

Аналіз діючих навантажень в машинах для обробки ґрунту

В.І. Риндяєв

*Луганський національний аграрний університет (м. Старобельськ, Україна)
email: ryndyaev.v@ukr.net; ORCID 0000-0002-0473-8059*

У рішенні задач подальшого розвитку аграрного сектору нашої країни важливе місце займають питання збільшення виробництва продукції сільського господарства. Тому останнім часом приділяється увага проблемам сільськогосподарського машинобудування. Виготовляються нові зразки і реконструюються машини для обробки ґрунту, вживаються заходи для збільшення потужностей і розширення технологічних можливостей заводів – виробників сільськогосподарського обладнання. В результаті цього вітчизняні аграрії оснащені сучасними машинами, проектується і виготовляються нові зразки високопродуктивної техніки.

Висока продуктивність машин для обробки ґрунту досягається головним чином за рахунок зростання швидкостей обробки, ширини захоплення ґрунту і т.д. Це призводить до значного збільшення енергосилових параметрів приводів і, як наслідок цього, до високої напруженості всіх елементів трансмісії і робочих органів.

За останній час напруги в передачах при розрахунку на контактну витривалість при використанні спектра сталих технологічних навантажень зросли на 30%, а на опір втомному зносу зубів – більш ніж на 50%.

І хоча машинобудівникам вдалося за цей період забезпечити підвищення рівня допустимих напружень приблизно на таку ж величину і тим самим, здавалося б, компенсувати зростання таких розрахункових напружень, за останні роки витрати запчастин збільшилися більш ніж в 2 рази, число відмов за цей час подвоїлося. Зростання обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та поставок запчастин до нової техніки обганяють темпи зростання обсягів виробництва самої техніки.

Однією з основних причин такого неблагополучного стану є те, що кількісне зростання енергосилових параметрів нової техніки привело до якісно нових проблем у створенні сільськогосподарського обладнання, до вирішення яких практика проектування виявилася невідповідною.

Сільськогосподарські машинобудівники зіткнулися зі значним зростанням в машинах для обробки ґрунту нетехнологічних навантажень, що перевершують технологічні, що встановилися.

Створення працездатних машин для обробки ґрунтів в умовах інтенсивно діючих навантажень перетворилося в гостру проблему, від вирішення якої значною мірою залежать техніко – економічні показники нових і реконструйованих машин.

Ключові слова: машини для обробки ґрунту, навантаження, що діють, нетехнологічні навантаження, робочі органи машини, запасні частини, енергосилові параметри.

Постановка задачі. Особливістю роботи машин для обробки ґрунту є інтенсифікація аграрного виробництва в складних ґрунтово – кліматичних умовах. Це призводить до високої напруженості деталей і вузлів машин.

Сучасному сільськогосподарському машинобудуванню вдається підвищувати рівень допустимих напружень деталей при розрахунках на витривалість, проте витрата запчастин збільшується і число відмов не зменшується.

Однією з причин такого неблагополучного стану справ є поява в машинах нетехнологічних навантажень. Вони в 2-3 рази перевищують навантаження технологічні, які встановилися. Особливо зросли динамічні навантаження.

Створення працездатних машин для сільськогосподарського виробництва в умовах інтенсивно діючих навантажень і збільшення в них частки нетехнологічних стало гострою проблемою,

від вирішення якої значною мірою залежать економічні показники аграріїв.

Аналіз експлуатаційних умов, в яких працює сільськогосподарська техніка, показує, що найбільш напруженими в роботі є деталі і вузли машин для обробки ґрунту [1].

Мета роботи. Створення машин для обробки ґрунту, основні параметри і конструктивні рішення яких забезпечують підвищений рівень працездатності за рахунок зниження нетехнологічних навантажень.

Результати досліджень. За даними ремонтних служб сільськогосподарських підприємств відмови деталей і вузлів машин є причиною більш ніж 50% позапланових простоїв техніки. Основними видами цих відмов є втомні руйнування. Робочі поверхні деталей практично всіх машин для обробки ґрунту схильні до втомного зносу. Менш характерними є відмови, які викликані пластичними деформаціями різних деталей машин.

