаються тиском в шинах. Також має бути обмежена кількість проходів колеса. Обмеження руху на певних ділянках поля (контрольоване землеробство, «Controlled Traffic Farming» CTF) - це варіант, який може забезпечити оптимальні умови вирощування для більшої частини поля. В CTF важливо обмежувати навантаження на колеса, щоб не створювати такі високі напруги в підґрунті, та запобігти пошкодженню, які будуть виникати під смугами руху [5].

Механічний вплив рушіїв на ґрунт не може розглядатися тільки як ущільнююче, тому що одночасно відбувається інтенсивне руйнування структури ґрунту під впливом буксування. Крім ущільнення та руйнування структури ґрунту під впливом рушіїв, утворюються колії, які утрудняють виконання наступних технологічних операцій обробку ґрунту, погіршують подальшу роботу техніки, знижують якість польових робіт, служать штучним руслом стоку води, приводять до збільшення витрат енергії (палива), знижують продуктивність праці [6].

Ущільнення ґрунту ходовими системами спричинює брилоутворення. На ущільнених ділянках суглинкових і глинистих ґрунтів під час оранки утворюються брили діаметром 60-70 см і масою 35-40 кг. Істотно погіршується кришіння при підготовці такого зораного ґрунту під посів культур. Якщо на не ущільнених ділянках грудок розмірами понад 10 мм налічує 12-15%, то на ущільнених колесами трактора John Deere 8310R їх у верхньому шарі 38-45% [6].

Оранка і наступний механічний обробіток попередньо ущільненого ґрунту хоч і знижують його об'ємну масу до 0,9-1 г/см³, але супроводжуються утворенням брил. Одночасно з цим зростають затрати енергії на обробіток. Так, на слідах гусеничних тракторів опір оранці зростає на 16-25%, важких колісних тракторів і автомобілів – на 46-65, транспортних агрегатів – на 72-90%. Щоб одержати приблизно однакові показники кришіння ґрунту в колії, утвореній колесом John Deere 7830, і за її межами, необхідно докласти певних зусиль, щоб зруйнувати неоднаковість їхньої ущільненості, яка відрізняється в 10 разів. Внаслідок ущільнення ґрунту, як свідчать результати досліджень, знижується урожай кукурудзи на зерно і зелену масу до 30%, озимої пшениці – до 27, цукрових буряків – до 15, ячменю – до 24, картоплі – до 25% (А. С. Кушнарєв, В. И. Кочев, 1989) [6].

Щоб попередити ущільнення ґрунту, а також для того, щоб поліпшити структуру на вже ущільнених полях, необхідно запровадити маршрутизацію руху техніки полем, щоби скоротити кількість проходів та забезпечити рух одними й тими ж слідами [7].

Маршрутизація руху техніки, супутниковий моніторинг і рух за маркерами або спеціально створеними програмами – оптимальні рішення для будь-яких господарств. Проте на словах все просто і зрозуміло, а от на практиці запроваджувати ці заходи майже ніхто не квапиться, адже це додаткові чималі витрати та труднощі [7].

Із застосуванням маршрутизації руху МА зменшується площа ущільнення поля при вирощуванні основних культур (озимої пшениці, цукрових буряків, кукурудзи) в 1,7-2,7 рази. Завдяки маршрутизації руху тракторів зменшується

кількість проходів по полю, поліпшується організація ведення польових робіт, знижуються витрата палива і підвищується продуктивність сільськогосподарських культур [7].

