

УДК 656.078

*Н. В. Баранова*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»,  
Новосибирск, e-mail: baranovan2000@mail.ru

## СОСТАВЛЕНИЕ ОПОРНОГО ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ПЛАНА РАССТАНОВКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

**Ключевые слова:** транспорт, автомобильный транспорт, маршрутизация, метод совмещенных матриц, расстановка порожнего подвижного состава.

Вопрос приоритетного обслуживания клиентов имеет прямое отношение к получаемой перевозчиком прибыли. Необходимо так распределить имеющийся подвижной состав на маршруты, чтобы его возвращение порожнем имело минимальные ресурсные затраты. В процессе решения прикладных задач управления транспортом, независимо от степени их сложности, возникающих перед предприятием в рыночной экономике, правильным будет применение математических методов. В статье рассматривается один из этапов применения метода совмещенных матриц, касающийся расстановки порожнего подвижного состава в рамках процесса маршрутизации перевозок однородного груза. В результате был получен опорный первоначальный план расстановки, который далее должен быть использован для составления совмещенной матрицы. Наилучшими методами расстановки порожнего подвижного состава являются метод наименьшего элемента и метод двойного предпочтения.

*N. V. Baranova*

Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, e-mail: baranovan2000@mail.ru

## DRAWING UP A BASIC INITIAL PLAN FOR THE PLACEMENT OF ROLLING STOCK

**Keywords:** transport, road transport, routing, method of combined matrices, arrangement of empty rolling stock.

The issue of priority customer service is directly related to the profit received by the carrier. It is necessary to distribute the existing rolling stock on routes so that its return empty has minimal resource costs. In the process of solving applied transport management problems, regardless of the degree of their complexity, which arise before an enterprise in a market economy, the correct application of mathematical methods will be. The article considers one of the stages of application of the combined matrix method, concerning the arrangement of empty rolling stock in the framework of the routing process of transportation of homogeneous cargo. As a result, a reference initial layout plan was obtained, which should then be used to compile a combined matrix. The best methods of arranging empty rolling stock are the method of the smallest element and the method of double preference.

### Введение

Планирование работы транспортного предприятия подчас становится достаточно сложной задачей – требуется учесть большое число факторов, влияющих на конечный результат процесса перевозки. Выходом в данном случае будет являться применение широкого ассортимента математических методов, позволяющих найти первоначальный оптимальный вариант осуществления доставки по определенным маршрутам.

Маршрутизация перевозок – это составление маршрутов движения подвижного состава или его порядок следования между пунктами производства и потребления [1, с. 450].

В результате осуществления маршрутизации должен быть получен такой маршрут следования подвижного состава, который позволяет наиболее эффективно использовать его грузоподъемность, выигрывать по времени доставки, по величине расхо-

дов на перевозку, или по какому-либо другому фактору, важному для транспортного предприятия.

**Целью** исследования является получение простого алгоритма шагов, необходимых для получения первоначальной матрицы расстановки порожнего подвижного состава.

### Материалы и методы исследования

При осуществлении массовых перевозок грузов рациональным будет использование экономико-математических методов, позволяющих реализовать научный подход к разработке путей движения подвижного состава на основе полученных оптимальных маршрутов. Наиболее простыми, но, вместе с тем, позволяющие получить оптимальное решение задачи транспортировки грузов, являются методы линейного программирования. Одним из них является метод совмещенных матриц [3, с. 140; 4, с. 81].

Для решения задачи нахождения оптимального плана перевозки грузов по методу совмещенных матриц одним из необходимых этапов является составление матрицы порожнего подвижного состава. Сам же метод состоит из следующих этапов:

1. составление исходной матрицы грузоотправителей и грузополучателей
2. составление матрицы расстояний между пунктами перевозки
3. составление матрицы порожнего подвижного состава
4. составление совмещенной матрицы
5. нахождение оптимальных маятниковых маршрутов и кольцевых маршрутов.

Решение, полученное в результате применения выбранного метода, не является идеальным, поскольку учесть все многообразие факторов, действующих в реальности,

не представляется возможным. Таким образом, в задачу следует внести определенные ограничения: груз, подлежащий доставке, является однородным; используется одинаковый подвижной состав; грузоподъемность подвижного состава используется максимально; заявка потребителя на доставку имеет разовый характер. Цель – выбор первоочередного обслуживания тех потребителей, работа с которыми даст минимум убыточных рейсов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Составление исходной матрицы грузоотправителей и грузополучателей. Традиционно исходная матрица принимает следующий вид (таблица 1).

Составление матрицы расстояний между пунктами перевозки. Этот шаг облегчает дальнейший процесс формирования совмещенной матрицы (таблица 2).

Составление матрицы порожнего подвижного состава. Как правило, назначение подвижного состава на маршрут осуществляется по количеству ездов, которые необходимо сделать для полного обслуживания грузополучателя. При этом каждый пункт грузоотправителей имеет в наличии две единицы подвижного состава, грузоподъемностью 20 т. Коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma = 0,8$ . Тогда дополнительные расчетные данные о количестве ездов (таблица 3).

По итогам расчета видно, что автомашина целиком требуется в пункте Залесово. В остальные пункты машины пойдут недогруженными, и, таким образом, составление маятниковых маршрутов возможно, но нерентабельно.

