

УДК 630*7

UDC 630*7

05.00.00 Технические науки

Engineering

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ДРЕВЕСИНЫ**APPROBATION OF THE SUBSTANTIATION METHODS OF THE INTERNATIONAL TIMBER TRANSPORTATION PROCESS**Шаин Всеволод Алексеевич
SPIN-код= 3910-9180*Петрозаводский государственный университет,
Петрозаводск, Россия*Shain Vsevolod Alekseevich
SPIN-code= 3910-9180*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia*

Современные малые лесозаготовительные предприятия, осуществляющие экспорт древесины преимущественно автомобильным транспортом, не обладают достаточной ресурсной базой для проведения исследований, способствующих снижению затрат на данный вид перевозок. Кроме того, не существует единой универсальной, а, главное, доступной методологии планирования и оперативного принятия решений при организации экспорта древесины автомобильным транспортом. В связи с этим, автором данной статьи была предложена методика совершенствования международных автомобильных перевозок древесины, которая включает в себя имитационное моделирование процесса транспортировки древесины, а также анализ и сравнение различных вариантов вывозки. В рамках данной методики разработана уникальная модель, основывающаяся на дискретно-событийном подходе и имитирующая полный цикл транспортировки древесины с терминала нескольким заграничным потребителям. Работоспособность модели была проверена при помощи моделирования нескольких сценариев вывозки на основе данных, полученных в ходе полевых исследований на одном из предприятий-лесозаготовителей, чей годовой объем вывозки составляет 400 тыс. куб. м. Анализ и сравнение полученных результатов подтвердили возможность применения данной методики при планировании и организации международных перевозок древесины для малых лесозаготовительных предприятий

Modern small logging enterprises exporting timber primarily by lorry transport do not have resources for implementing research that contributes to reducing the cost of this type of transport. Besides, there is no universal and accessible planning methodology and operative decision-making in the organization of timber export by lorry transport. Because of this, the author of the article has proposed a methodology for improving international timber transportation by timber trucks. This methodology contains logging modeling simulation, as well as analysis and contain of different options of logging. Within the framework of this methodology, a unique model based on the discrete event simulation has been developed. This model simulates a full cycle of timber transportation from the terminal to several foreign consumers. The working capacity of the model was verified by simulating several export scenarios based on data obtained during field study at one of the logging enterprises, the annual logging volume of which is 400 thousand cubic meters. The analysis and comparison of the modeling results have confirmed the possibility of using this methodology in planning and organizing international timber transportation for small logging enterprises

Ключевые слова: ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ, ЛЕСНАЯ ЛОГИСТИКА, ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Keywords: WOOD HARVESTING, FOREST LOGISTICS, WOOD HARVESTING ENTERPRISE

Doi: 10.21515/1990-4665-131-096

Введение

Российская Федерация является одним из главных экспортеров круглого леса. По данным таможенной базы данных ВЭД Россия занимает 3-е место в экспорте лесоматериалов, после США и Канады. Годовой объем экспорта леса за 2015 год составил 19.6 млн. куб. м, что эквивалентно 1350 млн. долларов США.

Основной операцией, выполняемой в процессе экспорта является транспортировка древесины, от стоимости которой напрямую зависит экономическая эффективность данного вида деятельности. Таким образом, снижение транспортных издержек будет способствовать уменьшению стоимости международных перевозок древесины, что в свою очередь приведет к значительной экономии средств, актуальной в условиях текущего экономического кризиса. Это особенно важно для малых предприятий, работающих в приграничных зонах, осуществляющих экспорт леса автомобильным транспортом.

Основным источником издержек для данного типа перевозок является частичное использование производственных мощностей, в данном случае лесовозных автопоездов. Это связано с множеством факторов, однако основным из них являются длительные вынужденные простои транспортных средств на погрузке, разгрузке и процедурах таможенного контроля. Такие простои в совокупности с режимом работы водителей не позволяют совершать больше 1-2 рейсов в день, что приводит к необходимости использования дополнительных транспортных средств для выполнения плана, и, как следствие, к увеличению затрат. Это, и многие другие проблемы [7] являются следствием отсутствия единой универсальной, а главное, доступной методологии планирования и оперативного принятия решений в области международных перевозок древесины.

