

УДК 630\*377.4:531.6

## Експериментальні методи визначення наслідків проїзду лісової машини ґрунтовою поверхнею

Мачуга О.С.; Бойко М.М.

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

*Взаємодія колісного чи гусеничного рушія з ґрунтовою поверхнею руху породжує низку наслідків, головним виявом яких є пошкодження рослинності, утворення технологічної колії та теплові втрати потужності на еластичне деформування шин та під час проковзування. Багатофакторність таких процесів є у значній мірі утрудненим для дослідження теоретичними методами. Тому важливим є розроблення нових та удосконалення наявних експериментальних методів дослідження.*

*Метою даного дослідження є аналізування доступного обладнання, придатного для виконання експериментальних робіт пов'язаних із вказаним напрямком дослідження. Обґрунтовано методика визначення ерозійно-експлуатаційних пошкоджень лісової дороги. Систематизовано методи визначення об'єму ґрунту, знесеного внаслідок неоднократного проїзду лісової машини. Інтегральним ефектом виконуваних досліджень є формування вимог до експериментального полігону для проведення відповідних досліджень щодо прийнятних експлуатаційних режимів.*

*Ключові слова:* щільність ґрунту; технологічна колія; пошкодження лісової дороги; прийнятні експлуатаційні режими.

1. Для визначення об'єму знесеного ґрунту та середньої глибини пошкоджень на волоках застосовано комплект для натурного вимірювання показників в складі: мірна рулетка, геодезична рейка, ухиломір, бусоль, далекомір, лабораторія для досліджень властивостей ґрунту, тасьма, шпильки, фотоапарат.

Для визначення інтенсивності колієутворення від проїзду технологічного транспорту ґрунтовою поверхнею руху в польових умовах застосовано комплект для натурного вимірювання показників в складі: мірна рулетка, тахеометр Trimble M3 (Японія), геодезичний нівелір Н-3К ( з компенсатором кутів нахилу), геодезична рейка, польова лабораторія марки ПЛЛ-9, тасьма, кілки, цифровий фотоапарат (рис. 1-3).

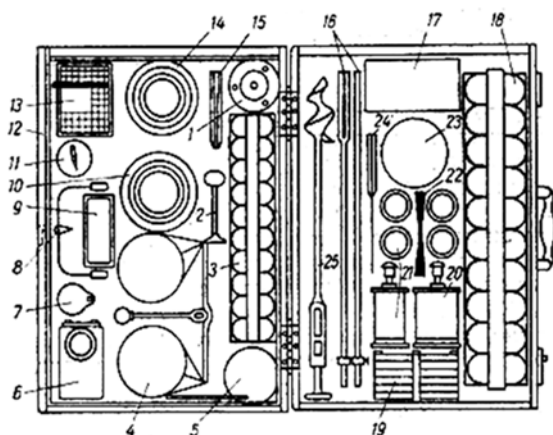


Рис. 1. Прилади та інструменти польової лабораторії марки ПЛЛ-9

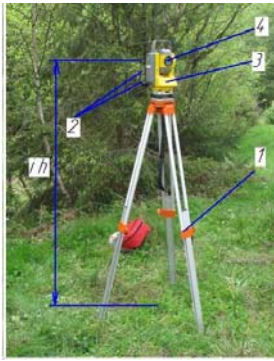


Рис.2. Загальний вигляд тахеометра Trimble M3



Рис.3 . Комплект геодезичного нівеліра марки Н-3К

2. На першому етапі задачею є встановлення ерозійно-експлуатаційних пошкоджень лісової дороги. Для цього спочатку розбивають дорогу на пікети – окремі ділянки; далі визначають масову вологість та щільність ґрунту; вимірюють азимут, ухили та характерні поперечні профілі дороги на початку ділянок в характерних точках перепаду ухилів, відгалуження, роз'їзди, повороти. Використовується мірна рулетка та далекомір 2. В подальшому визначається масова вологість та щільність ґрунту за допомогою приладів та інструментів польової лабораторії типу ПЛЛ-9. Після того виконуються виміри азимутів на поворотах дороги за допомогою бусолі та вимірюються значення ухилів за допомогою ухиломіра. Для знімання поперечного профілю дороги у відповідному пікеті накладається поперек дороги стрічка 6, яка відображає природний стан схилів обабіч дороги і ставиться геодезична рейка і через кожні 20 см по довжині поперечного профілю вимірюються показники висот на рівні дороги. Контроль точності вимірів поперечного профілю проводиться за допомогою фотоапарата. В подальшому фотографічні ілюстрації характерного місця дороги з встановленою посередині геодезичною рейкою проєктуються за допомогою фотопроектора і викреслюється характерний поперечний профіль дороги в та порівнюється з натурними дослідженнями. Отримані результати фіксують ступінь пошкодженості лісової дороги.

