

3. Albinini, M. 2003. Traffic Management Strategy for Protected Areas – Case Study Pokljuka. Graduation thesis, University of Ljubljana Biotechnical Faculty Dep. of Forestry and Renewable Forest Resources, 106 pp.

4. <http://www.sigov.si/tnp/>. Triglav National Park (in English).

5. <http://www.stat.si/eng/index.asp>. Statistical office of the Republic of Slovenia (in English).

6. <http://www.uradni-list.si/index.jsp>. Official Gazette of Republic of Slovenia (in Slovene).

7. Jersic, M., 2001. National Park and Regional Development. In Solar M. (ed.): Triglav National Park. 20 years later. Bled, P. 51 -58.

8. McNelly, J. A. et al., 1994. Guidelines: Development of National Parks and Protected Areas for Tourism. Madrid, WTO, UNEP, 53 pp.

9. Solar, M. 2002. Principles of Adjustment of Recreational Use in Protected Areas – Case Study Triglav National Park. Master thesis, University of Ljubljana Biotechnical Faculty Dep. of Forestry and Renewable Forest Resources, 160 pp.

УДК 630*3.001.12/18

Доц. О.А. СТИРАНИВСЬКИЙ¹, канд. техн. наук;
студент Ю.О. СТИРАНИВСЬКИЙ – УкрДЛТУ

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЄННЯ ГІРСЬКОГО ЛІСОВОГО МАСИВУ

Наведено концептуальну модель транспортного освоєння лісового масиву, яка окреслює лісозаготівельну стратегію та дає змогу обґрунтувати технологію лісотранспорту на основі порівняння питомих вартісних показників будівництва лісових доріг та заготівлі деревини. Модель реалізовано за блоковим принципом в середовищі Microsoft EXCEL. З використанням розробленої моделі виконане порівняння транспортного освоєння гірських лісових масивів в Українських Карпатах на базі колісного лісопромислового трактора та мобільного лінвового обладнання.

Ключові слова: лісотранспортне планування, густота дорожньої мережі, вартість лісозаготівлі і дорожнього будівництва.

Doc. O.A. STYRANIVSKY; student Yu.O. STYRANIVSKY – USUFWT, L'viv

Rationalization of timber transport technologies under mountainous conditions

The presents a conceptual model of timber extraction, which outlines the harvest strategy and permits a justification of the technology and the technical means for timber transport by comparing of the allocated unit costs of timber harvesting and road construction. A model is presented on the sectional principle in the software Microsoft EXCEL. The developed model allowed for a comparative analysis of different transport technologies under mountainous conditions in the Ukrainian Carpathians.

Keywords: forest transportation planning, density of the road network, cost of the timber harvesting and road construction.

Вступ

Одна із найважливіших проблем лісотранспортного планування полягає в прийнятті рішення щодо можливості застосування наземної, лінвової чи повітряної технології транспортування, що в свою чергу пов'язано з оцінкою транспортної доступності лісового масиву.

Майже всі наукові дослідження, що стосуються моделювання лісотранспортної мережі, оцінки та оптимізації її густоти виконано для рівнинних

¹ Український державний лісотехнічний університет; вул. Генерала. Чупринки, 103, 79057 Львів, Україна, Електронна пошта: styran@forest.lviv.ua

умов, що обмежує пошук та вибір оптимального рішення концепції лісозаготівельної технології в гірських умовах. Крім цього наявні моделі оптимізації густоти лісотransпортної мережі стосуються тільки певної технології лісозаготівлі. Однак в гірських умовах одночасно можуть використовуватись щонайменше дві технології лісозаготівлі: наземна та лінвова і це викликає певні складності в визначенні питомої вартості трелювання. Тому обґрунтування умов застосування наземної чи лінвової технології стає дуже актуальним.