Незважаючи на те, що маршрутизація – простий і ефективний спосіб зниження негативного впливу МА на ґрунт, її впровадження пов'язане з рядом труднощів, які пояснюються різною шириною захвату знарядь для передпосівної обробки і посіву культур. Так, наприклад, паровий культиватор має ширину захвату 4 м, зернова сівалка 3,6 м. При здійсненні маршрутизації цей культиватор не використовуватиметься на ширину захвату, рівну 0,4 м. Тому для широкого впровадження маршрутизації необхідно передбачати такий комплекс машин, який повинен однакової ширину захвату, або зробити захоплення деяких знарядь (борін, котків та ін.) кратним ширині захоплення базових машин (наприклад, сівалок). Те й інше не вимагає значних витрат, оскільки конструкції машин при цьому не змінюються, а змінюється тільки ширина їх захоплення. При виконанні цих умов маршрутизація МА здійснюватимуть при вирощуванні будь-якої культури автоматично, тобто МА будуть рухатися тільки постійними шляхами. Тоді площа ущільнення поля зменшиться, локалізується в обсязі поля в постійних коліях і простіше усунеться при періодичному їхньому глибокому розрихленню [7].

Маршрутизацію руху МА доцільно впроваджувати насамперед при проведенні весняно-літніх робіт, оскільки на цей період припадає 70% проходів тракторів по полю. Крім того, в весняний період вологість ґрунту, як правило, вище, відповідно збільшується і його ущільнення. При виконанні різних робіт агрегати рухаються уздовж, поперек і по діагоналі поля. Питома маса таких рухів відповідно становить 68, 24 і 18%. Інститут цукрових буряків УААН для поліпшення рівності поверхні поля рекомендує всі наступні заходи після оранки проводити під кутом 20-25° до напрямку попереднього обробітку. Однак така рекомендація виключає можливість застосування маршрутизації руху агрегатів по одним і тим же шляхах. Тому при впровадженні маршрутизації в виробництво всі роботи необхідно виконувати в одному напрямку а для поліпшення рівності поля поздовжні і поперечні проходи проводити під кутом 65-70 ° один до одного [7].

Контроль трафіку вимагає належного узгодження руху всіх машин, включаючи комбайни, зернові перевантажувачі. Перетворення руху техніки на контрольований трафік не є простою заміною, швидше переходом, який може тривати роки.

Питання оптимізації збирального процесу зернових культур хвилюють багатьох агровиробників. Якщо для прискорення роботи існує можливість придбати більш потужний комбайн з містким бункером і іншими сучасними технічними можливостями, то логістичне питання вирішити набагато складніше.

У випадках, коли транспортні засоби чекають вивантаження зерна з бункера, водії заїжджають на уже змолочену частину поля, поближче до комбайна, щоб було видно коли йому треба під'їхати для завантаження, що призводить до додаткового небажаного ущільнення ґрунту, її деградації і

погіршення процесів відтворення родючості. Серед інших причин необхідності мінімізувати кількість проїздів машин по полю при відвезенні зерна від комбайнів – підвищений знос шин транспортних засобів при русі по стерні.

Для вирішення проблеми з рухом транспортних засобів по полю рекомендуємо використання нових сучасних технологій – дронів. За допомогою безпілотного літального апарата (БПЛА), пропонуємо моніторинг за зернозбиральною технікою, а в цей час транспортуючі засоби чекають за межами поля. Коли комбайн намолочує бункер, він подає світловий сигнал. В цей час, за допомогою дрона фіксується сигнал і визначаються координати знаходження зернозбиральної техніки у полі. Після чого визначаються місця локалізації перевантажувачів, автомобілів по відношенню до збирального комбайна, та передає по базі водію транспортного засобу, який розташований найближче. Після чого, знаючи координати комбайна, водій прямує до нього без зайвих переїздів і відповідно ущільнень ґрунту, і цією ж колією повертається назад. Також, це нам дає можливість з економити на витраті пального транспортного засобу.



Рис.3. Загальний вигляд дрона (квадрокоптера).

Згідно з прогнозами міжнародної громадської організації Association for Unmanned Vehicle Systems International, незабаром агросектор стане найбільшим споживачем дронів – безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Вважається, що агропромисловий комплекс задіє близько 80% даних пристроїв [8].

