

УДК 656. 073.7

ББК 39.380.3

DOI 10.51955/2312-1327\_2024\_1\_157

## УСТАНОВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛНЕНИЯ ПЛАНА ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ГОРОДАХ

*Евгений Евгеньевич Витвицкий,  
orcid.org/0000-0002-0155-8941,  
доктор технических наук, профессор  
Сибирский государственный  
автомобильно-дорожный университет,  
член-эксперт комиссии по вопросам цифровой и низкоуглеродной трансформации  
отрасли, ускоренному внедрению новых технологий Общественного совета  
при Министерстве транспорта РФ,  
пр. Мира, 5  
Омск, 644080, Россия  
vitvitsky\_ee@mail.ru*

*Роксана Еноковна Шипицына,  
orcid.org/0000-0002-0730-6569,  
аспирант  
Сибирский государственный  
автомобильно-дорожный университет,  
пр. Мира, 5  
Омск, 644080, Россия  
roxy4k@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлена одна из возможных транспортных ситуаций, полученная при решении транспортной задачи линейного программирования и задачи маршрутизации. Выполнен поиск подхода к возможности исполнения полученного при решении задачи маршрутизации плана перевозок при применении различных методов организации перевозок грузов и условий «Инкотермс». Сделан вывод о возможности использования в современной практике территориального метода централизованных перевозок грузов автомобильным транспортом в городах.

**Ключевые слова:** метод маршрутизации, матрица совмещенных планов, транспортные ситуации, маршруты, план перевозок, централизованные перевозки, транспортный метод.

# ESTABLISHING THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING THE PLAN DURING CENTRALIZED TRANSPORTATION OF CARGO BY ROAD TRANSPORT IN CITIES

*Evgeny E. Vitvitsky,  
orcid.org/0000-0002-0155-8941,  
Doctor of Technical Sciences, Full professor  
The Siberian State Automobile and Highway University,  
member of the expert commission on digital and low-carbon transformation of the industry,  
accelerating the introduction of new technologies in the Russian Federation of the Public Council under  
the Ministry of Transport,  
Mira, 5  
Omsk, 644080, Russia  
vitvitsky\_ee@mail.ru*

*Roxana E. Shipitsyna,  
orcid.org/0000-0002-0730-6569,  
postgraduate student  
The Siberian State Automobile and Highway University,  
Mira, 5  
Omsk, 644080, Russia  
roxy4k@mail.ru*

**Abstract.** The article presents one of the possible transport situations obtained by solving the routing problem. The article outlines an approach to executing the transportation plan obtained when solving the routing problem when using various methods of organizing cargo transportation and “Incoterms” conditions. The authors come to the conclusion that it is possible to use the territorial method of centralized transportation of goods by road in cities in modern practice.

**Keywords:** routing method, matrix of combined plans, transport situations, routes, transportation plan, centralized transportation, transport method.

## **Введение**

Планирование перевозок грузов – это сложный многосторонний процесс, который определяет вектор работы и коммерческие взаимоотношения грузоотправителей, грузополучателей и транспортных предприятий [Геронимус и др., 1988; Грузовые..., 1975]. Без правильной постановки задач планирования, применения научно обоснованных подходов и методов оптимизации, которые соответствовали бы реальной сложившейся практике перевозок в конкретный период времени, невозможно получать оптимальные или близкие к оптимальным управленческие решения [Геронимус и др., 1988; Грузовые..., 1975]. На конечную стоимость товара оказывают влияние затраты на перевозку грузов. Конечный потребитель заинтересован в том, чтобы стоимость товаров была меньше, и в этом вопросе интересы потребителей должно защищать государство.

Для защиты интересов населения у государства должен быть инструмент и отлаженный механизм, позволяющий согласовывать действия участников транспортного процесса. Отлично зарекомендовавшие себя в период до становления рыночной экономики в РФ методы оптимизации, в частности транспортная задача линейного программирования, в сегодняшней практике не используются, в том числе потому, что сегодня участники транспортного

процесса являются отдельными физическими или юридическими лицами, которые имеют свой коммерческий интерес.