Материалы и методы

В течение лет ряда лет коллективом ученых из ПетрГУ велись исследования, целью которых являлось повышение эффективности международных перевозок древесины автомобильным транспортом. В результате этих исследований были выявлены основные проблемы, возникающие в процессе данного типа перевозок [5], [7], детально изучен и описан процесс транспортировки, а также произведена доработка компьютерного инструмента для поддержки принятия решений в сфере логистики лесозаготовок [6]. Данный инструмент предназначался для поиска оптимального маршрута следования лесовозных автопоездов, а вследствие, генерации эффективных транспортных планов местных перевозок древесины и был усовершенствован для использования в сфере международных перевозок.

Основываясь на результатах и методах предыдущих исследований автором данной статьи была разработана методика оценки различных вариантов международных перевозок древесины. Данная методика заключается в моделировании различных сценариев транспортировки с учетом наибольшего возможного числа факторов и в сравнении результатов моделирования. Для моделирования была разработана уникальная универсальная имитационная компьютерная модель детально описывающая весь процесс транспортировки древесины автомобильным транспортом с терминала до заграничного потребителя и позволяющая получить на выходе информацию о затратах времени на выполнение всех операций, из которых состоит производственный процесс экспорта древесины, загруженности ресурсов, узких местах системы, количестве необходимых ресурсов и т. д. Критерием оценки в данной методике является экономическая эффективность каждого сценария.

Для создания модели был использован компьютерный инструмент имитационного моделирования AnyLogic. Критериями при выборе инструмента являлись: доступность, возможность одновременного

<http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/96.pdf>

использования агентного и дискретно-событийного моделирования, мощная математическая база, открытость, повторяемость и расширяемость создаваемых моделей, удобный графический интерфейс.

Разработанная модель основывается на дискретно-событийном подходе. Анимация модели представлена на рисунке 1. Работу модели можно описать следующим образом: в начале моделирования в специальном узле (Storage) генерируются основные агенты, имитирующие груз древесины. Далее, некоторое заданное количество захватывается потребителем. Захваченные агенты перемещаются с помощью ресурсов, которые имитируют лесовозные автопоезда и погрузочно-разгрузочную технику. Для каждого ресурса задается количество, начальное местоположение точка или область (Garage, ForkliftZone), расписание и режим работы, а также интенсивность отказов. Стоит заметить, что агенты конкурируют между собой за право обладать ресурсами.

Еще одним важным ресурсом, взаимодействующим с агентами, является персонал пограничного контрольно-пропускного пункта (CrossBorder Checkpoint), имитирующий задержание и проверку лесовозных автопоездов при пересечении межгосударственной границы.

Помимо вышеперечисленных основных агентов существуют дополнительные, представленные в виде лесовозов с грузом древесины и грузовых автомобилей. Они генерируются в специальных точках входа (для лесовозов UN2,3; для грузовых автомобилей CN1,2;), находящихся рядом с такими областями воздействия на агентов, как погрузка (Loading zone), разгрузка (Unloading zone) и таможенный контроль (Inspection zone) и, также как основные агенты, задействуют ресурсы для разгрузки и проведения процедур таможенного контроля. В результате, между основными и дополнительными агентами возникает конкуренция за право обладания тем или иным ресурсом. После освобождения ресурсов такие агенты сразу уничтожаются.

