

ристання клеїв на основі ПВА дисперсій до складу яких входять основа і кислий затверджувач. Саме такі композиції забезпечують високу водо- і теплостійкість з'єднань на їх основі при аналогічних режимних параметрах склеювання як і для звичайних ПВАД.

Література

1. Г.Є. Михайлівська, В.В. Панов. Клеї для склеювання деревини. – Львів: Афіша, 2003. – 176 с.
2. Голиков В.И., Ресина З.Ф. Пособие для работников лабораторий мебельных предприятий. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 164 с.
3. Зигельбойм С.Н. Термопластичные клеи в производстве мебели. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 104 с.
4. М.Э. Розенберг. Полимеры на основе винилацетата. – Л.: Химия, 1983. – 176 с.
5. Фрейдин А.С. Полимерные водные клеи. – М.: Химия, 1985. – 144 с.

УДК 630*.3.001.12/18

Доц. О.А. Стиранівський, канд. техн. наук;
інж. Р.Є. Польовий – НЛТУ України, м. Львів

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ТИПОВИХ ЛІСОВИХ МАШИН В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

Ступінь пошкодження опорної поверхні під час наземного трелювання деревини значною мірою залежить від відповідності параметрів конструкції і показників прохідності лісової машини ухилу місцевості і витримувальній здатності ґрунту. Обґрунтовано екологічно безпечні умови (ухили і періоди року) експлуатації типових лісових машин в Українських Карпатах.

Ключові слова: типові лісові машини, екологічно безпечні умови використання, опорна прохідність, контактний тиск на ґрунт.

*Assoc. prof. O.A. Styranivsky; eng. R.Ye. Polyovuy –
NUFWT of Ukraine, L'viv*

Environmentally friendly conditions of the use of typical forest machines in Ukrainian Carpathians

The degree of ground damage during wood skidding largely depends on accordance of construction parameters and forest machine gradeability to slope of locality and bearing capacity of soil. Environmentally friendly conditions of the use of typical forest machines in Ukrainian Carpathians (slopes and periods of year) are described in the article.

Keywords: typical forest machines, environmentally friendly conditions of the use, gradeability, contact pressure on soil.

Вступ. Важливість лісової галузі для економіки країни безупинно зростає. У цьому контексті Карпатський регіон відрізняється особливим природно-ресурсним потенціалом. На площі, що займає тільки 6 % території України, зосереджено близько 30 % лісового фонду держави (523 млн. м³), річний об'єм лісозаготівлі від рубань головного користування у 2007 р. становив понад 1,6 млн. м³. З іншого боку, ліси Українських Карпат виконують важливі туристично-рекреаційні, кліматорегулювальні, ґрунто- і водоохоронно-захисні функції. У 2003 р. Україна підписала "Рамкову конвенцію про охорону та сталий розвиток Карпат", у якій задекларовано проведення всебічної політики екобезпечного лісового господарювання, поліпшення якості життя, збереження природних цінностей та етнокультурної спадщини [1].

Для забезпечення виробничої діяльності лісогосподарські підприємства України потребують близько 5 тис. тракторів, щорічна потреба в нових технічних засобах становить близько 600-650 одиниць. Однак на сьогодні в Україні не налагоджено випуску сучасних спеціальних лісозаготівельних машин, тому лісові підприємства вимушені закупувати машини закордонного виробництва чи використовувати для роботи в лісі трактори загального (сільськогосподарського) призначення, що часто призводять до значних пошкоджень лісового середовища.

Мета цієї роботи полягає в типізації лісових машин для наземного первинного транспортування деревини і обґрунтуванні екологічно безпечних умов їх використання.

Типаж і технологічні модулі лісових машин

Сьогодні у світі домінують дві тенденції у створенні лісових машин: енергетичним модулем для неї може слугувати наявна модель сільськогосподарського чи промислового трактора або розробляється конструкція спеціальної машини, пристосованої до конкретних умов роботи в лісі. Перший напрям відрізняється нижчою собівартістю створених лісових машин, але й вищими витратами на їх експлуатацію. Спеціально спроектовані лісові машини надійніші і економніші у експлуатації, хоча їхня вартість є вищою.

