

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЕФЕКТИВНЕ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

УДК 631.1/631.3:631.5

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ PÖTTINGER TERRASEM C6 В УМОВАХ СУМЩИНИ

Олександр Таценко, ст. викладач

*Сумський національний аграрний університет,
вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Сумська обл., Україна,
e-mail: alextatsenko@ukr.net*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2022.26.053>

Таценко О. Аналітичне дослідження роботи посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 в умовах Сумщини

Проведено науково-аналітичне дослідження зміни показників роботи посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 для прямої сівби озимого жита в умовах Сумщини, при яких затратні ресурси використовуються раціонально й ефективно. Процес аналітичного дослідження зміни показників роботи посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 проводився за рахунок підбору найбільш раціонального та ефективного складу і режимів роботи машинного агрегату для прямої сівби озимого жита в умовах Сумщини.

Комплексна оцінка експлуатаційних властивостей машинних агрегатів дає змогу підібрати з множини можливих варіантів технічних засобів лише раціональні для заданих виробничих умов агрегати. При цьому важливо забезпечити відповідну погодженість параметрів окремих складових агрегату (трактор, робоча машина тощо), а також відповідність властивостей машинних агрегатів агротехнічним вимогам і виробничим умовам.

Для відомої робочої сільськогосподарської машини доцільно підібрати енергозасіб (трактор), який забезпечує значення максимальної продуктивності машинних агрегатів за мінімальних енергетичних затрат на проведення технологічної операції.

На основі аналітичних розрахунків та їх результатів щодо обґрунтування режимів і показників роботи посівного машинного агрегату прямого посіву озимого жита в складі енергетичного засобу (трактора) New Holland T8.390 та посівного комплексу для прямого посіву (сівалки) Pöttinger Terrasem C6 для умов Сумщини можна зробити висновки, що за мінімально можливих значень показників роботи і виробничих умов при прямому посіві озимого жита робоча розрахунково-рекомендована швидкість виконання операції становитиме 18,09 км/год, а за максимально можливих значень показників роботи і виробничих умов при прямому посіві озимого жита – 12,24 км/год.

Ключові слова: пряма сівба, Pöttinger Terrasem C6, New Holland T8.390, комплектування, режими роботи, техніко-експлуатаційні показники.

Tatsenko O. Analytical study of the Pöttinger Terrasem C6 sowing complex operation in conditions of Sumy region

A scientific analytical study of changes in the operation indicators of the Pöttinger Terrasem C6 seeding complex for direct sowing of winter rye in the conditions of Sumy region along with rational and efficient use of resources was conducted. The process of the analytical study of changes of the operation indicators of the Pöttinger Terrasem C6 sowing complex was carried out by selecting the most rational and effective composition and operating modes of the machine unit for direct sowing winter rye in the conditions of Sumy region.

A comprehensive general assessment of the operational properties of the machine aggregate makes it possible to select only rational aggregate for the given production conditions from a set possible options of technical means. At the same time, it is important to ensure the appropriate agreement of the individual parameters of the aggregate components (tractor, working machine, etc.), as well as the compliance of the properties of machine aggregate with agrotechnical requirements and production conditions.

For a well-known working agricultural machine, it is advisable to choose an energy aggregate (tractor) that provides the value maximum productivity of machine aggregate with minimal energy costs for carrying out a technological operation.

On the basis of analytical calculations and their results regarding the substantiation of the operation modes and indicators of the seeding machine aggregate for direct sowing winter rye as a part of the energy aggregate (tractor) New Holland T8.390 and the sowing complex for direct sowing (sowing machine) Pöttinger Terrasem C6 for the conditions of Sumy region, the author makes conclusion, that under the minimum possible values of operation indicators and production conditions during the direct sowing winter rye, the calculated and recommended operating speed will be 18.09 km/h, and under the maximum possible values of the operation indicators and production conditions during the direct sowing winter rye - 12.24 km/h.

Key words: direct sowing, Pöttinger Terrasem C6, New Holland T8.39, completing, operation modes, operation indicators.

Постановка проблеми. Нульовий обробіток ґрунту за використання технологій прямого посіву найефективніше вирішує завдання енергозбереження в рослинництві.

Основними перевагами прямого посіву або суміщення передпосівної підготовки ґрунту з посівом є скорочення обсягу й термінів робіт, трудових і грошових витрат, а також запобігання втратам вологи, поліпшення вологозабезпеченості й розвитку сходів унаслідок ліквідації розриву між підготовкою ґрунту і посівом. Обробіток ґрунту при прямому посіві може бути суцільним (культивація, фрезерування), смуговим (розпушування гофрованими дисками, смугове фрезерування) або зовсім відсутнім.

Ґрунтообробно-посівні агрегати не набули поширення через малу ширину захвату, низьку продуктивність, нераціональну та ускладнену організацію робіт, які пов'язані з доставкою насіння, і головне, через агротехнічну несумісність глибокого розпушування з посівом. Усадка свіжозораного ґрунту після появи сходів спричинює обрив коренів, пригнічення сходів, випинання вузла кущіння. Такі посіви більше за інших схильні до замерзання й загибелі [1].

Застосовують кілька варіантів машинних технологій прямого посіву озимих, ярих та інших сільськогосподарських культур. Вони залежать від зональних і конкретних ґрунтових умов у період виконання робіт і від застосовуваних технічних засобів.

Технологія робіт при прямому посіві поєднує кілька операцій: посів, внесення добрив і гербіцидів, коткування. Під час вирощування зернових культур гербіциди зазвичай застосовують перед посівом, а в разі обробітку просапних – при посіві. Збереження на поверхні поля мульчувального шару з рослинних залишків сприяє накопиченню і збереженню ґрунтової вологи й гумусу (у верхньому шарі ґрунту при сповільненні його втрат у кореневмісному шарі), запобігає ерозійним процесам. Застосування таких технологій дає змогу скоротити обсяг польових робіт і потребу в тракторах і ґрунтообробних машинах, заощадити 70...80 % палива за рахунок виключення обробітку ґрунту. Скорочення витрат часу на проведення польових робіт дозволяє провести їх в оптимальні агростроки, розширити площі посівів, у тому числі поживних і поукісних, що є важливим резервом отримання додаткової продукції рослинництва.