Концепція

Алгоритм моделювання лісотransпортного освоєння містить визначення всіх можливих матеріальних витрат, як функції від густоти дорожньої мережі. Розроблення такої моделі – комплексне завдання, для вирішення якого доцільна ієрархічна декомпозиція, тобто розбиття на окремі взаємозв'язані модулі:

- "Транспортна геометрія" визначає взаємозв'язок між відстанню трелювання та густотою дорожньої мережі;
- "Дорожня геометрія" містить розрахунок об'єму виїмки під час дорожнього будівництва;
- "Вартість будівництва" дає можливість оцінити вартість дорожнього будівництва залежно від ухилу місцевості та дорожніх нормативів;
- "Вартість заготівлі деревини" – ключовий модуль, який включає підмодулі: розрахунку продуктивності заготівлі і транспортування за певною технологією (наземною чи лінвовою) і підмодуль вартісної оцінки;
- "Лісозаготівельна стратегія" окреслює лісівничу систему за інтенсивністю та обсягом лісозаготівлі;
- "Зведена вартість" зводить всі вартісні елементи до питомої одиниці продуктивності лісозаготівельного виробництва – об'єму заготовленої деревини (м^3) чи площі лісосіки (га).

Моделювання

Завдання етапу моделювання полягає в знаходженні математичних рівнянь, які б адекватно описували розроблену концептуальну модель.

Транспортна геометрія

Лісотransпортна теорія наводить теоретичні засади функціонального впливу геометрії дорожньої мережі на довжину трелювання (наземного чи лінвового). Припустивши, що деревина транспортується за найкоротшою відстанню до найближчої дороги, неважко визначити, що максимальна довжина трелювання дорівнює половині відстані між дорогами. Ці досить прості залежності, ще до недавнього часу використовувались у дослідженнях з обґрунтування густоти лісотransпортної мережі [1, 3, 4]. Насправді лісова дорога – це неправильна стохастична лінія, а не пряма. Цей факт потрібно враховувати введенням мереженого поправочного коефіцієнта [5].

На рис. 1 наведено тривимірну ідеалізовану схему розміщення лісотransпортної мережі в гірських умовах [2]. Вона представляє собою площину безмежних розмірів з фіксованим ухилом η ; паралельні лінії (суцільні) – дороги (автомобільні) другої транспортної ступені; паралельні лінії (переривчасті) – шляхи (тракторні чи лінвові) першої транспортної ступені; Взаємне

розміщення шляхів двох транспортних ступенів визначається кутами β і β' , а їх максимальні ухили обмежуються відповідно кутами ν і ν' .

$$\text{ГДМ } s = 1, \quad (1)$$

де: ГДМ – густота дорожньої мережі, м/м²; s – інтервал між суміжними дорогами (дорожній інтервал), м.

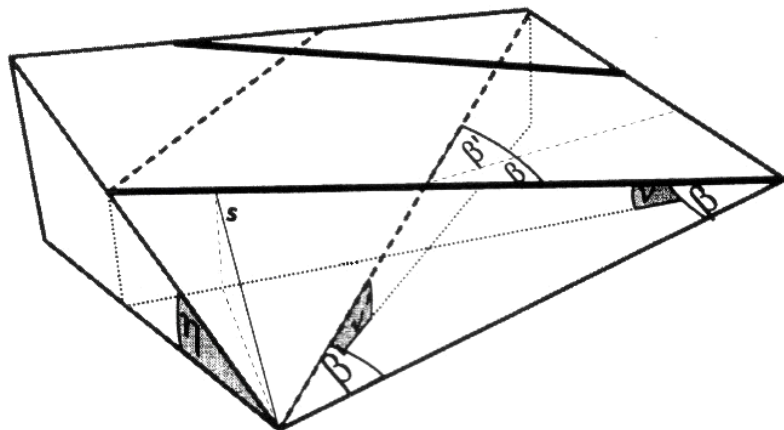


Рис. 1. Тривимірна схема лісотransпортної

Наведена залежність є вірна, якщо дороги – прямі лінії в горизонтальній площині, які розміщені з постійним інтервалом s . Для описування реальних дорожніх мереж із змінним інтервалом s потрібно ввести коректувальний коефіцієнт c_m , який дорівнює 1 для безмежно довгих паралельних доріг і приймає значення 2 для стохастичного розміщення доріг в плані. Для гірських умов Центральної Європи c_m приймають в межах 1,3...1,8 [2].

$$s = c_m c_y / \text{ГДМ}, \quad (2)$$

де: c_y – коректувальний коефіцієнт ухилу $c_y = \cos \nu / \cos \eta$; c_m – коректувальний коефіцієнт лісотransпортної мережі.