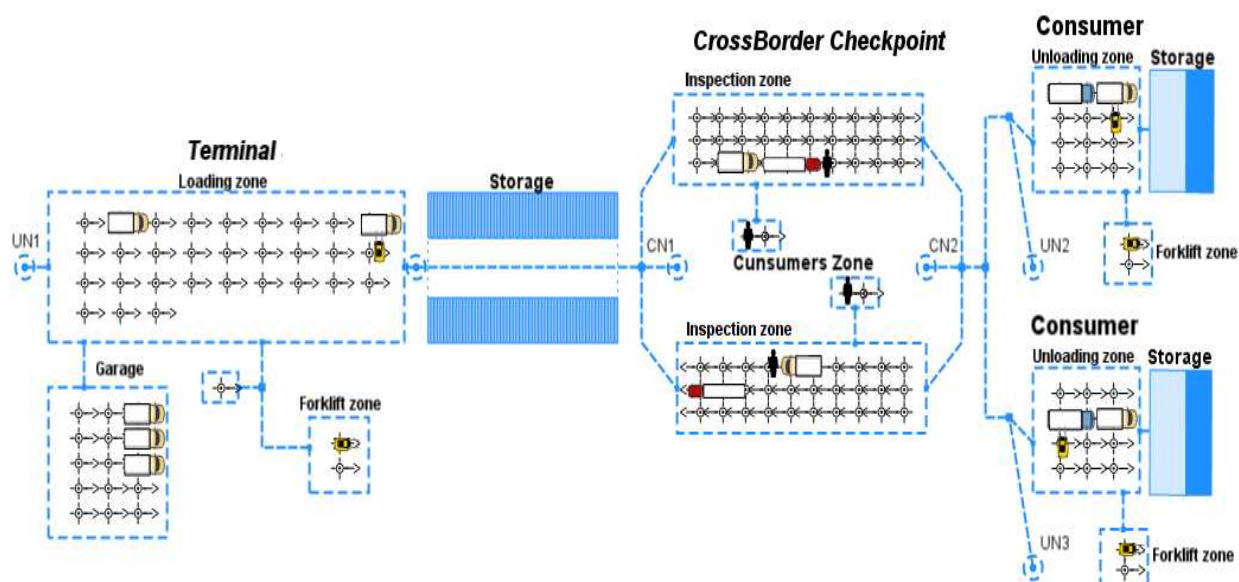


Рисунок 1. Анимация модели

В результате конкуренции агентов, затрат времени на воздействия (технологические операции), а также ограниченного количества ресурсов, в областях воздействия (погрузка, разгрузка и таможенный контроль) возникают очереди.

Исходные данные модели:

- 1) Время выполнения технологических операций (погрузка, разгрузка, транспортировка, процедуры таможенного контроля, проведение ТО и Р);
- 2) Количество ресурсов (лесовозные автопоезда, погрузчики, персонал таможни);
- 3) Количество агентов (древесины) на складе терминала;
- 4) Интенсивность прибытия дополнительных агентов;
- 5) Расписание перерывов в работе ресурсов;
- 6) Интенсивность отказов и периодичность технического обслуживания и ремонта для производственных мощностей.

Для проверки работоспособности и эффективности разработанной модели было произведено моделирование нескольких сценариев процесса международных перевозок древесины. В основу легли данные, полученные <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/96.pdf>

в ходе полевых исследования на предприятии ОАО «Ладенсо», где рассмотрены: параметры функционирования терминала «Янисъярви» и потребителей – Финских заводов «Ujmaharju» и «Imatra», пограничного контрольно-пропускного пункта МАПП «Вяртсиля»; количество единиц техники, используемой на вывозке и ее техническое состояние; затраты времени на транспортировку и на технологические операции, годовой и ежемесячный объемы вывозки, а также режимы работы водителей и операторов транспортных средств. Принципиальная схема вывозки представлена на рисунке 2.

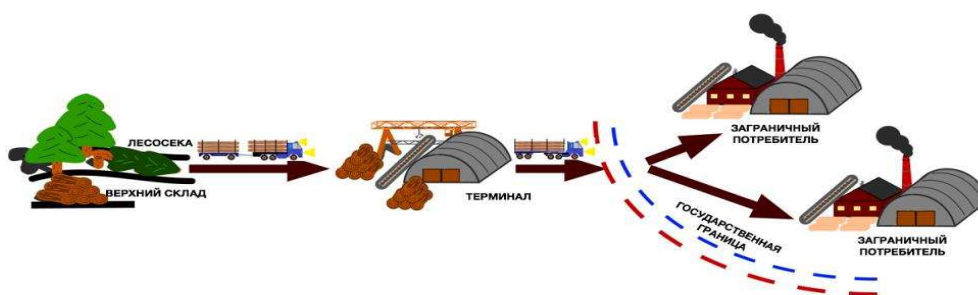


Рисунок 2. Схема вывозки

Всего было запланировано 3 сценария.

