DOI: https://doi.org/10.32836/2521-6643-2020.2-60.3
УДК 656.13(075)

О. М. Сазонець, доктор економічних наук, професор, професор кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики Університету митної справи та фінансів

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРОДУКЦІЇ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В статті розглянуто проблематику постачання продукції транспортними засобами компанії деревообробної промисловості. Проведено дослідження і виявлено два основних види транспортування продукції, а саме, автомобілем і залізницею. Представлено переваги та недоліки використання цих видів транспорту. Розроблено алгоритм щодо вибору запропонованих транспортних засобів відділом компанії деревообробної промисловості. Побудовано модель з використанням оптимізаційної процедури функції корисності з урахуванням обмеження у вигляді лінійної функції. Задачу вирішено за допомогою методу множників Лагранжа.

Ключові слова: *транспортний засіб; компанія деревообробної промисловості; функція корисності; множники Лагранжа.*

В статье рассмотрена проблематика поставки продукции транспортными средствами компании деревообрабатывающей промышленности. Проведено исследование и выявлены два основных вида транспортировки продукции, а именно, автомобилем и по железной дороге. Представлены преимущества и недостатки использования этих видов транспорта. Разработан алгоритм по выбору предложенных транспортных средств отделом компании деревообрабатывающей промышленности. Построена модель с использованием оптимизационной процедуры функции полезности с учётом ограничения в виде линейной функции. Задача решена с помощью метода множителей Лагранжа

Ключевые слова: *транспортное средство; компания деревообрабатывающей промышленности; функция полезности; множители Лагранжа.*

The article considers the legal framework for regulating functioning of the woodworking industry. The negative consequences of staff reductions at

© О. М. Сазонець, 2020

enterprises are pointed out. It is mentioned that more and more woodworking enterprises often complain about problems with the supply of resources due to transport inconsistencies. Ukrainian entrepreneurs are concerned not only with the supply of raw materials, but also with how the products will be delivered to the consumer. The efficiency of use of production by consumers depends on it.

This task optimizes transport costs, considering the preferences of wood industry producers for a particular mode of transport. This type of industry can function effectively only if the logistics of supply of both raw materials and intermediate and finished products that provide transport in Ukraine can be successful. Analyzing logging technologies, scientists have found that a single-stage transport scheme is used to transport about 80% of products. This scheme is relevant for a short distance of export. Also, about 20% of timber is exported under a multi-stage transport scheme.

As a part of the woodworking industry, certain groups of industries have been identified. It is noted that the enterprises of the woodworking industry produce mainly goods of national consumption. However, the significant part of woodworking products is consumed in other industries in the national economy, so timely delivery of products to places of consumption is very important.

The article conducts research and identifies two main types of transportation of wood products, namely, by automobiles and rail. The advantages and disadvantages of using these modes of transport are presented. An algorithm for the selection of these tools by the transport department of the woodworking company has been developed. A model is constructed using the method of optimization of the utility function and constraints in the form of a linear function. The problem is solved using the method of Lagrange multipliers. The proportions of the company's use of road and rail transport in the supply of products are calculated.

Keywords: *vehicle; transport; woodworking company; utility function; Lagrange multipliers.*

Постановка проблеми. На сьогодні деревообробна промисловість займає важливу позицію в економіці України. Проблема полягає у тому, що питання продажів неперерobленої деревини й контролю за її реалізацією до кінця не врегульоване. Цей недолік може привести до того, що виробництво залишиться без сировини або отримає її в недостатньому обсязі. У свою чергу, це може призвести до скорочення персоналу, втрати ринків та інших негативних результатів для економіки країни. Доступ до спільного ресурсу має бути вільним. При цьому повинна дотримуватися конкуренція на деревообробному ринку [1].

Все частіше деревообробні підприємства скаржаться на проблеми з

постачанням ресурсів, що пов'язано з транспортними нестиковками. Так, державна лісогосподарська компанія декларує суттєве зменшення заготівлі соснового пиловника, але потім виставляє його на продаж на аукціонних торгах за завищеними стартовими цінами.

Ці дії можуть спричинити мільйонні збитки національних переробних компаній і зменшення обсягів виробництва. При цьому треба відзначити, що сировинне забезпечення деревообробних компаній в Україні за прийнятними цінами вважається основним фактором, який визначає їх безперебійне функціонування.

Якщо у деревообробних підприємств в наявності буде якісна сировина, вони будуть ефективно працювати, будуть мати можливість створювати нові робочі місця, залучати інвестиції та платити податки.