Величина s – це параметр транспортної доступності в умовах бездоріжжя. Так наприклад, якщо для трелювання деревини до автомобільної дороги використовується ланкове обладнання, то його максимальну довжину буде обмежувати половина величини дорожнього інтервалу ухилу ($s/2$).

Дорожня геометрія

Вирази (1) і (2) описують взаємозв'язок між густотою дорожньої мережі та змінними параметрами транспортування деревини в умовах бездоріжжя, але це тільки одна сторона проектування лісотransпортної мережі. Рішення цього питання також значною мірою залежить від створення оптимальної форми земляного полотна.

Об'єм виїмки – зручний показник для визначення ступеня важкості виконання робіт та оцінки вартості будівництва. Існує функціональний зв'язок між об'ємом виїмки, ухилом місцевості та геометричними параметрами земляного полотна. Приймаючи до уваги, що в гірських умовах найтиповішим поперечним профілем лісової дороги – є "напіввиїмка-напівнасіп"

$$V_B = b^2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \eta / 2 (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \eta), \quad (3)$$

де: V_B – питомий об'єм виїмки (віднесений до 1 пог. м лісової дороги), м³/м; b – основа трикутника виїмки, м; φ – кут зрізання, град; η – ухил місцевості, град.

Виходячи із умови рівності питомих об'ємів виїмки V_B та насипу V_H , можна розрахувати оптимальну величину основи трикутника виїмки b .

Вартість будівництва

Вартість будівництва лісових доріг – це змінна величина, яка залежить від густоти дорожньої мережі (об'ємів будівництва), ухилу місцевості та типу ґрунту. Згідно з даними роботи [2], чотири групи будівельних операцій є найбільш вартісними в дорожньому будівництві (табл. 1): спорудження земляного полотна; облаштування відкосів та підпірних стінок; дренаж; влаштування дорожнього покриття.

Табл. 1. Групи будівельних операцій, які враховуються в вартісній оцінці спорудження та експлуатації лісових доріг

Назва будівельної групи	Автомобільна лісова дорога	Трельовальний волок
Земляне полотно	x	x
Відкоси та підпірні стінки	(x)	(x)
Дренаж	x	
Дорожнє покриття	x	
Поточний ремонт	x	
Періодичний ремонт	x	(x)

Примітка: в дужках вказано елементи, які можуть не виконуватися.

За формулою (4) можна розрахувати питому вартість дорожнього будівництва, як функції ухилу місцевості

$$I = V_B \cdot c_3 + c_d + c_p, \quad (4)$$

де: I – капітальні витрати на будівництво лісової дороги, грн./м; V_B – питомий об'єм виїмки, m^3/m ; c_3 – вартість зведення земляного полотна, грн./м; c_d – вартість влаштування дренажу, грн./м; c_p – вартість влаштування дорожнього покриття, грн./м.

Питому вартість будівництва волоків визначають за формулою (5)

$$I_B = c_B + c_{дв}, \quad (5)$$

де: I_B – капітальні витрати на будівництво волоків, грн./м; c_B – вартість влаштування волоку, грн./м; $c_{дв}$ – вартість влаштування водовідводу на волоках, грн./м.

Під час експлуатації лісотransпортних шляхів, щоб підтримати їх у робочому стані, здійснюють поточний (тільки для лісових доріг) та періодичний ремонт. Періодичний ремонт проводять, як правило, перед початком рубань головного чи проміжного користування.

Питому вартість ремонту лісотransпортних шляхів можна розрахувати за формулою:

$$P = c_{пт} \cdot t + c_{пр} \cdot n, \quad (6)$$

де: $c_{пт}$ і $c_{пр}$ – відповідно питомі вартості поточного (грн./м рік) і періодичного (грн./м) ремонтів; t – тривалість експлуатації дороги, роки; n – кількість рубань проміжного та головного користування.

Вартість заготівлі деревини

Вартість заготівлі деревини може бути класифікована за такими категоріями:

- прямі витрати – прямо залежать від рівня продуктивності праці. Пряма вартість заготівлі може бути виражена, як функція відстані транспортування, а тому і густоти дорожньої мережі;
- непрямі витрати – необхідні для підтримки вирішення поставленого завдання. Вони включають вартість транспортування машин і робітників до нового місця праці, монтаж технічних засобів, тощо;
- фіксовані витрати – вони будуть навіть тоді, коли випуск кінцевої продукції буде нульовий. Їх часто називають накладними витратами.