- 1) Сценарий 1. Определение необходимого числа лесовозных автопоездов для выполнения ежемесячных объемов в условиях неравномерной вывозки;
- 2) Сценарий 2. Определение необходимого числа лесовозных автопоездов для выполнения условия равномерной вывозки годового объема древесины, а также при отсутствии ограничений на максимально перевозимый рейсовый объем;
- 3) Сценарий 3. Изменение параметров очередей на погрузке древесины на терминале путем изменения количества единиц погрузочной техники.

Результаты

Общий объем вывозки на заводы «Imatra» и «Ujmaharju» с терминала «Янисъярви» равен 130231.36 куб. м., что соответствует 4736 рейсам при среднем перевозимом объеме в 27 куб. м. В первом сценарии вывозка происходила неравномерно (Рисунок 3).

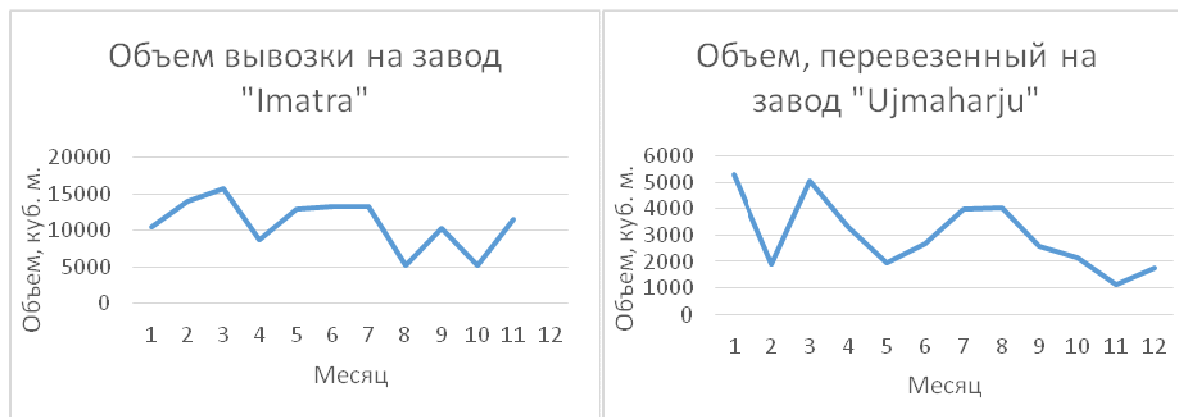


Рисунок 3. Объем вывозки

В результате, для выполнения годового объема вывозки понадобилось от 4 до 15 лесовозных автопоездов (Рисунок 4).

