

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

А. П. БЕРЕЗОВСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук
Е. В. ПРОКОПЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
О. М. ТРУС, кандидат сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва

Розглянуто результати вивчення стану промислової безпеки на сільськогосподарських підприємствах. Установлено основні причини, що призводять до нещасних випадків серед механізаторів під час транспортувальних робіт, а також під час роботи машинно-тракторних агрегатів. Встановлено, що для надійної роботи слід забезпечити сумісність гальмових систем трактора і причепа, збільшити ефективність гальмових пристроїв, а також розраховано сумарний час аварійної зупинки рухомої машини або агрегату від початку гальмування, величину гальмівного шляху, який проїде автомобіль з моменту виявлення перешкоди до моменту зупинки та інші показники важливі для підтримання стабільності процесі експлуатації машинно-тракторного агрегату.

Ключові слова: безпека праці, транспортні роботи, машинно-тракторні агрегати, нещасні випадки.

Постановка проблеми. Сільське господарство – основна складова аграрно-промислового комплексу, на яку припадає близько 14 % валового внутрішнього продукту держави. Стабільний розвиток сільського господарства визначає основу добробуту населення кожної країни. Не є винятком і Україна. Процес реформування сільськогосподарського сектора, який відбувається в Україні, дає певні результати [1].

Успіх аграрних перетворень очевидний та незаперечний, але інтенсивне нарощування обсягів виробництва потребує нових підходів до питань промислової безпеки в галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні стан промислової безпеки на сільськогосподарських підприємствах характеризується зменшенням кількості нещасних випадків, у тому числі й зі смертельними наслідками [2], але незважаючи на щорічне скорочення їх кількості, рівень травматизму в сільському господарстві залишається надто високим, а за окремими показниками він навіть зростає [3].

Безпека праці на транспортних роботах як і раніше є найскладнішою проблемою. В 2020 році при дослідженні осередків нещасних випадків у системі «подія–причина» виявлено, що найбільш травмонебезпечною подією є «наїзд транспортних засобів на потерпілого», яка має питому вагу 22 % та

зумовлена 19 причинами, основними з яких є: «порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів», «порушення правил дорожнього руху», «невиконання вимог інструкцій з охорони праці», «алкогольне, наркотичне, токсичне отруєння» [4, 5].

Крім того, до основних подій, що призводять до нещасних випадків, належать: «падіння потерпілого з висоти», «дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються», «порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів», «порушення трудової дисципліни» [6, 7].

На підставі проведеного аналізу встановлено, що найбільш травмонебезпечними є такі категорії працівників, як механізатори, підсобні робітники, сторожі та охоронники, на яких припадає понад 55 % усіх нещасних випадків у сільському господарстві [8].

Результати досліджень. Дослідження осередків нещасних випадків у системі «подія–причина» серед механізаторів вказують, що працівники цієї категорії найчастіше травмуються під час наїзду на них транспортних засобів внаслідок «порушення вимог безпеки під час їх експлуатації» та через «перекидання тракторів, що агрегуються з причепами», у порівнянні з іншими транспортними засобами.

Перевантаження причепа погіршує керованість транспортної одиниці і може стати причиною аварійної поломки агрегату або деталі, що впливає на безпеку руху. Положення центру ваги має значний вплив на стійкість транспортного засобу. Навантаження в кузові повинна розподілятися рівномірно, симетрично, інакше агрегат може занестись або перекинутись під час повороту або при різкому гальмуванні.

На режим і безпеку транспортних засобів істотно впливають зміни погодних і метеорологічних умов. Перед від'їздом подорож трактор оснащується інструментом і пристроєм для безпечного виконання робіт, перевіряють надійність з'єднання причепа з тягачем, дію гальмівної системи тягача і причепа. При виконанні транспортних робіт необхідно блокувати педаль гальма. Гальмівна система повинна забезпечувати надійне гальмування агрегату на ходу під час стоянки, а також самостійне включення при від'єднанні причепа від тягача. Однією з причин травматизму є складання трактора з причепом. Складання трапляється на спусках і на великій швидкості при різкому гальмуванні трактора. Схему взаємодії сил при гальмуванні трактором зображено на рисунку 1.

На рис. 1 показано випадок, коли у трактора спрацьовує гальмо одного з привідних коліс. Це відбувається при нерівномірному зносі гальм коліс, на прикладі МТЗ–80. Ці трактори в літній період працюють при міжрядному обробітку просапних культур. При цьому використовується гальмо одного з привідних коліс для крутого розвороту агрегату в кінці міжряддя. В результаті цього одне гальмо швидко зношується і при блокуванні гальм таке колесо не гальмує або гальмує з великим запізненням.