Прямі витрати можуть бути визначені тільки для конкретної технології лісозаготівлі. В даній статті розглядаються дві основні технології лісозаготівлі, що можуть використовуватись в гірських умовах, на базі чокерного трелювального трактора та мобільного линвового обладнання.

Пряма вартість заготівлі деревини може бути визначена за формулою:

$$ВП = ПВП / П_{Г}, \quad (7)$$

де: ВП – пряма вартість трелювання трактором чи линвовим обладнанням, грн./м³; ПВП – питома пряма вартість трелювання трактором чи линвовим обладнанням, грн./год.; П_Г – годинна продуктивність трелювального трактора чи мобільного линвового обладнання, м³/год.

У випадку транспортування деревини мобільним линвовим обладнанням непрямі витрати відіграють важливу роль. Час монтажу цього обладнання може сягати 30 % загальної тривалості лісозаготівлі. Для лісозаготівельної технології на базі трелювальних тракторів непрямі витрати – це часто вартість тільки транспортування технічних засобів до нового місця праці та їх нетривала підготовка до використання.

$$ВН = Т \cdot ПВН / (S \cdot Z), \quad (8)$$

де: ВН – непрямі витрати на трелювання трактором чи линвовим обладнанням, грн./м³; Т – час на транспортування та підготовку технічного засобу до роботи, год.; ПВП – питома пряма вартість підготовки технічного засобу до роботи, грн./год.; S – площа лісосіки, га.; Z – запас деревини, м³/га.

Як непрямі витрати в даному дослідженні враховувались тільки витрати на підготовку до роботи мобільного линвового обладнання.

Лісозаготівельна стратегія

Лісозаготівельна стратегія істотно впливає на формування оптимальної лісотransпортної мережі. В гірських умовах європейських країн (Австрія, Швейцарія, Словенія...) широко використовується лісозаготівельна стратегія, згідно якої протягом повного лісоексплуатаційного циклу деревостанах, які зростають декілька разів здійснюють вибіркові рубання. Лісозаготівельні впливи характеризуються певною періодичністю і величиною (об'ємом) своїх дій, що не перевищують величину природного приросту конкретного деревостану.

В Українських Карпатах на сьогоднішній день, головно, використовується інша лісозаготівельна стратегія, згідно з якою в лісоексплуатаційному масиві спочатку здійснюються рубання догляду, а в стиглому віці з метою заготівлі деревини – суцільне рубання.

Приведена вартість

Для вартісної оцінки лісозаготівельної діяльності відомі два види розрахунку приведених витрат: на одиницю заготовленої деревини (грн./м³) та на одиницю площі лісозаготівлі (грн./га).

Для умов України найчастіше використовують показник, що вимірюється в грн./м³:

$$C = (I \cdot \text{ГДМ} + I_{\text{в}} \cdot \text{ГДМ}_{\text{тр}} + P + P_{\text{в}}) / 3 + \text{ВП} + \text{ВН}, \quad (9)$$

де: C – сумарні нормалізовані витрати, грн./м³; I – капітальні витрати на будівництво лісової дороги, грн./м; ГДМ – густина дорожньої мережі, м/га; $I_{\text{в}}$ – капітальні витрати на будівництво волоків, грн./м; ГДМ – густина трелювальної мережі, м/га; 3 – середній запас деревини, м³/га; ВП – пряма вартість трелювання трактором чи лінзовим обладнанням, грн./м³; ВН – непрямі витрати на трелювання трактором чи лінзовим обладнанням, грн./м³.

Реалізація моделі

Функція сумарних нормалізованих витрат (9) визначається більш як 20 змінними величинами. Це обумовлює потребу в реалізації запропонованої моделі в одному із стандартних програмних середовищ. В даному дослідженні розв'язання наведених вище рівнянь було здійснено в середовищі Microsoft EXCEL згідно з блоковою структурою концептуальної моделі лісотранспортного освоєння лісового масиву.

