

DOI: [10.34220/2311-8873-2023-94-106](https://doi.org/10.34220/2311-8873-2023-94-106)



УДК: 656.02

UDC: 656.02

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ЗА СЧЕТ ДВОЙСТВЕННОСТИ УДЕЛЬНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК

METHOD OF DETERMINING THE OPTIMUM ROUTE REGARDING THE DUALITY OF SPECIFIC TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF FREIGHT TRANSPORTATION

✉¹ **Матвеев Александр Григорьевич**
студент, Санкт-Петербургского горного университета (РФ)
e-mail: alexzandermatveev@yandex.ru

✉¹ **Matveev Alexander Grigorievich**
student, (Saint Petersburg Mining University (RF))
e-mail: alexzandermatveev@yandex.ru

Менухова Татьяна Анатольевна
к.т.н., доцент кафедры транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургского горного университета (РФ)
e-mail: men-ta@yandex.ru

Menuhova Tatyana Anatolyevna
cand. of Tech. Sc., Associate Professor of the Department of Transport and Technological Processes and Machines, (Saint Petersburg Mining University (RF))
e-mail: men-ta@yandex.ru

Аннотация

При организации перевозок, которые являются открытыми системами, нередко требуется выбрать лучшие решения в условиях ограниченного времени и нехватки данных. С этой целью лица, принимающие решения, используют различные методы сопоставления схожих вариантов для определения лучшего. В данной работе предлагается использование удельных технико-экономических показателей, имеющих самоограничительный эффект при сравнении без построения сложных имитационных моделей, позволяющих точнее оценить перспективы использования выбранного маршрута.

Annotation

In the organization of transportation, which are open systems, it is often necessary to choose the best solutions in conditions of limited time and lack of data. To this end, decision makers use various methods of comparing similar options to determine the best one. This paper proposes the use of specific technical and economic indicators that have a self-limiting effect when compared without building complex simulation models, which make it possible to more accurately assess the prospects for using the selected route.

Ключевые слова:

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ДВОЙСТВЕННОСТЬ УДЕЛЬНОГО ПАРАМЕТРА, ОПТИМАЛЬНЫЙ МАРШРУТ, МЕТОД ВЫБОРА.

Keywords:

TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS, THE DUALITY OF THE SPECIFIC PARAMETER, OPTIMAL ROUTE, SELECTION METHOD.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

В настоящее время постоянно растут требования к логистическому управлению и организации перевозок. С применением новых технологий и ускорения научно-технического прогресса появляются новые материалы, машины и агрегаты, расширяется сама номенклатура возможных к перевозке грузов [1].

Создание должного уровня сервиса доставки, позволяющего обеспечить высокую клиентоориентированность и гибкость, достигается применением математических методов для построения эффективных планов маршрутов и подачи подвижного состава. Подобные методы постоянно улучшаются и усложняются, учитывая все больше и больше всевозможных факторов, влияющих извне, чтобы дать возможность лицу, принимающему решение (ЛПР), определить наиболее подходящий и выгодный для клиента и предприятия вариант перевозки [1-3].

Так, в данной работе рассматривается теоретический метод определения наиболее выгодного маршрута из предложенных на основе относительных величин эффективности деятельности предприятия и интенсивности работы автотранспортных средств на маршруте.

Научная новизна исследования:

Исследование представляет новый подход к определению приоритета использования маршрутов на основе удельных технико-экономических показателей. Впервые исследована природа двойственности удельных технико-экономических показателей, позволившая значительно ускорить и уточнить имеющиеся методы экспресс-анализа маршрутов. Этот подход позволяет точно задать область определения и направление оптимизации маршрута без необходимости сложного моделирования задачи.

Практическая значимость результатов исследования определяется тем, что новый подход к определению приоритета использования маршрутов на основе *двойственности* удельных технико-экономических показателей может значительно повысить эффективность логистических процессов и снизить затраты на перевозку грузов. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации процессов в различных областях, таких как логистика, транспортная инфраструктура и грузоперевозки. Это может привести к уменьшению издержек, повышению качества услуг и улучшению конкурентоспособности компаний.

2 Материалы и методы

Как будет сказано ниже, иногда сопоставление маршрутов по абсолютным значениям не дает действительного приоритета выбора того или иного маршрута. Для полного учета требуется проработка всех вариантов с сопоставлением интегральных значений по каждому сценарию. Как правило, подобный подход является очень долгим и трудозатратным, вместе с тем, существует большой риск не учета какого-то варианта событий, что приведет к неполному сравнению. Вместо этого предлагается использовать относительные величины с эффектом самоограничения для быстрого и достоверного сравнения. Продемонстрируем предложенный метод на примере.

Определим модель городских перевозок, когда имеется несколько, на первый взгляд, равнозначных или не сильно отличающихся развозочных маршрутов для доставки тарноштучного груза и требуется выбрать наиболее выгодный [4-6].