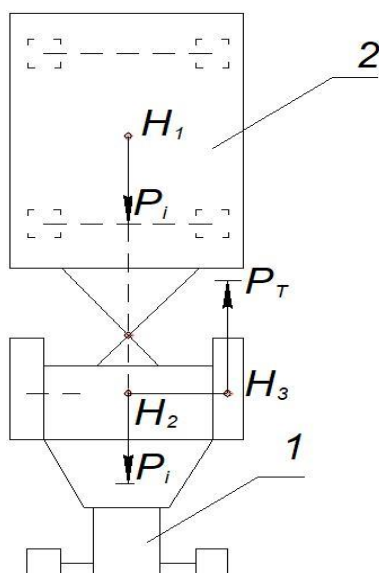


Рис 1. Схема дії сил інерції (P_i) і сил гальмування (P_T) колісного трактора (1) і причепа (2): H_1 і H_2 – точки прикладання сил інерції; H_3 – точка контакту шини з дорогою

Якщо небезпечна ситуація виникне на спуску або при русі трактора та причіпного візка з вантажем і водій зробить гальмування, то складання трактора з причепом буде неминучим.

Розглянемо сили, що діють при гальмуванні в небезпечній ситуації.

$$P_i = (G_{\text{тр}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{в}}) \cdot a, \quad (1)$$

де P_i – штовхаюча сила, що утворюється інерцією агрегату, кН;

$G_{\text{тр}}$ – вага трактора, кН;

$G_{\text{пр}}$ – вага причепу, кН;

$G_{\text{в}}$ – вага вантажу, кН;

a – середнє уповільнення гальмового пристрою, м/с².

$$P_T = G_{\text{тр}} \cdot f, \quad (2)$$

де P_T – сила тертя, що утворюється між гальмуючим колесом трактора і дорогою;

$G_{\text{тр}}$ – вага трактора, що припадає на гальмуюче колесо, кН;

f – коефіцієнт тертя між колесом трактора і дорогою (коефіцієнт зчеплення).

Трактор зупиниться на горизонтальній ділянці дороги, коли $P_T > P_i$.

Виконаємо наступні розрахунки.

$$P_i = (30 + 18 + 40) \cdot 2 = 176 \text{ кН.}$$

$$P_T = 9 \cdot 0,6 = 5,4 \text{ кН (грунтовадорога).}$$

$$n \geq \frac{P_i}{P_T}, \quad (3)$$

де n – необхідна ефективність гальмування.

$$n = \frac{176}{5,4} = 32 \text{ рази.}$$

За результатами розрахунків ефективність гальмування необхідно збільшити в 32 рази.

Небезпечним моментом у даній ситуації є поворот трактора відносно точки H_3 .

$$M_{\text{п}} = P_i \cdot (H_2 \cdot H_3), \quad (4)$$

де $M_{\text{п}}$ – момент перекидання, кН · м.

Значення моменту складе:

$$M_{\text{п}} = 176 \cdot 0,9 = 158,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент такої величини здатний перекинути трактор типу МТЗ–80 масою 3 т.

Ступінь небезпеки травмування людей в процесі експлуатації транспортних засобів багато в чому залежить від ефективності гальмівних пристроїв. Сумарний час t аварійної зупинки рухомої машини або агрегату можна розкласти на окремі елементи [9]:

$$t = t_1 + t_2 + t_3, \quad (5)$$

де t_1 – час реакції водія (від моменту виявлення перешкоди до початку удару об важіль) знаходиться в діапазоні від 0,2 до 1,5 с;

t_2 – час спрацьовування гальма, залежить від конструкції приводу: для гальм з гідравлічним приводом 0,2 с, з механічним 0,3 с, з пневматичним від 0,6 до 0,7 с, для автопоїзда з гідравлічним приводом – 2 с;

$t_2 = 0,15$ с час спрацьовування гальмівного приводу трактора з модернізованою гальмівною системою;

t_3 – час від початку гальмування до повної зупинки – 2–5 с.

$$t = 1 + 0,15 + 2 = 3,15 \text{ с}.$$

Ефективність гальмування мобільних машин оцінюється величиною гальмівного шляху l_0 , який проїде автомобіль з моменту виявлення перешкоди до моменту зупинки.

