

Zasady i sposoby regulacji obciążeń kół (balastowania) ciągnika

Włodzimierz Talarczyk^{a*}, Tomasz Szulc^a, Roman Rogacki^a, Marek Szychta^a, Dawid Kapela^a

^aSieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny, Poznań

Article info

Data przyjęcia: 24.05.2022

Data akceptacji: 22.08.2022

Keywords

ciągnik rolniczy
przyczepność kół
siła uciągu
obciążnik
balast

Podstawowa zasada balastowania to zapewnienie prawidłowego rozkładu masy ciągnika na przednią i tylną oś. Główne korzyści, to zmniejszenie poślizgów kół i wzrost siły uciągu ciągnika, a w efekcie tego zwiększenie prędkości roboczej i wydajności oraz zmniejszenie zużycia paliwa. Opisano i zilustrowano przykładowymi rozwiązaniami technicznymi sposoby dociążania ciągnika – zalewanie opon cieczą, obciążniki montowane na ramie ciągnika i kołach oraz balasty zawieszane na przednim lub tylnym TUZ ciągnika.

The basic principle of ballasting is to ensure the correct distribution of tractor weight to the front and rear axles. The main benefits are a reduction in wheel slip and an increase in tractor pulling power, resulting in an increase in operating speed and productivity, and a reduction in fuel consumption. Described and illustrated with exemplary technical solutions are the methods of loading the tractor - flooding the tires with liquid, weights mounted on the tractor frame and wheels, and ballasts suspended on the front or rear three-point linkage of the tractor.

Artykuł udostępniony na licencji CC BY 4.0:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>.

1. Wstęp

Ciągnik rolniczy, aby pokonać opory robocze zagregowanej z nim maszyny, musi dysponować odpowiednią siłą uciągu, która zależy nie tylko od mocy i momentu obrotowego silnika. To, jak duża jest siła uciągu zależy od parametrów techniczno-eksploatacyjnych ciągnika (masa, rodzaj i rozmiar ogumienia, ciśnienie powietrza w ogumieniu, stan bieżnika opon) oraz parametrów podłoża, po jakim się porusza (asfalt, droga utwardzona, gleba ubita, gleba po orce itp.) [5]. Wśród parametrów podłoża decydujących o właściwościach trakcyjnych układu koło-podłoże ważna jest również wilgotność, która wpływa istotnie na przyczepność kół [1]. Na mokrej glebie koła ciągnika mają gorszą przyczepność, a to powoduje wzrost ich

poślizgów i w efekcie tego szkodliwe zamazywanie gleby i spadek siły uciągu ciągnika [8]. W przypadku masy ciągnika ważna jest nie tylko jej wartość całkowita, która zdaniem specjalistów powinna wynosić 45-55 kg/1 KM mocy silnika [9], ale również jej rozkład na przednią i tylną oś. Zwykle przyjmuje się, że obciążenie przedniej osi powinno wynosić 25-35% masy ciągnika z napędem na 2 koła i 40-50% masy ciągnika z napędem na 4 koła [2, 9, 10]. Niestety wyjściowy rozkład obciążeń ciągnika zaburza zagregowana z nim maszyna, oddziałująca na ciągnik siłami pochodzącymi od oporów roboczych oraz od ciężaru własnego i ciężaru ładunku. Przykładem maszyny bardzo niekorzystnie oddziałującej na obciążenie kół ciągnika może być nabudowany na nim ładowacz czołowy napełniony ładunkiem, powodujący odciążenie kół

* Autor do korespondencji: wlodzimierz.talarczyk@pit.lukasiewicz.gov.pl

tylnych oraz dociążenie, a czasem wręcz przeciążenie osi przedniej. Inny, chyba najczęstszy przykład niekorzystnego oddziaływania maszyny na ciągnik, to nadmierne odciażenie przednich kół ciągnika przez ciężką maszynę zawieszoną z tyłu, np. rozsiewacz z ładunkiem nawozu czy maszynę uprawową lub uprawowo-siewną uniesioną w położenie transportowe. Szczególnie niebezpieczne jest zmniejszenie obciążenia kół przednich do wartości mniejszej niż 20% masy ciągnika, powodujące „podrywanie kół” i utratę sterowności ciągnika. Właśnie konieczność dociążania przodu ciągnika, dla zapewnienia sterowności ciągnika i sprawności przeniesienia napędu z przednich kół napędowych na podłoże, jest najczęściej uwzględniana w praktyce, ale w przypadku maszyn agregowanych z tyłu ciągnika i generujących duże opory robocze oraz maszyn agregowanych z przodu, często konieczne jest też dociążenie kół tylnych.