Для наглядности расширим количество вариантов сравнения. Рассмотрим маршруты с применением оборотной тары (паллеты) и без нее. Всего к перевозке представлено 7,7 тонн груза из двух пунктов отправки к восьми грузополучателям. На линии работает один автомобиль грузоподъемностью 2 тонны. В качестве альтернативных оптимизированных маршрутов будем рассматривать такие, в которых склад грузоотправителя выбран с учетом имеющихся грузопотоков [7-8].

После группировки предварительных точек разгрузки и погрузки по методу Свира, был определен их порядок объезда при помощи метода Кларка-Райта, где обнаружили два рав-

нозначных варианта с переставлением двух смежных пунктов в порядке объезда. С применением существующей методологии организации перевозок [8-10] были сформированы маршруты и рассчитаны технико-эксплуатационные показатели [11-13]

По итогу эти маршруты имели разные технико-эксплуатационные и, как следствие, экономические показатели.

В работе рассматривались разные варианты пакетирования груза, а именно использование коробок, как грузовой единицы, и паллеты. Во втором случае, удалось сэкономить почти 4,5 часа на погрузочно-разгрузочных работах, что позволило снизить некоторые эксплуатационные затраты (расходы, зависящие от времени) [14-15].

По окончании выполнения расчетов базовых маршрутов, был построен проектный вариант расположения складов в центре тяжести грузовых потоков. В свою очередь, это дало достаточно высокий годовой экономический эффект, в особенности на маршрутах с применением поддонов (экономический эффект выше 200 тысяч рублей). В задаче использован повременный тариф (табл. 1-4) [16-18].

3 Результаты исследования

В общей сложности было сформировано 3 маршрута с 6 вариантами реализации. При своем им соответствующие условные обозначения: к1 – базовый маршрут с использованием коробок (первый вариант); к2 – базовый маршрут с использованием коробок (второй вариант); к – проектируемый маршрут с использованием коробок; п1 – базовый маршрут с использованием паллет, первый вариант; п2 – базовый маршрут с использованием паллет, второй вариант; п – проектируемый маршрут с использованием паллет. Базовые маршруты, как говорилось ранее, отличаются разным порядком объезда, который был составлен методом Кларка-Райта.

Таблица 1 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (базовый вариант 1 и проектный, с применением коробок) [ценообразование: руб./час]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Пробег подвижного состава, км/сут.	150	138	-8,00%
Пробег подвижного состава, км/год	43200	39744	-8,00%
Эксплуатационные затраты, руб./год	2962814,40	2936629,44	-0,88%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	2779905,60	2927050,56	5,29%
Рентабельность, %	67,56%	71,59%	5,97%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	26184,96	-

Таблица 2 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (базовый вариант 2 и проектный, с применением коробок) [ценообразование: руб./час]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Пробег подвижного состава, км/сут.	156	138	-11,54%
Пробег подвижного состава, км/год	44928	39744	-11,54%
Эксплуатационные затраты, руб./год	3029235,84	2936629,44	-3,06%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	2854604,16	2927050,56	2,54%
Рентабельность, %	68,27%	71,59%	4,86%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	92606,40	-

Таблица 3 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (базовый вариант 1 и проектный, с применением паллет) [ценообразование: руб./час]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Пробег подвижного состава, км/сут.	158	138	-12,66%
Пробег подвижного состава, км/год	45504	39744	-12,66%
Эксплуатационные затраты, руб./год	2295040,32	2072756,16	-9,69%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	776479,68	525003,84	-32,39%
Рентабельность, %	22,53%	16,28%	-27,74%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	222284,16	-

Таблица 4 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (базовый вариант 2 и проектный, с применением паллет) [ценообразование: руб./час]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Пробег подвижного состава, км/сут.	164	138	-15,85%
Пробег подвижного состава, км/год	47232	39744	-15,85%
Эксплуатационные затраты, руб./год	2361456,00	2072756,16	-12,23%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	851184,00	525003,84	-38,32%
Рентабельность, %	24,23%	16,28%	-32,81%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	288699,8	-

Если посмотреть на эксплуатационные затраты, то во всех вариантах проектируемого маршрута они оказываются меньше по сравнению с аналогичными базовыми. Однако отклонение прибыли очень мало, а, в последних двух сравнениях маршрутов с паллетами, конечные прибыли уменьшаются почти на 33% по сравнению с базовыми вариантами при условии того, что эксплуатационные затраты и пробег подвижного состава меньше на проектируемом маршруте. Из этого можно сделать ошибочный вывод, что проектируемый маршрут не так хорош, а сниженная рентабельность и вовсе говорит о несостоятельности подобного плана.