Следовательно, в условиях современной сложившейся практики перевозок грузов возникает необходимость вернуться к проработке теоретических положений оптимизации планирования перевозок грузов в городах с целью разработки инструмента управления, который был бы согласован со средой [Витвицкий и др., 2023, Яркина, 2023], что позволило бы государству, например, в лице губернатора, реализовывать функции управления в интересах населения.

### **Материалы и методы**

Одним из экономико-математических методов, используемых для решения задач оптимизации планирования грузовых автомобильных перевозок, является транспортная задача линейного программирования (далее – ТЗЛП) [Шипицына, 2022], математическая сущность и методы решения которой известны) [Dantzig, 1963]. Решение ТЗЛП состоит из нескольких основных шагов [Шипицына, 2022]:

Шаг первый: Построение любым известным методом начального опорного плана грузевых ездов (далее – опорный план);

Шаг второй: Построение любым известным методом оптимального плана возврата порожних автотранспортных средств (АТС) (далее – оптимальный план) путем последовательного улучшения опорного плана;

Шаг третий: Решение задачи маршрутизации методом совмещенных матриц (опорного и оптимального планов) [Воркут, 1986; Оптимальное..., 1969; Sarder, 2021].

Обращаясь к одному из основоположников теории экономико-математических методов – проф. Л.Б.Геронимусу – решение задачи маршрутизации является одной из важнейших задач оперативного планирования перевозок грузов и заключается в «составлении рациональных маршрутов движения АТС, обеспечивающих сокращение непроизводительных холостых пробегов в целом по всему подвижному составу» [Геронимус и др., 1988, с. 74]. В результате решения ТЗЛП мы получаем опорный и оптимальный план перевозок, но это не конечный результат – необходимо на основе планов перевозок решить задачу маршрутизации и, что не менее важно, верно расшифровать полученные результаты [Грузовые..., 1975].

### **Дискуссия**

В ряде работ говорится [Воркут, 1986, Грузовые...,1975; Геронимус и др., 1988], что метод совмещенных матриц является одним из распространенных методов маршрутизации, его суть заключается в том, что «вначале выявляют маятниковые маршруты с обратным негруженым пробегом, а остальное объединяют в кольцевые маршруты». Для этого в матрицу опорного плана (цифры которого представляют без скобок) вписывают матрицу оптимального плана (цифры которого представляют в скобках) [Витвицкий и др., 2023]. В результате получается матрица совмещенных планов.

В результате применения метода совмещенных матриц и создания матрицы совмещенных планов могут наблюдаться различные транспортные ситуации, которые отражены в ранее опубликованных работах авторов [Витвицкий и др., 2023; Шипицына и др., 2021], и они аналогичны транспортным ситуациям, рассмотренным в ряде других работ [Геронимус и др., 1988; Грузовые..., 1975].

Рассмотрим одну из возможных транспортных: в матрице оказались заполнены несколько клеток, в части из которых указано по две цифры (в скобках и без скобок), а в части – указано только по одной цифре (либо в скобках, либо без скобок).

В данной ситуации вариации могут быть следующие:

Транспортная ситуация 1.1. В клетке, где две цифры – цифра без скобок больше, чем цифра в скобках;

Транспортная ситуация 1.2. В клетке, где две цифры – цифра без скобок меньше, чем цифра в скобках [Витвицкий и др., 2023].

Согласно вышеизложенному [Грузовые..., 1975], в клетке, где цифры (в скобках и без скобок), получен маятниковый маршрут с обратным негруженным пробегом, плановый объем перевозок определяется меньшей по величине цифрой в загруженной клетке [Обоснование..., 2022].