Основною причиною відмов є висока напруженість деталей машин, яка викликана збільшенням енергосилових параметрів технологічного процесу і значними динамічними навантаженнями [2].

Перше є природним наслідком інтенсифікації процесу обробки ґрунту, друге - динамічної сприйнятливості вузлів до змін, пов'язаними, в основному, зі станом ґрунту.

Основними причинами зростання динамічної сприйнятливості є збільшення зазорів в передачах через більш інтенсивний їх знос.

Зростанню динамічної сприйнятливості все більш протиставляються технологічні заходи, що знижують ефект змін.

Широкі можливості в частині зниження динамічної сприйнятливості машин відкриваються за рахунок спрямованого впливу на його розрахункову схему. Важливе значення має безпосередній вплив, який може надати конструктор, на реальні жорсткості окремих деталей машини.

Широке поширення починає отримувати введення в схему машини всляких амортизувальних і демпфуючих пристроїв, створення пристроїв для вибірки зазорів. Ідуть пошуки нових конструкцій пружних елементів і муфт. Вони забезпечують відносний поворот вузлів, які з'єднуються, під дією динамічних навантажень. Багато проблем створення працездатної машини для обробки ґрунту можуть бути вирішені шляхом раціонального вибору схемного рішення. Зупинимося на більш важливі особливості цих рішень.

Відправним пунктом цього етапу роботи є аналіз і оцінка можливості використання вже відомих і апробованих схемних рішень. Найчастіше такі рішення відповідають поставленим завданням. Головним у цьому випадку є вибір раціональних параметрів елементів машини, що забезпечують необхідний рівень її працездатності. Вибір з ряду рішень найбільш раціонального пов'язано, в основному, з кваліфікацією конструктора, з його знанням різних розроблених критеріїв і схем.

Під створенням раціональної схеми машини або вибором його раціональних параметрів розуміють розробку такого проектного рішення, яке найкращим чином відповідає ряду попередньо сформульованих критеріїв.

Найважливішими критеріями оцінки схем машин для обробки ґрунту, які були використані в даній роботі, є:

1. Критерій забезпечення параметрів процесу.

2. Критерій працездатності:

- запас міцності по максимальним навантаженням
- запас міцності по еквівалентним навантаженням
- критерій динамічності

3. Економічний критерій

Критерій забезпечення параметрів процесу є вихідним, контролюючим відповідність розроб-

леної схеми машини параметрам процесу і нормам точності, що регламентуються технічним завданням на проектуване обладнання. Цей критерій не вимагає спеціальних обґрунтувань. Очевидно, що створювана машина і її параметри повинні забезпечувати проектний діапазон швидкостей, норми точності обробки ґрунту і т.п. Якою б мірою створювана схема машини не відповідала іншим критеріям, вона не має шансів на реалізацію, якщо не відповідає заданим.

Поняття «працездатність» є якісним, і для оцінки працездатності використовуються значення запасів міцності.

Розглянемо ряд критеріїв працездатності.

Запас міцності по максимальним навантаженням є найважливішим критерієм працездатності. Його аналітичний опис має вигляд:

$$K_{max} = \frac{T_{max}}{T_i}, \quad (1)$$

де T_{max} – значення максимальної допустимої за умовами пластичного руйнування навантаження; T_i – максимальне значення випадкового навантаження, яке може виникнути в системі машини.

Запас міцності по еквівалентним навантаженням також є важливим критерієм працездатності. Аналітично його можна виразити:

$$K_{екв} = \frac{T_y}{T_{екв}}, \quad (2)$$

де T_y – навантаження, що допускається за умовами опору втомного руйнування; $T_{екв}$ – еквівалентне навантаження.

Оцінка за цим критерієм виключно важлива, тому що саме відмови втомного характеру типові для елементів машини.