В Україні деревообробна промисловість має спеціальну систему електронного обліку деревини – ЕОД – у всіх лісових господарствах Держлісагентства, яка охоплює майже 70% лісгоспів України. Необхідним є поширення її на угіддя усіх форм власності. Завдяки цьому перекриються канали незаконного обігу деревини та можливих нелегальних вирубок лісу [1]. Тобто ми бачимо покращання в цій сфері. Але українських підприємців турбує не тільки поставка сировини, але й те, яким чином продукція буде постачатися до споживача. Від цього залежить ефективність використання продукції. Вирішення цієї задачі оптимізує затрати на транспортування з урахуванням прихильностей виробників деревообробної промисловості до того чи іншого виду транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням деревообробної галузі займалось багато вчених. Зокрема, І. М. Озарків, Й. С. Мисак, І. А. Соколовський у книзі [2] дослідили, як функціонує лісопромисловий комплекс в Україні на мезорівні, використовуючи дані щодо економічного та природно-ресурсного потенціалу деревообробних виробництв. На основі проведених досліджень ними визначені особливості функціонування деревообробної промисловості, а саме, проаналізовані міжсекторальні зв'язки та рівні затратності європейських та вітчизняних деревообробних виробництв. Проведено порівняння сировинного потенціалу деревообробної промисловості держав-членів Євросоюзу та України, досліджено структурні зміни у сировинному потенціалі деревообробних підприємств на регіональному рівні. Авторами розподілено підприємства західного регіону України за стаді-

ями первинної та вторинної обробки деревини. Також вченими виявлено ключові проблеми розвитку деревообробної промисловості в Україні та обґрунтовано перспективи і форми реалізації деревообробного потенціалу.

Цей вид промисловості може ефективно функціонувати тільки при умові успішної логістики поставок як сировини, так і проміжної та готової продукції, що забезпечує транспорт України. Проблематикою транспортних перевезень займалось багато українських та іноземних вчених.

Автори Білоус М.М., Виговський А.Й. в статті [3] вивчають актуальну проблему удосконалення технології перевезення лісоматеріалів, аналізують способи оптимізації процесу транспортування на всіх його стадіях. Наведено результати вивчення досвіду роботи лісовозного транспорту на прикладі філії НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Ними проведено аналіз існуючих технологій і технічних засобів на лісотранспортних підприємствах.

Аналізуючи технології лісозаготівель, вчені встановили, що для перевезення близько 80% продукції застосовується одноступінчаста транспортна схема. Ця схема актуальна при незначній відстані вивезення продукції. Також близько 20% лісоматеріалів вивозиться за багатоступеневою транспортною схемою. Загалом при багатоступеневому вивезенні витрати на вивезення 1 $м^3$ деревини знижуються на 28%. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення середньої відстані вивезення для лісотранспорту підприємства і перенесення основних витрат на зовнішніх перевізників.

В статті [4] проведено аналіз стану матеріальної бази автопарку для перевезення вантажів лісової промисловості ДП «Любомльського ЛГ», що розташоване в Любомльському районі Волинської області. Запропоновано шляхи підвищення ефективності цієї діяльності.

Багато наукових праць також присвячено транспортній тематиці в інших сферах економіки України. Так, у статті [5] розглядається одна з найбільш нагальних задач на виробництві, а саме задача оптимізації переміщень транспорту на підприємстві з організацією логістики розміщення складів. Для оптимізації руху у статті використані математичні методи та моделі в транспортній логістиці і запропоновано вирішення математичної задачі лінійного програмування. При цьому рішення цієї задачі проводиться при умовах інфляції в Україні та сьогоднішньої економічної ситуації у цілому. В транспортній задачі використано логістичні показники ефективнос-

ті. Пошук методів оптимізації перевезень вантажів здійснювався при використанні пошуку дійового розташування складських площ та закритої транспортної задачі.

Але на даному етапі розвитку науки у сфері транспортних перевезень не вирішено проблему щодо розподілу перевезень продукції деревообробної промисловості по видам транспорту.

Мета статті. Метою статті є аналіз існуючих прихильностей та майбутніх витрат щодо транспортних поставок продукції підприємства деревообробної промисловості і розробка оптимального плану поставок для різних видів транспорту.

Виклад основного матеріалу. Деревообробна промисловість – це галузь лісової промисловості, яка здійснює механічну та хіміко-механічну обробку та переробку деревини й що використовує різні лісоматеріали як сировину для виробництва.