Відомо кілька типів агрегатів, які суміщають передпосівну підготовку ґрунту з посівом. Більшість із них може працювати на агрофонах із нульовим обробітком. Основна агротехнічна від-

мінність виконуваних ними процесів посіву полягає в способі підготовки насінневого ложа і розміщення насіння. Є конструкції, що забезпечують суцільне підрізання нерозпушеного пласта, його смугове розпушування в зонах рядків або тільки розрізання післяжнивних залишків плоским диском, наприклад, перед долотоподібними, одно- або дводисковими сошниками або навіть без такого розрізання перед сошниками. Останню групу можна віднести до сівалок прямого посіву з нульовим припосівним обробітком ґрунту. Насіння при посіві розміщують різними способами: рядковим, стрічковим, широкосмуговим і суцільним розкидним, при якому досягаються найбільш рівномірна площа живлення, однакові умови для кущіння й рівномірна освітленість усіх рослин. При широкосмуговому і суцільному розкидному розміщенні насіння погіршуються умови для росту бур'янів. Тому такі способи доцільніші, ніж перехресний спосіб [6].

Особливості методу переходу на систему ресурсоощадного землеробства або прямого посіву – це застосування даного методу після вирощування на полях багаторічних трав. Подібний метод дає змогу успішно впроваджувати ресурсоощадні технології в травопільних сівозмінах.

Технологія прямого посіву в стерню повністю виключає механічний обробіток. Прямий посів вимагає застосування спеціальної сівалки. Можливі варіанти поєднання технології мінімального обробітку ґрунту з прямим посівом під різні культури в сівозміні. Наприклад, зяблевий обробіток проводять під наступний мульчувальний посів просапних культур, а озимі та ярі зернові висівають прямим посівом.

Посів у системі ресурсоощадного землеробства проводять двома способами: після мінімального обробітку ґрунту – посів у мульчу та за нульового обробітку – прямий посів у стерню. Сучасна посівна техніка рівномірно закладає насіння на ущільнене зволене насінневе ложе, що сприяє збільшенню польової схожості насіння. У зв'язку з цим не рекомендується завищувати норму висіву насіння і проводити його занадто глибоке закладення. Оптимальна глибина загортання насіння не перевищує 3...4 см. Прямий посів озимих і ярих культур у сільськогосподарських підприємствах здійснюється сівалками для прямого посіву культур зернової групи, які завдяки долотоподібним сошникам із паралелограмним управлінням забезпечують рівномірне розміщення насіння на заданій глибині й якісно працюють навіть по нерівній поверхні, ідеально копіюючи рельєф ґрунту [7].

Технології з прямим посівом рекомендуються за вирощування озимих культур по чистих і зайнятих парах, при посіві ярих зернових, що розміщуються після озимих і просапних культур, на чистих від бур'янів ґрунтах і на повторних посівах.

Вимоги до прямого посіву зернових культур [3; 4; 11]:

- точне дотримання встановленої норми висіву, відхилення від неї не повинно перевищувати 3 %;

- рівномірний розподіл насіння по всій площі і в рядках, середня нерівномірність розміщення насіння не повинна перевищувати 4 %, коливання висіву кожним апаратом допускається не більше ніж 2 % від середнього висіву однієї посівної секції;

- рівномірність і повнота закладення насіння на задану глибину з допустимим відхиленням не більше 1 см, наявність насіння на поверхні ґрунту не допускається;

- прямолінійність рядків посіву і рівномірність розташування міжрядь, відхилення міжрядь між двома суміжними сошниками допускаються не більше ніж 1 см, ширина стикових міжрядь від прийнятого міжряддя в суміжних сівалок – не більше ніж 2 см і ширина стикових міжрядь двох суміжних проходів – не більше ніж 5 см;

- огріхи, які утворюються в результаті збільшення стикових міжрядь, забивання сошників і насіннепроводів, а також пересівання і перекриття не допускаються, поворотні смуги повинні бути засіяні з тією ж нормою висіву, що й основне поле;

- поверхня засіяного поля не має бути ущільненою або гребенистою, засіяне поле повинно мати рівну поверхню. Дотримання цих вимог залежить від точного регулювання сівалок і посівних агрегатів, від правильного режиму роботи машин і систематичного контролю за їхнім станом.

Розв'язання практичних задач ефективного виробництва сільськогосподарської продукції можливе за рахунок раціоналізації системи технологічних операцій та використання сучасних технічних засобів, які комплектуються й використовуються в технологічних процесах з мінімізацією затрат за критеріями приведених витрат та затрат робочого часу. Вирішуючи ці завдання, науковці ведуть роботу щодо дослідження систем сумісного обробітку ґрунту та сівби зернових культур і технічних засобів для їх реалізації зі зменшенням витрат на виробництво продукції сільськогосподарських культур.

Механізовані технологічні процеси із суміщенням обробітку ґрунту і сівби є основними складовими сучасних науково обґрунтованих систем землеробства. Значну роль вони набувають в умовах розвитку сучасного аграрного виробництва, коли суттєво погіршується ресурсне забезпечення виробничих аграрних формувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження з питань, які пов'язані з використанням технічних засобів в аграрному виробництві, – це дослідження, які тісно пов'язані з розвитком технічних засобів механізації аграрного виробництва.

Дослідження з використання технічних засобів для аграрного виробництва стали з'являтися з появою перших зразків машин і обладнання для виконання технологічних операцій і процесів у рослинництві. Враховуючи це, були започатковані первинні елементи, які формували машиновикористання як науку. Загальна увага до науково-технічного прогресу й розвитку підходів до організації використання техніки була досить значна на межі ХХ століття.