Технологічне обладнання лісотransпортних засобів визначається застосовуваною технологією лісозаготівлі стовбурною чи сортиментною. За останні сорок років зарубіжні заводи-виробники створили та модернізували понад 800 моделей лісових машин, із них 57 % – чокерні трактори, 23 % – сортиментовози і безчокерні трелювальні трактори з гідроманіпуляторами та 20 % – харвестери і звальювальні машини [2]. Наведені дані свідчать про переважання у світі, зокрема і в Україні, стовбурної технології лісозаготівлі, яка потребує відносно невисокої густоти мережі лісових доріг.

Упродовж останніх десятиліть на лісогосподарських підприємствах України найчисельнішою моделлю трелювальних машин був гусеничний трактор ТДТ-55 з чокерним технологічним обладнанням. Частка цих машин у 2003 р. становила близько 15 % від загальної кількості тракторів, що використовували у лісовому господарстві. Водночас останніми роками на лісогосподарських підприємствах, зокрема Карпатського регіону, спостерігається стійка тенденція із заміни технічно і морально застарілих ТДТ-55 колісними машинами словацького (LKT) і румунського виробництва (TAF).

Традиційну стовбурну технологію заготівлі деревини, зокрема у гірських умовах Карпат, вже сьогодні почала витісняти сортиментна технологія, яка започаткована в Скандинавії і знайшла широке застосування в переважній більшості країн Європи, у Балтії та Білорусі. Технологічне обладнання сортиментовоза, який є головною транспортною ланкою у сортиментній технології лісозаготівлі, базується на тракторі із подовженою рамою, що опирається на балансирний двовісний візок. Таке конструктивне рішення забезпечує здатність транспортувати машиною сортименти довжиною до 6 м та використовувати візкові гусениці для зменшення контактного тиску на ґрунт і покращення її тягово-зчіпних властивостей. Використання сортиментовоза

дає змогу сортувати деревину безпосередньо на лісосіці або під час перевантаження на лісовозний автопотяг і транспортувати її безпосередньо споживачу. Ще одна перевага сортиментовоза порівняно з трелювальним трактором полягає у його вищій екологічній безпечності завдяки транспортуванню деревини у повністю навантаженому положенні.

Завдяки аналізу варіантів компонування, особливостей конструкцій і головних технічних параметрів наявних лісових машин, а також результатів раніше виконаних досліджень [3,4] виявлено типові для умов Українських Карпат варіанти лісових машин наземного трелювання деревини (табл. 1, 2).

Екологічні ризики гірської лісозаготівлі

Грунтова поверхня трелювальних волоків, якими рухаються лісотранспортні засоби, зазнає значних пошкоджень від рушіїв лісових машин та деревини, що трелюється. Потенційно найістотніша негативна зміна у лісовому середовищі унаслідок лісозаготівлі, зокрема у гірських умовах, полягає у винесенні ґрунтових частинок до водних потоків (ерозія ґрунту). Забруднення і захащення цих потоків лісозаготівельними рештками і ґрунтовими частинками негативно впливає на якість води та збільшення потенційної небезпеки виникнення повені.

Багаторазовий рух лісових машин тимчасовими лісотранспортними шляхами супроводжується виникненням деформацій у ґрунті (утворенням колії). Із збільшенням вологості витримувальна здатність ґрунту зменшується і процес колієутворення значно підсилюється.

Утворення колії спричинює ущільнення ґрунтової поверхні. Зона максимального стиснення ґрунту сягає глибини, що приблизно дорівнює половині ширини шини (близько 300 мм). Таке ущільнення зменшує водопроникливі властивості ґрунту і колія стає чудовим каналом для руху зовнішнього потоку води. Тому дуже важливо, щоб мережа колій, утворених лісовими машинами, не збігалася з напрямками руху води до потоку. Фізичні зміни довкілля, які зумовлені ущільненням ґрунту, можуть істотно впливати на обмеження глибини проростання коріння насаджень, зменшення кругообігу води та поживних речовин, поширення поверхневої ерозії.

