

Обґрунтування програми експлуатаційних випробувань стійкості лісової машини, що працює на ухилі

Олег Мачуга¹, Ярослав Сало²

¹Національний лісотехнічний університет України
генерала Чупринки, 103, Львів 79057
oleg_mach@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9151-8854

²Львівська філія УкрНДІПВТ
вул. Л. Мартовича 15, смт. Магерів, Львівська обл., 80327

ВСТУП

Стандартні лісові машини, що продукуються промисловістю, переважно іноземною, не завжди враховують особливості вітчизняної експлуатації, зокрема – в гірських районах. Сучасні лісові машини, які використовуються у технологічних процесах заготівлі деревини, зазвичай є багатофункційними комплексами з робочим органом у вигляді стріли-маніпулятора з харвестерною чи процесорною головою. Робота харвестера, форвадера чи іншої подібної машини пов'язується з асиметричним навантаженням рушіїв різних бортів, що зумовлюється положенням маніпулятора під час виконання ним технологічних операцій: один борт може бути перевантаженим, протилежний – недовантаженим.

Така можливість максимально виявляється тоді, коли стріла маніпулятора повністю розкладена, знаходиться по один бік машини, а в харвестерній (процесорній) головці утримується стовбур зрізаного чи навантаженого дерева. Стан справ ускладнюється у випадку, коли така машина працює на ухилі. У зв'язку з цим виникають важливі для практики завдання:

- 1) перевантаження одного з коліс харвестера чи форвадера може призвести до його передчасного зношення;
- 2) відривання одного з коліс протилежного борту від опорної поверхні, що може призвести до перекидання машини;
- 3) під час проведення випробувань стійкості лісової машини на ухилі за використання спеціального стенду, може використовуватись страхувальна линва. Перед по-

чатком робіт необхідно виконати перевірко-вий розрахунок линви на міцність.

МЕТА

Мета дослідження полягає у розробленні розрахункових схем та обґрунтуванні основних формул для визначення окреслених вище зусиль. Результати обрахунків можливо подати у вигляді графіків, які дали б змогу сформулювати висновки щодо трьох задач, окреслених вище: чи придатні стандартні шини для гірських умов експлуатації; за яких умов існує небезпека перекидання машини; яке зусилля витримує страхувальна линва.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Навантаження на рушій лісової машини, що працює в рівнинних умовах, істотно відрізняється від навантаження на рушій машини, що працює з асиметрично розташованим робочим органом в гірській місцевості. Максимальне навантаження R на один рушій визначається за формулою:

$$R = R_{сер} + R_{доод},$$

де $R_{сер}$ – середнє значення навантаження на один із рушіїв лісової машини в транспортному положенні на ухилі, $R_{доод}$ – додаткове навантаження на цей же рушій, викликане дією асиметрично розташованого маніпулятора з максимальним вантажем, в умовах ухилу. Сила R складається з геометричної суми нормальної сили N та дотичної сили T (Рис.1):

$$N = N_{сер} + N_{доод}, \quad T = T_{сер} + T_{доод}.$$

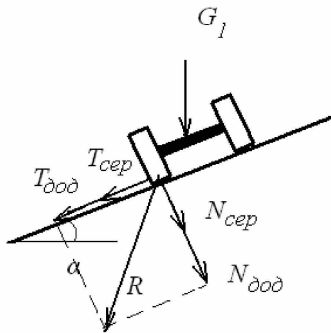


Рис.1. Схема сил, що діють на рушій лісової машини: $G_1 = m_1 g$ – частина ваги лісової машини з вантажем, що припадає на один із рушіїв, m_1 – відповідна частка маси, $g=9,8$ м/с², α – ухил

Для чотириколісної машини [1,2]:

$$N_{сеп} = k_{0,4} \cdot (m + m_{гол} + m_{вант} + m_{вант.заг}) g \cos \alpha / 4,$$

$$T_{сеп} = k_{0,4} \cdot (m + m_{гол} + m_{вант} + m_{вант.заг}) g \cdot \sin \alpha / 4,$$

де $G_{вант}$ – максимальна вантажність стріли-маніпулятора, H ; $G_{вант.заг}$ – загальна вантажність машини, H ; $G_{гол}$ – вага харвестерної чи процесорної головки, H ; m – маса лісової машини, кг; g – пришвидшення вільного падіння, м/с²; $m_{вант}$ – маса вантажу, утриманого головкою; $k_{0,4}$ – безрозмірний коефіцієнт динамічності для чотириколісної лісової машини:

$$k_{0,4} = 100 \cdot m^{(-0,4345)}.$$

У цій формулі маса в кг.