Проблемою вивчення і вдосконалення наявних систем і комплексів машин в Україні вчені займалися протягом значного періоду часу, тому вона не нова. З дослідженнями цієї проблеми пов'язані становлення й розвиток рівня механізації аграрного виробництва.

Зокрема, наукові праці академіка В. П. Горячкина є основою для подальших досліджень сільськогосподарських робочих машин і знарядь, де розвиток отримали наукові дослідження з порівняння різних видів робіт і конструкцій машин через техніко-економічні показники використання машин [2].

Одним із перших науковців, який у своїх працях розробив методичні основи визначення кількості машин та організації їх застосування, був академік Б. С. Свірщевський. Він у своїх наукових працях заклав основи визначення таких основних показників ефективності використання парку на той час, як: площа, яку обробляє одна машина; площа, яку обслуговує один трактор; середнє річне число роботи тракторів; процент механізації; показник витрати палива тощо [12].

Науковці М. З. Савченко, В. С. Крамаров, І. Й. Натанзон та інші продовжили роботу з розробки й обґрунтування основних техніко-експлуатаційних параметрів агрегатів з урахуванням особливостей виробничої діяльності та агротехнологічного комплексу операцій, які суттєво впливають на процедуру комплектування машинно-

тракторних агрегатів та ефективність їхньої роботи. Також цими вченими вперше було розроблено зональні нормативи потреби в техніці на 100 га орної площі і вартості години роботи машин [10].

Останнім часом наукові дослідження цього напрямку були спрямовані на обґрунтування раціонального складу затрат для проведення технологічних операцій і процесів через визначення складу машинних агрегатів та їх режимів використання. У наукових працях М. К. Діденка, І. І. Мельника, В. Д. Гречкосія, С. М. Бондаря [3; 9] було розроблено методичні підходи щодо визначення раціональної структури та складів машинних агрегатів для технологічних операцій і процесів у системах механізованих технологій виробництва продукції сільськогосподарських культур. Обґрунтування щодо визначення раціональних складів і режимів роботи машинних агрегатів повинно опиратися на систему математичних моделей, які відтворюють взаємозалежність між виробничими умовами роботи і вимогами до технологічних операцій та процесів.

Дослідженням використання машинних агрегатів у технологічних операціях і процесах сільськогосподарського виробництва займається досить активно багато вчених і в нинішній час, у період значних змін в аграрному виробництві, які пов'язані з впровадженням і використанням сучасних нових технологій і технічних засобів. Наукові дослідження щодо комплектування та використання машинних агрегатів у технологічних операціях і процесах галузі рослинництва потребують нових сучасних методів і підходів до реалізації їх властивостей за критерієм раціональності та ефективності при використанні на виробництві [13–17].

Аналітичні дослідження стосовно оцінки ефективності роботи посівного комплексу Pöttinger Terrasem С6 для прямого посіву у виробничих умовах Лісостепу Сумської області не проводились.

Постановка завдання. Питання технічного забезпечення виробництва продукції сільськогосподарських культур, інноваційно-інвестиційного розвитку, вдосконалення і розвитку системи матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва є актуальними і перспективними для сучасного виробництва в галузі сільського господарства. Сучасне аграрне виробництво перебуває на якісно новому етапі технічного розвитку машин і обладнання. В аграрні формування країни надходить значна кількість сучасних тракторів, комбайнів, сільськогосподарських ма-

шин як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Ці зразки сучасної техніки відрізняються значно вищим ступенем надійності, довговічності, наявністю сучасних АСУ та контролю за роботою їхніх вузлів і механізмів, які забезпечують економішій режим роботи і вищу якість операції або процесу, які виконуються. Технічні можливості сучасних машинних агрегатів виконувати виробничі завдання в конкретних виробничих умовах використання з максимальною продуктивністю і мінімальною витратою палива зазвичай недовикористовуються через суттєві помилки в агрегуванні. Для усунення наявних помилок агрегування доцільно проводити попередньо моделювання раціональних складів агрегатів і розрахунки оптимальних режимів їх роботи.

Обґрунтування оптимального складу, параметрів і раціональних режимів роботи машинних агрегатів надає можливості для розв'язання таких задач [4; 5; 8; 10]:

- визначити оптимальні параметри машинних агрегатів, які могли б забезпечити достатньо високі техніко-економічні показники роботи й екологічні властивості для визначених природно-виробничих умов використання;
- із наявної множини варіантів машинних агрегатів підібрати раціональний агрегат для виконання технологічної операції в природно-виробничих умовах аграрного підприємства;
- для вибраного трактора або робочої сільськогосподарської машини скомплектувати агрегат для виконання механізованої операції, який забезпечить раціональне й ефективне використання тягово-швидкісних властивостей енергозасобу.

Розв'язання перелічених задач дає змогу сформулювати сучасні методики та підходи до комплектування й визначення технічних та енергетичних показників роботи посівних комплексів для прямого посіву типу Pöttinger Terrasem С6 зернових культур у ґрунтово-виробничих умовах Сумщини, що надасть можливості для подальшого обґрунтування вибору режимів роботи машинних агрегатів за критеріями, які відображають наявну доцільність.

Виклад основного матеріалу. Сучасні технології та технологічні процеси виробництва продукції сільськогосподарських культур без ефективного використання ресурсів є затратними для виробничої діяльності аграрних формувань. Це є важливою причиною неринкової собівартості отриманої продукції, її низької конкурентоспроможності на аграрних ринках, а також значущим чинником, який гальмує розвиток ефективності

аграрного виробництва. Таким чином, подальші наукові дослідження щодо розробки, модернізації і впровадження у виробництво елементів технологій та заходів, що спонукають до ресурсного збереження, є актуальними. Це є основною складовою напрямів ефективного виробництва продукції сільськогосподарських культур, яка складатиме конкуренцію на розвинених світових ринках.

