

**0719 ინჟინერია და საინჟინრო საქმე – არაკლასიფიცირებული
ENGINEERING AND ENGINEERING TRADES – NOT ELSEWHERE CLASSIFIED**

მარცვლეული კულტურების აღების პროცესში სატრანსპორტო აგრეგატის „ტრაქტორი - მისაბმელი“ გორვის წინააღმდეგობის შეფასება, აგრეგატის სავალ ნაწილზე ვერტიკალური რხევითი დატვირთვების გათვალისწინებით

დავით კბილაშვილი
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქუთაისი, საქართველო
E-mail: davit.kbilashvili@atsu.edu.ge
სოსო თავბერიძე
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქუთაისი, საქართველო
E-mail: soso.tavberidze@atsu.edu.ge

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია მარცვლეული კულტურების აღების პროცესში „სავარგული-კალო-ელევატორი“ მარცვლეულის გადაზიდვის სქემაში გამოყენებული სატრანსპორტო აგრეგატის „ტრაქტორი - მარცვლეულის გადამტვირთავი მოწყობილობით აღჭურვილი მისაბმელი“ მოძრაობის წინააღმდეგობის ანალიზი, რომელიც ჩატარებულია აგრეგატის სავალ ნაწილზე ვერტიკალური რხევითი დატვირთვების გათვალისწინებით. ამისათვის შედგენილია დინამიკური სისტემის „გრუნტი-პნევმატური თვალი-საკიდარი-დარესორებული მასა“ მასების მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებები და გამოყვანილია პნევმატური თვლის გრუნტის ზედაპირთან კონტაქტში ვერტიკალური ძალის გამოსახულება. დასაბუთებულია, რომ გრუნტის ზედაპირის უსწორობებზე სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობისას წარმოქმნილი ვერტიკალური რხევითი დატვირთვები იწვევს გორვის წინააღმდეგობის ძალის დინამიკური მდგენელის გაზრდას.

საკვანძო სიტყვები: სატრანსპორტო აგრეგატი, მისაბმელი-მარცვლეულის გადამტვირთავი, მარცვლეულის გადაზიდვა, მოძრაობის წინააღმდეგობა, საშუალო სიჩქარე, გორვის წინააღმდეგობის ძალა, სტაციონარული და დინამიკური ფაქტორები, პნევმატური თვალი, რხევითი დატვირთვები, ოპტიმალური ტევადობა.

შესავალი

მარცვლეული კულტურების აღება და გადაზიდვა არის თანამედროვე სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპი, რომელიც გავლენას ახდენს პროდუქტის ხარისხსა და ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტიანობაზე. ბოლო პერიოდში, მარცვლეულის გადაზიდვის პროცესში სულ უფრო ხშირად გამოიყენება მისაბმელი სატრანსპორტო საშუალებები, აღჭურვილი გადამტვირთავი მოწყობილობით, რაც საშუალებას აძლევს შემცირდეს დროითი დანახარჯები და გაიზარდოს ტევადობის ეფექტურობა.

კვლევის მიზანია, შევისწავლოთ მისაბმელი-მარცვლეულის გადამტვირთავი სატრანსპორტო აგრეგატების მუშაობის ტექნოლოგიური პარამეტრები, მათ შორის მოძრაობის წინააღმდეგობა, ციკლური წარმოება და ოპტიმალური ტევადობა, რაც ხელს უწყობს მარცვლეულის გადაზიდვის პროცესის ეფექტიანობის შეფასებას.

ძირითადი ნაწილი

ბოლო პერიოდში მარცვლეული კულტურების აღების ტექნოლოგიურ პროცესში მარცვლეულის გადაზიდვისთვის სულ უფრო ხშირად იყენებენ გადამტვირთავი მოწყობილობით აღჭურვილ მისაბმელიან სატრანსპორტო საშუალებებს „თვლიანი ტრაქტორი - მარცვლეული გადამტვირთავი მოწყობილობით აღჭურვილი მისაბმელი“ [1].

ასეთი ტიპის სატრანსპორტო საშუალებას ეწოდება მისაბმელი-გადამტვირთავი.