На відміну від гальмівного шляху трактора в умовах зчеплення, він враховує не тільки час спрацьовування гідроприводу, але і час реакції водія від моменту виявлення перешкоди до початку удару об важіль управління приводом (педаль гальма).

$$l_0 = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_0}{3,6} + \frac{k_e \cdot V_0^2}{254 \cdot f}, \quad (6)$$

де l_0 – величина гальмівного шляху, м;

$V_0 = 22$ км/год – початкова швидкість гальмування;

k_e – коефіцієнт умов експлуатації гальмування 1,1–1,5;

f – коефіцієнт зчеплення шин з землею 0,5–0,6 (грунтова дорога) [10].

$$l_0 = (1 + 0,15 + 0,5 \cdot 2) \frac{22}{3,6} + \frac{1,2 \cdot 484}{254 \cdot 0,6} = 11,1 \text{ м}.$$

При експлуатації тракторної транспортної одиниці також необхідно стежити щоб гідравлічна система трактора була справною – не повинно бути протікання в місцях з'єднання шлангів, гідроциліндри повинні бути справними і забезпечувати необхідний тиск. При повороті тягача необхідно стежити за тим, щоб в межах досяжності причепа або напівпричепа не було людей і

тварин. Агрегування тягача з напівприцепом повинна проводитися з дотриманням безпечних методів. При наближенні тягача до причепа трактор повинен рухатися заднім ходом на невеликій швидкості і тракторист повинен бути готовий зупинити трактор в будь-який момент.

Щоб агрегат не перекинувся під час роботи, необхідно визначити ширину динамічного коридору.

Розрахунок ширини динамічного коридору проводиться наступним чином.

$$B_k = R_k - \sqrt{R_k^2 - L^2} + B_0, \quad (7)$$

де B_k – ширина динамічного коридору, м;

R_k – зовнішній радіус повороту, м;

L – довжина трактора з причепом, м;

B_0 – ширина агрегату, м.

$$R_k = \frac{L}{\sin \alpha}, \quad (8)$$

де α – кут повороту, $\alpha=35^\circ$.

Довжина трактора з причепом в транспортному положенні дорівнює сумі довжини трактора і довжини причепа:

$$L = 6,15 + 6,10 = 12,25 \text{ м.}$$

$$R_k = \frac{12,25}{\sin 35^\circ} = \frac{12,25}{0,57} = 21,49 \text{ м.}$$

$$B_k = 21,49 - \sqrt{21,49^2 - 12,25^2} + 2,35 = 6,18 \text{ м.}$$

При виконанні транспортних робіт і при русі на повороті трактор може перекинутися. Тому необхідно розраховувати швидкість повороту і поздовжньогоруху для підтримання стабільності процесі експлуатації машинно-тракторного агрегату. Для визначення критичних кутів проведемо відповідні розрахунки.

Швидкість перекидання [11] трактора розраховується за формулою:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2 \cdot h_{ц}}}, \quad (9)$$

де $V_{пр}$ – швидкість перекидання трактора, км/год;

B – ширина колії трактора, м, $B = 2,35$ м;

R – радіус повороту, м, $R = 21,49$ м;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення за рахунок сили тяжіння;

$h_{ц}$ – висота центру ваги, м, $h_{ц} = 1,2$ м.

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{2,35 \cdot 21,49 \cdot 9,8}{2 \cdot 1,2}} = 14,4 \text{ м/с} = 51,7 \text{ км/год.}$$

Для розрахунку поздовжньої стійкості трактора скористаємося розрахунковою моделлю (рис. 2).

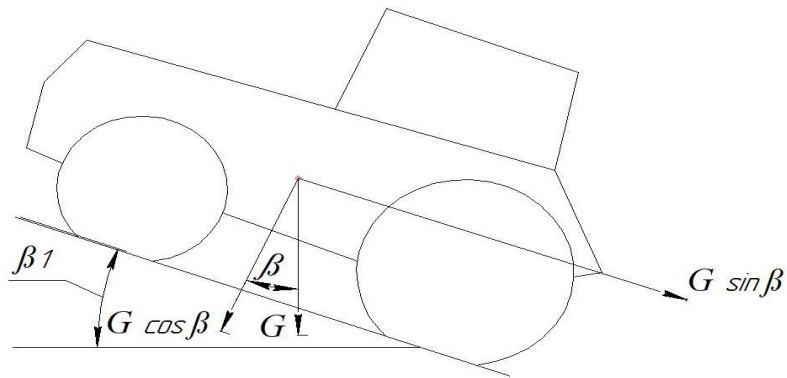


Рис. 2. Схема для визначення поздовжнього руху трактора МТЗ–80

Гранична поздовжня стійкість трактора забезпечується, якщо крутний момент сили не перевищує крутного моменту перекидання

$$G h_{\text{ц}} \sin \beta \leq G \cdot a \cos \beta, \quad (10)$$

де G – вага трактора, Н;

$h_{\text{ц}}$ – висота центру ваги, м;

a – відстань від задньої осі трактора до вертикалі, що проходить через центр ваги, $a = 1,6$ м;

β – кут підйому, град.