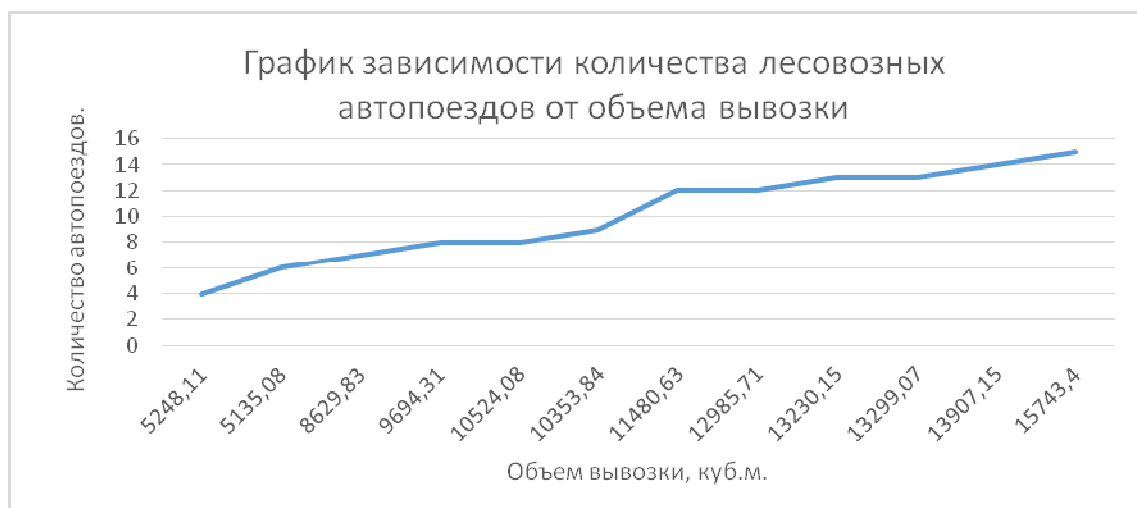


Рисунок 4. Зависимость количества используемых лесовозных автопоездов от объемов вывозки

Для второго сценария, в условиях равномерной вывозки, необходимое количество автопоездов равняется 9. В случае увеличения среднего

перевозимого объема с 27 куб. м. до 40 куб. м. необходимое количество автопоездов уменьшилось до 6 (Рисунок 5).

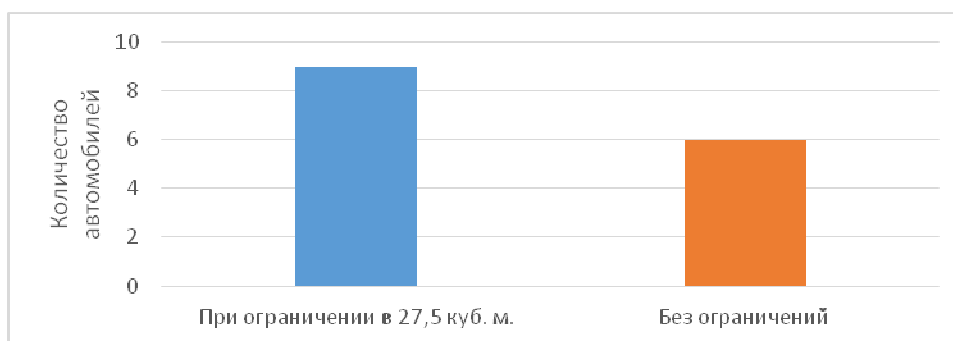


Рисунок 5. Необходимое количество автомобилей для разных условий вывозки

Задачей третьего сценария было определение влияния количества ресурсов (погрузчиков и лесовозных автопоездов) на параметры очереди (размер и среднее время ожидания).

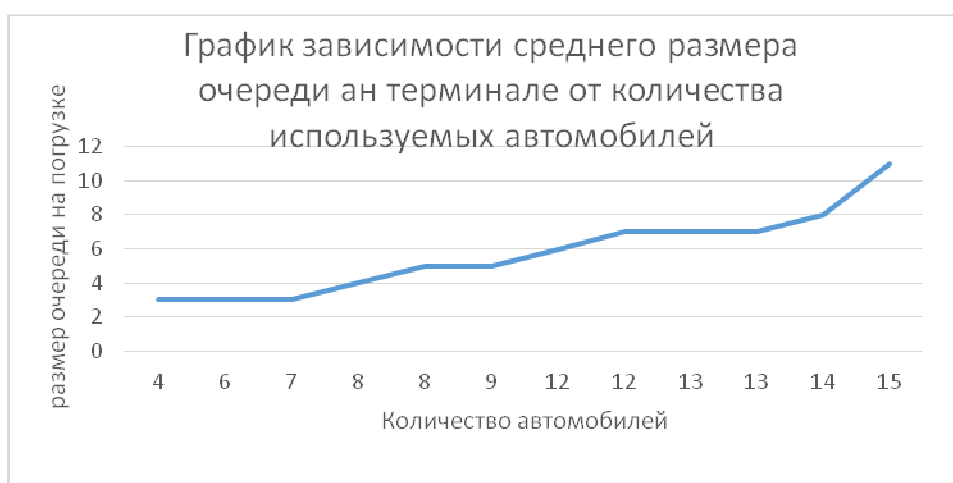


Рисунок 6. Зависимость среднего размера очереди на терминале от количества используемых автомобилей