Описана вище модель була використана для порівняння транспортно-го освоєння гірського лісового масиву на базі колісного ліспромислового трактора і мобільного лінзового обладнання. В табл. 2 наведені вхідні дані для моделювання, вартісні показники визначені на основі даних статті [2].

Табл. 2. Вхідні дані до моделювання лісотранспортного освоєння

Модуль	Параметр	Лісозаготівельна технологія на базі:	
		ліспромислового трактора	мобільного лінзового обладнання
Транспортна геометрія	Максимальний ухил лісової дороги, град	9	9
	Максимальний ухил трелювального волока, град	15	
	Коректувальний коефіцієнт лісотранспортної мережі	1,33	1,33
Дорожня геометрія	Ширина земляного полотна, м	4,5	4,5
	Ухил зрізання ґрунту	1:1,5	1:1,5
	Ухил відсипання ґрунту	1:1,5	1:1,5
	Коефіцієнт ущільнення ґрунту	1,3	1,3
Вартість будівництва	Земляні роботи:		
	- лісові дороги, у.о./м ³	125	125
	- трелювальні волоки, у.о./м ³	4	
	Влаштування водовідводу на:		
	- лісових дорогах, у.о./м;	25	25
	- трелювальних волоках, у.о./м	4	
	Влаштування дорожнього покриття, у.о./м	78	78
	Поточний ремонт, у.о./м рік	1	1
	Періодичний ремонт на:		
	- лісових дорогах, у.о./м;	15	15
	- трелювальних волоках, у.о./м	3	

Модуль	Параметр	Лісозаготівельна технологія на базі:	
		лісопро-мислового трактора	мобільного лінгового обладнання
Вартість заготівлі деревини	Питома пряма вартість трелювання, у.о./год.	125	265
	Питома (непряма) вартість монтування у.о./год.		135
	Час монтування, год.		24
	Об'єм трельованої пачки деревини, м ³	9	4
	Ефективність використання	0,85	0,25
Лісозаготівельна стратегія	Площа лісосіки, га	5	5
	Середній запас деревини, м ³ /га	400	400
	Вік насадження, років	100	100
	Кількість рубань	2	2

На рис. 2 наведено залежності густоти дорожньої мережі від ухилу місцевості для первинного транспортування лісопромисловим колісним трактором та мобільним лінговим обладнанням.

Аналіз отриманих залежностей показує, що густота лісотранспортної мережі в гірських умовах істотно залежить від ухилу місцевості та довжини трелювання. Так із зростанням ухилу від 10 до 30 град. густота лісових доріг повинна збільшитись від 14 % (трелювання мобільним лінговим обладнанням) до 50 % (трелювання колісним трактором), а із зростанням максимальної довжини трелювання колісним трактором від 200 до 1000 м – зменшується приблизно в 5 разів.

Густота дорожньої мережі становить близько 5 м/га, що є характерною для регіону Українських Карпат, визначає максимальну довжину трелювання 1,3...2,0 км залежно від ухилу місцевості.

На рис. 3 наведено залежності умовної вартості трелювання деревини лісопромисловим колісним трактором ЛТ-157 та мобільним лінговим обладнанням на базі трактора Т-150К від довжини трелювання (густоти лісотранспортної мережі) на місцевості з середнім ухилом 15°, 20° і 25°.

Використання лінгового обладнання на базі трактора Т-150К умовах Українських Карпат стає економічно доцільним на ухилах понад 20°. Вартість трелювання колісним трактором на ухилі 15° на 0,35 % менше, а на ухилі 25° на 5,1 % більше від вартості транспортування деревини лінговим обладнанням на відповідних ухилах. Як бачимо, різниця в вартостях трелювання різними типами лісотранспортних засобів незначна, вона істотно залежить від природних умов, таксаційних характеристик деревостану та продуктивності лісових машин і в кожному конкретному випадку потрібно проводити своє детальне обґрунтування способу лісотранспортного освоєння лісового масиву.

