

УДК 630\*31

**Р. О. Короленя**

Белорусский государственный технологический университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ  
ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКЛАДА  
ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ВЫВОЗКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

Наибольшее распространение в условиях Республики Беларусь получила двухступенчатая транспортировка заготовленной древесины, при реализации которой одной из важнейших задач является оптимальное расположение промежуточного склада.

В статье рассмотрены два основных способа размещения промежуточных складов при двухступенчатой схеме транспортировки. Первый способ основан на расчете так называемой «равноценной» длины ездки с грузом, величина которой и является оптимальным радиусом первой ступени транспортировки. Второй способ широко известен в теории и практике логистики и основан на расчете координат центров тяжести грузовых потоков (или центра тяжести равновесной системы транспортных затрат).

На основе анализа недостатков существующих способов предлагается новая методика для определения мест расположения промежуточных складов при двухступенчатой транспортировке древесины. Суть предлагаемой методики заключается в эвристическом подходе определения мест размещения промежуточного склада для каждой из выделяемых зон осваиваемых лесных массивов. Для определения возможной эффективности предлагаемого подхода моделируются типичная производственная ситуация, при которой лесозаготовительному предприятию необходимо осуществить заготовку древесины на территориально разбросанных лесосеках. Рассмотрены базовые варианты выделения зон для расположения промежуточных складов и даны соответствующие рекомендации по расположению складов.

**Ключевые слова:** двухступенчатая транспортировка древесины, промежуточный склад, центр тяжести грузовых потоков.

**Для цитирования:** Короленя Р. О. Совершенствование методики оптимального расположения промежуточного склада при двухступенчатой вывозке древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 1 (252). С. 136–142.

**R. O. Korolenia**

Belarusian State Technological University

**IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR THE OPTIMAL LOCATION  
OF THE INTERMEDIATE STORE IN TWO-STAGE TIMBER TRANSPORTATION**

The most widespread in the conditions of the Republic of Belarus is the two-stage transportation of harvested timber, in the implementation of which one of the most important tasks is the optimal location of the intermediate storage.

The article considers two main methods of intermediate storage location in the two-stage transportation scheme. The first method is based on the calculation of the so-called "equivalent" length of a truck with cargo, the value of which is the optimum radius of the first stage of transportation. The second way is widely known in theory and practice of logistics and is based on calculation of co-ordinates of centre of gravity of cargo flows (or centre of gravity of equilibrium system of transport costs).

On the basis of analysis of disadvantages of existing methods, a new methodology for determining the location of intermediate warehouses in two-stage timber transportation is proposed. The essence of the proposed methodology is a heuristic approach to determining intermediate storage locations for each of the allocated zones of the developed forest areas. To determine the possible effectiveness of the proposed approach, a typical production situation in which a logging company needs to harvest timber at geographically dispersed logging areas is modelled. The main options for the zoning of intermediate forest warehouses are considered and appropriate recommendations for the location of forest warehouses are given.

**Key words:** two-stage timber transportation, intermediate storage, centre of gravity of cargo flows

**For citation:** Korolenia R. O. Improvement of the methodology for the optimal location of the intermediate store in two-stage timber transportation. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 1 (252), pp. 136–142 (In Russian).

**Введение.** Лесозаготовительное производство играет важную роль в развитии экономики Республики Беларусь. Основным источником древесного сырья являются местные лесные ресурсы. По данным статистической отчетности, доля площадей, покрытых лесами, по состоянию на 1 января 2021 г. составила 40,1%. Для сравнения: по данному показателю наша страна превосходит большинство соседних государств – Польшу (31%), Литву (35,1%), Украину (16,7%). Только Россия (49,8%) и Латвия (54,9%) имеют более высокий процент территории, занятой лесами [1]. Общий запас древесины на корню в настоящее время составляет около 1857,6 млн м<sup>3</sup>, в том числе спелых и перестойных насаждений – 401,6 млн м<sup>3</sup>. На каждого жителя Беларуси приходится около 1 га лесных насаждений [2].