При підйомі трактор буде перебувати в стані стійкості, якщо виконується умова

$$\operatorname{tg} \beta \leq \frac{a}{h_{\text{ц}}}. \quad (11)$$

Отже,

$$\beta \leq \operatorname{arctg} \frac{a}{h_{\text{ц}}}; \quad (12)$$

$$\beta \leq \operatorname{arctg} \frac{1,6}{1,2} = 53^\circ.$$

Такий кут підйому забезпечує великий запас ходу для зниження ризику перекидання трактора МТЗ–80 при русі в гору.

Із цього випливає

$$\begin{aligned} 115000 \cdot 1,2 \cdot \sin 53^\circ &\leq 115000 \cdot 1,6 \cdot \cos 53^\circ; \\ 110212 &\leq 110400. \end{aligned}$$

Тобто умова $G h_{\text{ц}} \sin \beta \leq G \cdot a \cos \beta$ здійснюється.

На виїзді трактор буде перебувати в стабільному положенні, якщо виконується умова

$$\operatorname{tg} \beta' \leq \frac{L - a}{h_{\text{ц}}}. \quad (13)$$

Отже,

$$\beta' \leq \arctg \frac{L_0 - a}{h_{\text{ц}}}, \quad (14)$$

де L_0 – база трактора, м;

β' – кут нахилу, град.

Тоді

$$\beta' \leq \arctg \frac{3,1 - 1,6}{1,2} = 51^\circ.$$

Отже, максимальні кути відхилення для агрегату лежать у встановлених межах, тому можлива безпечна експлуатація агрегату.

Висновки. При роботі трактора МТЗ–80 на транспортних роботах слід дотримуватися наступних вимог безпеки:

- забезпечити сумісність гальмових систем трактора і причепа;
- ефективність гальмових пристроїв трактора і причепа збільшити в 32 рази в порівнянні з існуючим гальмовим пристроєм;
- гальмовий пристрій повинен мати середнє уповільнення не менше 10 м/с²;
- параметри гальмової системи повинні бути такими, щоб гальмування причепа відбувалось раніше ніж трактора;
- сумарний час аварійної зупинки рухомої машини або агрегату від початку гальмування складає 3,15 с;
- величиною гальмівного шляху, який проїде автомобіль із моменту виявлення перешкоди до моменту зупинки становить 11,1 м;
- ширина динамічного коридору, що забезпечує стійкість агрегату під час повороту складає 6,18 м;
- зовнішній радіус повороту повинен складати близько 21,49 м;
- швидкість повороту і поздовжнього руху для підтримання стабільності процесі експлуатації машинно-тракторного агрегату не повинна перевищувати 51,7 км/год;
- на виїзді трактор буде перебувати в стабільному положенні, якщо кут нахилу не перевищує 51°.

Для безпечної роботи машинно-тракторного агрегату також необхідно дотримуватись заходів безпеки при роботі з причепами та напівпричепами.

Під час виконання транспортних робіт необхідно дотримуватись правил дорожнього руху.

При експлуатації транспортної одиниці трактора з причепом треба слідкувати щоб гальмівна система забезпечувала надійність і справність дії, повну зупинку і нерухомість при стоянці, а також при підйомі або спуску з гори. Підтримувати гальмівні поверхні в чистоті і справному стані.

Література:

1. Виноградов О. В. Охорона праці. Аналіз стану охорони праці в Україні. *Статистика України*. 2011. № 3. С. 31–35.

2. Дуб А. Р. Стан виробничого травматизму в аграрній сфері та шляхи покращення соціального захисту селян від нещасних випадків на виробництві. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.5. С. 209–215.

3. Розподіл кількості потерпілих від нещасних випадків за даними актів Н–1/П, пов'язаних з виробництвом, за найбільш травмонебезпечними галузями економіки підприємств, де стався нещасний випадок, за 2022 рік URL : <http://www.fssu.gov.ua/fse/doccatalog/document?id=985080>.

4. Статистичний збірник «Праця України в 2020 році» / Держстат України; відпов. за вип. І. В. Сенник. К. : ТОВ «Август Трейд», 2021. 232 с.

5. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2020 рік / Держстат України; відпов. за вип. О. М. Прокопенко. Київ, 2021. 230 с.