3.1 Особенности природы удельных показателей

На самом деле, проектируемые маршруты действительно выгоднее в применении, в чем можно убедиться на примере сравнения вариантов с коробками (хотя увеличение прибыли не превышает 6%). Эксплуатационные затраты имеют разные зависимости. В данной модели рассматриваются как динамические показатели, меняющиеся с мгновенным изменением технико-эксплуатационных характеристик на маршруте, например, затраты на заработную плату, так и статичные или плановые показатели, не зависящие от изменений на самом маршруте, например, амортизационные расходы. В связи с этим, часть показателей с оптимизацией маршрутов оставалась неизменной, а так как от расходов неизменно зависит рентабельность, то показатель последней принимает некоторую инертность [19, 20].

Как уже отмечалось, часть расходов имеют плановый характер образования и для их покрытия требуется либо повышать ставку на оказываемые услуги, либо выполнять больший объем работы. При сравнении аналогичных вариантов также была рассчитана минимальная цена договора на оказание услуг при достижении рентабельности в 15%. Фактически эта величина говорит, сколько должен заплатить клиент, чтобы покрыть затраты перевозчика и обеспечить прибыль в размере именно 15%. Учитывая, что сама рентабельность, определяемая как отношение прибыли к расходам, обратно пропорциональна производственным затратам, то с уменьшением затрат возможно снижение минимальной стоимости договора, то есть эталонным значением должно быть минимальное среди рассмотренных. Эксплуатационные расходы на любом из маршрутов неизменно составляют часть цены на договор и чем больше эти расходы, тем больше должен стоить договор, чтобы добиться рентабельности в 15%. Тогда эталонным значением среди эксплуатационных затрат также должен быть меньший из показателей.

В виду особой природы каждого показателя, составляющего часть от эксплуатационных расходов, невозможно получить достоверную информацию о сопутствующей выгоде применения технологии перевозок, если рассматривать их для исполнения какой-то одной конкретной, не масштабируемой задачи. Речь идет о ценообразовании предлагаемой услуги. Если, например, тариф – это n рублей за день, то выгоднее всего сделать работу как можно быстрее, а если n рублей за час – как можно медленнее. Главный вопрос – удельная величина выгоды.

Таким образом, рассмотрено несколько разных параметров и установлены для каждого эталонные значения. Все они являются удельными величинами, но для рассматриваемой задачи не подходят, так как не учитывают фактор времени. Вариант создания удельной величины расходов за интервал времени позволит применить его как универсальный параметр сравнения разработанных маршрутов для оценки эффективности перевозок.

3.2 Анализ применения удельных величин с двойственной природой в выборе маршрута

Для анализа применения удельных величин с двойственной природой в выборе маршрута представим рассматриваемые параметры в единой таблице (табл. 5).

Таблица 5 – Сопоставление параметров маршрута на предмет достоверного показателя эффективности

Показатели	Варианты реализации маршрутов						Эталонное значение	
	к1	к2	п1	п2	к	п		
Сумма договора при 15% рентабельности, руб.	1441	1435	1971	1944	1407	2077	<i>min</i>	1407
Расходы, руб/сут	14288	14518	11969	12200	14197	11197	<i>min</i>	11197
Удельная величина расходов, руб/час	1228	1274	1714	1690	1224	1806	<i>max</i>	1806

Параметр «удельной величины расходов» – как раз тот самый показатель, по которому можно произвести выбор наилучшего маршрута (или схемы доставки). С одной стороны, его можно расценивать как эксплуатационные затраты за единицу времени (чем он и является), а с другой, это показатель интенсивности работы на маршруте, то есть сколько в денежном эквиваленте за тот же период времени и при той же работе возможно выполнить полезного труда для покрытия плановых и динамических затрат. Так как каждая трактовка не противоречит друг другу, нужен еще, как минимум, один граничный параметр для того, чтобы осуществить выбор.

В результате было выбрано именно максимальное значение в качестве эталонного для удельной величины расходов, потому что этот показатель рассматривается как интенсивность. Второй показатель для ранжирования – сами расходы. Их эталонный параметр антонимичен рассматриваемой интенсивности, но, в то же время, они находятся в прямой зависимости. Это создает эффект самоограничения в выборе лучшего значения системы, и на основании этого можно получить достоверную информацию (табл. 6).