У складі деревообробної промисловості можна виділити наступні групи виробництв:

– виробництва, що здійснюють первинну обробку деревини (шпалопильне, лісопильне);

– вторинна обробка деревини (фанерне, паркетне, меблеве, виробництво сірників, деревостружкових плит, деталей, стандартних будинків та ін.);

– хіміко-механічна переробка деревини (деревних пластиків, деревоволокнистих плит).

Особливу роль грає виробництво деревоволокнистих і деревостружкових плит, що надає можливість ефективного використання відходів лісопиляння й інших деревообробних виробництв. При цьому отримується продукція, що користується підвищеним попитом та є основним джерелом для розвитку меблевої промисловості.

Деревообробна промисловість – важлива галузь лісового комплексу. Її підприємства виробляють головним чином товари національного споживання. Однак значна частина деревообробної продукції споживається в національному господарстві як предмети й знаряддя праці. Її продукцію використовують будівельна індустрія, сільське господарство, транспорт, майже всі галузі промисловості.

Відносини у галузі деревообробної промисловості регулюються багатьма нормативно-правовими актами. Зараз на розгляді Верховної ради Укра-

їни Проект Закону України «Про ринок деревини». Він визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування ринку деревини, регулює відносини, пов'язані з купівлею-продажем деревини, спрямований на розвиток ринкових відносин у лісопромисловому комплексі з метою забезпечення деревиною потреб споживачів на принципах вільної і добросовісної конкуренції та сталого використання лісових ресурсів [6].

Одною з таких компаній є деревообробна компанія «Світ дерев'яних виробів». Підприємство засновано 05.07.2001 року. З цього часу воно займається виробництвом пиломатеріалів з твердолистяних та хвойних порід деревини, до яких відносяться дубова паркетна заготовка, обрізна та необрізна дошка. Пропонуються послуги по сушінню деревини та завантажувальні, монтажні роботи.

Створено торгівельний відділ «Світ дерев'яних виробів», котрий займається продажем товарів з деревини та супутніми виробами, а саме, лаками, фарбами, шпатлівкою, барвниками та іншими виробами. На сьогодні асортимент складає порядка 200 найменувань різних дерев'яних виробів. Також надаються послуги монтажу, шліфування, лакування, підбору барвників та інші будівельні послуги. Створено можливість замовити товари та послуги он-лайн або у відеочаті та доставку до замовника. Головний офіс компанії розміщено у місті Львів [7].

Після виготовлення продукція компанії постачається в різні куточки країни та може бути поставлена за кордон. Для зв'язку зі споживачами існує спеціально виділена телефонна лінія та можливість спілкування електронною поштою. Серед транспортних засобів, що обираються споживачами, найбільш вживаними є використання залізничного транспорту та автотранспорту. За допомогою дослідження функціонування підприємства передостанніх років на основі первісних транспортних документів використання цих видів транспорту ми дізнались, що ці два види транспорту користуються однаковим попитом. Тоді ми можемо сказати, що існують однакові прихильності щодо використання визначених видів транспорту [7]. В цьому випадку функція корисності буде мати такий вигляд

$$U = mp, \tag{1}$$

де m – відстань (в км), яку долає один автомобіль з вантажопідйомністю 10 т, що перевозить продукцію деревообробної промисловості, в місяць;

p – відстань (в км), яку долає один вагон залізничного транспорту ван-

тажопідйомністю 10 т, що перевозить продукцію деревообробної промисловості, за один місяць.

Графічно ця функція представлена лініями байдужості (рис. 1). Тобто надання перевезення залізничним транспортом і автомобілем є взаємозамінними. Розглядається середня кількість транспортних засобів.