Під час руху лісові машини часто буксують. Внаслідок цього змішуються ґрунтові компоненти верхнього шару на глибину до 50 мм, пошкоджується рослинний шар, коріння і в екстремальних випадках на перезволожених ґрунтах утворюється рідка ґрунтова маса.

Пошкодження, завдані довкіллю внаслідок машинної заготівлі лісу, класифікують у такі головні категорії [5]: ерозія ґрунту, колієутворення, ущільнення ґрунту і поверхневе пошкодження. Вплив на довкілля згаданих вище процесів визначатиметься відстанню від лісосіки до водних потоків, топографічними та погодними умовами, їх інтенсивність залежить від декількох чинників: фізико-механічних властивостей ґрунтової поверхні, виду рушія, контактного тиску на ґрунт, сили тяги машини та ін. У цій роботі обґрунтовано екологічно безпечні умови використання в гірських умовах Українських Карпат типових лісових машин, виходячи із аналізу їх опорної прохідності та контактного тиску на ґрунт.

Табл. 1. Типові варіанти технологічних модулів для наземного трелювання деревини до колісного трактора класу тяги 14 кН

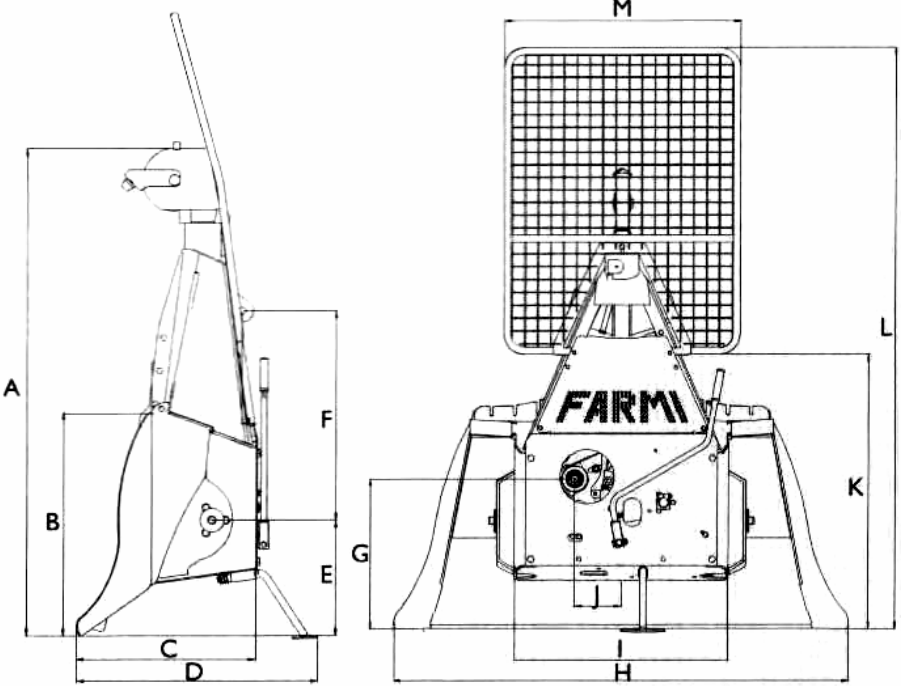
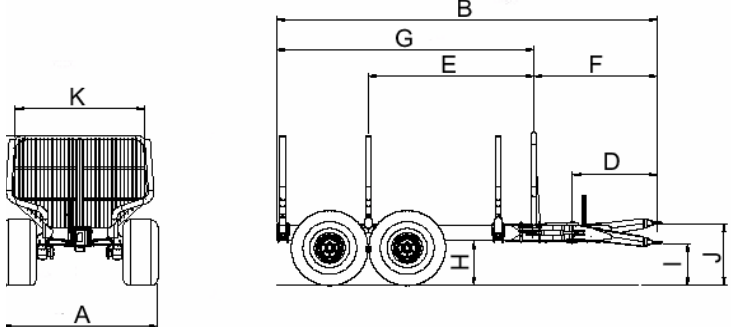
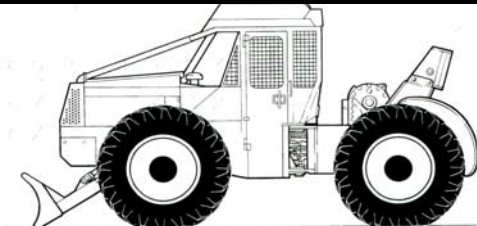
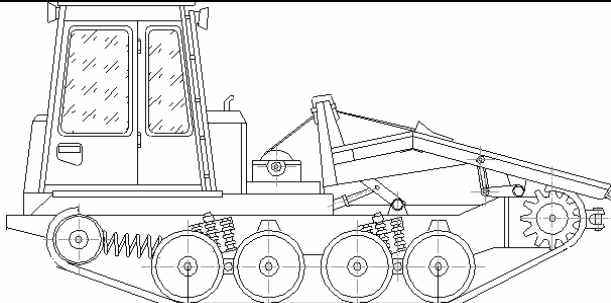
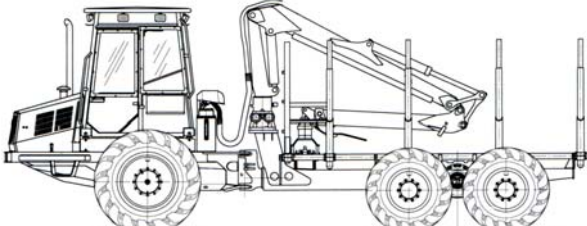
Назва	Схема і головні технічні параметри
Навісний трелювальний модуль	 • потужність двигуна базового трактора – 55...65 кВт; • тягове зусилля лебідки – 70...80 кН; • діаметр каната – 13...14 мм; • довжина каната – 70...90 м; • швидкість намотування каната мінімальна (максимальна) – 0,55...0,6 (1,15...1,2) м/с; • ширина агрегату – 1700...1800 мм; • маса агрегату (без трактора) – 500...550 кг.