Наведені на рис. 3 графічні залежності були побудовані за умови оптимального використання лісотранспортних засобів (ефективності використання трелювального трактора та лінгового обладнання відповідно K_T і K_L дорівнюють 0,85 і 0,8). Така ситуація відповідає високому рівню організації праці та достатній кваліфікації робітників і характерна для лісових країн Центральної Європи. В Українських Карпатах ефективність використання мобільного лінгового обладнання становить $K_L=0,25$. Враховуючи реальні умови

експлуатації, мобільне лінкове обладнання в Українських Карпатах є доцільним на ухилах місцевості понад 33° за довжини трелювання 100...150 м.

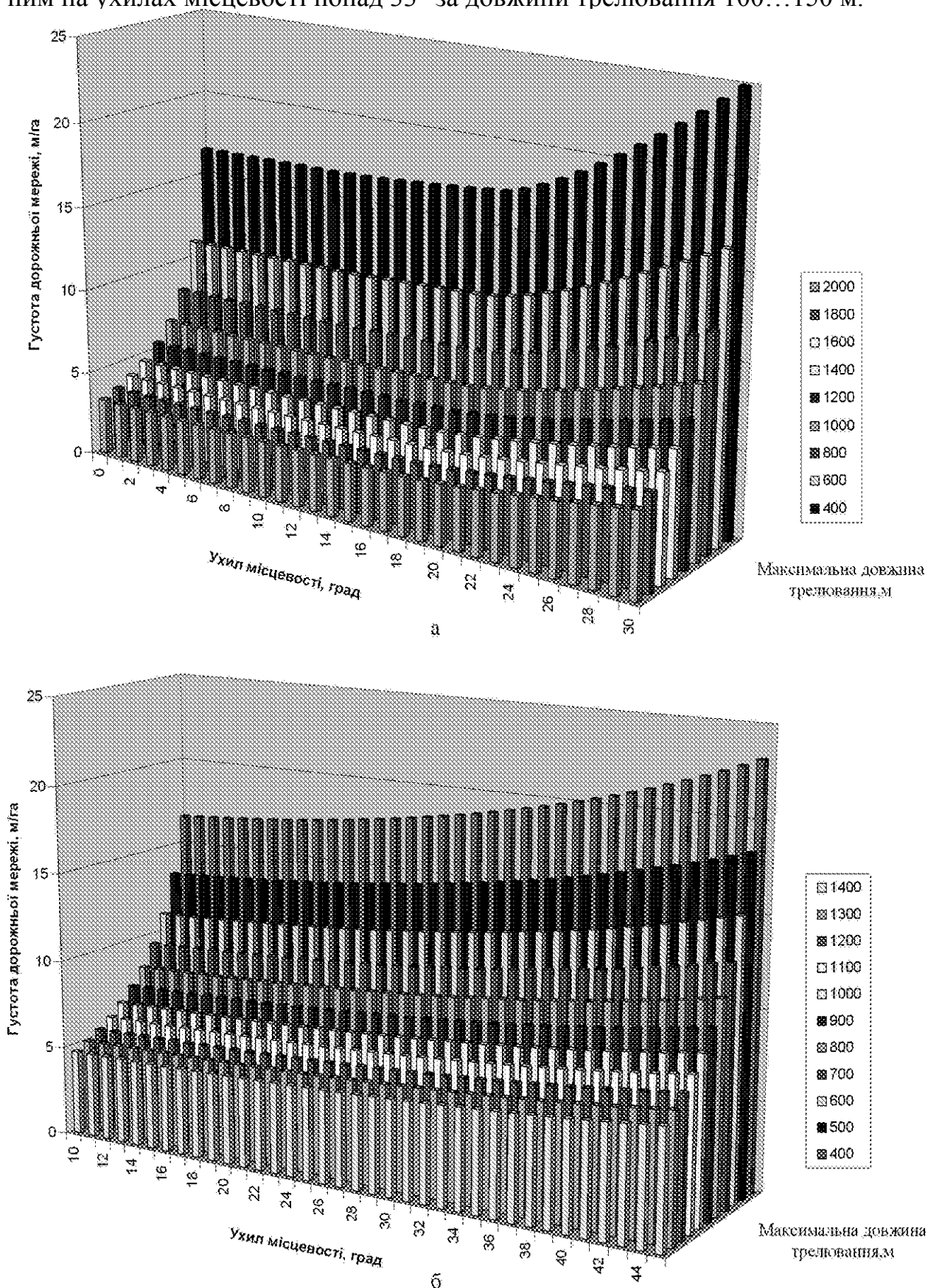


Рис. 2. Залежність густоти лісотransпортної мережі від ухилу місцевості. Трелювання: а – колісним лісопромисловим трактором; б – мобільним лінковим обладнанням