Статистические данные показывают, что наблюдается постоянный рост объемов ежегодной заготовки древесины: если в 2015 г. было заготовлено 18,5 млн м<sup>3</sup> древесины, то в 2020 г. – 27 млн м<sup>3</sup> [1, 3, 4].

При этом прогнозируется дальнейший рост запасов к 2030 г., связанный с переходом в категорию спелых лесов, посаженных в послевоенные годы. В связи с этим в ближайшие годы, очевидно, следует ожидать роста объемов заготовки древесины [1].

С 2016 по 2019 г. в рамках реализации Государственной программы «Белорусский лес» на 2016–2020 годы [5] построено и введено в эксплуатацию 457,3 км лесохозяйственных дорог, в том числе в лесном фонде Министерства лесного хозяйства – 405,922 км. Ежегодное строительство более 100 километров лесохозяйственных дорог позволило повысить доступность лесных массивов и эффективность оказания экосистемных услуг [6].

С учетом роста объемов заготовок требуется дальнейшее увеличение густоты сети дорог в лесном фонде, которая в настоящее время составляет около 0,27 км на 1 км<sup>2</sup> [6]. Для сравнения данный показатель в Латвийской Республике составляет 0,9–1,0 км на 1 км<sup>2</sup>, в Финляндии (в зависимости от региона) 1,2–3,0 км на 1 км<sup>2</sup>. Для Республики Беларусь эффективная густота дорог в лесном фонде должна в ближайшее время составить около 0,5 км на 1 км<sup>2</sup> [6].

Для достижения величины оптимальной густоты сети лесохозяйственных дорог Программой «Белорусский лес» на 2021–2025 годы [6] запланировано строительство не менее 580,3 км лесохозяйственных дорог (в 2021 г. – 115,3 км, 2022 – 121,5; 2023 – 114; 2024 – 112,7; 2025 г. – 116,8 км). Расширение транспортной сети в целом создаст предпосылки для повышения эффективности лесозаготовительного производства, но в то же время актуальной остается задача

рациональной организации двухступенчатой вывозки древесины. Данный способ транспортно-технологического освоения лесных массивов – основной в настоящее время [7, 8, 9], в связи с чем целью исследований является разработка методики размещения промежуточных складов при двухступенчатой транспортировке древесины.

**Основная часть.** Одним из способов оптимальной организации двухступенчатой транспортировки древесины является следующий. При двухступенчатой вывозке древесины рассчитывается экономически целесообразный радиус применения погрузочно-транспортных машин, который при перевозках лесных грузов можно найти из условия равенства часовой производительности сортиментовозов  $P_c$  и погрузочно-транспортных машин  $P_{птм}$  при сопоставимых условиях эксплуатации [10–14]. Однако затраты на эксплуатацию лесовозной техники в расчете на 1 м<sup>3</sup> даже при равенстве часовой выработки могут отличаться своей величиной [12–14]. Поэтому расчет «равновыгодного» расстояния необходимо производить из условия равенства себестоимости выполнения транспортной работы [12–14]:

$$S_c = S_{птм}, \quad (1)$$

где  $S_c$ ,  $S_{птм}$  – себестоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> сортиментов сортиментовозом и погрузочно-транспортной машиной соответственно, руб; или

$$\frac{1}{q_1 \cdot \gamma_1} \left( \frac{S_{пер.1}}{\beta_1} + \frac{S_{пост.1}}{\beta_1 \cdot v_1} + \frac{S_{пост.1} \cdot t_{пр.1}}{l_{е.г}} \right) = \frac{1}{q_2 \cdot \gamma_2} \left( \frac{S_{пер.2}}{\beta_2} + \frac{S_{пост.2}}{\beta_2 \cdot v_2} + \frac{S_{пост.2} \cdot t_{пр.2}}{l_{е.г}} \right), \quad (2)$$

где  $q_1$  и  $q_2$  – грузоподъемность сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно, м<sup>3</sup>;  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  – коэффициенты использования грузоподъемности сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно;  $S_{пер.1}$  и  $S_{пер.2}$  – переменные расходы на 1 машино-км работы сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно, руб.;  $\beta_1$  и  $\beta_2$  – коэффициенты использования пробега для сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно;  $S_{пост.1}$  и  $S_{пост.2}$  – постоянные расходы на 1 машино-ч работы сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно, руб.;  $v_1$  и  $v_2$  – средне-технические скорости сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно, км/ч;  $t_{пр.1}$  и  $t_{пр.2}$  – время простоев сортиментовоза и погрузочно-транспортной машины соответственно под погрузкой и разгрузкой, ч;  $l_{е.г}$  – длина ездки с грузом, км.