После выборки маятниковых маршрутов с обратным негруженным пробегом в матрице наблюдаются загруженные клетки, в которых указано по одной цифре (либо в скобках, либо без скобок). В матрице производят построение многозвенных кольцевых маршрутов согласно соответствующей процедуре [Воркут, 1986].

Согласно [Грузовые..., 1975], порожний пробег подвижного состава при перевозке грузов по рациональным маршрутам зависит от выбора начального пункта маршрута. На маятниковых маршрутах начало маршрута определено однозначно. На кольцевых – «число возможных вариантов соответствует числу пунктов погрузки на маршруте. В общем случае начальная точка кольцевого маршрута выбирается таким образом, чтобы при возврате подвижного состава в гараж на последнем обороте исключался самый длинный участок порожнего пробега по маршруту» [Геронимус и др., 1988].

В современной торгово-транспортной практике грузы перевозятся на условиях международных правил «Инкотермс-2020» [Incoterms..., 2020], образующих коммерческую и юридическую основу взаимоотношений участников транспортного процесса [Айтбагина, 2019]. Полученный план перевозок соотнесем с дальнейшими формами организации перевозок грузов и правилами «Инкотермс».

Организация перевозок груза обусловлена решениями в договорах купли-продажи товара [Айтбагина, 2018]. Для грузовых автомобильных перевозок наиболее актуально заключение торговых сделок на условиях «EXW (франко-завод)», «СРТ (перевозка оплачена до)», «СIP (перевозка и страхование оплачены до)», «DAP (поставка в месте назначения)» [Incoterms..., 2020].

## Результаты

Далее, согласно монографии [Проектирование..., 2001], необходимо проработать организацию выполнения разработанного плана перевозок. Выполнение разработанного плана возможно в рамках нескольких форм организации перевозок (таблица 1) [Витвицкий и др., 2023].

Таблица 1 – Формы организации перевозок разработанного плана

Форма организации перевозок в рамках договора на перевозку грузов	
Децентрализованные	Централизованные
Методы реализации	
на условиях заключения сделок «EXW (франко-завод)»	Транспортный
	Отправительский
	Отраслевой
	Территориальный
	«По собственности»

Для децентрализованной формы организации перевозок характерно заключение торговых сделок на условиях «EXW (франко-завод) – право собственности на товар переходит к грузополучателю на территории грузоотправителя» [Айтбагина, 2019]. На условиях «EXW (франко-завод)» и при учете разной собственности грузоотправителей появляется невозможность выполнения полученного в результате решения задачи маршрутизации плана по ряду причин [Витвицкий и др., 2023]:

Во-первых, поскольку все грузоотправители разной собственности, из-за рассогласованности их интересов возникает невозможность выполнения кольцевых маршрутов – они распадаются на маятниковые с обратным негруженным пробегом;

Во-вторых, при децентрализованной перевозке («EXW (франко-завод)») образуется самоорганизующаяся очередь из-за непредсказуемого прибытия разных автомобилей разных грузополучателей к посту (постам) погрузки;

В-третьих, в случае заключения сделок на условиях «EXW (франко-завод)» появляется возможность отсутствия необходимого объема или номенклатуры груза у грузоотправителя или неготовность товара к перевозке, поскольку время прибытия отдельного автомобиля отдельного грузополучателя и его порядок погрузки, среди других, заранее не известно;

В-четвертых, сложившаяся практика поочередной работы единственного материально ответственного лица (кладовщика) грузоотправителя с каждым грузополучателем также приводит к очереди в ожидании начала процесса погрузки и при оформлении документов.

Для централизованной формы организации перевозок грузов характерно заключение сделок на условиях «СРТ (перевозка оплачена до)», «СІР (перевозка и страхование оплачены до)», «DAP (поставка в месте назначения)» [Айтбагина, 2018; Incoterms..., 2020].