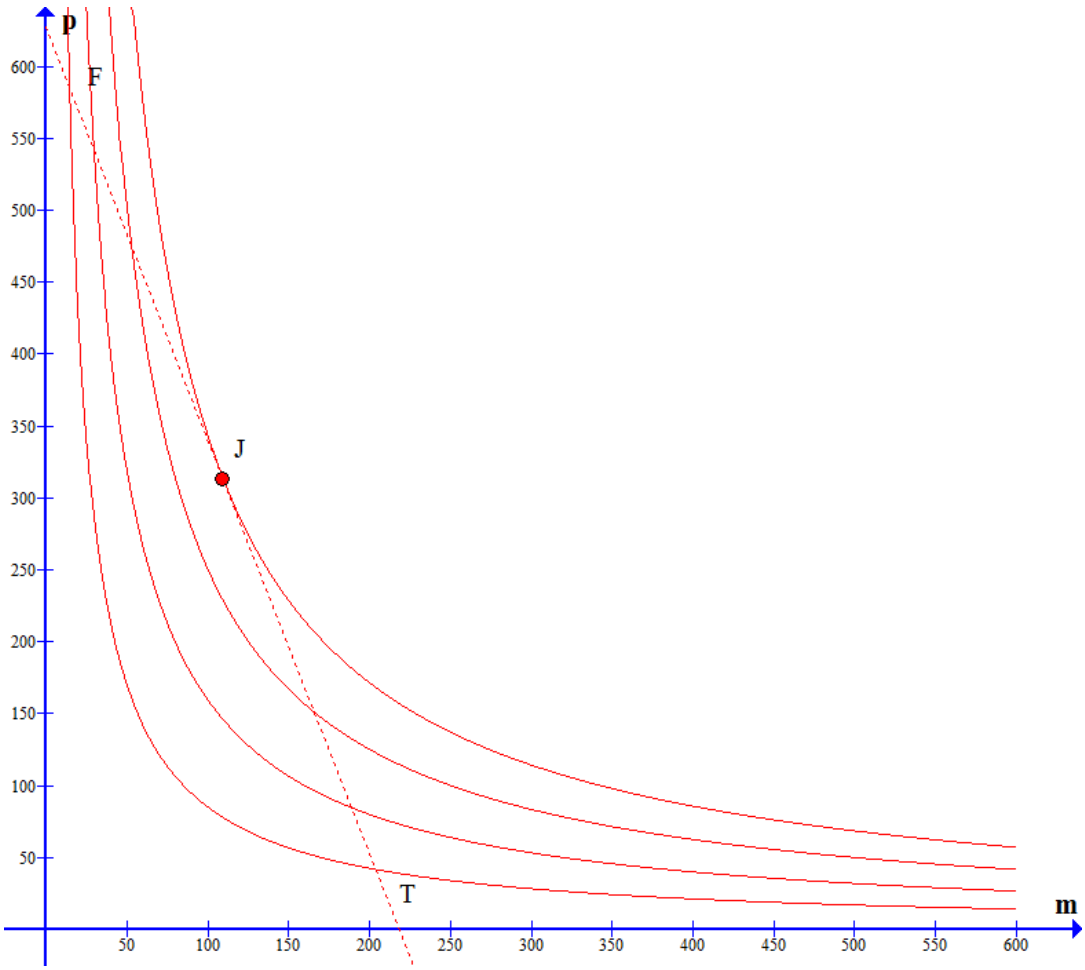

Рис. 1. Графік вирішення задачі оптимізації витрат транспортного підприємства

Функцію-обмеження витрат підприємства з двома компонентами витрат на перевезення продукції запишемо у вигляді

$$D = C_1 m + C_2 p\,, \qquad (2)$$

де C_1 – середня вартість перевезення продукції одним автомобілем на відстань одного кілометра;

C_2 – середня вартість перевезення продукції одним вагоном залізничного транспорту на відстань одного кілометра.

У виразі (2) можуть змінюватися тільки m та p. З цього виразу визначаємо p:

$$p = \frac{C_1}{C_2} m + \frac{D}{C_2}. \tag{3}$$

Формула (3) представляє собою рівняння прямої

$$y = -ax + b,$$

де

$$a = \frac{C_1}{C_2}; \tag{4}$$

$$b = \frac{D}{C_2}. \tag{5}$$

Припустимо, у нас є карта байдужості. На неї нанесемо графік прямої (3) у вигляді FT (рис. 1). Кут нахилу цієї прямої буде залежати від коефіцієнта a (4). Відстань прямої від початку координат залежить від вільного члена b (5).

Пряма FT є лінією постійних затрат на транспорті, кожна її точка відображає якийсь набір споживання, в якому структурне співвідношення компонентів різне, а сума усіх сумарних затрат однакова і дорівнює витратам D. Корисність варіантів використань транспорту відрізняється. Компанія буде прагнути надавати транспортні послуги таким чином, щоб витрати на транспорт становили деяку величину D та забезпечували найбільшу корисність. Такий вибір відображається точкою J (рисунок 1), яка одночасно належить до прямої постійних витрат та до кривої байдужості. Аналіз показує, що оптимальними співвідношеннями компонентів в наборі споживання є ті, у яких граничні корисності компонентів пропорційні затратам:

$$\frac{\partial U}{\partial C_i} = rP_{C_i}. \tag{6}$$

де r – коефіцієнт пропорційності.