Причіпний модуль для транспортування сортиментів з активним приводом	 • вантажність 10 т; • власна вага (без маніпулятора) 2,35...2,7 т; • площа поперечного перерізу вантажу 2,2...2,4 м²; • колісна формула 4x4; • довжина 6 м; • ширина 2,1...2,3 м; • висота (без маніпулятора) 2,0 м; • кліренс 0,55...0,6 м; • довжина вантажного відсіку 3,5...4,0 м; • максимальна досяжність маніпулятора 6,3...6,5 м; • вантажний момент маніпулятора 35.40 кНм.

Табл. 2. Типові варіанти лісових машин для наземного трелювання деревини

Назва	Головні технічні параметри
Колісний трелювальний трактор	 • клас тяги – 17...20 кН; • власна маса – 6,5...7,5 т; • потужність двигуна – 70...90 кВт; • база – 2,4...2,7 м; • колія – 1,7...1,9 м; • дорожній просвіт – 0,5...0,55 м; • ширина коліс – 450...550 мм; • тягове зусилля лебідки – 70...90 кН; • довжина канату – 60...80 м.
Гусеничний трелювальний трактор	 • клас тяги – 30 кН; • власна маса – 9,6 т; • потужність двигуна – 70 кВт; • база – 2,31 м; • колія – 1,69 м; • дорожній просвіт – 0,55 м; • ширина гусениці – 550 мм; • тягове зусилля лебідки – 70...90 кН;
Колісний сортиментовоз	 • клас тяги – 30 кН; • власна маса – 11,0...13,5 т; • потужність двигуна – 90...110 кВт; • база – 4,6...5,0 м; • колія – 1,9...2,1 м; • дорожній просвіт – 0,6...0,65 м; • ширина коліс – 600...650 мм; • вантажність – 10,0...12,0 т; • вантажний момент маніпулятора – 80...120 кН м; • максимальна досяжність маніпулятора – 8,5...10,0 м.