Таблица 6 – Ранжирование маршрутов по эффективности использования с применением разных параметров

Показатели	Варианты реализации маршрутов					
	к1	к2	п1	п2	к	п
Сумма договора при 15% рентабельности, руб.	1441,29	1435,18	1971,02	1944,04	1407,43	2076,88
Расходы, руб/сут	14287,55	14518,18	11968,89	12199,50	14196,63	11197,07
Удельная величина расходов, руб/час	1228,16	1273,53	1713,92	1690,46	1223,85	1805,98
Относительный показатель удельной величины расходов	0,68	0,71	0,95	0,94	0,68	1,00
Относительный показатель расходов	0,78	0,77	0,94	0,92	0,79	1,00
Относительный показатель стоимости договора	0,98	0,98	0,71	0,72	1,00	0,68
Ранг 1 (по удельной величине расходов)	0,78	0,77	0,94	0,92	0,79	1,00
Ранг 2 (по расходам)	0,34	0,35	0,47	0,47	0,34	0,50
Ранг 3 (по минимальной сумме договора)	0,33	0,33	0,24	0,24	0,33	0,23
Сумма ранга	1,44922	1,45072	1,64805	1,62717	1,46088	1,72589
Рейтинг	6	5	2	3	4	1

По произведенному априорному ранжированию был получен порядок предпочтительного использования сформированных маршрутов по возрастанию. Лучшим оказался проектируемый маршрут с применением паллет, далее (п1) и (п2), потом проектируемый маршрут с коробками и в конце – (к2) и (к1). Примечательно, что маршрут (к2) по многим параметрам оказывается хуже, но, в рамках проведенной расстановки приоритетов и сказывающейся *двойственности удельного параметра* получил общий рейтинг выше, чем маршрут (к1).

Как уже было сказано, для рассматриваемых услуг может существовать два подхода к ценообразованию. Первый, который рассматривался выше, – повременный, то есть с использованием фиксированной или прогрессирующей ставки за единицу рабочего времени. Вторым – сдельный, учитывающий количество выполненной работы.

Использование паллет и оптимальное расположение складов дает грузоперевозчику преимущество во времени, сокращая затраты на перемещение и погрузочно-разгрузочные работы. За счет подобной экономии можно использовать оставшееся рабочее время для выполнения дополнительной работы и, следовательно, получения большей прибыли.

В зависимости от способа ценообразования предлагаемой услуги, имеется большой риск выбора ложного по выгодности маршрута. Так и получилось в сравнении, где большую прибыль давали, отнюдь, не более короткие маршруты с меньшими эксплуатационными затратами, а, наоборот, более продолжительные. На самом деле, в рамках данной работы, многие параметры расходов взяты как линейные, не зависящие от объемов перевозимого груза, сезонных колебаний, инфляционных процессов и других факторов, из-за чего часть реальных затрат на неоптимизированных маршрутах не учитывается [21].

Для более наглядного сравнения рассмотрим следующий сценарий. Из рассмотренных маршрутов, самым долгим является (к2) с продолжительностью 11 часов 34 минуты и 24 секунды (уточненное время) [22, 23]. Все оставшиеся маршруты будут приводиться по этому времени. Тогда, если время на маршруте меньше максимального времени на маршруте среди всех вариантов, то выполняется дополнительная работа пропорциональная разнице во времени. За сдельную цену договора примем 3500 руб./план + эксплуатационные расходы за сутки с учетом дополнительных расходов на оказание экспедиционных услуг, руб. (табл. 7).

Таблица 7 – Сравнение маршрутов при ставке за день договора оказания услуг

Показатели	Варианты реализации маршрутов					
	к1	к2	п1	п2	к	п
Цена договора, руб./план	17787,55	18018,18	15468,89	15699,50	17696,63	14697,07
Прибыль по ценообразованию, руб./план	1008000	1008000	1008000	1008000	1008000	1008000
Рентабельность по ценообразованию за план	24,50 %	24,11 %	29,24 %	28,69 %	24,65 %	31,2 %

По приведенным данным сравнения рентабельности можно видеть, что оптимизированные маршруты и маршруты с применением паллет оказываются более выгодными. Примерно такая же закономерность выявлена при ранжированном сравнении.

Предложенный метод имеет следующую графическую интерпретацию (рис. 1). Когда рассматривается абсолютная величина и созависимое с ней производное удельное значение параметра с разными векторами оптимизации, происходит выделение области выбора оптимума в границах построенных кривых. Разное направление оптимизации рождает не только вышеописанный эффект *самоограничения*, но и демонстрирует *противофазное расположение графиков*.

