

5. Сахаров А.С., Щербина В.Ю., Величко Ю.М. Сахаров В.А. Коротеєва П.И. Математическая модель для исследования полей скоростей и давлений в механическом оборудовании промышленности строительных материалов // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2000. – №15. – С. 11-16.

6. Галич Р.В. Конструктивное усовершенствование вихревых аппаратов со встречными закрученными потоками / Р.В. Галич, А.Р. Якуба, В.И. Склабинский, В.Я. Стороженко // Хімічна промисловість України. - т 3. - 2013. - С.75-83.

7. Zhang Youlin (张佑林) Numerical modeling of the air flow in an inclined eccentric exchanger (斜顶偏心旋风筒的数值模拟研究) / Zhang Youlin (张佑林), Liu Wei Ha (刘伟华), В.Ю.Щербина (谢尔宾纳) // Cement Guide for New Epoch. — 2007. — Vol.13, № 8. — pp. 7–10.

8. Щербина В.Ю. Моделирование работы вихревого теплообменника в газовом потоке вращающейся печи / В.Ю. Щербина, Чжан Юліні (张佑林), Ю.В. Самиленко, В.В. Бобах // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. — 2009. — № 33. — С. 158—164.

УДК 630\*377.4:531.6

Щупак А. Л., асистент, Мачуга О. С., к.ф.-м.н., доц.  
НЛТУ України, м. Львів, Україна

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОЛІСНОЇ ЛІСОТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

*Анотація.* Рух лісотранспортувальної машини ґрунтовою поверхнею руху викликає процес утворення колії. Інтенсивність такого процесу залежить від тягово-швидкісних характеристик руху машини та від фізико-механічних властивостей ґрунтової маси. Істотна частина енергії, що генерує двигун машини, витрачається на енерговитрати, пов'язані з незворотними трансформаціями енергії, які класифіковані у дослідженні. Сумарна деформація є суперпозицією типізованих в роботі енерговитрат, а їх сумарне значення визначається із енергетичного балансу розглядуваної системи «машина – опорна поверхня руху».

*Ключові слова:* форвадер, колієутворення, деформування поверхні руху енерговитрати

Основним результатом підвищення енергетичної ефективності будь-якого процесу є зниження витрат енергії на одиницю продукції: підвищення кількісних показників виконуваної роботи, зменшення теплоти, яка передається у середовище. Ефективність роботи машини визначається низкою властивостей. Зокрема, експлуатаційні властивості формуються техніко-технологічними, економічними, екологічними, загально технічними показниками.

На процес первинного транспортування деревини впливають головним чином техніко-технологічні, виробничі та природно-кліматичні чинники. Ефективність роботи лісотранспортувальних машин та їх відповідність заданим умовам експлуатації оцінюють за допомогою експлуатаційних властивостей, головними з яких є техніко-експлуатаційні (продуктивність, паливна економічність) і лісівничо-екологічні (профільна та опорна прохідності).

Підвищення ефективності застосування лісотранспортувальних машин за рахунок росту продуктивності і мінімізації витрат енергетичних ресурсів тісно пов'язано зі зниженням негативного впливу машин на опорну поверхню. Однак на даний час моделі та методи, які дали б змогу прогнозувати зміну глибини колії від дії колісної машини під час транспортування деревини невідомі.

Мета дослідження – розроблення алгоритму вибору техніко-експлуатаційних параметрів роботи лісотранспортувальної машини – форвадера під час транспортування деревини, які дозволяють підвищити екологічну, економічну і експлуатаційну ефективність лісотранспортувальної машини з колісним рушієм. Це дозволить організаційно-технологічними заходами підвищити продуктивність форвадерів, зменшити витрати пального і зменшити екологічну шкоду під час транспортування деревини по ґрунтовій

опорній поверхні. Використання енергетичного підходу, як критерію оцінювання ефективності роботи форвадера, дозволить найбільш повно розкрити процес перетворення енергії в енерговитрати колієутворення, що, ймовірно, дасть змогу керувати режимами руху машини з огляду зменшення витрати палива.

Аспектам взаємодії еластичного колісного рушія і опорної поверхні, яка деформується присвячено досить багато робіт як вітчизняних, так й іноземних авторів. Ці роботи спрямовані на опис процесу взаємодії колеса з ґрунтом як функції конструктивних параметрів рушія та фізико-механічних властивостей опорної поверхні. Однак оцінки енерговитрат на утворення колії під час дії колісної машини під час транспортування деревини не розроблені. Тому актуальним та вагомим завданням є відшукування способу підвищення тягово-експлуатаційних й економічних показників форвадерів із дотриманням мінімально можливої інтенсивності колієутворення.

Одним з основних параметрів, які впливають на продуктивність форвадера є швидкість пересування такої лісотранспортувальної машини, яка у значній мірі залежить від стану опорної поверхні руху. Основні витрати енергії під час пересування машини пов'язані з деформацією ґрунту, яка може досягати значних величин. Очевидно, що зі зміцненням опорної поверхні, по якій рухається форвадер, відходами лісозаготівлі зменшуються інтенсивність пошкодження поверхні, що може зменшувати енерговитрати на рух лісотранспортної машини.

Для оцінки таких енерговитрат припустимо, що енергія руху на ґрунтах із низькою несучою здатністю (м'яких ґрунтах) витрачається виключно на залишкову деформацію ґрунту. Це підтверджує практична відсутність вибігу й швидка зупинка транспортної машини на горизонтальній ділянці, коли вплив інших опорів руху мінімальний. Крім того, на м'яких ґрунтах деформація колеса незначна.