Для централизованной формы организации перевозок рассмотрим возможность исполнения полученного при решении задачи маршрутизации плана перевозок:

а) При транспортном методе организации централизованных перевозок в случае, если каждым перевозчиком будет применяться изолированное планирование (организатор рассчитывает план перевозок по каждому клиенту отдельно и независимо от других организаторов), транспортная ситуация вырождается в ситуацию сделок на условиях EXW (франко-завод), поскольку от разных перевозчиков прибывают их АТС и самоорганизуется очередь на погрузку, последствий чего никто не может предсказать. Также возможна ситуация невыполнения плана, в практике крупных городов перевозчиков не один десяток, все перевозчики разной формы собственности и действуют каждый в своих интересах [Витвицкий и др., 2023]. Следовательно, транспортный метод централизованных перевозок груза реализовать невозможно.

б) При отправительском методе организации централизованных перевозок при учете разной собственности грузоотправителей и грузополучателей появляется невозможность выполнения полученного, в результате решения задач ТЗЛП и маршрутизации, плана по ряду причин:

Во-первых, грузоотправители и грузополучатели – это предприятия разных собственников и делиться работой и ее результатами, в интересах критерия оптимизации и общества, они не обязаны в силу положений Устава коммерческого предприятия – получение прибыли;

Во-вторых, при использовании изолированного планирования грузоотправителем будет наблюдаться так же, как и в п. а, самоорганизующаяся очередь при прибытии к грузоотправителю на погрузку автомобилей разных перевозчиков – собственников АТС.

В-третьих, реализация кольцевых маршрутов невозможна (поскольку в отправительском методе грузоотправитель один, а в ТЗЛП несколько) – они распадаются на ряд маятниковых маршрутов с обратным негруженным пробегом.

в) На сегодняшний день отраслевой метод не реализуем, так как нет структуры отраслей народного хозяйства и единой собственности как в СССР (все предприятия частные и разных собственников), поэтому в рамках этого метода невозможно рассмотреть организацию выполнения полученного при решении задачи маршрутизации плана перевозок в рамках отраслевого метода.

г) Территориальный метод, при котором центр управления – посредник, которого грузоотправители и грузополучатели наделили компетенциями по организации, планированию и управлению перевозками. План перевозок от каждого грузоотправителя может быть рассчитан в рамках ТЗЛП и матрицы совмещенных планов. От каждого грузоотправителя при разработке плана перевозок создаются многозвенные задания по общему для всех АТС единому расписанию: маятниковых, кольцевых и радиальных маршрутов не наблюдается [Войтенков и др., 2015]. Первые погрузки АТС от всех постов погрузки от всех грузоотправителей выполняются одновременно, с места

разгрузки любое АТС направляется в ближайший пост погрузки любого грузоотправителя, с учетом занятости постов погрузки или в ближайший – по минимальному расстоянию. В данном случае создается и исполняется одно и общее расписание работы всех АТС и всех грузовых пунктов в совокупности средних АТСПГ. Применение территориального метода позволяет сократить потребность в транспортных средствах до 30% в смену перевозок груза в городе [Войтенков и др., 2013].

д) В работе [Федосеевкова, 2021] автором описан еще один метод централизованных перевозок, сложившийся сегодня на практике и названный в СибАДИ – «по собственности» – где отсутствует автотранспортное предприятие, перевозки осуществляет грузоотправитель своими АТС или наемными, на любом законном основании. В рамках этого метода учитывается, что в пункте погрузки на практике может наблюдаться несколько постов. Учитывая разную форму собственности грузоотправителей, аналогично пункту «б», появляется невозможность выполнения полученного в результате решения задачи маршрутизации плана перевозок груза на кольцевых маршрутах, поскольку каждый грузоотправитель работает отдельно от других и самостоятельно.