კვლევის მიზანია „სავარგული-კალო-ელევატორი“ მარცვლეულის გადაზიდვის სქემაში გამოყენებული მისაბმელი-მარცვლეულის გადამტვირთავი სატრანსპორტო საშუალების (სატრანსპორტო აგრეგატი) მოძრაობის წინააღმდეგობის პარამეტრების განსაზღვრა.

ზოგადად, მარცვლეულის გადაზიდვის ეფექტიანობის დონის შეფასებას ახდენენ: მარცვლეული კულტურების ამღებ კომბინთან სატრანსპორტო საშუალების ერთად მოძრაობის სქემის, კომბინიდან სატრანსპორტო საშუალების ძარაზე მარცვლეულის გადატვირთვის პროცესის, ცარიელ და დატვირთულ მდგომარეობაში სატრანსპორტო საშუალების სავარგულზე მოძრაობის სქემის, სავარგულის საზღვრიდან კალომდე და უკუმიმართლებით ტრანსპორტის მიმოსვლის სქემებისა (მარშრუტის) და სხვა საჭირო სატრანსპორტო მახასიათებლების მიხედვით. ამ შემთხვევაში ძირითად საკვლევ პარამეტრებად შერჩეულია: კომბინიდან მარცვლეულის სატრანსპორტო საშუალების ძარაზე დატვირთვის, ტვირთიანი და ცარიელი მოძრაობის, ასევე მოცდენის დროითი დანახარჯები.

რეკომენდებულია, რომ მისაბმელი-გადამტვირთავი სატრანსპორტო აგრეგატის ოპტიმალური ტვირთამწეობა შეიძლება განსაზღვროს, მისი მაქსიმალური ხვედრითი მწარმოებლობის გათვალისწინებით, ხოლო მარცვლეულის აღების ტექნოლოგიური ხაზის მუშაობის პროცესი კი განხილული უნდა იქნას დადგენილი აგროტექნიკური მოთხოვნების შესაბამისად (ნაშრომი [2]).

ამრიგად, ამ მიდგომის გათვალისწინებით მისაბმელი-გადამტვირთავი სატრანსპორტო აგრეგატის ოპტიმალური ტექნოლოგიური მოცულობის (ტევადობის) განსაზღვრისათვის ეფექტიანობის კრიტერიუმად შერჩეულია სატრანსპორტო აგრეგატის ხვედრითი მწარმოებლობა დაყვანილი მისი წონის ერთეულზე.

ეფექტიანობის კრიტერიუმს სატრანსპორტო აგრეგატის ხვედრითი ციკლური მწარმოებლობის მიხედვით განსაზღვრავენ გამოსახულებით:

$$K_3 = \frac{\partial \omega_a}{\partial Q_a} \quad (1),$$

სადაც: ω_a - არის ხვედრითი ციკლური მწარმოებლობა დაყვანილი სატრანსპორტო აგრეგატის ერთეულ წონაზე, (კგ/წმ)/კნ; ხოლო Q_a - არის სატრანსპორტო აგრეგატის ძარას ტექნოლოგიური ტევადობა (ტვირთამწეობა), კგ.

აგრეგატის ხვედრითი ციკლური მწარმოებლობა გამოთვლილია ფორმულით:

$$\omega_a = \frac{\omega_c}{G_a} \quad (2),$$

სადაც: ω_c - არის სატრანსპორტო აგრეგატის ციკლური მწარმოებლობა კგ/წმ; ხოლო G_a - არის სატრანსპორტო აგრეგატის საექსპლუატაციო წონა, კგ.

სატრანსპორტო აგრეგატის ციკლური მწარმოებლობა გამოთვლილია ფორმულით:

$$\omega_c = \frac{Q_a}{t_c} \quad (3),$$

სადაც: t_c - სატრანსპორტო აგრეგატის მუშაობის ციკლის დროა.

თავის მხრივ: $t_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$, სადაც: t_1, t_2, t_3 და t_4 შესაბამისად სატრანსპორტო აგრეგატის დატვირთვის, ტვირთიანად მოძრაობის, დაგლისა და უტვირთოდ მოძრაობის პროცესებზე დახარჯული დრო. თითოეულ დროით დანახარჯს შეესაბამება სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობის სიჩქარეები: V_1, V_2, V_3, V_4 .