Методика дослідження

Більшість моделей з оцінки опорної прохідності транспортних засобів базуються на рівнянні тягового балансу у горизонтальній площині. Мета розрахунку полягає у знаходженні величини ухилу, на якому процес руху досягає межового стану, виходячи із рівності рухомих сил та сил опору рухові. Максимальний ухил, який може долати лісова машина, визначають виходячи з двох умов: реалізації максимальної тягової сили і обмеження за зчіпними властивостями. Ми встановили, що у випадку трелювальних машин максимальний доланий ухил здебільшого обмежується зчіпними властивостями. Тому ухил $i_{\varphi \max}$, який може долати лісова машина за умови повного використання тягової сили в рушії, визначали за формулою

$$i_{\varphi \max} = \frac{(G + kQ)\varphi - (G + kQ)f_1 - (G + (1 - k)Q)f_2}{G + Q}, \quad (1)$$

де: G – власна вага лісової машини; Q – рейсове навантаження; k – частка навантаження, яка припадає на трелювальний трактор; φ – коефіцієнтом зчеплення; f_1 – коефіцієнт опору коченню; f_2 – коефіцієнт опору волочінню пачки деревини.

Коефіцієнти φ і f залежать від типу ґрунту і його вологості, а значить від сезону здійснення лісозаготівельних операцій. Для встановлення величин цих коефіцієнтів керувалися рекомендаціями [6].

У багатьох публікаціях критерієм екологічної сумісності рушія лісової машини з опорною поверхнею з позиції мінімізації колієутворення і ущільнення ґрунту прийнято вважати допусчне значення контактного тиску p_k . Порівняння різних методик визначення величин площі контакту і середнього тиску на ґрунт показують різні результати (розрахункові значення відрізняються в декілька разів). Для визначення екологічно безпечних умов використання лісових машин ми використали рекомендації Ecowood проекту [7], де наведено розрахункові залежності для визначення $p_{k \max}$ (2, 3) і відповідну їм класифікацію ґрунтових умов за параметрами витримувальної здатності: модулем пружності E ґрунту, його опору зсувним зусиллям τ і конусним показником CI (табл. 3).

Колісні машини $p_{k \max} = G_1 / r \cdot b;$ (2)

гусеничні машини $p_{k \max} = G_1 / (l, 25r + l)b,$ (3)

де: G_1 – повна вага лісової машини, яка припадає на одне колесо (гусеницю); r – радіус колеса або опорного котка; l – довжина опорної поверхні гусениці; b – ширина колеса або гусениці.

Табл. 3. Класифікація ґрунтових умов за Ecowood проектом [7]

Твердість ґрунту (клас)	Параметри витримувальної здатності			Допусчне значення питомого тиску, кПа
	CI, кПа	E, МПа	τ , кПа	
Висока (1)	>500	>60	>60	>80
Середня (2)	300-500	20-60	20-60	60-80
Низька (3)	<300	<20	<20	40-60

Для встановлення класу твердості типової для Українських Карпат ґрунтової супіщаної поверхні в різні періоди року ми виконали спеціальне дослідження залежності показника CI від масової вологості ґрунту W (рис. 1).