3. Для дослідного встановлення інтенсивності процесу колієутворення використовується попередньо охарактеризований інструментальний набір за участі пенетрометра. Вимірювання глибини колії виконується послідовно після задалегідь обраної кількості проїздів лісової машини. Формуються відповідні діаграми глибини колії у залежності від кількості проїздів машини. Встановлено сповільнено прогресуючий характер таких залежностей (див. зокрема рис.4.).

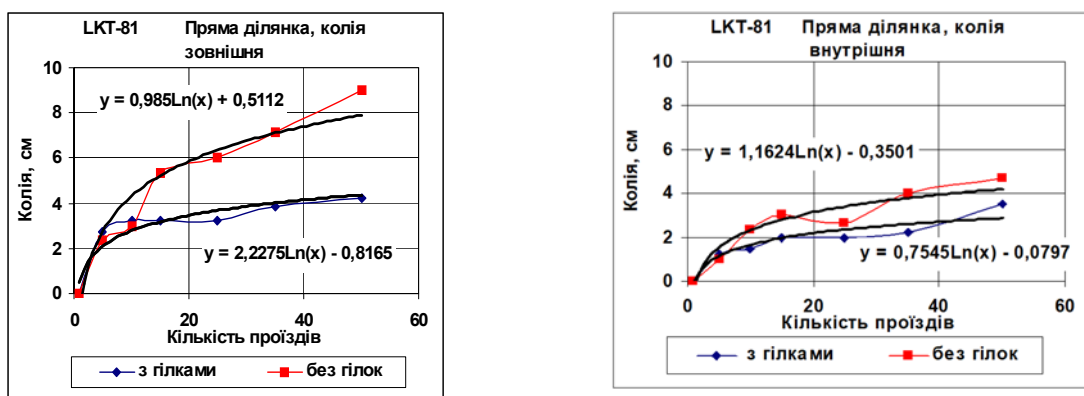


Рис. 4. Вплив настилу з гілок на коліє утворення колісний рушій. Поперечний ухил волоку – 9 град

Унаслідок опрацювання результатів натурних обстежень ерозійних процесів на тракторних волоках розраховували показники завданої шкоди: об'єм знесеного ґрунту, площа волоку і середня глибина пошкодження за формулами:

- об'єм знесеного ґрунту на ділянці між двома сусідніми пікетами:

$$V_i = \frac{1}{3}(S_i + \sqrt{S_i \cdot S_{i+1}} + S_{i+1}) \cdot h_i, \quad (1)$$

де  $V_i$  – об'єм знесеного ґрунту, м<sup>3</sup>;  $S_i, S_{i+1}$  – площа поперечного перерізу сусідніх пікетів, м<sup>2</sup>;  $h_i$  – довжина ділянки між сусідніми пікетами, на якій визначається об'єм знесеного ґрунту, м<sup>3</sup>/м.п.

$$V_i' = \frac{V_i}{h_i}; \quad (2)$$

- площа волока:

$$S_{\partial} = \sum S_{\partial i}, \quad (3)$$

де  $S_{\partial i}$  – площа волока між сусідніми пікетами, м<sup>2</sup>;

$$S_{\partial}' = \frac{\sum S_{\partial i}}{L}, \quad (4)$$

де  $L$  – довжина волоку, м.

Отримані результати зводили до зручних для аналізу графічних залежностей між ухилом ділянки лісової дороги та показниками завданої шкоди.

4. Розроблення полігону для натурних випробувань. Площу полігону (рис.5.) для випробувань вибирається в межах 30-40 м на 50-60 м, з ухилом поверхні до 3° - 4°, на якій розбивається траса для проходження трактором характерних ділянок.