После преобразований получим равноценную длину ездки с грузом:

$$l_{e.p} = \frac{\frac{S_{пост.1} \cdot t_{пр.1}}{q_1 \cdot \gamma_1} - \frac{S_{пост.2} \cdot t_{пр.2}}{q_2 \cdot \gamma_2}}{a_2 \left( b_2 + \frac{S_{пост.2}}{\beta_2 \cdot \gamma_2} \right) - a_1 \left( b_1 + \frac{S_{пост.1}}{\beta_1 \cdot \gamma_1} \right)}, \quad (3)$$

где  $a_2 = \frac{1}{q_2 \cdot \gamma_2}$ ;  $a_1 = \frac{1}{q_1 \cdot \gamma_1}$ ;  $b_2 = \frac{S_{пер.2}}{\beta_2}$ ;  $b_1 = \frac{S_{пер.1}}{\beta_1}$ .

Графически определение равноценной длины ездки с грузом можно представить, как показано на рис. 1.

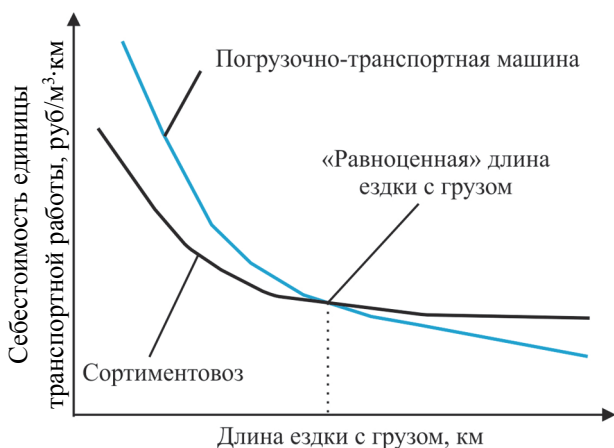


Рис. 1. Определение равноценной длины ездки

После нахождения равноценной длины ездки определяются зоны тяготения отведенных в рубку лесосек к промежуточным площадкам, расположение которых определяется по полученному значению равноценной длины.

Таким образом, с использованием «равноценной» длины ездки с грузом получают места расположения перегрузочных площадок. При осуществлении такого варианта двухступенчатой вывозки древесины затраты на транспортировку погрузочно-транспортными машинами будут минимальными.

Данный метод расчета имеет существенный недостаток — в рамках зоны тяготения не определено точное местоположение перегрузочных площадок и невозможно установить их количество.

Помимо этого, используя такой подход, необходимо учитывать себестоимость устройства перегрузочных площадок и их значительное количество.

Другой способ, позволяющий решить поставленную задачу, — метод определения координат центра тяжести грузовых потоков.

Метод определения координат центра тяжести грузового потока широко используется при решении логистических задач по определению

координат промежуточных (перегрузочных) складов [15–17].

Для определения координат перегрузочных площадок по данному методу зададимся следующими условиями:

- производители — это лесосеки, отведенные в рубку;
- потребители — конечные потребители в рамках рассматриваемой задачи (собственные цехи переработки древесины, железнодорожные перегрузочные станции, другие потребители);
- месторасположение (координаты  $x_i, y_i$ ) производителей и потребителей известны;
- объемы поставок продукции ( $Q_i$ ) равны объемам заготовки древесины;
- маршруты доставки определены и известны;
- затраты на перевозку рассчитаны для конкретных природно-производственных условий осуществления лесозаготовительной деятельности.