Rozkład obciążeń kół ciągnika można regulować poprzez balastowanie, czyli stosowanie cieczy zalewanej do opon lub różnego rodzaju obciążników o ciężarze dostosowanym do współpracującej maszyny (sposób agregowania z ciągnikiem, masa własna, masa ładunku, opory robocze, rodzaj wykonywanej pracy itp.). Aby zapewnić dobrą przyczepność kół, nie przekraczając nośności opon i podłoża, należy kierować się zasadą „balastowania tak dużo ile potrzeba, ale tak mało jak to możliwe”. Balastowanie ciągnika powinno zapewnić jak najlepsze wykorzystanie jego mocy podczas ciężkich prac polowych poprzez utrzymanie poślizgu kół na odpowiednio niskim poziomie. Dla ciągników z napędem na dwa koła optymalny poślizg powinien wynosić 10-15%, a dla ciągników z napędem na 4 koła 8-12% [3].

2. Korzyści z balastowania ciągnika

Balastowanie ciągnika daje szereg korzyści, które w efekcie końcowym prowadzą do oszczędności paliwa, poprawienia bezpieczeństwa pracy i ochrony gleby. Wśród wymienionych częściowo we wstępie korzyści wymienić można:

- poprawienie siły uciągu ciągnika poprzez dobre obciążenie kół napędowych, a w efekcie tego zmniejszenie poślizgów kół ciągnika i zwiększenie prędkości roboczej, co ostatecznie zwiększa wydajność zabiegu i zmniejsza zużycie paliwa,
- poprawienie sterowności ciągnika poprzez dociążenie kół przednich i w efekcie tego zwiększenie precyzji prowadzenia ciągnika i bezpieczeństwa podczas przejazdów transportowych i roboczych, szczególnie na pochyłościach,
- ograniczenie destrukcyjnego oddziaływania kół na strukturę gleby (zagęszczanie, zamazywanie, pozostawianie głębokich kolein) w wyniku

prawidłowego odciażenia kół przednich i tylnych oraz zmniejszenia poślizgu,

- poprawienie równowagi poprzecznej ciągnika, a tym samym umożliwienie jego agregowania z maszynami, które generują obciążenia o niesymetrycznym rozkładzie względem osi podłużnej ciągnika i mają wysoko położony środek ciężkości,
- zwiększenie trwałości opon w wyniku prawidłowego obciążenia kół przednich i tylnych oraz zmniejszenia poślizgu kół,
- zwiększenie zagęszczania zielonki zakiszanej w pryzmie kołami dociążonego ciągnika.

3. Zalewanie opon cieczą

Najtańszą, ale mało popularną metodą dociążania kół, jest zalewanie opon cieczą. Do zalewania można użyć wody lub nie zamarzającej zimą cieczy, np. glikolu, roztworu wody z solą czy płynu do spryskiwaczy. Popularny roztwór wody z chlorkiem wapnia jest tani, ale niestety silnie żrący, a tym samym narażający felgi na korozję. Oponę można napełnić cieczą grawitacyjnie, za pomocą specjalnego zaworu balastowego, który umożliwia przepływ cieczy do ogumienia i jednoczesne odpowietrzanie koła, a także opróżnianie. Niestety napełnianie za pomocą takiego zaworu jest czasochłonne (ok. 3 godziny na jedno koło). Można je przyspieszyć (ok. 30 min na jedno koło) stosując specjalistyczny sprzęt, ale z takiej usługi można skorzystać odpłatnie w punkcie serwisowym [4].

Opony powinny być napełnione cieczą tylko w 75-80% objętości, aby nie było niebezpieczeństwa ich rozzerwania przy wzroście ciśnienia podczas pracy, a ponadto podczas zalewania koła powinny być odciażone. Wielkość możliwego dociążenia jednego koła zależy oczywiście od rozmiaru opony i przykładowo w przypadku opony o rozmiarze 480/70 R34 może dochodzić do ok. 300 kg. Niestety opony zalane cieczą są mniej elastyczne, a to pogarsza komfort jazdy na utwardzonych drogach i może przyspieszyć zużycie opon.