### **Заключение**

Подробное рассмотрение одной из возможных транспортных ситуаций, полученной при использовании ТЗЛП и матрицы совмещенных планов, и поиск подхода к ее реализации в условиях Инкотермс позволяют сделать вывод о том, что в современной практике перевозок грузов возможно использование территориального метода централизованных перевозок вне контрактов, заключенных на условиях «EXW (франко-завод)». Основная проблема заключается в том, что в постановке ТЗЛП не учитывается форма собственности предприятий, участвующих в перевозках грузов в городах.

### **Библиографический список**

*Айтбагина Э. Р.* Развитие метода организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом // [Электронный ресурс] / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий. Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2018. 150 с. EDN AFBQZT.

*Айтбагина Э. Р.* Развитие метода централизованных перевозок строительных грузов автомобильным транспортом в городах: дис.... канд. техн. наук: 05.22.10 / Э. Р. Айтбагина. Омск, 2019. 192 с.

*Витвицкий Е. Е.* Аспекты организации выполнения плана перевозок грузов помашинными отправлениями в городах, созданного при решении транспортной задачи линейного программирования / Е. Е. Витвицкий, Р. Е. Шипицына // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3-3(82). С. 46-53. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-46-53. EDN SQCFRC.

*Войтенков С. С.* К вопросу о терминологии на автомобильном транспорте / С. С. Войтенков, Д. В. Шаповал, Е. Е. Витвицкий // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4(44). С. 11-15. EDN UJLJTB.

- Войтенков С. С. Совершенствование оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах / С. С. Войтенков, Е. Е. Витвицкий. Омск; Изд-во СибАДИ, 2013. 175 с. EDN VJUCWP.
- Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Вища шк., 1986. 447 с.
- Геронимус Б. Л. Экономико-математические методы планирования на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус, Л. В. Царфин. М.: Транспорт, 1988. 191 с. EDN YTKWBV.
- Грузовые автомобильные перевозки / под общ. ред. М. И. Раффа. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Вища школа, 1975. 286 с.
- Обоснование технологии перевозок автомобилями ограниченных отправок угля в городе / Е. Е. Витвицкий, Н. И. Юрьева, Г. О. Тажигулова [и др.] // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2022. Т. 19, № 3(85). С. 358-369. DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-3-358-369. EDN XMRZLI.
- Оптимальное планирование на автомобильном транспорте / Под общ. ред. Синицкого А. З. М.: Изд-во «Транспорт», 1969. 76 с.
- Проектирование автотранспортных систем доставки грузов / В. И. Николин, С. М. Мочалин, Е. Е. Витвицкий, И. В. Николин. Омск : СибАДИ, 2001. 184 с. EDN XUGMAD.
- Федосеев Е. С. Совершенствование оперативного планирования перевозок строительных грузов в городах с учетом неравномерности выполнения операций транспортного процесса: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е. С. Федосеев. Оренбург: 2021. 254 с.
- Шипицына Р. Е. Об алгоритме решения транспортной задачи линейного программирования / Р. Е. Шипицына // Техника и технологии наземного транспорта : Сборник трудов аспирантов (с международным участием) / Под научной редакцией Е. Е. Витвицкого. Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022. С. 70-75. EDN OAEKSM.
- Шипицына Р. Е. Сравнение результатов применения методов решения транспортной задачи линейного программирования / Р. Е. Шипицына, Е. Е. Витвицкий // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2021. № 2. С. 6-23. DOI 10.51955/2312-1327\_2021\_2\_6. EDN YTPWFQ.
- Яркина В. Е. Постановка задачи оптимизации маршрутов грузовых мультимодальных перевозок / В. Е. Яркина, Е. К. Яркин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2(80). С. 57-63. DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-57-63.
- Dantzig G. Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, 1963. 366 P.
- Incoterms® 2020. Правила ИСС по использованию национальных и международных торговых терминов. Публикация ИСС № 723ER = Incoterms® 2020. ICC Rules for the use of domestic and international trade terms. ICC Publication № 723 / [пер. с англ. Н. Г. Вилковой]. М.: ICC Russia, 2020. 400 с.
- Sarder M. Logistics transportation problems with linear programming // Logistics Transportation Systems. pp. 137–167. doi:10.1016/b978-0-12-815974-3.00006-x