Дрони підвищують ефективність моніторингу стану полів і посівів. Сьогодні вони здійснюються за допомогою пілотованих літаків, супутників і навіть простого обходу полів з вимірювальними приладами. Це забирає багато часу і ресурсів. Основна проблема такого підходу – це систематизація даних: дуже трудомісткий і тривалий процес. Завдяки дронам можна набагато швидше збирати і обробляти більшу кількість інформації, що спричиняє підвищення прибутковості і поліпшення врожайності [8].

Сільське господарство може стати більш прибутковим сектором економіки завдяки використанню нових технологій. Дрони здатні складати навіть карти вегетаційних індексів. Одна з основних функцій дронів – збір даних для створення індексних зображень. Ця інформація добре відображає стан посівів і може допомогти точно визначити, де саме виникли проблеми. Якщо території знаходяться під загрозою через паводок або пожежі, то дрони оперативно зберуть і нададуть інформацію про те, які ділянки знаходяться в зоні ризику [8].

Дрони мають великий потенціал з точки зору оптимізації сільськогосподарського виробництва. Основна їхня перевага – у спрощенні доступу до інших технологій, які дозволять вирощувати більше і витратити менше не тільки великим агрохолдингам, а й фермерам [8].

Висновок. Дослідженнями встановлено, що родючість цілком визначається фізичними умовами в ґрунті і залежить від щільності, що у значній мірі визначає пористість, зміст вологи, розміри мікро- і макрочасток, кількості живих організмів і мікроорганізмів.

Розроблена пропозиція моніторингу збирального процесу, яка включає процес моніторингу роботи збиральної техніки, розробку і використання даних щодо місця локалізації перевантажувачів, автомобілів по відношенню до збирального комбайна та оцифрування відповідної інформації – дає можливість побудувати оптимальний маршрут переміщення зерна від комбайна до зернового з уникненням ущільнюючого ефекту ґрунту, його втрат при перевантажуванні, контроль кількості та вологості зібраного збіжжя та оптимізації витрати паливно-мастильних матеріалів.

Література:

1. Медведєв В. В. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур в Україні від переущільнення ґрунтів / В. В. Медведєв, Т. М. Лактіонова, Т. Є. Ліндіна // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 3. – С. 53–59.
2. <https://propozitsiya.com/problema-pluzhnoy-podoshvy-u-pochvy-i-puti-ee-resheniya>.
3. <https://lektsii.org/5-1260.html>.
4. <https://agbz.ru/articles/vliyanie-selhoztehniki-na-plotnost-pochvyi//>
5. Шеннінг, П., ван ден Аккер, Дж.Дж., Келлер, Т., Грев, М.Х., Ламанде, М., Симойоки, А., Стеттлер, М., Арвідссон, Дж., Бреунінг-Мадсен, Х. 2015. Драйвер-Аналіз стану-тиску-впливу-реакції (DPSIR) і оцінка ризику ущільнення ґрунту - європейська перспектива. Adv. Agron. 133, 183-237.
6. https://pidru4niki.com/12041023/geografiya/problema_uschilnennya_gruntiv_hodovimi_sistemami_silskogospodarskih_mashin.
7. http://uchebnikirus.com/geografia/zemlerobstvo__gudz_vp/problema_uschilnennya_gruntiv_hodovimi_sistemami_silskogospodarskih_mashin.htm
8. <https://rynok-apk.ru/articles/technology/drony-/>.

References:

1. Medvedov V. V. Estimation of the yield of agricultural crops in Ukraine as a result of the pereuschilnennya iruntiv / V. V. Medvedev, T. M. Laktionova, T. E. Lindina // Bulletin of Agrarian Science. - 2002. - No. 3. - P. 53–59.
2. <https://propozitsiya.com/problema-pluzhnoy-podoshvy-u-pochvy-i-puti-ee-resheniya>.
3. <https://lektsii.org/5-1260.html>.
4. <https://agbz.ru/articles/vliyanie-selhoztehniki-na-plotnost-pochvyi//>
5. Schoenning, P., van den Acker, J.J., Keller, T., Greve, M.H., Lamande, M., Simoyoki, A., Stettler, M., Arvidsson, J., Breuning- Madsen, H. 2015. Driver-Analysis of Stand-Vise-Injection-Reactions (DPSIR) and Riziku Riziku Uruntu - European Perspective. Adv. Agron. 133, 183-237.
6. https://pidru4niki.com/12041023/geografiya/problema_uschilnennya_gruntiv_hodovimi_sistemami_silskogospodarskih_mashin.
7. http://uchebnikirus.com/geografia/zemlerobstvo__gudz_vp/problema_uschilnennya_gruntiv_hodovimi_sistemami_silskogospodarskih_mashin.htm
8. <https://rynok-apk.ru/articles/technology/drony-/>.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МАШИННОГО АГРЕГАТА НА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