4. Obciążniki przednie

Obciążniki przednie mogą być montowane na ramie ciągnika lub zawieszane na przednim TUZ. Obciążniki mocowane na ramie (rys. 1) mają z reguły postać segmentów z uchwytnymi ułatwiającymi ich ręczny montaż i często są nazywane obciążnikami walizkowymi. Łączne obciążenie zależy od liczby zamontowanych obciążników, a masa jednego nie przekracza z reguły 50 kg. Natomiast obciążniki mocowane na przednim TUZ mają najczęściej postać monolitu (rys. 2), choć oferowane są również rozwiązania z dodatkowymi

obciążnikami montowanymi na balaście głównym od góry (rys. 3) lub od dołu (rys. 4) czy zawieszające zawieszenie na przednim TUZ obciążników walizkowych (rys. 5). Producenci oferują z reguły na przedni TUZ typoszereg balastów o masach w zakresie od ok. 300 do nawet ponad 2000 kg, dostosowanych do ciągników o różnej masie i mocy. Przednie obciążniki zawieszane są bardzo uniwersalne, gdyż mogą być również zawieszane na tylnym TUZ, np. jako przeciwwaga dla ładowacza czołowego.



Rys. 1. Przednie obciążniki walizkowe mocowane na ramie ciągnika (John Deere) [12]



Rys. 2. Obciążnik zawieszany na przednim TUZ ciągnika (METAL-PLAST) [13]



Rys. 3. Balast przedni z dodatkowymi obciążnikami górnymi (Claas) [14]



Rys. 4. Balast przedni Drive-in z dodatkowym obciążnikiem dolnym (Claas) [15]



Rys. 5. Obciążniki walizkowe zawieszane na przednim TUZ [16]

Wielkość dociążenia kół ciągnika zależy nie tylko od masy obciążnika, ale również od jego odległości od osi kół. Balast zawieszony na przednim TUZ jest bardziej wysunięty do przodu niż obciążniki mocowane na ramie, a im większe wysunięcie, tym większe dociążenie kół. Ciekawym rozwiązaniem jest hydraulicznie wysuwany balast przedni (rys. 6), umożliwiający regulację dociążenia przednich kół ciągnika również podczas pracy, np. zwiększenie dociążenia podczas jazdy pod górę [24].



Rys. 6. Balast przedni hydraulicznie wysuwany [24]

Obciążnik przedni, niezależnie od kształtu, nie może ograniczać widoczności z kabiny ciągnika i zasłaniać jego świateł. Oferta producentów obejmuje obciążniki z różnych materiałów (beton, stal, żeliwo, magnetyt) różniących się gęstością. Dla porównania o ile gęstość wody używanej do zalewania opon wynosi 1000 kg/m^3 , to gęstość: betonu ciężkiego – 2600 kg/m^3 , magnetytu – 5200 kg/m^3 , żeliwa – 7000 kg/m^3 , a stali – 7800 kg/m^3 . Najtańsze, ale niestety najmniej trwałe, są obciążniki betonowe, a rolnicy często szukając oszczędności wykonują też obciążniki w własnym zakresie np. zalewając beczki betonem. Obciążniki przednie, oprócz standardowego wykonania w postaci monolitu i wyposażenia w zaczep, mogą być również wyposażone w skrzynię narzędziową, ciągła do zawieszania narzędzi, a także w składane zderzaki (rys. 7)



Rys. 7. Obciążnik przedni ze zderzakami (KABER) [18]

5. Obciążniki kół

Nowoczesne ciągniki nie są wyposażane w obciążniki montowane na kołach przednich, gdyż do dociążenia przodu ciągnika lepsze są obciążniki mocowane na ramie ciągnika lub zawieszane na przednim TUZ. Natomiast koła tylne mogą być standardowo wyposażone w obciążniki mocowane na felgach, których masa mieści się z reguły w zakresie od ok. 50 kg do nawet ponad 1000 kg. Lekkie obciążniki w postaci pierścieni lub tarcz (rys. 8) mogą być mocowane ręczne w zestawach po kilka sztuk, natomiast obciążniki ciężkie mają postać monolitów (rys. 9) i wymagają montażu za pomocą urządzeń dźwigowych.