Согласно рисунку 6 средний размер в очереди на погрузку растет с увеличением количества автопоездов. Соответственно, чтобы уменьшить очередь необходимо увеличить пропускную способность терминала – увеличить количество погрузчиков. Полученный график зависимости имеет нелинейный вид, что свидетельствует о влиянии вероятностных факторов при протекании процесса транспортировки.

На рисунке 7 представлены зависимости размера очереди на погрузку и среднего времени ожидания в очереди от количества погрузчиков.

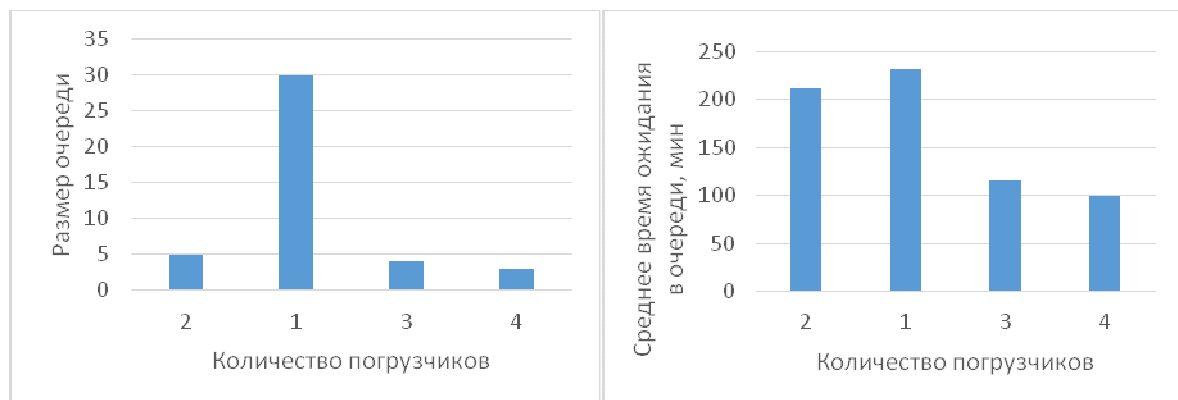


Рисунок 7. Зависимости размера очереди на погрузку и среднего времени ожидания в очереди от количества погрузчиков

Выводы

Как можно видеть (Таблица 1, Рисунок 8) при переходе от неравномерной вывозки к равномерной мы получаем прирост годового показателя производительности на 7% для каждого автомобиля, что говорит о более эффективном использовании производственных мощностей. Уменьшение среднего задействованного количества автопоездов позволяет снизить транспортные затраты. Кроме того, данная мера позволит избежать форс-мажорных ситуаций, когда необходимо вывезти большие объемы древесины за сжатый срок при ограниченном количестве производственных мощностей.

При снятии ограничений на максимально-перевозимый объем мы получаем снижение транспортных затрат за счет еще большего уменьшения среднего необходимого числа автопоездов (на 33%), а также прирост производительности на 36%.

Таблица 1. Сравнение результатов первого и второго сценариев

Параметр/Сценарий	Первый сценарий	Второй сценарий (с ограничением)	Второй сценарий (без ограничений)
Минимальное количество автомобилей	4	9	6
Максимальное количество автомобилей	15	9	6
Среднее количество автомобилей за год	10	9	6
Коэффициент загрузки ресурсов	0,52	0,51	0,50
Производительность одного автомобиля куб.м./год	13200	14470	21705,2