У типових технологіях виробництва аграрної продукції значні резерви енергетичного збереження, як важливого елементу ресурсозбереження, мають напрями поєднання технологічних операцій та виконання їх комплексними і комбінованими машинними агрегатами з впровадженням раціональних типів. Такі перспективні рішення забезпечуються впровадженням прямого посіву сільськогосподарських культур та використанням сучасних посівних комплексів і вдосконаленням уже існуючих.

Ефективне використання матеріальних ресурсів та робочого часу є важливою умовою підвищення ефективності технології виробництва продукції сільськогосподарських культур.

На сьогодні науковці ведуть дослідження систем сівби сільськогосподарських культур та видів технічних засобів, які надають можливість скорочення приведених витрат і затрат робочого часу [13–15].

Комплексна узагальнювальна оцінка експлуатаційних властивостей машинних агрегатів дає змогу підібрати з множини можливих варіантів технічних засобів лише раціональні для заданих виробничих умов агрегати. При цьому важливо забезпечити відповідну узгодженість параметрів окремих складових агрегату (трактор, робоча машина тощо), а також відповідність властивостей машинних агрегатів агротехнічним вимогам і виробничим умовам.

Для відомої робочої сільськогосподарської машини доцільно підібрати енергозасіб (трактор), який забезпечує значення максимальної продуктивності машинних агрегатів за мінімальних енергетичних затрат на проведення технологічної операції.

У такому разі з метою проведення цієї роботи доцільно використовувати таку методику [5; 8] для здійснення обґрунтування з комплектування машинних агрегатів на основі типової технічної інформації, яка доступна фахівцям. Основними формуючими параметрами, які визначають раціональність комплектування агрегату, є його швидкість руху v та ширина захвату B .

Вирішуючи завдання щодо обґрунтування складу машинних агрегатів, спочатку розрахову-

ють тягові можливості енергетичного засобу в допустимому діапазоні швидкостей роботи машинного агрегату у виробничих умовах роботи.

Корисна тягова потужність у машинному агрегаті:

$$N_{II}^H = N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) - \frac{G(V_{\min} \dots V_{\max})(f \pm \frac{i}{100})}{3,6} \quad (1)$$

де N_e^H – ефективна потужність (номінальна) двигуна, кВт; η_m – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії енергетичного засобу (для колісних $\eta_m = 0,91 \dots 0,92$); δ – буксування рушіїв енергозасобу, % (для колісних з формулою 4К2 буксування допустиме становить $\delta_o = 18\%$; з формулою 4К4 – $\delta_o = 15\%$); G – експлуатаційна вага енергозасобу, кН; f – коефіцієнт опору коченню енергозасобу; i – нахил місцевості поля у виробничих умовах, %; v_{\min} , v_{\max} – агротехнічно допустима швидкість виконання технологічної операції (мінімальна і максимальна, у межах яких якісно виконуються вимоги до технологічної операції), км/год.

Тягова потужність енергетичного засобу (за зчпними показниками енергозасобу) враховує втрати потужності на пробуксовування, власного пересування і подолання схилу місцевості поля (підйом або спуск агрегату):

$$N_{зак}^H = \frac{G(v_{\min} \dots v_{\max}) \left[\lambda \mu - \left(f \pm \frac{i}{100} \right) \right]}{3,6} - N_e^H \eta_m \frac{\delta}{100}, \quad (2)$$

де λ – частина ваги енергозасобу, що припадає на рушії (для колісних енергозасобів з колісною формулою 4К2 $\lambda = 0,66$; для колісних енергозасобів з колісною формулою 4К4 $\lambda = 1,0$); μ – зчеплення рушіїв енергозасобу з ґрунтом (коефіцієнт).

Робоча швидкість машинних агрегатів, при якій отримується максимальна тягова потужність енергозасобу:

$$v_{N_{зак}^H}^{\max} = 3,6 \frac{N_e^H \eta_m}{G \lambda \mu} \quad (3)$$

Можлива максимальна тягова потужність енергозасобу визначається такою залежністю:

$$N_{зак}^{\max} = N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100} - \frac{f \pm \frac{i}{100}}{\lambda \mu}\right) \quad (4)$$

За даних умов оптимальній швидкості виконання технологічної операції та руху машинного агрегату v_{opt} відповідає робоча швидкість, при якій отримується максимальна тягова потужність,

а оптимальна ширина захвату робочої машини машинного агрегату B_{opt} визначається з такого співвідношення:

$$B_{opt} = \frac{N_{zak}^{max}}{N_{num}}, \quad (5)$$

де N_{num} – питома потужність, що припадає на одиницю ширини захвату робочої машини агрегату, кВт/м.

Питома потужність енергетичного засобу визначається для багатофункціональних комплексних машинних агрегатів:

$$N_{num} = \frac{v_{opt}}{3,6} \left(k_{m(i)} \pm q_{m(i)} \frac{i}{100} \right), \quad (6)$$

де $\sum k_{m(i)}$ – сума тягових питомих опорів робочих машин в агрегаті (i -го виду), кН/м; $\sum q_{m(i)}$ – сума питомої ваги робочих машин в агрегаті (i -го виду), кН/м.

За отриманими значеннями B_{opt} або $B_{рац}$ обираємо визначену робочу машину для агрегату (або декілька машин), для яких ширина захвату робочої машини B_{az} найбільш наближена до отриманих розрахункових значень робочої ширини:

$$B_{az} \leq B_{opt} \text{ або } B_{рац}. \quad (7)$$

Після вибору робочої машини або машин агрегату визначаємо потужність на агрегування N_{az} , що необхідна для виконання технологічної операції машинним агрегатом у допустимому агротехнічному діапазоні робочих швидкостей ($v_{min} \dots v_{max}$):

$$N_{az} = \frac{R_{az} (v_{min} \dots v_{max})}{3,6}, \quad (8)$$

де R_{az} – тяговий опір вибраного машинного агрегату, кН.