Dociążenie bezpośrednio w osi kół powodują również koła bliźniacze, a jego wielkość zależy od rozmiaru opon i systemu mocowania. Przykładowo zastosowanie kół bliźniaczych (tył – 710/70 R30, przód – 420/85 R30) spowodowało wzrost masy ciągnika NEW HOLLAND T7050 o 1356 kg, z czego 390 kg przypadło na oś przednią, a 966 kg na oś tylną [7]. Oczywiście ciągnik z kołami bliźniaczymi warto również

dociążyć, aby w pełni wykorzystać jego moc, a możliwości są większe niż przy kołach pojedynczych, gdyż przy dużej powierzchni styku opon z glebą nie ma obawy nadmiernego jej zagęszczania.



Rys. 8. Zestaw lekkich obciążników tylnego koła (Zetor) [19]



Rys. 9. Masywny obciążnik tylnego koła (Fendt) [20]

6. Obciążniki tylne

Obciążnik tylny to niezbędna przeciwwaga dla ładowacza czołowego czy ciężkiej maszyny zawieszanej na przednim TUZ, np. rozgarniacza czy spychacza stosowanego podczas zakiszania zielonki w przymie. Zwiększenie obciążenia kół ciągnika poruszającego się po przymie jest nieodzowne nie tylko dla zapewnienia jego równowagi na podjazdach, ale również dla zwiększenia zagęszczania zielonki. Funkcję obciążnika tylnego mogą spełniać obciążniki przednie, a szczególnie przydatne są te, które mają zaczep do holowania przyczep. Ale w ofercie producentów są też obciążniki dedykowane przede wszystkim do zawieszania na tylnym TUZ, a które mogą być oczywiście zawieszane również z przodu. Przykładem takiego obciążnika jest np. obciążnik firmy Kaber, o masie 700-1500 kg,

który cechuje się małą wysokością i półkolistym kształtem (rys. 10). Obciążnik ten, dzięki małej wysokości i zawieszaniu tylko na dolnych cięglach TUZ, przy ustawieniu na odpowiedniej wysokości pozostawia wolny dostęp do tylnych zaczepów ciągnika. Inny przykład obciążnika przydatnego na tył ciągnika to obciążnik firmy Althimasse, który zapewnia dostęp do dolnego zaczepu ciągnika, a ponadto wyposażony jest w haki i zaczep (rys. 11), umożliwiające zawieszanie lub przyczepianie maszyn za obciążnikiem (rys. 12).



Rys. 10. Obciążnik tylny (Kaber) [21]



Rys. 11. Obciążnik tylny z zaczepem (Althimasse) [22]



Rys. 12. Obciążnik tylny (Althimasse) przed maszyną półzawieszaną [23]

7. Podsumowanie

Zwiększenie nacisku kół na podłoże poprawia równowagę ciągnika oraz zwiększa przyczepność kół i siłę uciągu ciągnika, a tym samym zmniejsza zużycie paliwa, ale nacisk zbyt duży może prowadzić do przekroczenia nośności opon i nadmiernego zagęszczania gleby oraz zwiększenia oporów przetwarzania ciągnika. Balastując ciągnik nie wolno przekraczać jego dopuszczalnej masy całkowitej oraz dopuszczalnych nacisków na przednią i tylną oś, określonych w instrukcji obsługi ciągnika. Zrównoważenie ciągnika podczas pracy i transportu można też poprawić zawieszając na przednim TUZ maszynę, która będzie uzupełnieniem zestawu i przeciwwagą dla maszyny tylnej. Takie możliwości dają, np. przednie wały uprawowe czy zbiorniki nawozowe. Jako balast dociążający przód ciągnika podczas prac polowych można również wykorzystać ładowacz czołowy.