Рівняння балансу енергії під час руху лісотранспортної машини записуємо наступним чином:

$$W_i - W_E = A_D + A_\emptyset + A_f + A_h ,$$

де  $W_i$ ,  $W_E$  – початкова та кінцева кінетична енергія, Дж;  $A_D$  – робота сили тяги, Дж;  $A_\emptyset$  – сумарна робота сил деформування шин, Дж;  $A_f$  – робота сил тертя, Дж;  $A_h$  – робота сил деформування опорної поверхні, Дж:

$$A_h = A_z + A_\delta ,$$

$A_z$  – робота сил, яка йде на утворення колії від вертикальної деформації, Дж;  $A_\delta$  – робота сил, яка йде на утворення колії від буксування колеса, Дж. Інші складники енерговитрат – робота екскаваторного ефекту, липкості ґрунту, випирання ґрунту є несуттєвими, або надто незначними і тому ними в даній постановці знехтувано.

Із аналізу експериментальних даних встановлено, що найбільші втрати механічної енергії в системі «рушій – опорна поверхня» відбуваються внаслідок незворотності процесу утворення залишкової деформації опорної поверхні. Суттєво зменшити ці втрати можна лише за рахунок вибору відповідних техніко-експлуатаційних показників роботи лісотранспортувальної машини.

Енергетичний метод під час оцінювання ефективності роботи лісотранспортувальної машини дає змогу повніше охопити енерготрансформаційні процеси, що відбуваються у взаємодії рушія з ґрунтом та раціоналізувати техніко-експлуатаційні параметри: швидкість транспортування, вага пакету деревини, конструктивні параметри машини. Підбиратися техніко-експлуатаційні параметри повинні тільки з урахуванням несучої здатності та фізико-механічних властивостей ґрунтів, рельєфу місцевості, середньої відстані транспортування деревини. Збудована математична модель вибору техніко-експлуатаційних показників в

залежності експлуатаційних умов і особливостей впливу на опорну поверхню, враховує зміну економічних показників.

УДК 630\*377.4

**Бойко М. М.**, ст. викл., **Мачуга О. С.**, к.ф.-м.н., доц.,  
НЛТУ України, м. Львів, Україна

## МЕТОДИКА ПОЛІГОННИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ КОЛІЄУТВОРЕННЯ

**Анотація.** Удосконалено схему полігонного дослідження процесів колієутворення від багатократних проїздів ґрунтовими поверхнями технологічного транспорту лісозаготівлі з колісними та гусеничними рушіями. Подано результати експериментального визначення інтенсивності процесу колієутворення на прямолінійних ділянках руху та під час розвороту. Визначено вплив захисного настилу та ухилу поверхні руху на досліджувані процеси. Сформульовано висновки щодо експлуатації лісовозних доріг.

**Ключові слова:** полігон, колія, настил, лісова машина.

Метою натурних полігонних досліджень впливу колісного та гусеничного рушіїв на опорну поверхню є визначення динаміки зміни колієутворення після їх проїздів в різних гірських регіонах Карпат. На рис.1 наведено схему випробувального полігону.

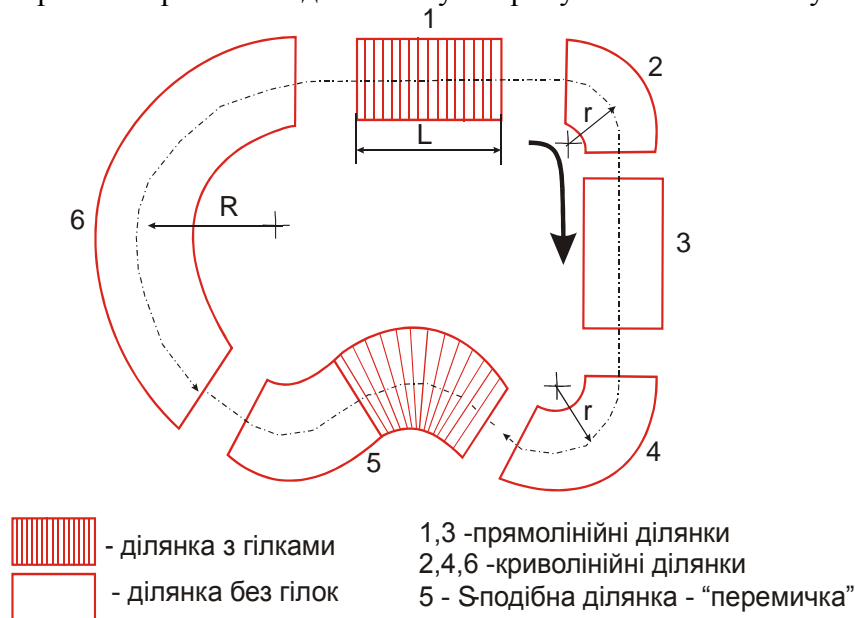


Рис.1 – Схема полігону для польових досліджень колієутворення

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). Планувався замір глибини пошкодження опорної поверхні і відбір проб ґрунту. *Вимірювальні пристрої* – мірна рулетка, геодезична рейка, ударник СоюздорНДІ, польова лабораторія марки ПЛЛ-9, тасьма, кілки, фотоапарат, нівелір. Площа полігону для проведення випробувань (рис. 1) 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. 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