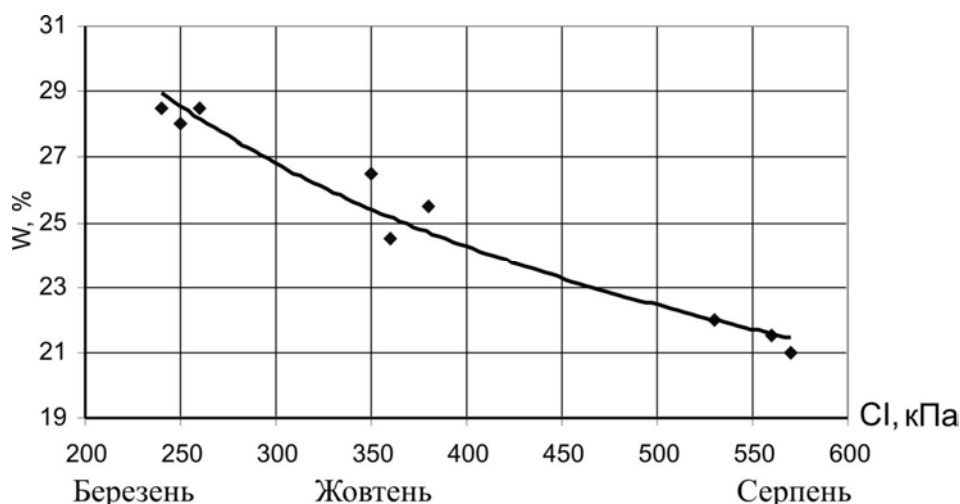
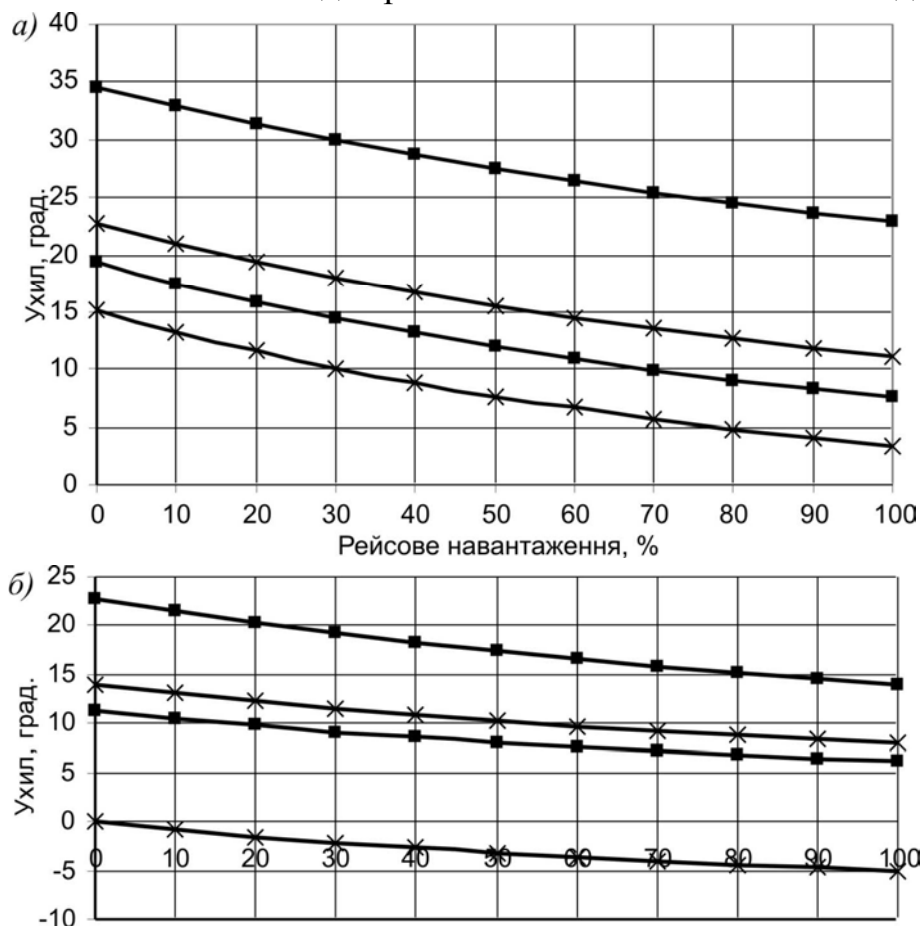


Рис. 1. Залежність вологості від конусного показника суніщаного ґрунту

Наявність тісного кореляційного зв'язку між CI і W свідчить, що конусний показник характеризує витримувальну здатність ґрунту із врахуванням його вологості. Найвища витримувальна здатність опорної поверхні (клас твердості – 1) спостерігається влітку (серпень) і відповідно найнижча (клас твердості – 2-3) – в весняно-осінній період.