В зависимости от критерия оптимизации и учета расстояний между поставщиками, потребителями и складом можно выделить два типовых случая:

а) месторасположение промежуточной площадки (склада) определяется в виде координат центра тяжести грузового потока [15, 16] по зависимостям:

$$A_x = \frac{\sum Q_i \cdot x_i}{\sum Q_i}; \quad A_y = \frac{\sum Q_i \cdot y_i}{\sum Q_i}, \quad (4)$$

где  $A_x, A_y$  — координаты месторасположения промежуточного склада;  $Q_i$  — объем груза,  $m^3$ ;  $x_i, y_i$  — расстояние от осей координат до расположения поставщика или потребителя, км;

б) месторасположение склада устанавливается как центр тяжести равновесной системы транспортных затрат [16], расчет координат склада определяется по зависимостям:

$$A_x = \frac{\sum Q_i \cdot x_i \cdot T_i}{\sum Q_i \cdot T_i}; \quad A_y = \frac{\sum Q_i \cdot y_i \cdot T_i}{\sum Q_i \cdot T_i}, \quad (5)$$

где  $T_i$  — транспортный тариф для  $i$ -го поставщика или потребителя, руб/км· $m^3$ .

Очевидно, что при постоянных тарифах, т. е.  $T_i = \text{const}$ , формулы расчета координат склада по методу центра тяжести совпадают.

Последовательность определения координат промежуточного склада по представленным зависимостям (4) и (5) предлагается начинать с этапа выбора системы координат и определения ее начала. Рассмотрим использование предлагаемого подхода на примере (рис. 2). Пусть имеются рассредоточенные по площади лесосеки, отведенные в рубку в рассматриваемом временном периоде. Имеется один потребитель — цех по переработке древесины.

В соответствии с методикой далее определяется система координат и ее начало. В случае, когда имеется только один потребитель, начало системы координат следует располагать по координатам потребителя (рис. 3).

На следующем этапе происходит выбор масштаба по координатным осям. Масштаб следует выбирать таким образом, чтобы в полученную систему координат вошли все отведенные в рубку лесосеки.

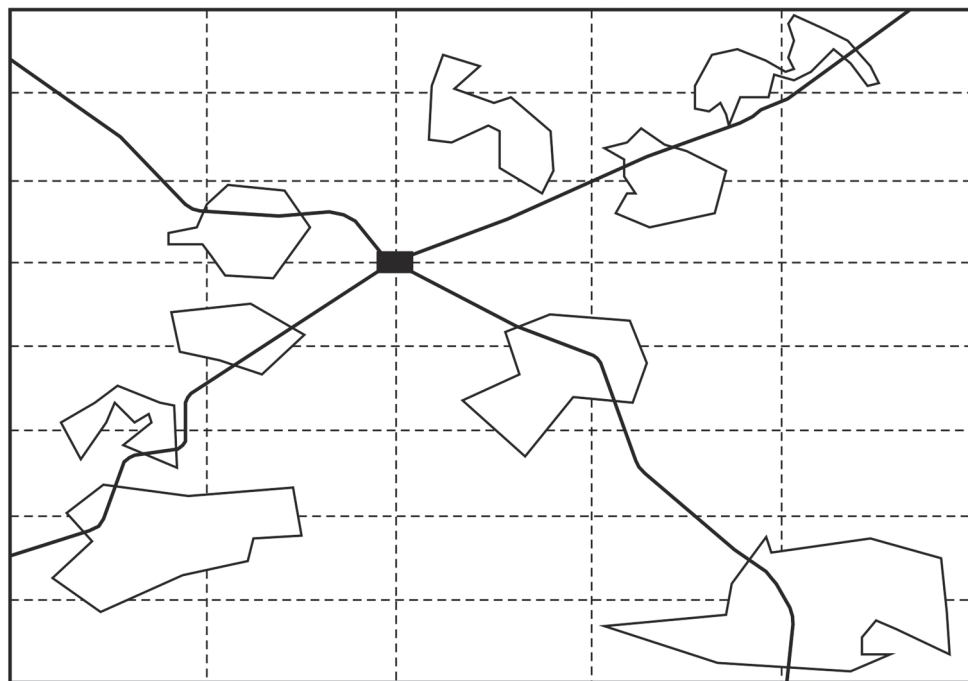





Рис. 2. Определение равноценной длины ездки:

 – поставщики (отведенные в рубку лесосеки); 
  – потребитель (деревообрабатывающий цех);  
 – существующие транспортные пути

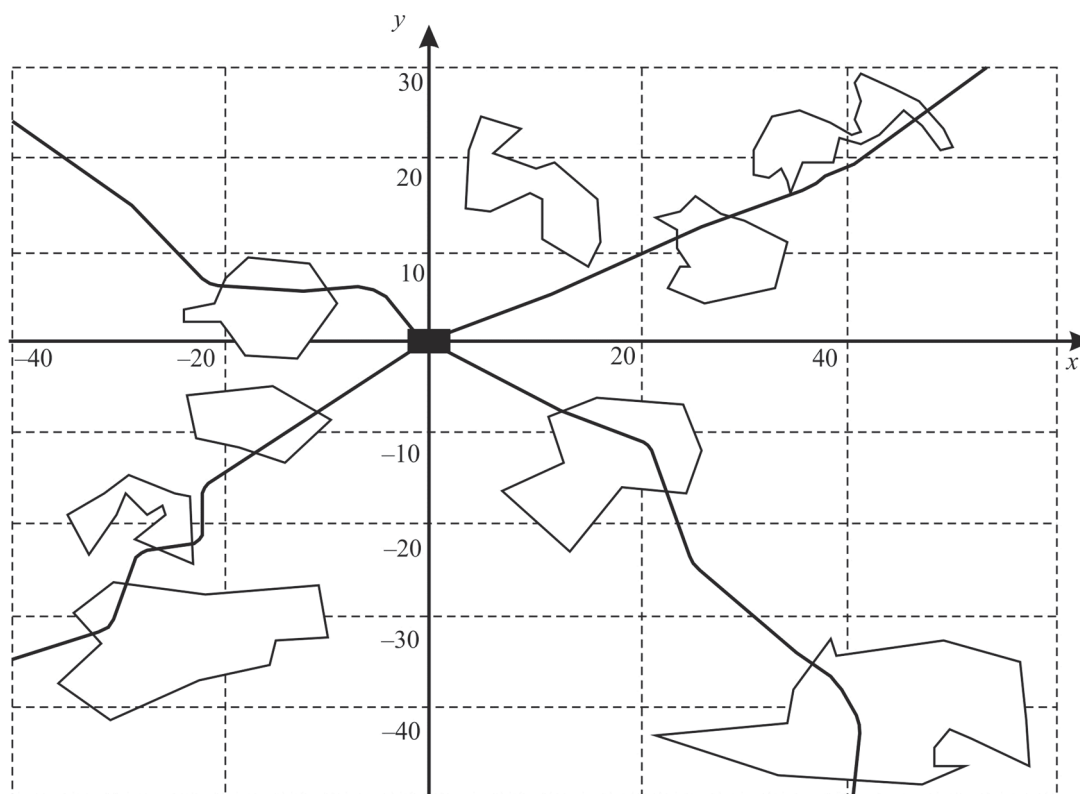


Рис. 3. Определение системы координат и ее начала

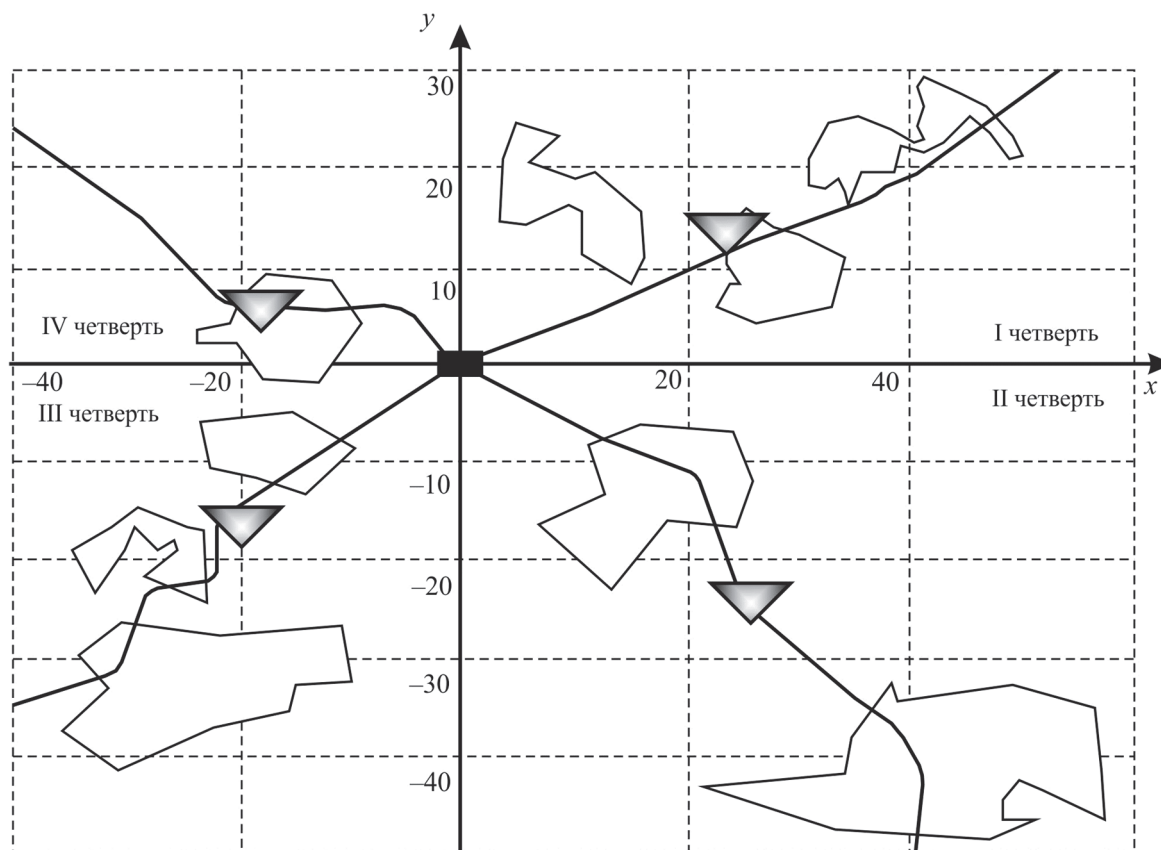


Рис. 4. Нанесение складов по рассчитанным координатам:

▼ – промежуточный склад

На следующем этапе предлагается определять координаты местоположения промежуточных складов для каждой полученной четверти по зависимостям (4) или (5). В результате можно получить четыре промежуточных склада так, как показано на рис. 4.

При расчетах следует принимать координаты потребителей как координаты тех мест, на которых запланировано складирование сортиментов на лесосеках, либо как координаты геометрических центров фигур, описывающих лесосеки.

После определения координат промежуточных складов могут возникнуть следующие базовые ситуации.

1. В четверти на схеме отводится в рубку несколько лесосек (рис. 4, I четверть). Координаты промежуточного склада по расчету совпадают с координатами центра одной из лесосек и примыкают непосредственно (находятся в непосредственной близости) к существующим путям транспорта. Фактическое месторасположение склада следует определять по полученным координатам промежуточного склада для данной четверти.

2. В четверти на схеме отводится в рубку несколько лесосек (рис. 4, II четверть). Координаты промежуточного склада по расчету получились на значительном удалении от отведенных лесосек и примыкают к существующим путям

транспорта. В данном случае принимать решение о фактическом расположении промежуточного склада следует с учетом величины равновесной длины ездки и дополнительных расчетов по определению затрат на обустройство одного или все же нескольких промежуточных складов, примыкающих к отведенным лесосекам.

3. В четверти на схеме отводится в рубку несколько лесосек (рис. 4, III четверть). Координаты промежуточного склада по расчету получились на удалении от существующих путей транспорта. В данном случае нужно определить целесообразность устройства дополнительного подъезда к месту, рассчитанному по зависимостям (4) или (5). Или провести расчет грузовой работы при варианте, когда полученное местоположение склада искусственно смещается к существующим транспортным путям без дополнительных затрат на обустройство подъездных путей.