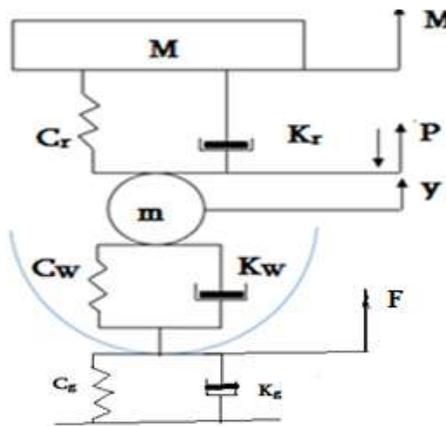
საწყის ეტაპზე ნაშრომში [2] ეფექტიანობის კრიტერიუმის შეფასებისთვის განხილულია სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, აქვე მოყვანილია შემდეგი დაშვებები: რადგან მარცვლეულის აღების პროცესის ჩატარება ხდება წლის ხელსაყრელ კლიმატურ პირობებში (მშრალ ამინდში), ამიტომ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ აგრეგატის მოძრაობისას არ ხდება თვლების საყრდენ ზედაპირთან (გრუნტის ზედაპირი) ერთ ადგილზე ტრიალი (ბუქსაობა) და აგრეგატის მოძრაობს დამყარებული სიჩქარით. აღნიშნული დაშვებების გათვალისწინებით, აგრეგატის მოძრაობის სიმძლავრის ბალანსიდან გამოყვანილია საშუალო სიჩქარის გამოსახულება, რომელსაც აქვს სახე:

$$V_{საშ} = \frac{N_e \xi_N \eta_{tr}}{R_c + G_T (f + i)} \quad (4)$$

სადაც: N_e - ტრაქტორის შიგაწვის ძრავას ნომინალური სიმძლავრეა; ξ_N - ძრავა დატვირთვის დასაშვები კოეფიციენტი; η_{tr} - ტრაქტორის ტრანსმისიის (ძალური გადაცემა) მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ფორმულის (4) მნიშვნელში წარმოდგენილი სიდიდეები: $R_c = G_c (f + i)$ - არის სატრანსპორტო აგრეგატის მისაბმელის მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის ძალა სავარგულის დახრილობის გათვალისწინებით (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), ხოლო $G_T (f + i)$ - ტრაქტორის მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის ძალა სავარგულის დახრილობის გათვალისწინებით. შესაბამისად: f - სატრანსპორტო აგრეგატის გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; i - სავარგულის დახრილობის პარამეტრი, გამოსახული რიცხობრივ ერთეულში; G_c - მისაბმელის წონაა, ხოლო G_T - ტრაქტორის წონაა. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ $G_a = G_c + G_T$, მაშინ მე-4 ფორმულა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას შემდეგი სახით: $V_{საშ} = \frac{N_e \xi_N \eta_{tr}}{G_a (f+i)}$. ჰორიზონტალური რელიეფის მქონე სავარგულის შემთხვევისთვის დახრილობის პარამეტრი $i = 0$. ამრიგად სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობის წინააღმდეგობაზე, როგორც ცვალებადი ფაქტორი მნიშვნელოვან გავლენას გორვის წინააღმდეგობის ძალის სიდიდე $F_f = f G_a$.

კვლევის ობიექტი სატრანსპორტო აგრეგატის გორვის წინააღმდეგობის მახასიათებელი, რომლიც შეიძლება წარმოვადგინოთ ორი მდგენელის, სტაციონალური და დინამიკური მდგენელის სახით. დაუშვათ, რომ სატრანსპორტო აგრეგატის დამყარებული სიჩქარით მოძრაობისას გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი f_0 , ნაშრომში [3] წარმოდგენილი მონაცემებით მშრალი გრუნტის გზებისათვის $f_0 = 0,025 \dots 0,035$. დინამიკურ ფაქტორად განხილული გვაქვს გრუნტის ზედაპირის უსწორობებით გამოწვეული პნევმატური თვლის მექანიკური რხევები (იხ. ნახ.1).