Обґрунтування екологічно безпечних умов використання лісових машин для наземного трелювання деревини

На рис. 2 наведено залежності максимального ухилу $i_{\text{фmax}}$, який може долати лісова машина за умови повного використання тягової сили і обмеження за зчіпними властивостями для різних сезонів лісозаготівельної діяльності.



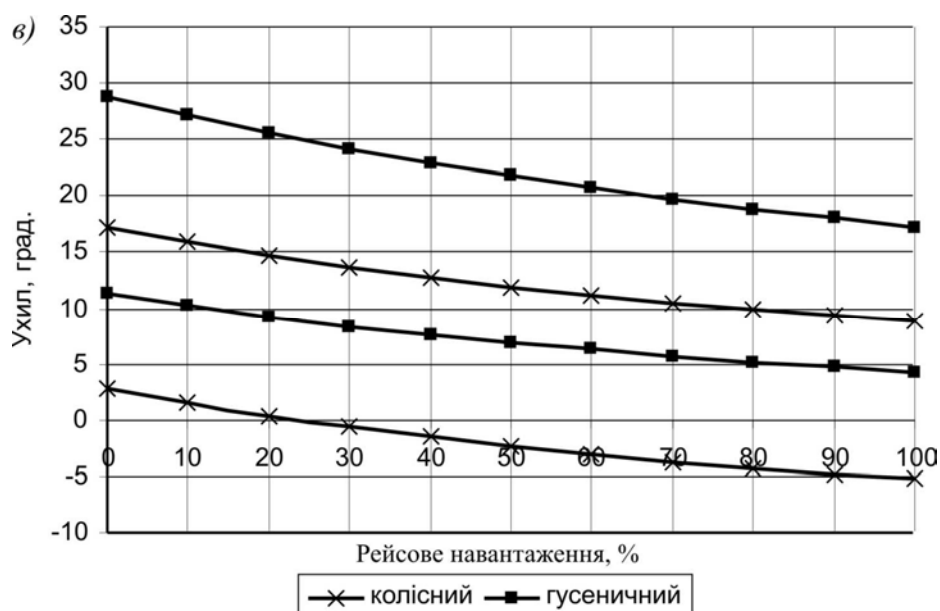


Рис. 2. Залежності максимально долатого ухилу від рейсового навантаження трелювального трактора: а – літній; б – зимовий; в – осінньо-весняний періоди

Аналіз наведених залежностей показує, що найкраща прохідність протягом цілого року характерна для гусеничного трактора. Максимальний ухил, який може долати така машина без навантаження, змінюється від $11,3^{\circ}$ - $22,8^{\circ}$ (взимку) до $19,3^{\circ}$ - $34,6^{\circ}$ (влітку), тобто буде обмежуватися вимогами техніки безпеки (за міжнародними нормами ІЛО – 22°). Для колісного трелювального трактора $i_{\phi max}$ лежить у межах: 0° - 14° (зимою) і $15,1^{\circ}$ - $22,8^{\circ}$ (літом), за нормами ІЛО – 20° .

Для зведення інтенсивності пошкодження опорної поверхні лісовими машинами (зокрема, поверхневого пошкодження і ерозії ґрунту) до екологічно сприйнятливої межі слід дотримуватися співвідношення [5]:

$$i \leq 0,75i_{\phi max}, \quad (4)$$

де i – ухил місцевості.