4. В четверти на схеме отводится одна лесосека. Координаты промежуточного склада по расчету получаются в центре лесосеки. Фактическое месторасположение промежуточного склада следует определять с учетом существующих транспортных путей и равноценной длины ездки с грузом, определяемой по зависимости (3) (рис. 4, IV четверть).

**Заключение.** В результате проведенных исследований разработана методика расположения промежуточных площадок у дорог общего пользования, позволяющая сократить затраты на вывозку заготовленной древесины в зависимости от конкретных природно-производственных условий мест проведения лесозаготовительных работ.

Разработанная методика является новой, базируется на синтезе подходов для определения мест расположения перегрузочных площадок и

промежуточных складов. Суть предлагаемой методики заключается в зонировании осваиваемых лесных массивов и дальнейшем эвристическом анализе полученных результатов с выбором оптимального варианта.

Необходимо отметить, что методика требует уточнений для конкретных транспортных средств, используемых при транспортировке древесины на первой и второй ступенях, а также адаптации для природно-производственных условий конкретного лесного массива.

### Список литературы

1. Наривончик Д. Что угрожает белорусскому лесу // Экономическая газета. URL: <https://neg.by/novosti/otkrytj/lesnoe-hozjajstvo-i-rabotniki-lesa-belarusi-v-2021> (дата обращения: 01.10.2021).
2. Пресс-служба Президента Республики Беларусь. Сельское и лесное хозяйство // Официальный Интернет-портал Президента Республики Беларусь. URL: <https://president.gov.by/ru/about> <https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnye-otrasli/selskoe-i-lesnoe-hozjajstvo> (дата обращения: 01.10.2021).
3. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. Лесной фонд // Официальный сайт Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь. URL: <https://www.mlh.by/our-main-activites/forestry/forests/> (дата обращения: 01.10.2021).
4. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. Заготовка и переработка древесных лесных ресурсов // Официальный сайт Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь. URL: <https://www.mlh.by/our-main-activites/forest/zagotovka-i-ispolzovanie-drevesnykh-lesnykh-resursov/> (дата обращения: 01.10.2021).
5. Об утверждении Государственной программы «Белорусский лес» на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18 марта 2016 г., № 215. URL: [https://nasb.gov.by/rus/activities/research/2016/les\\_2016-2020.pdf](https://nasb.gov.by/rus/activities/research/2016/les_2016-2020.pdf) (дата обращения: 01.10.2021).
6. О Государственной программе «Белорусский лес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 52 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100052&p1=1&p5=0> (дата обращения: 01.10.2021).
7. Короленя Р. О., Насковец М. Т. Моделирование процесса поставок круглых лесоматериалов потребителям // Труды БГТУ. 2011. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 65–68.
8. Короленя Р. О. Классификация маршрутов перевозки древесины и определение продолжительности движения по ним сортиментовозов в условиях работы лесохозяйственных учреждений Республики Беларусь // Технологии и оборудование лесопромышленного комплекса: сб. науч. тр. СПбГЛТУ. 2013. Вып. 6. С. 109–116.
9. Короленя Р. О. Организация вывозки заготовленной древесины потребителям с учетом ограничений по срокам поставок // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2013. Вып. 4. С. 11–15.
10. Сухопутный транспорт леса / В. И. Алябьев [и др.]. М.: Лесная пром-сть, 1990. 413 с.
11. Салминен Э. О. Лесопромышленная логистика. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. 139 с.
12. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. М.: Лесная пром-сть, 1977. 232 с.
13. Бычков В. П. Эффективность транспорта в комплексных лесных предприятиях. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. 176 с.
14. Бычков В. П. Использование транспорта на лесных предприятиях. М.: Лесная пром-сть, 1986. 112 с.
15. Модели и методы теории логистики / В. С. Лукинский [и др.]. СПб.: Питер, 2007. 448 с.
16. Катаргин Н. В., Ларин О. Н., Венде Ф. Д. Анализ и моделирование логистических систем. СПб.: Лань, 2021. 248 с.
17. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика / Б. А. Аникин [и др.]. М.: Проспект, 2015. 608 с.