Максимізуємо функцію корисності:

$$U(m, p) = mp \to \max . \tag{7}$$

Запропоновану задачу можна розв'язати шляхом визначення умовного екстремуму з використанням методу Лагранжа, задавши його як функцію виду:

$$L(m, p, \lambda) = U(m, p) + \lambda(C_1 m + C_2 p - D) , \tag{8}$$

Виходячи з алгоритму методу, знаходимо похідні по m, p та λ і прирівнюємо їх до нуля:

$$\frac{\partial L}{\partial m} = U_1' + \lambda C_1 = 0 , \quad \frac{\partial L}{\partial p} = U_2' + \lambda C_2 = 0 , \tag{9}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = C_1 m + C_2 p - D = 0 . \tag{10}$$

де $U_1' = \dfrac{\partial U(m, p)}{\partial m}$ – гранична корисність перевезень автомобільним транспортним засобом;

$U_2' = \dfrac{\partial U(m, p)}{\partial p}$ – гранична корисність перевезень залізничним транспортом.

Виключивши з системи рівнянь невідому λ , отримаємо

$$\frac{U_1'}{U_2'} = \frac{C_1}{C_2} ; \tag{11}$$

$$C_1 m + C_2 p = D . \tag{12}$$

Таким чином, маємо систему рівнянь

$$\begin{cases} \dfrac{p}{m} = \dfrac{C_1}{C_2} ; \\ C_1 m + C_2 p = D. \end{cases} . \tag{13}$$

Перша умова говорить про те, що сума затрат на перевезення одним і другим засобом повинна бути однаковою, тобто

$$C_1 m = C_2 p . \tag{14}$$

Тоді, відповідно можна визначити

$$m = \frac{D}{2C_1} , \; p = \frac{D}{2C_2} . \tag{15}$$

Розв'яжемо задачу для конкретного прикладу функціонування системи

доставки товару до споживачів різними видами транспорту.

Будемо вважати, що підприємство користується послугами декількох автоперевізників та залізничним транспортом. В середньому воно завантажує автомобілі марки MAN, MERCEDES, IVECO з вантажопідйомністю до 10 тонн. Взагалі в середньому підприємство використовує автомобільні транспортні засоби і вагони місткістю по 10 тонн. Об'єм вантажу, який перевозиться автомобільними транспортними засобами, становить від 30 до 40 кубометрів. Вартість перевезення з використанням автотранспорту в середньому складає 16 грн за один кілометр. Середня швидкість становить 45 кілометрів на годину.

Відомо, що завантажений залізничний ешелон їде набагато повільніше, ніж автомобільний транспортний засіб, з середньою швидкістю 36 кілометрів на годину, але вартість його використання набагато менше (0,8 грн за один кілометр). Через цей факт ним часто користаються. Підприємство завантажує в основному вагони з вантажопідйомністю 10 тонн, врахувавши, що товар необхідно перевозити із залізничної станції до пункту розміщення компанії-споживача. Розвантаження та завантаження продукції додатково буде коштувати 200 грн за тонну. Загалом за 10 тонн продукції це складає 2000 грн незалежно від відстані. Львівська компанія деревообробної промисловості торгує по всій Україні. Але середня відстань перевезень буде складати 520 кілометрів. Таким чином з врахуванням відстані, швидкості, вартості перевезення, розвантаження – завантаження, доставки товару автомобільним транспортним засобом від залізничної станції до пункту споживання середня вартість провозу вантажу поїздом буде складати 5,57 грн за один кілометр.

Загальні витрати на провезення вантажу за день складають 3494,34 грн. Виходячи з зазначеного, представимо функцію-обмеження у наступному вигляді:

$$3494{,}34 = 16m + 5{,}57p. \tag{16}$$

Тоді

$$m = \frac{3494{,}34}{2 \times 16} = 109{,}2, \quad p = \frac{3494{,}34}{2 \times 5{,}57} = 313{,}68. \tag{17}$$

Таким чином, можна стверджувати, що компанії вигідніше виконувати перевезення залізничним транспортом на відстань 313,68 кілометри і, відпо-

відно, автомобільним транспортом – на відстань 109,2 кілометри. Результати розв'язування задачі представимо графічно на рис. 1, де найоптимальнішою лінією байдужості є лінія, до якої належить точка *J*.