ნახ.1. თვლის გრუნტის ზედაპირზე რხევითი სისტემის დინამიკური სქემა

ნახ.1-ზე ნაჩვენები დინამიკური სისტემის „გრუნტი-პნევმატური თვალი-საკიდარი-დარესორებული მასა“ მასების მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას აქვს შემდეგი სახე:

$$\ddot{z} + 2h_r(\dot{z} - \dot{y}) + \theta^2(z - y) = 0$$

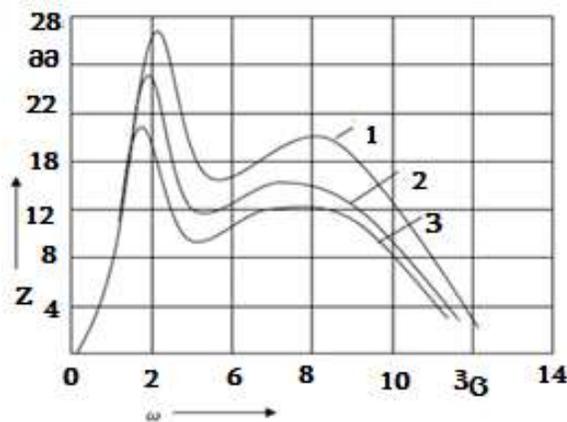
$$\ddot{y} + 2h_w\dot{y} + p^2y - \frac{2h_r}{\mu}(\dot{z} - \dot{y}) - \frac{\theta^2}{\mu}(z - y) = \frac{P_0}{M} \sin \omega t \quad (1),$$

$$\mu M g + m g + (c_w + c_g) y + (k_w + k_g) \dot{y} = F$$

სადაც: z - დარესორებული მასის M ვერტიკალური გადაადგილებაა; \dot{z} - დარესორებული მასის M ვერტიკალური რხევის სიჩქარეა; \ddot{z} - დარესორებული მასის M ვერტიკალური რხევის აჩქარებაა; y - პნევმატიკური თვლის მასის m ვერტიკალური გადაადგილებაა; \dot{y} - პნევმატიკური თვლის მასის m ვერტიკალური

რხევის სიჩქარეა; \dot{y} - პნევმატიკური თვლის მასის m ვერტიკალური რხევის აჩქარებაა; $\theta^2 = \frac{c_r}{M}$ - დარესორებული M მასის საკუთარი რევის სიხშირეა; c_r - საკიდარის სიხისტეა; $p^2 = \frac{c_w + c_g}{m}$ - გრუნტზე თვლის მასის m საკუთარი რხევის სიხშირეა; c_w - პნევმატიკური თვლის ვერტიკალური სიხისტეა; c_g - გრუნტის სიხისტეა; $2h_r = \frac{k_r}{M}$ - საკიდარის ვერტიკალური დემპფერების ხვედრითი კოეფიციენტი; k_r - საკიდარის დემპფერების კოეფიციენტი; $2h_w = \frac{k_w + k_g}{m}$ - გრუნტზე თვლის ვერტიკალური რხევის დემპფერების ხვედრითი კოეფიციენტი; k_w - პნევმატიკური თვლის ვერტიკალური დემპფერების კოეფიციენტი; k_g - გრუნტის დემპფერების კოეფიციენტი; μ - ღერძებზე დარესორებული მასების განაწილების კოეფიციენტი.