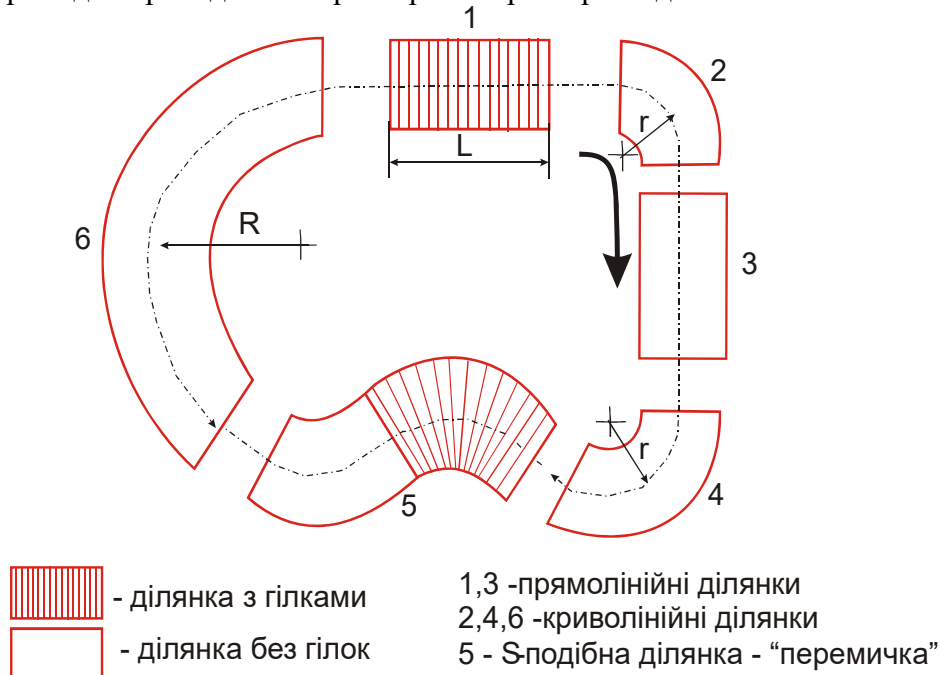


Рис. 5. Схема полігону для польових досліджень параметрів колісутворення



Метою натурних полігонних досліджень впливу колісного та гусеничного рушіїв на опорну поверхню є визначення розширених характеристик динаміки зміни колієутворення після їх проїздів в різних гірських регіонах. Головними факторами, що визначають дію рушія на ґрунт, є щільність ґрунту в слідах та глибина колії, які залежать від кратності дії (кількості проїздів рушія одним слідом).

Перед початком досліджень визначали такі параметри: радіуси поворотів, довжини прямолінійних ділянок, вагові та геометричні параметри трактора, а також на всіх ділянках брали проби непорушеного шару ґрунту. Проби бралися за допомогою ґрунтовідбірників з витискачем у ґрунтові бюкси об'ємом 50 см<sup>3</sup> (лабораторія ПЛЛ-9). Ґрунтовідбірники втискувались в ґрунт перпендикулярно опорній поверхні до повного занурювання.

На кожній ділянці устанавлювалося, щонайменше чотири мірних точки, на відстані не менше 1 м одна від одної.

Після першого проїзду трактора трасою полігону в кожній точці на ділянках виконувалися такі заміри: глибини правої і лівої колій (лінійка, фотоапарат), брали проби ґрунту в обох коліях. Аналогічні заміри виконували після певної кількості проїздів трельовального трактора з вантажем чи без нього (рис. 6).

Унаслідок оброблення отриманих результатів визначаються: масова вологість ґрунту, фізична щільність ґрунту, модуль деформації ґрунту, щільність ґрунту за трудністю розроблення, глибина колії; будуються графіки залежності щільності ґрунту та глибини колії від кількості проїздів. В подальшому під час оброблення результатів і лабораторного аналізу проб визначали: середню глибину пошкодження в правій і лівій коліях; щільність – відношення маси сухого ґрунту до його об'єму; миттєву масову вологість - відношення різниці мас ґрунтової проби природної вологості і висушеної до температури 105 °С до об'єму проби.



Рис. 6. Дослідження взаємодії трельовального трактора LKT-81 з опорною поверхнею. Поворот з мінімальним радіусом.

Запропонований підхід дає змогу всебічно проаналізувати фактичний зв'язок між ступенем пошкоджень непорушеного ґрунту та експлуатаційними умовами й режимами руху. Такі залежності можуть виявити допустимі режими руху з огляду на мінімальну інтенсивність пошкоджень.

#### Список літератури

1. Библюк Н., Библюк М. Екологічні аспекти гірської лісозаготівлі// Праці НТШ. Т. 2., 1998. – С. 586-600.
2. Adams J. D., Visser Rien J. M., Prisley S. P. Modeling Steep Terrain Harvesting Risks Using Gis. Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. – Schlaegl, Austria. October 5-9, 2003. - 13 p.
3. Owende P. M. O., Luons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinelli R., Molano J., Ward S. M. Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD. 2002. – 74 p.

4. . Bygden G., Wästerlund I., Eliasson L. Rutting and soil disturbance minimized by planning and using bogie tracks. 2nd Forest Engineering Conference. Proceedings. Techniques and Methods. - Växjö, Sweden. 12-15 May, 2003. – P. 89-95.

### **Experimental methods for determining the consequences of a forest machine passing over the soil surface**

**Machuga O.S.; Boyko M.M.**

*The interaction of a wheeled or tracked vehicle with the soil surface of movement generates a number of consequences, the main manifestation of which is damage to vegetation, the formation of a technological rut and thermal power losses due to elastic deformation of tires and during slipping. The multifactorial nature of such processes is largely difficult to study using theoretical methods. Therefore, it is important to develop new and improve existing experimental research methods.*

*The purpose of this study is to analyze available equipment suitable for performing experimental work related to the specified direction of research. The methodology for determining erosion and operational damage to a forest road is substantiated. Methods for determining the volume of soil removed as a result of repeated passage of a forest machine are systematized. The integral effect of the research is the formation of requirements for the experimental site for conducting relevant studies on acceptable operating modes.*

*Keywords: soil density; technological track; forest road damage; acceptable operating modes.*