Опір тяговий агрегату R_{az} розраховується за однією з нижченаведених методик визначення тягового опору для багатофункціональних комплексних машинних агрегатів:

$$R_{az} = B \sum k_{m(i)} \pm \sum G_{m(i)} \frac{i}{100}. \quad (9)$$

Оптимальною раціональною швидкістю роботи або руху машинного агрегату $v_{рац}$ є та швидкість, що максимально забезпечує використання потужності та експлуатаційних властивостей енергетичного засобу, тобто $v_{рац} \rightarrow v_{N_{эф}^{max}}$.

В умовах достатнього зчеплення рушіїв енергетичного засобу з ґрунтовими умовами виконання технологічної операції $v_{рац}$:

$$v_{рац} = \frac{3,6 N_e^H \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right)}{R_{az} + G \left(f \pm \frac{i}{100}\right)}. \quad (10)$$

В умовах недостатнього зчеплення рушіїв енергетичного засобу з ґрунтовими умовами виконання технологічної операції $v_{рац}$:

$$v_{рац} = \frac{R_{az} + 3,6 N_e^H \eta_m \frac{\delta}{100}}{G \left[\lambda \mu - \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \right]}. \quad (11)$$

Потім визначають коефіцієнт корисної дії тяговий енергетичного засобу і порівнюють його значення з максимально можливим для визначених умов виконання технологічної операції і в цілому роботи машинного агрегату. Для якнайповнішого аналізу використання потужності та можливостей енергетичного засобу і розраховують числові значення коефіцієнтів використання потужності тягової енергетичного засобу і завантаження його двигуна внутрішнього згоряння. Під час розрахунків коефіцієнтів завантаження двигуна енергетичного засобу спочатку визначають значення потужності двигуна внутрішнього згоряння енергетичного засобу, що використовується при розрахованій швидкості агрегату $v_{рац}$:

$$N_e = \frac{v_{рац}}{3,6} \left\{ R_{az} \left[2 - \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \right] + G \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \right\}. \quad (12)$$

Продуктивність за одну годину «чистої» роботи машинного агрегату під час виконання технологічної операції W , га/год, визначається за формулою

$$W = 0,1 B v_{рац}, \quad (13)$$

де B – ширина захвату робочої сільськогосподарської машини, м.

Питома витрата палива машинним агрегатом на одиницю роботи для технологічних операцій q_p , кг/га:

$$q_p = \frac{10^{-3} q_e^H N_e^H \eta_{зав}}{W}, \quad (14)$$

де q_e^H – номінальна витрата палива (питома) двигуном енергетичного засобу, г/кВт·год; N_e^H – ефективна потужність (номінальна) двигуна енергетичного засобу, кВт.

Енергетичні витрати (питомі) машинним агрегатом $E_{num}^{за}$, МДж/га:

$$E_{num}^{за} = 42,7 \cdot q_p. \quad (15)$$

Витрати праці (питомі) машинним агрегатом H_{num}^{za} , люд·год/га:

$$H_{num}^{za} = \frac{n_{mex} + n_{доп}}{W}, \quad (16)$$

де n_{mex} – кількість основних робітників, які задіяні під час роботи машинного агрегату у виконанні технологічної операції, осіб; $n_{доп}$ – кількість допоміжних робітників, які задіяні під час роботи машинного агрегату у виконанні технологічної операції, осіб.

Оцінку раціональності скомплектованого машинного агрегату проводять відповідно до показників, які наведено у формулах (17) – (19).

Тяговий коефіцієнт корисної дії енергетичного засобу, що є складовою агрегату:

$$\eta_T = \frac{N_{az}}{N_e^H} \rightarrow \eta_T^{max} = \frac{N_{зак}^{max}}{N_e^H}, \quad (17)$$

де N_{az}^{max} – потужність для виконання операції в заданих умовах, кВт; N_e^H – експлуатаційна потужність двигуна енергозасобу, кВт; η_T^{max} – максимальний тяговий ККД енергозасобу в заданих умовах роботи агрегату; $N_{зак}^{max}$ – максимальна тягова потужність енергозасобу в заданих умовах роботи агрегату, кВт.

Показнику (17) відповідають такі критерії:

$$\eta_{вик} = \frac{N_{az}}{N_{зак}^{max}} \rightarrow 1, \quad (18)$$

де $\eta_{вик}$ – коефіцієнт використання тягової потужності енергозасобу;

$$\eta_z = \frac{N_e}{N_e^H} \rightarrow 1, \quad (19)$$

де η_z – коефіцієнт завантаження двигуна енергетичного засобу; N_e – потужність двигуна енергетичного засобу для виконання технологічної операції, кВт.

Для розв'язання аналітичних задач цього напрямку потрібно:

- визначити значення необхідної потужності для роботи машинних агрегатів з робочою машиною в межах агротехнічно допустимого діапазону робочих швидкостей;

- розрахувати значення необхідної ефективної потужності двигуна трактора в межах агротехнічно допустимого діапазону робочих швидкостей;

- визначити значення експлуатаційної ваги трактора, яка формує умови достатнього зчеплення у природно-виробничих умовах;

- за наявними технічними характеристиками підібрати трактор, який задовольнятиме розрахункові значення отриманої потужності N_e та ваги G ;

- для вибраного трактора визначити швидкість $v_{N_{зак}^{max}}$ і максимальну тягову потужність $N_{зак}^{max}$ трактора для виробничих умов роботи машинного агрегату.

Для сівби зернових культур, у тому числі й озимого жита, у базовому сільськогосподарському підприємстві використовується посівний комплекс для прямого посіву Pöttinger Terrasem C6 (рис. 1).



Рис. 1. Посівний машинний агрегат для прямої сівби озимого жита на базі сівалки Pöttinger Terrasem C6

Fig. 1. Sowing machine aggregate for direct sowing of winter rye based on the Pöttinger Terrasem C6 planter

Універсальний посівний комплекс Terrasem може бути без зайвих затрат інтегрований у будь-яку концепцію обробітку ґрунту й сівби рядковим способом сільськогосподарських культур – мульчований посів чи традиційна технологія для умов базового підприємства.