### References

1. Narivonchik D. What threatens the Belarusian forest. *Ekonomicheskaya gazeta* [Economic newspaper]. Available at: <https://neg.by/novosti/otkrytj/lesnoe-hozjajstvo-i-rabotniki-lesa-belarusi-v-2021> (accessed 01.10.2021) (In Russian).

2. Press Service of the President of the Republic of Belarus. Agriculture and forestry. Available at: <https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnye-otrasli/selskoe-i-lesnoe-hozjajstvo> (accessed 01.10.2021) (In Russian).
3. Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. Forest Fund. Available at: <https://www.mlh.by/our-main-activities/forestry/forests/> (accessed 01.10.2021) (In Russian).
4. Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. Harvesting and processing timber resources. Available at: <https://www.mlh.by/our-main-activities/forest/zagotovka-i-ispolzovanie-drevesnykh-lesnykh-resursov/> (accessed 01.10.2021) (In Russian).
5. On approval of the State Programme “Belarusian Forest” for 2016–2020: Decision of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 18 March 2016, no. 215. Available at: [https://nasb.gov.by/rus/activities/research/2016/les\\_2016-2020.pdf](https://nasb.gov.by/rus/activities/research/2016/les_2016-2020.pdf) (accessed 01.10.2021) (In Russian).
6. On the State Programme “Belarusian Forest” for 2021–2025: Decision of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 28 January 2021, no. 52. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100052&p1=1&p5=0> (accessed 01.10.2021) (In Russian).
7. Korolenia R. O., Naskovets M. T. Modeling the process of supplying round timber to consumers. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 65–68 (In Russian).
8. Korolenia R. O. Classification of timber transportation routes and determination of the duration of movement of log trucks on them in the conditions of forestry institutions of the Republic of Belarus. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesopromyshlennogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov SPbGLTU* [Technology and equipment for the timber industry: a collection of scientific papers from St. Petersburg State Forestry University], 2013, no. 6, pp. 109–116 (In Russian).
9. Korolenia R. O. Organising the transport of harvested timber to customers, taking into account delivery time constraints. *Byulleten' nauchnykh rabot Bryanskogo filiala MIIT* [Bulletin of scientific papers of the Bryansk branch of MIIT], 2013, no. 4, pp. 11–15 (In Russian).
10. Alyab'ev V. I., Grekhov G. F., Il'in B. A., Kuvaldin B. I. *Sukhoputnyy transport lesa* [Forest land transport]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1990. 413 p. (In Russian).
11. Salminen E. O. *Lesopromyshlennaya logistika* [Timber logistics]. St. Petersburg, SPbGLTU Publ., 2012. 139 p. (In Russian).
12. Alyab'ev V. I. *Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov na lesozagotovkakh* [Optimization of production processes in logging]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1977. 232 p. (In Russian).
13. Bychkov V. P. *Effektivnost' transporta v kompleksnykh lesnykh predpriyatiakh* [Transport efficiency in complex forest enterprises]. Voronezh, Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet Publ., 1989. 176 p. (In Russian).
14. Bychkov V. P. *Ispol'zovaniye transporta na lesnykh predpriyatiyakh* [The use of transport in forestry enterprises]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1986. 112 p. (In Russian).
15. Lukinskiy V. S., Lukinskiy V. V., Malevich Yu. V., Plastunyak I. A., Pletneva N. G. *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and methods of logistics theory]. St. Petersburg, Piter Publ., 2007. 448 p. (In Russian).
16. Katargin N. V., Larin O. N., Vende F. D. *Analiz i modelirovaniye logisticheskikh sistem* [Logistics systems analysis and modelling]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2021. 248 p. (In Russian).
17. Anikin B. A., Rodkina T. A., Volochienko V. A. *Logistika i upravleniye tsepyami postavok. Teoriya i praktika* [Logistics and supply chain management. Theory and practice]. Moscow, Prospekt Publ., 2015. 608 p. (In Russian).

### Информация об авторе

**Короленя Руслан Олегович** – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: korolenia@belstu.by

### Information about the author

**Korolenia Ruslan Olegovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Informatics and Web-Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: korolenia@belstu.by

Поступила 15.10.2021