Для машин обробки ґрунту в зв'язку зі складними режимами навантаження елементів машини розрахунок еквівалентних навантажень представляє певні труднощі як при проектувальній оцінці, так і при оцінці обладнання, що експлуатується. Ще більш ускладнює його необхідність врахування все зростаючих динамічних навантажень [3].

У зв'язку з цим доцільно представити цей критерій в наступному вигляді:

$$K_{екв} = \frac{T_y}{T_{екв.уст}} \cdot \frac{1}{n_d} = \frac{K_{екв.уст}}{n_d}, \quad (3)$$

де $T_{екв.уст}$ – еквівалентне навантаження, розраховане з умови дії тільки сталих навантажень; n_d – коефіцієнт динамічності; $K_{екв.уст}$ – запас міцності по еквівалентним навантаженням спектру сталих навантажень.

Таке представлення $K_{екв}$ зручно, тому що $T_{екв.уст}$ є функцією тільки статичних параметрів процесу і системи машини, а під відображає реакцію системи машини на можливі зміни.

Коефіцієнт динамічності можна представити у вигляді:

$$n_d = \frac{T_{\text{екв.і}}}{T_{\text{екв.уст}}}, \quad (4)$$

де $T_{\text{екв.і}}$ – еквівалентне навантаження, розрахована з урахуванням дії всіх навантажень, в т.ч. динамічних.

Очевидно, що коефіцієнт n_d визначає роль динамічних навантажень у формуванні еквівалентних. Використовуючи його, можна перейти до оцінки ролі динамічних навантажень в зниженні запасів міцності, довговічності і тощо.

Критерій динамічності має складний аналітичний опис, так як повинен враховувати особливості розвитку крутильних коливань. По суті, в даний час відсутній математичний опис оцінки n_d стосовно до елементів машини для обробки ґрунту.

Таким чином, показана відповідальність динамічних навантажень за збільшення еквівалентних, і, отже, за можливі відмови.

Висновки. Першорядне значення для оцінки працездатності машини для обробки ґрунту мають значення еквівалентних і максимальних навантажень.

Класифіковані навантаження, що діють в машині для обробки ґрунту. Встановлено, що на величини еквівалентних навантажень найбільший вплив надають характерні для машин обробки ґрунту традиційних конструкцій динамічні навантаження, викликані станом ґрунту.

Граничні навантаження, виникнення яких можливе при аварійних ситуаціях, можуть бути причинами відмов.

Анотація

Анализ действующих нагрузок в машинах для обработки грунта

В.И. Риндяев

В решении задач дальнейшего развития аграрного сектора нашей страны важное место занимают вопросы увеличения производства продукции сельского хозяйства. Поэтому в последнее время уделяется внимание проблемам сельскохозяйственного машиностроения. Изготавливаются новые образцы и реконструируются машины для обработки почвы, принимаются меры по увеличению мощностей и расширению технологических возможностей заводов - производителей сельскохозяйственного оборудования. В результате этого отечественные аграрии оснащены современными машинами, проектируются и изготавливаются новые образцы высокопроизводительной техники.

Высокая производительность для обработки почвы достигается главным образом за счет роста скоростей обработки, ширины захвата почвы и т.д. Это приводит к значительному увеличению энергосиловых параметров приводов и, как следствие этого, высокой напряженности всех элементов трансмиссий и рабочих органов.

За последнее время напряжения в передачах при расчетах на контактную выносливость при использовании спектра постоянных технологических нагрузок выросли на 30%, а на сопротивление усталостному износу зубьев - более чем на 50%.

И хотя машиностроителям удалось за этот период обеспечить повышение уровня допустимых напряжений примерно на такую же величину и тем самым, казалось бы, компенсировать рост таких расчетных напряжений, за последние годы расходы запчастей увеличились более чем в 2 раза, число отказов за это время удвоилось. Рост объемов производства сельскохозяйственной продукции и поставок запчастей к новой технике обгоняют темпы роста объемов производства самой техники.