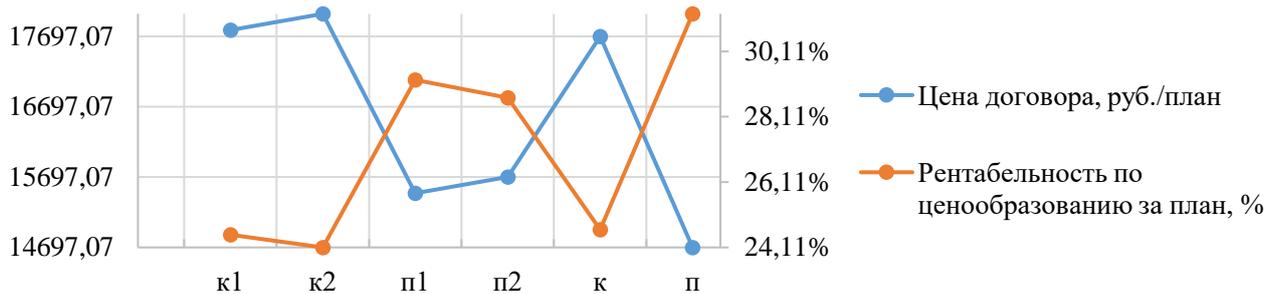


Рисунок 1 – Противофазное расположение созависимых кривых

На основании этого, можно предложить еще один экспресс-метод исследования – *графический*. Рассматривая противофазные графики, можно сказать, что разность функции в соответствующих точках и представляет собой интересующий показатель сравнения. Так приведение одной из созависимых величин к общей величине функции дает такую кривую, которая служит одновременно и как ограничение области определения, и как линия симметрии, относительно которой строится кривая разницы значений приведенного параметра удельной величины к абсолютному показателю, и значений этого самого абсолютного показателя (рис. 2). При этом в условиях существующих ограничений лучшему результату будет соответствовать большее значение разности.

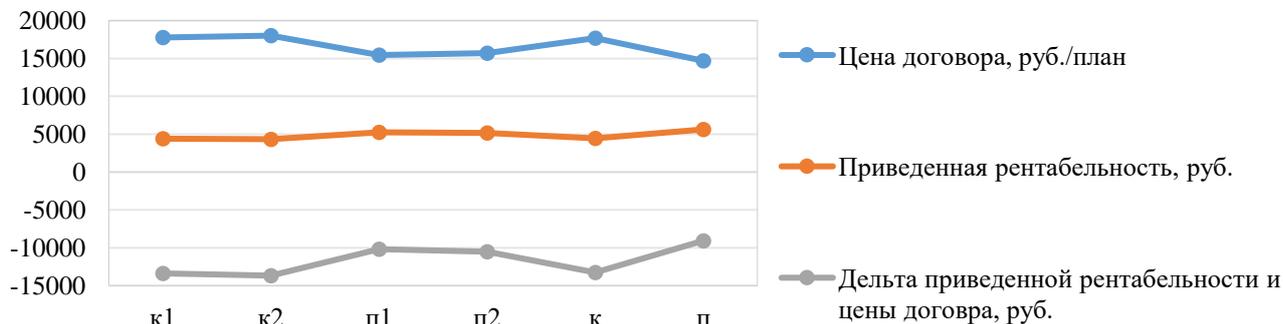


Рисунок 2 – Графический метод исследования приоритета выбора маршрута

На приведенной кривой разницы расположим по убыванию приоритет выбора сравниваемых маршрутов. Тогда будет следующий порядок: к1 – 5; к2 – 6; п1 – 2; п2 – 3; к – 4; п – 1. Показанная последовательность почти полностью повторяет порядок представленный в табл. 6, что свидетельствует о возможности применения как расчетного так и графического методов с минимальным отклонением. Порядок применения графического метода отличается от расчетного, потому что к сравнению были представлены только два параметра для демонстрации принципа самого алгоритма, в то время как расчетный учитывает все три.

Рассмотрим полное сравнение всех маршрутов по сдельной ставке за выполнение плана (табл. 8 - 11).

Таблица 8 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (теоретические базовый вариант 1 и проектный, с применением коробок) [ценообразование: руб./ план]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Теоретическое выполнение относительно базового плана (к2)	1,020468	1,002874	-1,72%
Пробег подвижного состава, км/сут.	153,0702	138,3966	-9,59%
Пробег подвижного состава, км/год	44084,21	39858,21	-9,59%
Эксплуатационные затраты, руб./год	3015027,82	2943887,85	-2,36%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	1113921,62	1022666,34	-8,19%
Рентабельность, %	26,73%	24,97%	-6,58%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	71139,97	-

Таблица 9 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (теоретические базовый вариант 2 и проектный, с применением коробок) [ценообразование: руб./ план]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Теоретическое выполнение относительно базового плана (к2)	1	1,002874	0,29%
Пробег подвижного состава, км/сут.	156	138,3966	-11,28%
Пробег подвижного состава, км/год	44928	39858,21	-11,28%
Эксплуатационные затраты, руб./год	3029235,84	2943887,85	-2,82%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	1008000,00	1022666,34	1,46%
Рентабельность, %	24,11%	24,97%	3,57%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	85347,99	-

Таблица 10 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (теоретические базовый вариант 1 и проектный, с применением паллет) [ценообразование: руб./ план]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Теоретическое выполнение относительно базового плана (к2)	1,665871	1,876344	12,63%
Пробег подвижного состава, км/сут.	263,2076	258,9355	-1,62%
Пробег подвижного состава, км/год	75803,8	74573,42	-1,62%
Эксплуатационные затраты, руб./год	3549010,09	3528288,08	-0,58%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	4809464,95	5992897,62	24,61%
Рентабельность, %	102,31%	128,05%	25,16%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	20722,01	-