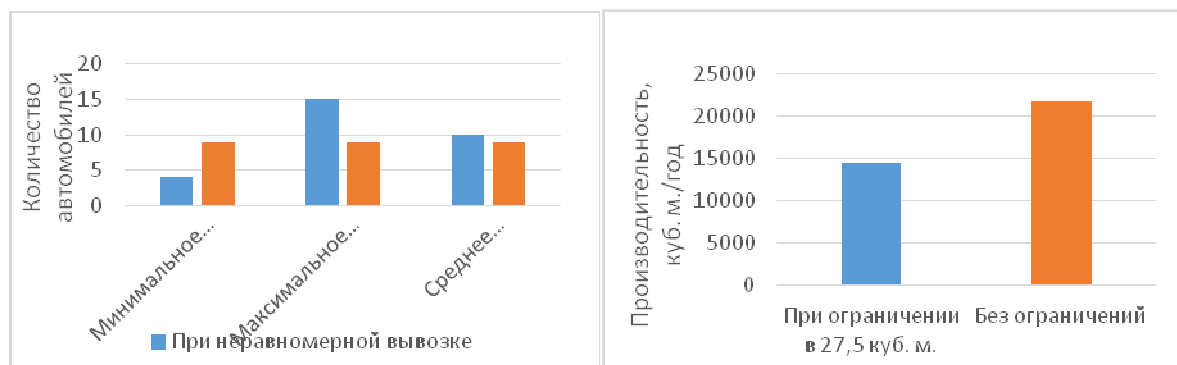


Рисунок 8. Сравнение результатов первого и второго сценариев

Согласно данным сравнения (Таблица 2) при использовании одного погрузчика на терминале возникает большая очередь (30 автомобилей). В результате возникновения дополнительных затрат времени на простои в очереди план был выполнен всего на 94%. При увеличении количества погрузчиков и, соответственно, уменьшении очереди план перевыполнялся. Использование двух погрузчиков наиболее рационально в данных условиях вывозки, так как мы получаем оптимальные параметры очереди и выполнение годового плана вывозки, однако при использовании трех и более погрузчиков наблюдается перевыполнение плана (5%, 8%), что может служить страховкой на случай форс-мажорных ситуаций и увеличение эксплуатационных затрат пропорционально каждой новой единице техники.

Таблица 2. Сравнение результатов третьего сценария

Параметр/Прогон	1	2	3	4
Количество лесовозных автопоездов	9	9	9	9
Количество погрузчиков	2	1	3	4
Средний размер очереди	5	30	4	3
Средне время ожидания, мин	212,3	231,4	115,7	100,2
Выполнение плана	100%	94,50%	105%	108%

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предложенная методика оценки различных вариантов перевозки древесины, а также разработанная в рамках этой методики модель может быть использована предприятиями для планирования и организации международных перевозок древесины автомобильным транспортом, а вследствие для уменьшения затрат на данный вид перевозок.

Литература

- 1) Герасимов, Ю. Ю. Информационная система для решения задачи логистики лесоматериалов / Ю. Ю. Герасимов, А. П. Соколов // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. - Брянск: Изд-во Брянской государственной инженерно-технологической академии, 2008. - Вып.21. - С.180-183.
- 2) Оптимизация логистики лесозаготовок / А. П. Соколов, Ю. Ю. Герасимов, В. С. Сюнёв, Т. Карьялайнен // Resources and Technology. – 2012. – №9 (2). – С. 117-128.13.
- 3) Особенности функциональной логистики лесозаготовок/ А. П. Соколов, В. С. Сюнёв, Ю. В. Суханов, А. Селиверстов// Resources and Technology. – 2014. – №1 (11). – С. 50-65.
- 4) Соколов, А. П. Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи транспортной логистики круглых лесоматериалов / А. П. Соколов, Ю. Ю. Герасимов // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2009. – №3. – С. 78-85.
- 5) Шаин, В. А. Совершенствование международных перевозок древесины / В. А. Шаин, А. П. Соколов // Актуальные проблемы лесного комплекса. – Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2014. – №40. – С.38-42.
- 6) Совершенствование международных автомобильных перевозок древесины / А. П. Соколов, В. А. Шаин, В. С. Сюнёв, Ю. Лаппалайнен // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – Т.102, №8. – С. 322-333.
- 7) Шаин, В. А. Пути повышения эффективности трансграничного транспорта продукции лесозаготовок / В.А. Шаин, А.П. Соколов //Системы. Методы. Технологии. – Братский государственный университет, 2016. – №2(30) – С. 159-163.
- 8) Chauhan, S.S. Multi-commodity supply network planning in the forest supply chain / S.S. Chauhan, J.M. Frayret, L. LeBel, // European Journal of Operational Research. – <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/96.pdf>

2009. - № 196(2). – p. 688-696.