6. Федоренко М. Встановлення причин нещасних випадків : колегіального чи індивідуального? *Охорона праці*. 2011. № 10. С. 17–19.

7. Грицай Ю. В чому причини нещасних випадків на виробництві? *Охорона праці і пожежна безпека*. 2012. № 2. С. 45–47.

8. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2018 рік. URL : <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/963263>.

9. Ткаченко І. О. Ризики у транспортних процесах : навч. посібник; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 114 с.

10. Кищун В. А., Кузнєцов Р. М., Мурований І. С., Лаба О. В. Безпека дорожнього руху та деякі правові аспекти: навч. посібник. Луцьк: РВВ. ЛНТУ, 2010. 226 с.

11. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля: навч. посібник. Суми: Університетська книга, 2010. 320 с.

References:

1. Vynogradov, O. V. (2011). Labor safety. Analysis of the state of labor safety in Ukraine. *Statistics of Ukraine*, 2011, no 3, pp. 31–35. [in Ukrainian].

2. Dub, A. R. (2011). The state of industrial injuries in the agricultural sector and ways to improve the social protection of peasants against accidents at work. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 2011, Issue 21.5, pp. 209–215. [in Ukrainian].

3. Distribution of the number of victims of accidents according to the N–1/P acts related to production, by the most traumatic sectors of the economy of the enterprises where the accident occurred, for the year 2022. Available at <http://www.fssu.gov.ua/fse/doccatalog/document?id=985080>. [in Ukrainian].

4. Statistical collection «Labor of Ukraine in 2020» / State Statistics Service of Ukraine; answer for issue I.V. Sennyk. K.: «August Trade» LLC, 2021, 232 p. [in Ukrainian].

5. Statistical collection «Agriculture of Ukraine» for 2020 / State Statistics of Ukraine; answer for issue O. M. Prokopenko. Kyiv, 2021, 230 p. [in Ukrainian].

6. Fedorenko, M. (2011). Establishing the causes of accidents: collegial or individual? *Labor safety*, 2011, no. 10, pp. 17–19. [in Ukrainian].

7. Hrytsai, Yu. (2012). What are the causes of accidents at work? *Labor safety and fire safety*, 2012, no. 2, pp. 45–47. [in Ukrainian].

8. Prevention of industrial injuries and occupational diseases for 2018. Available at <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/963263>. [in Ukrainian].

9. Tkachenko, I. O. (2017). Risks in transport processes. Kharkiv: XNUMX named after O.M. Beketova, 2017, 114 p. [in Ukrainian].

10. Kishchun, V. A., Kuznetsov, R. M., Murovaniy, I. S., Laba, O. V. (2010). Road traffic safety and some legal aspects. Lutsk: RVV. LNTU, 2010, 226 p. [in Ukrainian].

11. Volkov, B. P., Vilskyi, G. B. (2010). The theory of car movement. Sumy: University book, 2010, 320 p. [in Ukrainian].

Annotation

Berezovskyi A., Prokopenko E., Trus O.

Improving safety and labor protection at transport works in agriculture

Currently, the state of industrial safety at agricultural enterprises is characterized by a decrease number of accidents, including those with fatal consequences, but despite the annual reduction in their number, the level of injuries in agriculture remains too high, and for some it is even increasing in terms of indicators. Therefore, occupational safety in transport works is still the most difficult problem.

The article presents the results of studying the state of industrial safety at agricultural enterprises. The main reasons that lead to accidents among machine operators during transportation works, as well as during machine-tractor operation aggregates. It has been established that compatibility should be ensured for reliable operation tractor and trailer brake systems, increase brake efficiency devices, as well as the total time of the emergency stop of the moving vehicle is calculated machine or unit from the start of braking, the length of the braking distance, which the car will drive from the moment an obstacle is detected to the moment it stops and other indicators are important to maintain stability in the process operation of the machine-tractor unit.

It is also necessary for the safe operation of machine-tractor units observe safety measures when working with trailers and semi-trailers. It is strictly forbidden to: transport people in a trailer or semi-trailer; operate the trailer with disconnected and faulty brakes, hydraulic and electrical systems; use trailers equipped with a retractable bracket, as part of a tractor with two trailers in first-rate quality; use the hydraulic system, if available leakage in connections; heat the air balloon with an open flame in case of freezing of condensate in the cylinder of the pneumatic brake system; carry out repair work and maintenance under a raised platform without installing it on fixing devices; move the trailer with it raised platform, etc.

Key words: *occupational safety, transport works, machine-tractor operation aggregates, accidents.*