Література:

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробки ґрунту: навчальний посібник / М.С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р.Б. Кропивницький, Л.І. Ворона, - Житомир: ЖНАУ, 2009.- 89с.

2. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник/ Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. –К.: Вища освіта, 2004.– 544с.

3. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Суми, ВДТ: Універсальна книга, 2006.- 464 с.

4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: машиностроение, 1977.- 328.

5. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1975.–551с.

References:

1. Chernilevskiy, M.S. et al. (2009) *Agrotekhnichni vymogy ta otsinka yakosti obrobitku gruntu: navchalnyi posibnyk*. Zhytomyr: ZhNAU. 89p.

2. Voitiuk, D.G., Dubrovin, V.O., Ishchenko, T.D. (2004) *Silskospodarski ta melioratyvni mashyny*. Kyiv: Vyshcha osvita. 544p.

3. Voitiuk, D.G., Yatsun S.S., Dovzhyk M.Y. *Silskospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku*. Sumy, VDT: Universalna knyga, 2006. 464p.

4. Sineokov, G.N., Panov, I.M. (1977) *Teoriya i raschet pochvoobrabatyivayuschin mashin*. M.: Mashinostroenie. 328p.

5. Ivanov, M.N., Ivanov, V.N. *Detali mashyn*. M.: Vyshaia Shkola. 551p.

Одной из основных причин такого неблагоприятного положения является то, что количественный рост энергосиловых параметров новой техники привел к качественно новым проблемам в создании сельскохозяйственного оборудования, к решению которых практика проектирования оказалась неподготовленной.

Сельскохозяйственные машиностроители столкнулись со значительным ростом в машинах для обработки почвы нетехнологических нагрузок, превосходящих технологические, установившиеся.

Создание работоспособных машин для обработки почв в условиях интенсивно действующих нагрузок превратилось в острую проблему, от решения которой во многом зависят технико - экономические показатели новых и реконструированных машин.

Ключевые слова: машины для обработки почвы, нагрузки, действующие нетехнологические нагрузки, рабочие органы машины, запасные части, энергосиловые параметры

Abstract

Analysis of actual loads in soil cultivation machines

V.I. Ryndyaev

In solving the problems of further development of the agricultural sector of our country an important place is occupied by issues of increasing agricultural production. Therefore, recently attention is paid to the problems of agricultural engineering. New samples are made and machines for tillage are reconstructed, measures are taken to increase the capacity and expand the technological capabilities of factories - manufacturers of agricultural equipment. As a result, domestic farmers are equipped with modern machines, designed and manufactured new models of high-performance equipment.

High productivity of tillage machines is achieved mainly due to the increase in tillage speeds, width of the soil, etc. This leads to a significant increase in the power parameters of the drives and, as a consequence, to the high voltage of all elements of transmissions and working bodies.

Recently, the stresses in the transmissions when calculating the contact endurance using a range of constant technological loads have increased by 30%, and the resistance to fatigue wear of the teeth - by more than 50%.

And although machine builders have managed to increase the level of allowable stresses by about the same amount during this period and thus seem to compensate for the growth of such design stresses, spare parts costs have more than doubled in recent years, the number of failures has doubled. The growth of agricultural production and supply of spare parts for new equipment is outpacing the growth of production of the equipment itself.

One of the main reasons for this unfavorable situation is that the quantitative growth of energy parameters of new equipment has led to qualitatively new problems in the creation of agricultural equipment, to solve which the design practice was unprepared.

Agricultural machine builders have encountered a significant increase in tillage machines for non-technological loads that exceed the established technological ones.

The creation of workable machines for tillage under conditions of intensive loads has become an acute problem, the solution of which largely depends on the technical and economic indicators of new and reconstructed machines.

Keywords: tillage machines, operating loads, non-technological loads, working bodies of the machine, spare parts, power parameters

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Ryndyaev, V. I. (2021) 'Analysis of actual loads in soil cultivation machines', *Engineering of nature management*, 1(19), pp. 86 - 89.

Подано до редакції / Received: 22.02.2021