В.Н. Зубко, Е.А. Комиссар

В статье описано влияние движущих систем машинных агрегатов (МА) на систематическое переуплотнения почвы, которое влияет на

развитие сельскохозяйственных культур начиная от прорастания и к формированию урожая. Названы основные последствия, к которым приводят уплотнения от двигательных систем МА. Рассмотрены уже существующие методы для уменьшения механического воздействия движителей на почву.

Итоги развития тракторостроения и массовое применение тракторов в аграрном хозяйстве подтвердили опасения исследователей о пагубном влиянии двигателей тракторов на плодородный слой почвы и вызвали обострение ряда серьезных проблем, которые не могут быть решены в рамках общепринятой технологии использования МА в земледелии

Контроль трафика требует надлежащего согласования движения всех машин, включая комбайны, зерновые перегружатели. Преобразование движения техники на контролируемый трафик не является простой заменой, скорее переходом, который может длиться годы.

Вопросы оптимизации сборочного процесса зерновых культур волнуют многих агропроизводителей. Если для ускорения работы существует возможность приобрести более мощный комбайн с вместительным бункером и другими современными техническими возможностями, то логистическое вопрос решить гораздо сложнее.

Разработанная предложение мониторинга сборочного процесса, включая процесс мониторинга работы уборочной техники, разработку и использование данных о месте локализации перегружателей, автомобилей по отношению к зерноуборочного комбайна и оцифровки соответствующей информации - дает возможность построить оптимальный маршрут перемещения зерна от комбайна до зерновоза с предотвращением уплотняющего эффекта почвы его потерь при перегрузке, контроль количества и влажности собранного зерна и оптимизации расхода горюче-смазочных материалов.

Ключевые слова: *уплотнение, маршрутизация, дрон, почву, мониторинг, машинные агрегаты, перегружатель, комбайн.*

Abstract

THE INFLUENCE OF MACHINE UNITS UNDERSTANDING SYSTEMS ON SOIL SEALING

V.N. Zubko, Y.O. Komisar

The article describes the influence of understanding systems of machine units (MA) on the systematic compaction of soil, which affects the development of crops from germination to crop formation. The main consequences of seals from MA

propulsion systems are named. Existing methods for reducing the mechanical impact of propulsions on the soil are considered.

The results of the development of tractor construction and mass use of tractors in agriculture have confirmed the fears of researchers about the detrimental effects of tractor engines on the fertile soil layer and exacerbated a number of serious problems that can not be solved within the conventional technology of MA in agriculture.

Traffic control requires proper coordination of the movement of all machines, including combines, grain loaders. Converting traffic to controlled traffic is not a simple replacement, but rather a transition that can take years.

The issue of optimizing the harvesting process of grain crops worries many agricultural producers. If to speed up the work there is an opportunity to buy a more powerful combine with a large hopper and other modern technical capabilities, the logistics issue is much more difficult to solve.

Developed proposal for monitoring the harvesting process, which includes the process of monitoring the work of harvesting equipment, development and use of data on the location of reloaders, cars in relation to the combine and digitization of relevant information - allows you to build the optimal route of grain from combine to grain truck , its losses during overloading, control of quantity and humidity of harvested grain and optimization of fuel and lubricants consumption.

Key words: *compaction, routing, drone, soil, monitoring, machine units, propulsion, reloader, combine.*