განსხვავებით მყარი, ასფალტ-ბეტონიანი გზის ზედაპირზე პნევმატიკური თვლის გორვის პროცესისას გრუნტი გზაზე გორვისას პნევმატიკური თვლის სალტის დეფორმაციის გარდა ადგილი აქვს აგრეთვე გრუნტის დეფორმაციასაც და ის უფრო მეტად ინტენსიურია, თუ თვალი გრუნტის უსწორობებზე გადაგორებისას განიცდის ვერტიკალურ რხევით დატვირთვებს. აქედან გამომდინარე პნევმატიკური თვლის გრუნტის ზედაპირთან კონტაქტში წარმოქმნილი ვერტიკალური ძალის F სიდიდის ცვლილება (იხ. ნახ.1) დამოკიდებულია არამარტო პნევმატიკური თვალზე მოსულ სტატიკურ დატვირთვებზე ($\mu M g + m g$), არამედ სალტისა და გრუნტის ჯამური დრეკადი ($c_w + c_g$) ძალისა და არადრეკადი ძალის ($k_w + k_g$) სიდიდეებზე. საბოლოოდ სატრანსპორტო აგრეგატის გორვის წინააღმდეგობის ძალის შეფასებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი დამოკიდებულება $F_f = F_{f0} + F_{fd}$, სადაც: F_{f0} - არის რხევითი დატვირთვების გარეშე თვლის გორვის წინააღმდეგობის ძალაა, ხოლო F_{fd} რხევითი დატვირთვებით გამოწვეული გორვის წინააღმდეგობის ძალაა. ამრიგად პნევმატიკური თვლის სალტისა და გრუნტის ვერტიკალური რხევითი ხასიათის დეფორმაციები დამატებით იწვევს გორვის წინააღმდეგობის ძალის გაზრდას და ეს ნაზრდი უფრო მკაფიოდაა გამოხატული დინამიკური სისტემაში „გრუნტი-პნევმატიკური თვალი-საკიდარი-დარესორებული მასა“ წარმოქმნილ რეზონანსულ რხევებზე (იხ.ნახ.2)



ნახ.2. მისაზმელის დარესორებული მასის რხევის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი. სალტე - მოდელი 370/80-508. სალტეში ჰაერის შიგა წნევა: 1- $p_w = 0, 5$ მპა; 2- $p_w = 0, 4$ მპა; 3- $p_w = 0, 3$ მპა.

დასკვნა

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ გრუნტის ზედაპირის უსწორობებზე სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობისას წარმოქმნილი ვერტიკალური რხევითი დატვირთვები იწვევს გორვის წინააღმდეგობის ძალის დინამიკური კომპონენტის ზრდას. ეს პროცესი განსაკუთრებულად თვალსაჩინოა პნევმატიკური თვლის სალტისა და გრუნტის მიერ გამოწვეული რხევითი დეფორმაციების დროს, რაც ზრდის აგრეგატის გადაადგილებისთვის საჭირო ენერგეტიკულ მოთხოვნებს. შედეგად, ტრაქტორის შიგაწვის ძრავა ამუშავებს დამატებით სიმძლავრეს, რათა უზრუნველყოს სატრანსპორტო აგრეგატის მოძრაობის სიჩქარის სტაბილურობა და უზრუნველყოფილი იყოს ტვირთის უსაფრთხო და

ეფექტიანი გადატანა. აღნიშნული შედეგები ხაზს უსვამს დინამიკური ფაქტორების აუცილებელ გათვალისწინებას ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციისას და სატრანსპორტო აგრეგატების დიზაინის პროგნოზირებაში.

ლიტერატურა

1. Прицепы-перегрузчики BergmannGTW//Каталог уборочной техники компании «Агро-Лидер» [Электрон-ный ресурс].–Режим доступа: <https://agro-lider.ru/agrotechnics/peregruzchiki-zerna/pritsepperegruzchik-gtw-330-430/> (дата обращения: 12.08.2020).
2. Анатолий Петрович Дьячков, Вячеслав Геннадиевич Козлов, Алексей Дмитриевич Бровченко, Николай Петрович Колесников, Яна Валерьевна Бунина. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ С ОПТИМАЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 36 – 2020. – № 4 (67). УДК 631.354.2:631.354.024/.28; DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.33. - ст. 33-43.
3. Г.А. Смирнов. Теория движения колесных машин. Москва. Машиностроение 1990.- ст.343

Evaluation of the rolling resistance of a trailer-transfer agent during grain harvesting, taking into account vertical vibration loads on the chassis

David Kbilashvili, Soso Tavberidze

Abstract

The article presents an analysis of the driving resistance of a trailer-transfer device, taking into account vertical vibration loads on the chassis of the unit. For this purpose, differential equations for the mass motion of the dynamic system "soil-pneumatic tire-sprung mass" were developed. An image of the vertical force acting on the pneumatic tire upon contact with the ground surface was obtained. It has been proven that vertical vibration loads arising when a vehicle moves over uneven ground surfaces lead to an increase in the dynamic component of the rolling resistance force.

Keywords: transport aggregate, trailer-grain unloader, grain transportation, motion resistance, rolling resistance, average velocity, dynamic load, pneumatic wheel, vibrational effects, optimal capacity