Цей робочий комплекс переконає точним закладанням посівного матеріалу за допомогою сучасної паралелограмної навіски та дводискового надійного сошника «Дуал диск» з прикочувальним індивідуальним колесом, що забезпечує ефективне дотримання глибини посіву. Усе це гарантує унікальне високоякісне копіювання поверхні поля незалежно від виробничих умов та рівномірну глибину закладання мінеральних добрив і насіння.

За допомогою цього універсального посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6, який поєднує в собі повноцінну дискову борону, якісний і ефективний коток-шасі та ідеальну зернову сівалку, за один прохід машинного агрегату виконується підготовка ґрунту, ущільнення та сівба з робочою шириною захвату 6 м.

Для отримання максимальної урожайності зернових культур фундаментом є оптимальний і якісний обробіток ґрунту (підготовка ґрунту). Основна вимога цього агротехнологічного прийому – підготовка рівномірного горизонту обробітку та якнайкраще перемішування його шарів. Дворядна ґрунтообробна дискова борона Pöttinger з надійним легким ходом підтримує й забезпечує найкраще розпушення, подрібнення та перемішування ґрунту.

В універсальних робочих посівних комплексах Terrasem комбінація спеціальних котків та елементів шасі забезпечує оптимальне зворотне ущільнення шару ґрунту. За рахунок оптимальної геометрії елементів навіски та короткої, уніфікованої, компактної бази під час сівби досягається покращена маневреність агрегату на розворотах, переїздах та під час транспортування. Кожен дводисковий сошник посівного комплексу, що формує посівне ложе для насіння, не потребує ретель-

ного обслуговування. Він має власну унікальну паралелограмну навіску. За кожним сошником посівного комплексу йде прикочувальне колесо, яке забезпечує точність глибини висіву посівного матеріалу.

Технічна характеристика посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 наведена в табл. 1.

Посівний комплекс прямого посіву зернових культур Pöttinger Terrasem C6, згідно з рекомендаціями заводу-виготовлювача, якісно виконує технологічний процес з робочою швидкістю в діапазоні 7...15 км/год залежно від виробничих та ґрунтових умов роботи і тракторів, з якими він скомплектований для агрегування. Агрегування цього посівного комплексу прямого посіву зернових культур Pöttinger Terrasem C6 рекомендується з тракторами потужністю 180...280 кВт (230...370 к. с.) згідно з технічною характеристикою.

Проведемо розрахунки щодо комплектування та обґрунтування режимів роботи машинних посівних агрегатів на базі посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6. Режими роботи посівних машинних агрегатів обґрунтувалися для виробничих і ґрунтових умов базового сільськогосподарського підприємства та вимог до проведення підготовки ґрунту і сівби озимого жита з використанням методики розрахунку та обґрунтування машинних агрегатів і режимів їх роботи.

У базовому сільськогосподарському підприємстві для агрегування посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6, згідно з рекомендаціями щодо потужності (див. табл. 1), є трактори, які відповідають цим вимогам за потужністю: енергетичний засіб (трактор) New Holland T8.390 з потужністю 276 кВт.

Було проведено для обох тракторів розрахунки з обґрунтування складу машинних агрегатів і режимів їх роботи при прямому посіві озимого жита згідно з агротехнологічними вимогами і нормативами та методикою, запропонованою вище.

Таблиця 1. Технічна характеристика посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6

Table 1. Technical characteristics of the sowing complex Pöttinger Terrasem C6

Показник посівного комплексу	Значення показника
Робоча ширина захвату	6 м
Довжина посівного комплексу	7,94 м
Ширина транспортування комплексу	3,0 м
Висота транспортування комплексу	3,0 м
Потреба в потужності трактора	180...280 кВт, 230...370 к.с.
Вага посівного комплексу	87,8 ... 122,84 кН

Під час аналітичного дослідження та моделювання зміни показників роботи посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 для прямої сівби в умовах Сумщини при використанні на сівбі озимого жита було проведено математичні розрахунки відповідно до представленої методики з використанням програмного пакета Microsoft Excel 2016.

Для розрахунків вихідні дані було використано на основі технічних характеристик тракторів New Holland T8.390 від компанії New Holland Agriculture, робочих машин Pöttinger Terrasem C6 від компанії Pöttinger та типових виробничих і ґрунтових умов Сумської області й представлено в табл. 2.

На основі технічних характеристик трактора і посівного комплексу та виробничо-ґрунтових умов виконання процесу і наводимо результати в табл. 2.

Аналітичні розрахунки значень показників роботи посівного машинного агрегату при вико-

нанні процесу прямого посіву озимого жита машинним агрегатом у складі енергетичного засобу (трактора) New Holland T8.390 та посівного комплексу для прямого посіву (сівалки) Pöttinger Terrasem C6 наводимо в табл. 3.

На основі розрахунків та їх результатів щодо обґрунтування режимів і показників роботи посівного машинного агрегату прямого посіву озимого жита в складі енергетичного засобу (трактора) New Holland T8.390 та посівного комплексу для прямого посіву (сівалки) Pöttinger Terrasem C6 можна зробити такі проміжні висновки, що за мінімально можливих значень показників роботи і виробничих умов при прямому посіві озимого жита максимально можлива робоча розрахункова швидкість становить 18,09 км/год, яка під час виконання операції обмежується якістю виконання роботи або агротехнічно допустимою швидкістю руху 13 км/год. За максимально можливих значень показників роботи і виробничих умов при прямому посіві озимого жита – 12,24 км/год.