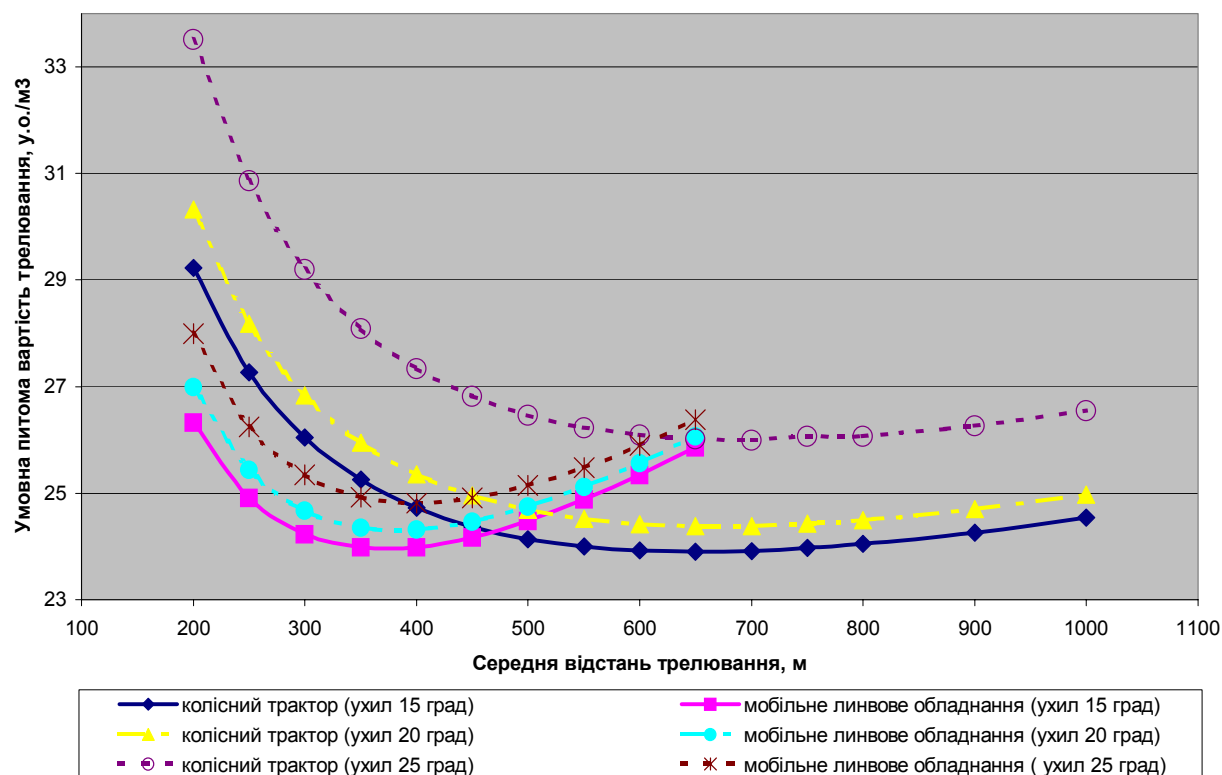


Рис. 3. Порівняння вартості трелювання деревини колісним лісопромисловим трактором та мобільним лінзовим обладнанням

Висновки

Починаючи з 2005 року в Україні почне діяти "Мораторій" про заборону використання в гірських умовах гусеничних лісових машин. На зміну морально і фізично застарілим ТДТ-55, які становлять більшу частину парку трелювальних машин держлісгоспів в гірських умовах Українських Карпат, повинні прийти нові типи лісотransпортних засобів – колісні трелювальні трактори та в переважній більшості короткодистанційне (довжиною до 400 м) мобільне лінзове обладнання. Ця заміна буде потребувати значного збільшення густоти мережі лісових доріг – приблизно в 1,8...2,0 рази. З іншого боку широке впровадження мобільного лінзового обладнання повинно здійснюватись паралельно з підготовкою кваліфікованих робітничих кадрів (операторів) та підвищення рівня організації їх праці, що дасть змогу підвищити ефективність використання цього типу лісотransпортних засобів до оптимальної межі.