## References

- Aitbagina E. R. (2019). Development of a method of centralized transportation of construction goods by road in cities: dis. Ph.D. tech. sciences: 05.22.10 / E. R. Aitbagina. Omsk, 2019. 192 p. (in Russian)
- Aitbagina E. R., Vitvitsky E. E. (2018). Development of a method for organizing centralized transportation of construction cargo in cities by road: monograph. Omsk: SibADI, 2018. 150 p. (in Russian)
- Dantzig G. (1963). Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, 1963. 366 p.
- Fedoseenkova E. S. (2021). Improving the operational planning of transportation of construction goods in cities, taking into account the uneven performance of operations of the transport process:

Candidate's dissertation...techn. science. 05.22.10 / E. S. Fedoseenkova. Orenburg: 2021. 254 p. (in Russian)

*Geronimus B. L., Tsarfin L. V.* (1988). Economic and mathematical methods of planning for road transport. Moscow: *Transport*, 1988. 191 p. (in Russian)

Incoterms® 2020 ICC Rules for the use of domestic and international trade terms. ICC Publication No. 723ER = Incoterms® 2020. ICC Rules for the use of domestic and international trade terms. ICC Publication No. 723 / [trans. from English N. G. Vilkoval]. Moscow: ICC Russia, 2020. 400 p. (in Russian)

*Nikolin V. I., Mochalin S. M., Vitvitsky E. E., Nikolin I. V.* (2001). Design of motor transport systems for cargo delivery. Omsk: SibADI, 2001. 184 p. (in Russian)

Optimal planning in road transport / Under general ed. A. Z. Sinitsky. Moscow: *Transport Publishing House*, 1969. 76 p. (in Russian)

*Raff M. I.* (1975). Cargo transportation. 2nd ed., revised. and additional. Kyiv: Publishing Association «Vishcha School», 1975. 286 p. (in Russian)

*Sarder M.* (2021). Logistics transportation problems with linear programming. *Logistics Transportation Systems*. 137–167. doi:10.1016/b978-0-12-815974-3.00006-x/

*Shipitsyna R. E.* (2022). On the algorithm for solving the transport problem of linear programming. Equipment and technologies of ground transport: *Collection of works of graduate students (with international participation)* / Scientifically edited by E.E. Vitvitsky: 70-75. (in Russian)

*Shipitsyna R. E., Vitvitsky E. E.* (2021). Comparison of the results of applying methods for solving the transport problem of linear programming. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 2: 6-23. (in Russian)

*Vitvitsky E. E., Shipitsyna R. E.* (2023). Aspects of organizing the implementation of a plan for the transportation of goods by machine shipments in cities, created when solving the transport problem of linear programming. *World of transport and technological machines*. 3-3(82): 46-53. (in Russian)

*Vitvitsky E. E., Yuryeva N. I., Tazhigulova G. O.* (2022). Justification of the technology for transporting limited shipments of coal by car in the city. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University*. 3(85): 358-369. (in Russian)

*Voitenkov S. S., Shapoval D. V., Vitvitsky E. E.* (2015). On the issue of terminology in automobile transport. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy*. 4(44): 11-15. (in Russian)

*Voitenkov S. S., Vitvitsky E. E.* (2013). Improving the operational planning of cargo transportation by truck in cities: monograph. Omsk: SibADI, 2013. 175 p. (in Russian)

*Vorkut A. I.* (1986). Cargo transportation. 2nd ed., revised. and additional. Kyiv: *Vishcha school*, 1986. 447 p. (in Russian)

*Yarkina V. E., Yarkin E. K.* (2023). Statement of the problem of optimizing routes for freight multimodal transportation. *World of transport and technological machines*. 1-2(80): 57-63. (in Russian)