Таблица 11 – Результаты анализа изменения процесса технологии транспортно-экспедиционного обслуживания (теоретические базовый вариант 2 и проектный, с применением паллет) [ценообразование: руб./ план]

Показатель, ед.изм.	Базовый вариант	Проект. вариант	Относит. отклонение
Теоретическое выполнение относительно базового плана (к2)	1,612009	1,876344	16,40%
Пробег подвижного состава, км/сут.	264,3695	258,9355	-2,06%
Пробег подвижного состава, км/год	76138,42	74573,42	-2,06%
Эксплуатационные затраты, руб./год	3554636,95	3528288,08	-0,74%
Дополнительные расходы на оказание экспедиционных услуг, руб./год	1152000,00	1152000,00	0,00%
Прибыль, руб./год	4505410,60	5992897,62	33,02%
Рентабельность, %	95,72%	128,05%	33,78%
Годовой экономический эффект, руб./год	-	26348,87	-

4 Обсуждение и заключение

На основании приведенного сравнения, можно сделать вывод, что реальная прибыль оптимизированных маршрутов и маршрутов с использованием паллет значительно превосходит номинальные значения. Кроме того, последнее приведенное сравнение дает возможность по-настоящему оценить эффективность каждого маршрута в отдельности и сопоставить с его аналогом. Так, самым эффективным маршрутом оказался проектируемый с использованием паллет (п). Его реальная прибыль составила почти 6 млн руб./год, а рентабельность более 128%. В то же время, интересными получились результаты сравнения первого варианта базового маршрута с использованием коробок (к1) и проектируемого маршрута с коробками (к). При условии того, что все динамические эксплуатационные затраты во втором случае оказывались меньше, конечная прибыль была ниже, чем у варианта (к1). Это можно объяснить большей долей погрузочно-разгрузочных работ в общем времени на маршруте. Оптимизация размещения складов ближе к точкам разгрузки дала небольшой выигрыш за счет быстрого достижения пункта назначения. Как можно видеть, подобные действия положительно сказались на маршруте с паллетами, потому как при каждой езде в машине оставался достаточный запас грузоподъемности для использования поддонов, а в случае с маршрутами, где были использованы только коробки – это дало негативный прирост времени на маршруте и, в купе с затяжными погрузочно-разгрузочными операциями, даже при условии общего уменьшения расстояния маршрута, реальная прибыль и, соответственно, рентабельность оказались ниже показателей маршрута до оптимизации.

Таким образом, можно сказать, что сравнение маршрутов и их оптимизация требует разностороннего подхода с выявлением всех нюансов и учетом сопутствующих явных и косвенных изменений затрат. Проработка всех сценариев работы позволит подобрать не только эффективный и выгодный вариант, но и не допустить принятие мнимых показателей за достоверную информацию. Рассматриваемый подход может быть интересен тем, что без реального масштабирования, используя удельные величины и определяя приоритеты, можно сравнить различные варианты для выбора из них лучшего [24]. В действительности, лучше всего масштабировать каждую модель и рассматривать абсолютные показатели, представляющие собой наибольшую точность и достоверность.

Список литературы

1 Семенов, С. С. и др. Анализ трудоемкости различных алгоритмических подходов для решения задачи коммивояжера //Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – №. 1. – С. 116-131.

2 Куспеков К. А., Ротков С. И., Сатпаева К. И. Геометрические методы трассировки транспортно-логистических сетей // Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i для задач мониторинга и безопасности (SCVRT1516). – 2016. – С. 175-177.

3 Мамаев Э. А., Хашев А. И. Моделирование транспортных систем: выбор системы поддержки принятия решений // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей. – 2017. – С. 172-176.

4 Menukhova T., Vyushkova A. Using of Regionalization Techniques to Select Optimal Routes Based on Criteria of Road Features // Transportation Research Procedia. – 2017. – Т. 20. – С. 436-442.

5 Вьюшкова А. А., Терентьев А. В., Менухова Т. А. Методологический аспект при выборе оптимальной схемы доставки груза // Инновации на транспорте и в машиностроении. – 2016. – С. 36-37.

6 Топаж А. Г. и др. Оперативное планирование и комбинаторная оптимизация в имитационных моделях транспортной логистики проектного уровня // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – 2019. – С. 235-241.

7 Байшева, Е. А. К вопросу о формировании маршрутов транспортировки грузов / Е. А. Байшева // Будущее науки -2021 : Сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Курск, 21–22 апреля 2021 года / Отв. редактор А.А. Горохов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 212-215. – EDN TUKRRR.