Розроблена модель лісотransпортного освоєння дає можливість перевірити правильність вибору технічного засобу для трелювання деревини та обґрунтувати умови оптимального використання перспективних видів лісових машин. Свою подальшу роботу в цьому напрямку ми бачимо у вдосконаленні розробленої концептуальної моделі шляхом введення модулів розрахунку профільної прохідності наземних лісотransпортних засобів та вартісної оцінки шкоди нанесеної довкіллю трелюванням деревини.

Література

1. Бойко А. і Медвідь С. Обґрунтування густоти, протяжності та структури лісотransпортної мережі в Карпатах// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 9. – С. 106-112.

2. **Heinimann, H. R.** A computer model to differentiate skidder and cable-yarder based road network concept on steep slopes. J. For. Res. 3, 1998: – p.1-9.
3. **Howard, A.F. and Tanz, J.S.** Optimal road spacing for multistage cable yarding operations. Can. J. For. Res. 20, 1990: – p. 669-673.
4. **Peters, P.A.** Optimum spur road layout near a forest boundary line. J. For. Eng. 1: 1990: – p. 3-7.
5. **Segebaden, G.V.** Studies of cross-country transport distances and road net extension. Studia forestalia suecica, No. 18. Svenska Skogsvardsforeningen, Stockholm, 1964: 70 pp.

***Ph.D. Tibor PENTEK; Associate Professor Dragutin PIĆMAN;
Ph.D & M. Sc. Tomislav PORŠINSKY – Zagreb University¹, Croatia***

PLANNING OF FOREST ROADS IN CROATIAN MOUNTAINOUS FOREST BY THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES

Primary forest communications (forest roads) represent the necessary infrastructure in today's intensive, integral, rational, ecologically aware forest management based on principles of constant yield, biodiversity of species and natural quality of forests. The total quantity of forest roads, their spatial distribution, as well as their prescribed technical features must be sufficient for as much as possible quality forest management with as less as possible initial and subsequent financial investment. The building and maintenance of primary forest road infrastructure network makes an important component within the total cost structure connected with the forest management. The procedure of establishing forest roads on the terrain, from the general point of view, is carried out through the following stages: planning, designing, building and maintenance. It is impossible to reach every next stage within the mentioned order without a quality completed previous stage of work. Also today, planning as a starting and initial stage of the mentioned procedure is unjustly pushed into the background. The quality planning of forest roads, i.e. making a Study of primary forest opening by applying contemporary methods, procedures and work technologies, the optimising of forest road network can be achieved, regarding various factors of optimality evaluation with the aim of achieving higher efficiency and lower length of forest roads with the lower building costs and the least possible negative influence on the whole forest ecosystem.

Keywords: forest roads, opening up of forest, mountainous forests, Geographic Information System, Global Position System, Croatia

***Др. Тібор ПЕНТЕК; Асоц. проф. Драгутін ПІГМАН;
Др. магістр Томіслав ПОРШИНСЬКІ – Загребський ун-т, Хорватія***

Планування лісових доріг у гірських лісах Хорватії із застосуванням сучасних технологій

Первинні лісові комунікації (лісові дороги) є необхідною інфраструктурою у сьогоdnішньому інтенсивному, інтегрованому, раціональному, екологічно-свідомому лісовому господарстві, що базується на принципах одержання постійного приросту, біологічного різноманіття видів і природної якості лісів. Загальна кількість лісових доріг, їх просторове поширення, а також технічні параметри повинні бути достатніми для якомога якіснішого ведення лісового господарства з найменшими фінансовими затратами.

Будівництво та утримання мережі лісових доріг є важливим компонентом загальних затрат на ведення лісового господарства. Технологічний процес створення лісових доріг включає такі стадії: планування, проектування та їх утримання. Неможливо розпочати кожен наступну стадію без якісно завершеної попередньої.

¹ Faculty of Forestry, Zagreb University Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia, tel. +38512352417; fax. +38512352517 E-mail: pentek@sumfak.hr