Для шестиколісної машини:

$$N_{сеп} = 0,069 k_{0,6} (m + m_{гол} + m_{вант} + m_{вант.заг}) g \cos \alpha,$$

$$T_{сеп} = 0,069 k_{0,6} (m + m_{гол} + m_{вант} + m_{вант.заг}) g \sin \alpha,$$

де $k_{0,6}$ – безрозмірний коефіцієнт динамічності: $k_{0,6} = 35 \cdot 700 \cdot m^{(-1,016)}$.

Додаткові сили $N_{доод}$ та $T_{доод}$, визначимо з наступних наближених виразів [2]:

$$N_{доод} = (m_{гол} \cdot g + G_{вант}) \frac{2L}{b} \sin \gamma \cos \alpha$$

$$T_{доод} = (m_{гол} \cdot g + G_{вант}) \frac{2L + a}{a} \sin(\beta - \gamma) + \frac{2M_{\omega}}{a},$$

де b – ширина машини за слідом коліс, m ; a – довжина машини, m ; L – довжина повністю розкладеної стріли, m ; M_{ω} – крутний момент обертання стріли-маніпулятора, Hm ;

Із цих формул отримуємо функційні вирази відносно кутів β та γ :

$$N_{доод} = f_1(\gamma), \quad T_{доод} = f_2(\beta, \gamma);$$

$$N = N_{сеп} + f_1(\gamma), \quad T = T_{сеп} + f_2(\beta, \gamma).$$

$$R = \sqrt{[N_{сеп} + f_1(\gamma)]^2 + [T_{сеп} + f_2(\beta, \gamma)]^2}$$

Загальна сила на рушій залежить не тільки від вагових та потужнісних характеристик лісової машини, але і від напрямку руху машини відносно ухилу місцевості, і від кута відведення стріли відносно напрямку руху. Будування графічної характеристики дає змогу визначити максимальне значення $R_{макс}$ і для нього перевірити типорозмір шини.

Важливим для визначення умов безпечної експлуатації мобільної лісової машини на ухилі, зокрема – харвестера чи форвадера, є обґрунтування меж його поперечної та курсової стійкості під час руху чи роботи з розкладеним робочим органом – маніпулятором. Розрахункова схема чотириколісної машини на Рис.2.

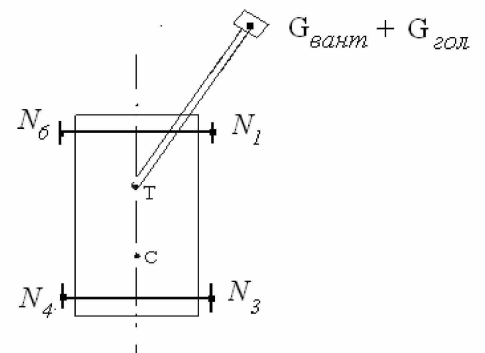


Рис.2. Розрахункова схема: $N_1 - N_6$ – сили, що діють на рушії, точка C – центр мас машини в транспортному положенні, T – точка кріплення стріли-маніпулятора

Умова стійкості для такого випадку:

$$N_{cep}^{(4)} + N_{доd}^{(4)} \geq 0.$$

Додаткове навантаження на рушій №4 може бути від'ємним, тобто стріла «відриває» колесо від опорної поверхні руху, перекидаючи лісову машину.

Для чотириколісної машини додаткове значення сили на рушій із номером 4:

$$N_{доd}^{(4)} = (m_{зол} + m_{вант}) \cdot g \cdot L \left(\frac{\sin \gamma}{b} - \frac{\cos \gamma}{a} \right) \cdot g.$$

Графічний пошук межі стійкості – точка перетину графіків, як на Рис.3.