Таблиця 2. Вихідні дані для посівного машинного агрегату New Holland T8.390+Pöttinger Terrasem C6
Table 2. Output data for the New Holland T8.390+Pöttinger Terrasem C6 sowing machine aggregate

Умови роботи.	Од. виміру	Позначення	Значення		
			min	max	
Сільськогосподарська операція	-	-	прямий посів озимого жита		
Глибина сівби	см	h	3,00	6,00	
Агрофон	-	-	стерня зернових колосових		
Схил поля (місцевості), рельєф	%	i	0,0	3,0	
Енергетичний засіб		Од. виміру	Позначення	Значення	
Марка енергетичного засобу	-	-	New Holland T8.390		
Колісна формула енергетичного засобу	-	-	4К4		
Номінальна ефективна потужність двигуна	кВт	Ne _н	276		
Номінальна частота обертання колінчастого валу	об/хв	n _д	2000		
Питома витрата палива двигуна	г/кВт*год	q _{ен}	210,0		
Експлуатаційна вага енергетичного засобу	кН	G _{тр}	113,2		
Механічний КПД трансмісії енергетичного засобу	-	η _м	0,915		
Допустимий коефіцієнт буксування	%	δ _{доп}	15,0		
Коефіцієнт використання зчіпної ваги енергетичного засобу	-	λ	1,00		
Коефіцієнт зчеплення рушії енергетичного засобу з ґрунтом	-	μ	0,85		
Коефіцієнт опору коченню енергетичного засобу	-	f	0,07		
Робоча машина		Од. виміру	Позначення	Значення	
Посівний комплекс	-	-	Vaderstad Tempo L16		
Питомий тяговий опір рихлення ґрунту	кН/м	k _{гр}	3,0	4,5	
Питомий тяговий опір висіву насіння і добрив	кН/м	k _{с-нд}	2,0	2,5	
Питомий тяговий опір заробляючого колеса	кН/м	k _{зк}	0,5	0,7	
Питомий тяговий опір вирівнювання	кН/м	k _в	0,3	0,5	
Конструктивна ширина захвату	м	B _м	6,00		
Експлуатаційна вага робочої машини	кН	G _м	87,8		
Діапазон агротехнічно допустимих швидкостей руху	min	км/год	V _{min}	8,0	
	max	км/год	V _{max}	13,0	
Кількість механізаторів для виконання технологічної операції	люд	n _м	1,0		

Таблиця 3. Результати розрахунків показників роботи посівного машинного агрегату New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

Table 3. Results of calculations of the operation indicators of the sowing machine aggregate New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

Показники	Од. виміру	Позначення	Значення		
			min	max	
Тягова (корисна) потужність енергетичного засобу	min	кВт	$N_{д\min}^п$	197,05	189,50
	max	кВт	$N_{д\max}^п$	186,04	173,78
Тягова потужність, яка залежить від зчіпних властивостей енергозасобу	min	кВт	$N_{кр\min}^м$	158,33	150,79
	max	кВт	$N_{кр\max}^м$	280,97	268,70
Тяговий опір агрегату	кН	$R_{ар}$		34,80	51,83
Необхідна тягова потужність для роботи агрегату	min	кВт	$N_{ар\min}$	77,33	115,19
	max	кВт	$N_{ар\max}$	125,67	187,18
Рациональна швидкість агрегату	км/год	$V_{роз}$		18,09	12,24
Потужність, яка необхідна для роботи агрегату	кВт	Ne_p		174,85	176,18
Коефіцієнт використання тягової потужності	-	$\eta_{вик}$		0,89	0,93
Тяговий КПД енергетичного засобу	-	η_T		0,63	0,64
Максимально можливий тяговий КПД енергетичного засобу	-	$\eta_{T\max}$		0,71	0,69
Ефективну потужність двигуна енергетичного засобу	кВт	Ne		253,52	253,82
Коефіцієнт завантаження двигуна	-	$\eta_{зав}$		0,92	0,92
Розрахункова продуктивність агрегату за один час «чистої» роботи	га/год	W		10,85	7,34
Розрахункову витрату палива (питому) на одиницю виконаної роботи	кг/га	q_p		4,91	7,26
Питомі енерговитрати	мДж/га	$\Sigma_v^{г\alpha}$		209,47	310,00
Питомі витрати праці	люд*год/га	$H_v^{г\alpha}$		0,09	0,14