Najlepiej, gdy balastowanie jest połączone z regulacją ciśnienia powietrza w oponach. Szczególnie wskazane jest zmniejszanie ciśnienia podczas ciężkich prac polowych, aby dzięki większej powierzchni styku opon z glebą poprawić przyczepność dociążonych kół, ograniczając jednocześnie zagęszczanie gleby. Balastowanie ciągnika to jeden z ważnych parametrów zapewniających optymalne pod względem ekonomicznym przygotowanie ciągnika do pracy. Decyzję o doborze parametrów pracy ciągnika operatorzy podejmują z reguły na podstawie własnych doświadczeń, choć należy odnotować ofertę systemów wspomagających podejmowanie decyzji. Przykładem może być system dialogowy Claas Cemos, dzięki któremu ciągnik Claas Axion 960 uzyskał tytuł „Zrównoważonego Ciągnika Roku 2021”. Badania wykazały, że system Cemos, wskazujący optymalne parametry pracy ciągnika (obciążniki dociążające ciągnik, ciśnienie powietrza w ogumieniu, obroty silnika) podczas głębokiej i płytkiej uprawy gleb piaszczystych kultywatorem półzawieszanym, umożliwił zredukowanie zużycia oleju napędowego nawet o 16,8%, co znacznie przewyższyło efekty samej regulacji ciśnienia w oponach [11].

Podziękowania

Artykuł powstał w ramach realizacji projektu POIR.04.01.04-00-0095/19 z dnia 16.10.2020 r., realizowanego w ramach Działania 4.1 „Badania naukowe i prace rozwojowe”, Poddziałanie 4.1.4 „Projekty aplikacyjne”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

Bibliografia

- [1] Białczyk W., Cudzik A., Brennenstul M., Czarnecki J. (2013): Ocena wpływu zmian właściwości gleby i obciążenia pionowego koła na właściwości trakcyjne wybranej opony radialnej. *Inżynieria Rolnicza*, Z.3(146) T.2, s. 21-30.
- [2] Bujak T. (2019): Jak dociążyć ciągnik. *Rolniczy Przegląd Techniczny*, nr 3 (241).
- [3] Fowler G. (2013): Tractor Ballasting Tips and Options. <https://www.tractor.com/tractor-ballasting-tips-and-options-1618/>
- [4] Karkowski K. (2015): Ciecz w kołach – czy warto? <https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/serwis-czesci-osprzet/ciecz-w-kolach-8211-czy-warto.56325.html>
- [5] Pieczarka K. (2017): Siła uciągu ciągnika: dwa sposoby na jej zwiększenie. <https://www.agrofakt.pl/sila-uciagu-ciagnika-sposoby-zwiekszenie/>
- [6] Sularz G. (2016): Dwukrotnie większe dociążenie z przodu ciągnika. <https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/dwukrotnie-wieksze-dociazenie-z-przodu-ciagnika.67970.html>.
- [7] Talarczyk W., Zbytek Z. (2009): Spuścisz powietrze – oszczędzisz paliwo i ochronisz glebę. *Rolniczy Przegląd Techniczny*, nr 9, 20-28.
- [8] Talarczyk W., Łowiński Ł., Szulc T. (2021): Nadmierne zagęszczenie gleby – skutki, przyczyny i środki zaradcze. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, nr 1/, s.7-11.
- [9] Tuschner J. (2020): How to Properly Ballast a Tractor: Increase Traction & Reduce Fuel. <https://www.farm-equipment.com/articles/18076-how-to-properly-ballast-a-tractor-increase-traction-reduce-fuel>
- [10] Woś J. (2020): Jak prawidłowo dociążyć ciągnik? <https://www.wrp.pl/jak-prawidlowo-dociazac-ciagnik/>
- [11] <https://wiescirolnicze.pl/technika/oszczednosc-nawet-25-tys-l-paliwa-dzieki-nowemu-systemowi/>
- [12] <https://www.deere.pl/pl/czesci-i-serwis/czesci/czesci-do-maszyn-rolniczych/czesci-do-ciagnika-i-doposazenie/>
- [13] <https://metal-plast.com.pl/oferta/obciazniki/>
- [14] https://www.claas.pl/produkty/ciagniki/xerion5000-4200-hrc_2020/balastowanie
- [15] <https://www.claas.pl/service-akcesoria/frontgewichte/drive-in>
- [16] <https://sampilbis.pl/tag/przedni-tuz/>
- [17] <https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/dwukrotnie-wieksze-dociazenie-z-przodu-ciagnika.67970.html>
- [18] <https://obciazniki.com.pl/obciazniki-ze-zderzakiem/>
- [19] <https://www.zetor.p/zetor-crystal>
- [20] <https://www.fendt.com/pl/ciagniki/grip-soil>
- [21] <https://obciazniki.com.pl/tylny-d/>
- [22] <https://www.gaz.co.nz/used/catalogue/used-equipment/counter-weights>
- [23] <https://www.althimasse.com>
- [24] www.zavorra.com