Висновки. В статті викладено проблеми та здобутки деревообробної промисловості. Відмічено нагальну необхідність користуватися залізничним та автомобільним транспортом як при перевезенні сировини, так і при постачанні проміжної і кінцевої продукції компаніями цієї сфери діяльності. Проведено аналіз транспортних систем, необхідних для перевезення певної продукції компанії деревопереробної промисловості. Представлено дослідження опцій вибору певного виду транспорту. В результаті поставлено задачу знаходження умовного екстремуму від функції корисності з обмеженням у вигляді лінійної функції. Визначено, що оптимальним для компанії є здійснення перевезень залізничним транспортом на відстань 313,68 кілометри і, відповідно, автомобільним транспортом – на відстань 109,2 кілометри.

Список використаних джерел:

1. Экспорт древесины или мебели? Экономическая правда. URL: https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2019/02/15/645030/

2. Озарків І. М., Мисак Й. С., Соколовський І. А. Використання лазерних комплексів для різання та декоративної обробки деревини : [монографія] / М-во освіти і науки України, Нац. лісотехн. ун-т України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка», Л.: «Укр. Технології», 2011, 120 с.

3. Білоус М.М., Виговський А.Й. Аналіз лісотранспортної логістики в умовах ВП НУБІП України «Боярська лісова дослідна станція». ScientificWorldJournal, Issue No14, Vol.2, URL: https://www.sworld.com.ua/konferbel1/46.pdf.

4. Савченко Л. А. Розробка транспортно-виробничого процесу перевезення продукції деревообробної промисловості. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, 2016, Вип. 10(3), С. 153-155. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2016_10(3)__35.

5. Танцюра Ю.А. Касьянова Н.В. Оптимізація транспортних потоків підприємства. Східна Європа: економіка, бізнес та управління, Випуск 2 (19), 2019, ст. 434-439, URL: https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/07/Tantsyura-Yu.A.-Kasyanova-N.V.pdf.

6. Закон України «Про ринок деревини» (Проект) від 28.05.2020. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JI02226A.html

7. Сайт компанії «Світ дерев'яних виробів». URL:

https://www.marketderevo.com.ua/poslugy-vstanovlennya/.

8. Крикавський Є. В., Похильченко О. А. Концепція кластера у формуванні потенціалу конкурентоздатності деревообробних підприємств : монографія, М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка», Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2012, 352 с.

9. Лужняк В. Капітальні інвестиції в деревообробну галузь. Деревообробник, 2012, № 12, с. 3.

References:

1. Export of wood or furniture? Economic truth. URL: https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2019/02/15/645030/

2. Ozarkiv I.M., Mysak J.S., Sokolovsky I.A. The Use of laser complexes for cutting and decorative processing of wood: [monograph] / Ministry of Education and Science of Ukraine, Nat. forestry technician University of Ukraine, Nat. University “Lviv. Polytechnic”, L.: “Ukr. Technologies”, 2011, 120 p.

3. Belous MM, Vygovsky AY Analysis of forest transport logistics in the conditions of SS NUBIP of Ukraine "Boyarskaya Forest Research Station". Scientific World Journal, No14, Vol.2, URL: https://www.sworld.com.ua/konferbel1/46.pdf.

4. Savchenko L A Development of transport and production process of transportation of woodworking products. Visnyk of Sumy National Agrarian University. Series: Mechanization and automation of production processes, 2016, № 10 (3), p. 153-155, URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2016_10(3)__35.

5. Tantsyura Yu.A., Kasyanova N.V. Optimization of transport flows of the enterprise. Eastern Europe: Economics, Business and Management, Issue 2 (19), 2019, pp. 434-439, URL: https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/07/Tantsyura-Yu.A.-Kasyanova-N.V.pdf.

6. Law of Ukraine "On the Wood Market" (Draft) of 28.05.2020. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JI02226A.html.

7. The site of the company "World of Wooden Products". URL: https://www.marketderevo.com.ua/poslugy-vstanovlennya/.

8. Krykavsky E.V., Pokhilchenko O.A. The concept of the cluster in the formation of the competitiveness potential of woodworking enterprises: a monograph, Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Nat. University "Lviv. Polytechnic”, L.: Lviv Publishing House. Polytechnic, 2012, 352 p.

9. Luzhnyak V. Capital investments in the woodworking industry. Woodworker, 2012, № 12, p. 3.