8 Герасимова М. М. и др. Оптимизация материальных потоков лесозаготовленного предприятия на основе теории графов // Логистика и управление цепями поставок. – 2019. – №. 6. – С. 50-57.

9 Бреслава, В. О. Уточнение значения коэффициента эффективности капитальных вложений при определении экономического эффекта от совершенствования организации перевозок / В. О. Бреслава, Т. А. Менухова // Стратегическое развитие социально-экономических систем в регионе: инновационный подход : материалы VI международной научно-практической конференции : сборник статей и тезисов докладов, Владимир, 03 июня 2020 года. – Владимир: Издательско-полиграфическая компания "Транзит-ИКС", 2020. – С. 54-58. – EDN KCEPNL.

10 Менухова, Т. А. Временные критерии для выбора схемы доставки груза / Т. А. Менухова // Транспортное дело России. – 2017. – № 1. – С. 108-110. – EDN YICKZP.

11 Менухова Т. А. Оптимизация оперативного планирования междугородных грузовых автомобильных перевозок : дис. – Санкт-Петербург : Автореф. дис. канд. техн. наук, 2014.

12 Менухова Т. А. Методика определения потребного количества автомобилей в условиях ограниченного интервала времени доставки груза // Записки Горного института. – 2014. – Т. 209. – С. 189-192.

13 Кузнецов А. Л., Кириченко А. В., Семенов А. Д. Оценка времени доставки в сложных цепях поставки с помощью моделирования // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2021. – Т. 13. – №. 3. – С. 372-383.

14 Жуков, В. В. Совершенствование методов планирования маршрутов перевозок крупногабаритных грузов в городских условиях / В. В. Жуков, В. В. Нагорный // Механика, оборудование, материалы и технологии : 4 Международная научно-практическая конференция, Краснодар, 25–26 ноября 2021 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "ПринтТерра", 2021. – С. 552-555. – EDN NAXNNA.

15 Габдулхаков, А. А. Динамическая оптимизация сложных маршрутов в транспортной логистике / А. А. Габдулхаков, Д. С. Завалишин // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 33-38. – DOI 10.17513/snt.38654. – EDN KAXNOY.

16 Лебедева О. А. Анализ методов моделирования спроса на грузовые перевозки с учетом их характеристик // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2021. – Т. 1. – №. 18. – С. 108-112.

- 17 Лебедева О. А. Анализ моделей спроса в грузовых перевозках в рамках различных подходов //Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2021. – №. 8. – С. 177-178.
- 18 Попов Н. В. Совершенствование транспортных перевозок ООО «Деловые Линии» : дис. – Сибирский федеральный университет, 2021.
- 19 Капский Д. В. Проблемы городской логистики симбиотических городов //Автомобильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика. – 2021. – С. 37-43.
- 20 Эглит Я. Я. и др. Возможности применения современных методов в регулировании логистических потоков на транспорте //Системный анализ и логистика. – 2019. – №. 3. – С. 13-20.
- 21 Навасардян А. А., Нуретдинова Ю. В. Оценка и перспективы развития грузовых и пассажирских перевозок //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23. – №. 1. – С. 131-134.
- 22 Матвеев А. Г. Определение времени ездки и технико-эксплуатационных показателей работы автомобилей на междугородних маршрутах при помощи MS Excel в образовательном процессе //Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки. – 2021. – №. 8. – С. 11-17.
- 23 Программа для ЭВМ № 2022617180. Программа по автоматизированному построению графика работы автотранспортных средств на междугородних маршрутах / Матвеев Александр Григорьевич (RU), Менухова Татьяна Анатольевна (RU); правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU); заявл. 24.03.2022; опубл. 19.04.2022, 110 КБ.
- 24 Безматерных К. Л. Имитационное моделирование технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава на маршруте //ТОГУ-Старт: фундаментальные и прикладные исследования молодых. – 2022. – С. 92-98.