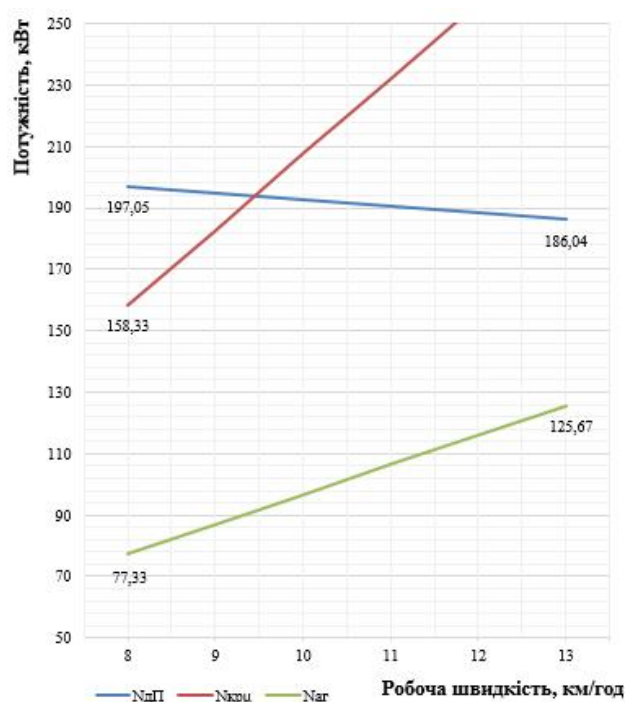


Рис 2. Графік зміни потужності при «min» значеннях показників роботи агрегату

New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

Fig. 2. The graph of power change at «min» values of the operation indicators of

New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

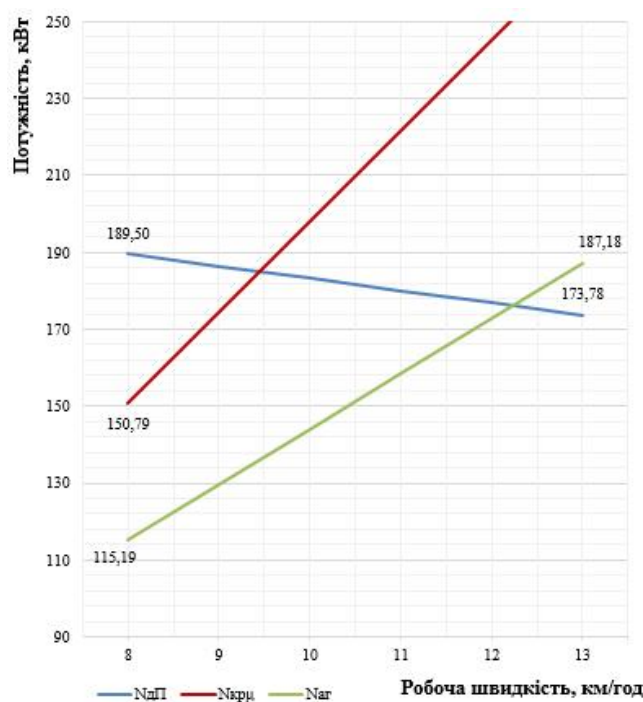


Рис 3. Графік зміни потужності при «max» значеннях показників роботи агрегату

New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

Fig. 3. The graph of power change at «max» values of the operation indicators of

New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6

При цьому техніко-експлуатаційні показники становлять відповідно:

- продуктивність агрегату 10,85 га/год і 7,34 га/год;

- погектарна витрата палива 4,91 кг/га і 7,26 кг/га;

- питомі затрати праці 0,09 люд-год/га і 0,14 люд-год/га.

Ілюстративне відображення (графіки) результатів розрахунків показників роботи посівного машинного агрегату наведено на рис. 2 і 3.

Наведені графіки зміни потужності при виконанні прямого посіву озимого жита при «min» і «max» показниках роботи агрегату New Holland T8.390 + Pöttinger Terrasem C6 ілюстративно відображають результати розрахунків показників роботи посівного машинного агрегату.

Висновки. Проведеними аналітичними дослідженнями роботи посівного машинного агрегату було встановлено таке:

1. Раціональність використання машинних агрегатів для виконання прямого посіву озимого жита на базі посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 для ґрунтово-виробничих умов базового сільськогосподарського підприємства залежить від оптимального підбору енергетичного засобу. На основі результатів розрахунків техніко-експлуатаційних показників можна зробити висновок, що для забезпечення оптимальних показників машинного агрегату для прямої сівби озимого жита на базі посівного комплексу Pöttinger Terrasem C6 рекомендованим є енергетичний засіб (трактор) New Holland T8.390, при цьому раціональна робоча швидкість залежно від ґрунтово-кліматичних умов роботи перебуватиме в межах від 12,24 км/год до верхньої межі якісного виконання процесу сівби та досягатиме максимального значення 18,09 км/год за потужністю трактора, яке може під час виконання операції обмежуватися відповідно до якості виконання роботи або агротехнічно допустимого значення швидкості руху 13 км/год.

2. Обґрунтування раціонального діапазону допустимих робочих швидкостей посівного машинного агрегату на базі посівного комплексу для прямої сівби Pöttinger Terrasem C6 дає змогу підвищити техніко-експлуатаційні показники роботи обґрунтованих посівних машинних агрегатів, а також скоротити витрати неоновлюваних ресурсів під час виконання прямої сівби в технологіях виробництва продукції зернових культур.

3. Обґрунтування та підбір раціонального діапазону допустимих робочих швидкостей роботи машинних агрегатів для прямого посіву озимого жита залежить від врахування природно-виробничих умов аграрних підприємств.

Бібліографічний список

1. Господаренко Г. М., Єщенко В. О. Система технологій в рослинництві: навч. посіб. Умань: СПД Сочинський, 2008. 368 с.
2. Горячкин В. П. Собрание сочинений: в 3 т. Москва: Колос, 1965. Т. 1. 720 с.
3. Діденко М. К. Експлуатація машинно-тракторного парку: підручник. Вид. 5-те., перероб. і допов. Київ: Вища шк., 1983. 447 с.
4. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я. І., 2013. 576 с.
5. Карабаницкий А. П., Чеботарев М. И. Комплектование энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2012. 97 с.
6. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. Вид. 2-ге, випр. Київ: Центр навч. літ., 2004. 808 с.
7. Марченко В. В. Механізація технологічних процесів у рослинництві. Київ: Кондор, 2007. 334 с.
8. Маслов Г. Г., Карабаницкий А. П., Палипин А. В. Основные принципы комплектования машинно-тракторных агрегатов: метод. указания. Краснодар: КубГАУ, 2012. 60 с.
9. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу: навч. посіб. / І. І. Мельник та ін. Київ: ВВЦ НАУ, 2004. 151 с.
10. Пастухов В. І. Довідник з машиновикористання в землеробстві: навч. посіб. Харків: Веста, 2001. 344 с.
11. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навч. посіб. / А. С. Лімонт та ін. Київ: Кондор, 2004. 284 с.
12. Свищевский Б. С. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие. Москва: Сельхозгиз, 1958. 660 с.
13. Барабаш Г. І., Таценко О. В. Методичні підходи до визначення техніко-експлуатаційних показників використання посівних комплексів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2017. № 10 (32). С. 68-72.
14. Барабаш Г. І., Таценко О. В. Аналітичне дослідження та порівняльна оцінка використання посівних комплексів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2017. № 10(32). С. 55-60.
15. Таценко О. В. Обґрунтування показників роботи посівного комплексу ALCOR 7,5 для умов Сумщини. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2018. № 10 (34). С. 76-80.
16. Таценко О. В. Обґрунтування показників роботи дискової борони-луцильника «Дукат-4» для умов Сумщини. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2018. № 10 (34). С. 54-60.
17. Таценко О. В., Мартинюк А. В., Курської В. С. Аналітичне дослідження та обґрунтування показників роботи польового культиватора «FLORIN» для виробничих умов. *Інженерія природокористування*. 2020. № 2(16). С. 99-106. doi: 10.37700/enm.2020.2(16).99-106.

Стаття надійшла 27.07.2022