Результати розрахунку $p_{k max}$ для типових лісових машин, які експлуатують в Українських Карпатах, наведено в табл. 4.

Табл. 4. Величина контактного тиску типових лісових машин із максимальним навантаженням

Назва лісової машини	$p_{k max}$, кПа
Колісний трактор з навісним трелювальним обладнанням	72
Колісний трактор з причіпним модулем	107
Колісний трелювальний трактор	65
Колісний сортиментовоз	78
Гусеничний трелювальний трактор	45

Порівняння даних, наведених у табл. 3 і 4 та на рис. 1, дає змогу визначити як екологічно безпечні періоди експлуатації з позиції мінімізації колієутворення і ущільнення ґрунтової поверхні для: гусеничних машин – весь рік, за винятком перезволожених періодів (березень – початок квітня); колісних машин – відносно сухий літній період (травень – жовтень) і зимовий період (грудень – лютий) із стійко промерзлою, покритою снігом опорною по-

верхню. Колісні трактори з причіпними модулями для транспортування деревини екологічно безпечно експлуатувати у літні (липень-вересень) та зимові (грудень-лютий) місяці.

Висновки

Ступінь пошкодження ґрунтової поверхні під час трелювання деревини (ерозія, колієутворення, ущільнення і поверхневе пошкодження) значною мірою залежить від відповідності технічних параметрів (повна вага, тип і розмір шин, тиск повітря в них) і показників прохідності (максимальний дольний ухил) лісотransпортного засобу ухилу місцевості та витримувальної здатності ґрунту, яка залежить від вологості, а значить – від періоду року.

На основі аналізу показників опорної прохідності і величини контактного тиску на ґрунт типових для Українських Карпат лісових машин визначено екологічно безпечні умови (ухили і періоди року) їх експлуатації. Зокрема, колісні машини не рекомендовано експлуатувати без спеціальних пристосувань, які зменшують тиск на ґрунт, у весняний і осінній періоди (коли $CI < 500$ кПа), а гусеничні машини – у перезволожений період року (коли $CI < 300$ кПа – здебільшого в березні і на початку квітня). Максимальні величини ухилів, експлуатація на яких лісових машин не призведе до значних екологічних порушень, наведено в табл. 5.

Табл. 5. Екологічно безпечні умови експлуатації лісових машин

Рушій	Максимальний ухил місцевості, град	
	літній період	весняно-осінній період
колісний	17,1 (11,3)	12,9 (2,2)
гусеничний	26,0 (14,8)	21,6 (8,5)

Примітка: в дужках – несприятливі умови.

Література

1. **Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат.** Ратифіковано Законом України № 1672-ІУ від 07.04.2004.
2. **Адамовський М.Г., Бакай Б.Я.** Аналіз і перспективи використання трелювальних тракторів у лісовому комплексі України// Наук. вісник УкрДЛТУ: Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля. – Львів: УкрДЛТУ. – 2004, вип. 14.3. – С. 175-182.
3. **Стиранівський О.А.** Кому творити техніку: системи машин для лісового господарства// Деревообробник, 21 лютого – 6 березня. – 2006, № 4(142). – С. 4-5.
4. **Библюк Н.І., Стиранівський О.А., Борис М.М., Герис М.І.** Типаж і головні параметри перспективних колісних лісотransпортних машин// Наук. вісник НЛТУ України: 36. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2006, вип. 16.6. – С. 62-69.
5. **Стиранівський О.А.** Моделювання транспортного освоєння гірського лісового масиву з врахуванням потенційних екологічних ризиків// Лісівнича академія наук України: Наукові праці. – Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2004, вип. 3. – С. 133-138.
6. **Білик Б.В., Адамовський М.Г.** Теорія самохідних лісових машин: Навч. пос. – Київ-Львів: ІЗМН, 1998. – 208 с.
7. **Owende P.M. O., Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinells R., Molano J., Ward S.M.** Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD. Contract No. QLK5-1999-00991, 2002. – 74 p.