References

- 1 Semenov S. S. et al. Analysis of the complexity of various algorithmic approaches for solving the traveling salesman problem // Control Systems, Communications and Security. – 2017. – no. 1. - S. 116-131.
- 2 Kuspekov K. A., Rotkov S. I., Satpaeva K. I. Geometric methods for tracing transport and logistics networks // Situation centers and information-analytical systems of class 4i for monitoring and security tasks (SCVRT1516). - 2016. - S. 175-177.
- 3 Mamaev E. A., Khashev A. I. Modeling of transport systems: choice of decision support system // Transport and logistics: innovative development in the context of globalization of technological and economic ties. - 2017. - S. 172-176.
- 4 Menukhova T., Vyushkova A. Using of Regionalization Techniques to Select Optimal Routes Based on Criteria of Road Features //Transportation Research Procedia. - 2017. - T. 20. - S. 436-442.
- 5 Vyushkova A. A., Terentiev A. V., Menukhova T. A. Methodological aspect in choosing the optimal cargo delivery scheme // Innovations in transport and engineering. - 2016. - S. 36-37.
- 6 Topaj A. G. et al. Operational planning and combinatorial optimization in simulation models of transport logistics at the project level // The ninth all-Russian scientific and practical conference on simulation modeling and its application in science and industry. - 2019. - S. 235-241.
- 7 Baisheva, E. A. To the question of the formation of cargo transportation routes / E. A. Baisheva // The future of science -2021: Collection of scientific articles of the 9th International Youth Scientific Conference. In 6 volumes, Kursk, April 21–22, 2021 / Ed. editor A.A. Gorokhov. - Kursk: Southwestern State University, 2021. - P. 212-215. – EDN TUKRRR.
- 8 Gerasimova M. M. et al. Optimization of material flows of a logging enterprise based on graph theory // Logistics and supply chain management. – 2019. – no. 6. - S. 50-57.
- 9 Breslava, V. O. Clarification of the value of the efficiency coefficient of capital investments in determining the economic effect of improving the organization of transportation / V. O. Breslava, T. A. Menukhova // Strategic development of socio-economic systems in the region: an innovative

approach: materials VI International Scientific and Practical Conference: collection of articles and abstracts, Vladimir, June 03, 2020. - Vladimir: Publishing and printing company "Transit-X", 2020. - P. 54-58. – EDN KCEPNL.

10 Menukhova, T. A. Temporary criteria for choosing a cargo delivery scheme / T. A. Menukhova // Transport business of Russia. - 2017. - No. 1. - P. 108-110. – EDN YICKZP.

11 Menukhova T. A. Optimization of operational planning of long-distance freight road transport: dis. - St. Petersburg: Abstract of the thesis. dis. cand. tech. Sciences, 2014.

12 Menukhova T. A. Methodology for determining the required number of vehicles in a limited time interval for the delivery of cargo // Notes of the Mining Institute. - 2014. - T. 209. - S. 189-192.

13 Kuznetsov A. L., Kirichenko A. V., Semenov A. D. Estimation of delivery time in complex supply chains using simulation. Admiral SO Makarov. - 2021. - T. 13. - No. 3. - S. 372-383.

14 Zhukov, V. V. Improving methods for planning routes for transportation of oversized cargo in urban conditions / V. V. Zhukov, V. V. Nagorny // Mechanics, equipment, materials and technologies: 4th International scientific and practical conference, Krasnodar, November 25–26, 2021. - Krasnodar: PrintTerra Limited Liability Company, 2021. - P. 552-555. – EDN NAXNA.

15 Gabdulkhakov, A. A. Dynamic optimization of complex routes in transport logistics / A. A. Gabdulkhakov, D. S. Zavalishchin // Modern science-intensive technologies. - 2021. - No. 5. - P. 33-38. – DOI 10.17513/snt.38654. – EDN KAXNOY.

16 Lebedeva O. A. Analysis of methods for modeling the demand for freight transportation, taking into account their characteristics // Collection of scientific papers of the Angarsk State Technical University. - 2021. - Vol. 1. - No. 18. - S. 108-112.

17 Lebedeva O. A. Analysis of demand models in freight transportation within the framework of various approaches // Modern technologies and scientific and technical progress. – 2021. – no. 8. - S. 177-178.

18 Popov N.V. Improving the transportation of LLC "Business Lines" : dis. – Siberian Federal University, 2021.

19 Kapsky D. V. Problems of urban logistics of symbiotic cities // Automobile transportation and transport logistics: theory and practice. - 2021. - S. 37-43.

20 Eglit Ya. Ya. et al. Possibilities of using modern methods in the regulation of logistics flows in transport // System analysis and logistics. – 2019. – no. 3. - S. 13-20.

21 Navasardyan A. A., Nuretdinova Yu. V. Evaluation and prospects for the development of freight and passenger transportation // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2021. - T. 23. - No. 1. - S. 131-134.

22 Matveev A. G. Determination of driving time and technical and operational indicators of car operation on long-distance routes using MS Excel in the educational process // Eurasian Union of Scientists. Series: technical and physical and mathematical sciences. – 2021. – no. 8. - S. 11-17.

23 Computer program No. 2022617180. Program for automated scheduling of vehicles on long-distance routes / Alexander Grigoryevich Matveev (RU), Tatyana Anatolyevna Menukhova (RU); copyright holder federal state budgetary educational institution of higher education "St. Petersburg Mining University" (RU); dec. 03/24/2022; publ. 04/19/2022, 110 KB.

24 Bezmaternykh K. L. Simulation modeling of technical and operational indicators of rolling stock operation on the route // TOGU-Start: fundamental and applied research of young people. - 2022. - S. 92-98.