9) Gerasimov, Yu. Yu. Wood supply chain optimization: Case studies of logging companies in Russia / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov // Proceedings of 44 International Symposium on Forestry Mechanisation. – Graz, 2011. – P.1-11.

10) Gerasimov, Yu. Yu. GIS-based decision-support program for short-wood transport in Russia / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov, T. Karjalainen // The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations. Copenhagen September 23-25, 2008. – Forest & Landscape Working Papers. – 2008 – No. 30.

11) Nurminen, T. Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland / T. Nurminen, J. Heinonen // Silva Fennica. – 2007. - 41(3). – p. 471–487.

References

1) Gerasimov, Ju. Ju. Informacionnaja sistema dlja reshenija zadachi logistiki lesomaterialov / Ju. Ju. Gerasimov, A. P. Sokolov // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. - Brjansk: Izd-vo Brjanskoj gosudarstvennoj inzhenerno-tehnologicheskoy akademii, 2008. - Vyp.21. - S.180-183.

2) Optimizacija logistiki lesozagotovok / A. P. Sokolov, Ju. Ju. Gerasimov, V. S. Sjunjov, T. Kar'jalajnen // Resources and Technology. – 2012. – №9 (2). – S. 117-128.13.

3) Osobennosti funkcional'noj logistiki lesozagotovok/ A. P. Sokolov, V. S. Sjunjov, Ju. V. Suhanov, A. Seliverstov// Resources and Technology. – 2014. – №1 (11). – S. 50-65.

4) Sokolov, A. P. Geoinformacionnaja sistema dlja reshenija optimizacionnoj zadachi transportnoj logistiki kruglyh lesomaterialov / A. P. Sokolov, Ju. Ju. Gerasimov // IVUZ «Lesnoj zhurnal». – 2009. – №3. – S. 78-85.

5) Shain, V. A. Sovershenstvovanie mezhdunarodnyh perevozok drevesiny / V. A. Shain, A. P. Sokolov // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. – Brjansk: Brjanskaja gosudarstvennaja inzhenerno-tehnologicheskaja akademija, 2014. – №40. – S.38-42.

6) Sovershenstvovanie mezhdunarodnyh avtomobil'nyh perevozok drevesiny / A. P. Sokolov, V. A. Shain, V. S. Sjunjov, Ju. Lappalajnen // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2014. – T.102, №8. – S. 322-333.

7) Shain, V. A. Puti povyshenija jeffektivnosti transgranichnogo transporta produkcii lesozagotovok / V.A. Shain, A.P. Sokolov //Sistemy. Metody. Tehnologii. – Bratskij gosudarstvennyj universitet, 2016. – №2(30) – S. 159-163.

12) Chauhan, S.S. Multi-commodity supply network planning in the forest supply chain / S.S. Chauhan, J.M. Frayret, L. LeBel, // European Journal of Operational Research. – 2009. - № 196(2). – p. 688-696.

13) Gerasimov, Yu. Yu. Wood supply chain optimization: Case studies of logging companies in Russia / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov // Proceedings of 44 International Symposium on Forestry Mechanisation. – Graz, 2011. – P.1-11.

14) Gerasimov, Yu. Yu. GIS-based decision-support program for short-wood transport in Russia / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov, T. Karjalainen // The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations. Copenhagen September 23-25, 2008. – Forest & Landscape Working Papers. – 2008 – No. 30.

15) Nurminen, T. Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland / T. Nurminen, J. Heinonen // Silva Fennica. – 2007. - 41(3). – p. 471–487.