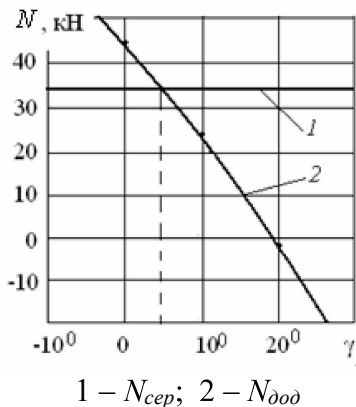
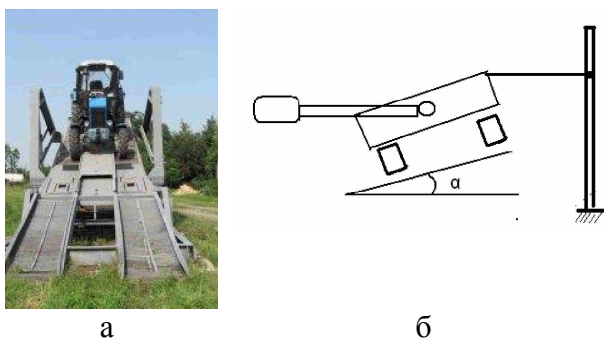


Рис.3. Приклад визначення області стійкості руху



а) загальний вигляд, б) схема

Рис.4. Випробувальний стенд на стійкість до перекидання

Виконання експлуатаційних випробувань стійкості на ухилі лісової машини з асиметрично розташованим робочим органом, здійснюється на спеціалізованому сте-

нді – платформі, що може перехилитись в один бік (Рис.4).

Із рис.4 зрозуміло, що вага головки з вантажем викликає додатковий момент сили, який необхідно враховувати під час вибору лінви. Зусилля F на лінві визначаємо з формули:

$$F = k_3 [m + (m_{зол} + m_{вант})(1 + L/h_c)],$$

де k_3 – стандартний безрозмірний коефіцієнт запасу, h_c – висота центра ваги машини.

ВИСНОВКИ

1. Вагомим для планування експлуатаційних випробувань на підставі отриманих результатів є фіксація положень стріли-маніпулятора, за яких досягається максимальне навантаження на рушій з подальшим виконанням випробувань у обраному діапазоні кутів відхилення. Цим визначається повне навантаження на найбільш завантажений рушій машини з урахуванням ухилу та асиметричності розташування робочого органу. Далі – перевірка, чи шини, якими укомплектована машина, мають в таких умовах експлуатації достатній запас ресурсу за навантаженням та апробація під час випробувань отримані результати.

2. Пропонована методика дає змогу визначити діапазон положень стріли-маніпулятора, в якому сила дії такого колеса на ґрунт урівноважується силою, що породжується розкладеним маніпулятором із максимальним навантаженням та враховуючи динамічні ефекти. Теоретично визначений діапазон небезпечних положень стріли для різних кутів ухилу та для різних кутів відхилення траєкторії необхідно використовувати для планування програми експлуатаційних випробувань на стійкість такої машини.

3. Страхувальна лінва, яка використовується під час випробувань лісової машини з асиметрично розкладеним робочим органом, повинна додатково перевірятись на

міцність з огляду забезпечення безпечних умов праці під час випробувань.

Трансфер запропонованої методики у практику випробувань лісових машин дасть змогу обґрунтовано дати відповідь на питання: чи придатні стандартні шини випробовуваної машини для окреслених умов експлуатації; визначення умов за яких існує небезпека перекидання машини; яке зусилля повинна витримувати страхувальна линва.

Ключові слова: положення стріли-маніпулятора; ухил; навантаження на рушій; страхувальна линва.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Bilyk B.V., 2014.** Theory and design of self-propelled forest machines: Course of lectures. Lviv, RPD NFU of Ukraine (in Ukraine).
2. **Machuga O.S., 2014.** Features of logging equipment designing for work in areas with a slope. Part 2. Solving practical problems and using the results. Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mathematical modeling in engineering and technology, 18 (1061), 94-109 (in Ukraine).