Таблица 1

Исходная матрица грузоотправителей и грузополучателей

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т
Кемерово	5	8	2	3	6	7	4	6	5	9	2	57
Новосибирск	4	6	-	2	5	8	12	3	7	3	5	55
Новоалтайск	2	7	14	3	6	8	5	16	4	7	4	76
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188

Таблица 2

Матрица расстояний

Пункт	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просоково	Топки	Новоалтайск	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск
Кемерово	217	97	260	415	134	137	37	395	269	123	238	600
Томск	-	106	259	490	132	81	190	471	473	327	359	699
Юрга		-	173	403	46	18	92	385	370	230	272	693
Новосибирск			-	232	132	179	233	213	243	271	153	857
Барнаул				-	363	410	441	17	151	295	189	1011
Болотное					-	54	106	344	389	244	237	730
Просоково						-	109	391	392	247	278	733
Топки							-	419	292	147	250	633
Новоалтайск								-	131	275	170	991
Залесово									-	149	100	865
Белово										-	240	719
Маслянино											-	834
Белоярск												-

Таблица 3

Расчетное количество ездов для обслуживания одного грузополучателя

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Итого по вывозу
Кемерово	0,31	0,50	0,13	0,19	0,38	0,44	0,25	0,38	0,31	0,56	0,13	3,56
Новосибирск	0,25	0,38	0,00	0,13	0,31	0,50	0,75	0,19	0,44	0,19	0,31	3,44
Новоалтайск	0,13	0,44	0,88	0,19	0,38	0,50	0,31	1,00	0,25	0,44	0,25	4,75
Итого по завозу	0,69	1,31	1,00	0,50	1,06	1,44	1,31	1,56	1,00	1,19	0,69	11,75

Однако кольцевые маршруты, составленные по минимуму порожнего пробега, позволят более эффективно использовать подвижной состав на разовых заказах клиентов. Осуществим расстановку имеющихся шести машин исходя не из количества ездов, а из грузоподъемности подвижного состава, который будет возвращаться пустым обратно к грузоотправителю. Тогда пункты завоза будут являться источниками порожнего подвижного состава. Решением вопроса о расстановке порожнего под-

вижного состава будет являться его первоначальный опорный план, который может быть составлен с помощью методов «северо-западного угла», «наименьшего элемента», двойного предпочтения и аппроксимации Фогеля.

Метод северо-западного угла, также называемый диагональным, предполагает распределение подвижного состава последовательно по клеткам матрицы, начиная с левой верхней и далее уступами по диагонали к нижней правой [2, с. 9].

Метод наименьшего элемента является модификацией метода северо-западного угла, учитывающим специфику матрицы расстояний, что позволяет сразу получить достаточно экономичный план и сократить общее количество итераций по его оптимизации [2, с. 11].

Метод приближенной аппроксимации Фогеля можно назвать модификацией метода наименьшей стоимости [2, с. 14].

Метод двойного предпочтения следует применять в случае большой размерности таблицы, так как перебор всех элементов будет затруднителен [2, с. 16].

Результаты использования этих методов для расстановки порожнего подвижного состава (обозначен числом в скобках) приве-

дены в таблицах 4-7. В случае если мощностей по вывозу затребованного получателем груза не хватает, в задачу вводится фиктивный поставщик.

Оценим качество расстановки порожнего подвижного состава с помощью определения величины порожнего пробега от пункта разгрузки до склада (таблица 8).

Поскольку подвижной состав возвращается порожнем, но при этом эксплуатационные расходы на 1 км пути остаются неизменными, то наилучшими методами следует считать Метод наименьшего элемента и Метод двойного предпочтения по наименьшей величине отрицательного экономического эффекта.

**Таблица 4**

Матрица расстановки порожнего подвижного состава методом северо-западного угла

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск
Кемерово (32)	(11)	(21)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Новосибирск (32)	0	0	-	(8)	(17)	(7)	0	0	0	0	0
Новоалтайск (32)	0	0	(16)	0	0	(16)	0	0	0	0	0
Фиктивный						0	(21)	(24)	(16)	(19)	(11)
Итого по завозу	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11

**Таблица 5**

Матрица расстановки порожнего подвижного состава методом наименьшего элемента

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т
Кемерово (32)	217 0	97 (11)	260 0	415 0	134 0	137 0	37 (21)	269 0	123 0	238 0	600 0	57
Новосибирск (32)	259 0	173 0	-	232 0	132 (17)	179 0	233 0	243 0	271 0	153 (15)	857 0	55
Новоалтайск (32)	471 0	385 0	213 0	17 (8)	344 0	391 0	419 0	131 (24)	275 0	170 0	991 0	76
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	0 0	0 0	0 (23)	0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 (11)	0
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188

Таблица 6

Матрица расстановки порожнего подвижного состава методом приближенной аппроксимации Фогеля

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т
Кемерово (32)	217 0	97 0	260 0	415 0	134 0	137 0	37 (21)	269 0	123 0	238 0	600 (11)	57
Новосибирск (32)	259 0	173 0	-	232 0	132 (17)	179 0	233 0	243 0	271 0	153 (15)	857 0	55
Новоалтайск (32)	471 0	385 0	213 0	17 (8)	344 0	391 0	419 0	131 (24)	275 0	170 0	991 0	76
Фиктивный	0 (11)	0 (21)	0 (16)	0 0	0 0	0 (23)	0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 0	0
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188

Таблица 7

Матрица расстановки порожнего подвижного состава методом двойного предпочтения

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т
Кемерово (32)	217+ 0	97+ (11)	260 0	415 0	134 0	137+ 0	37++ (21)	269 0	123+ 0	238 0	600+ 0	57
Новосибирск (32)	259 0	173 0	-	232 0	132++ (17)	179 0	233 0	243 0	271 0	153+ (15)	857 0	55
Новоалтайск (32)	471 0	385 0	213+ 0	17++ (8)	344 0	391 0	419 0	131+ (24)	275 0	170 0	991 0	76
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	0 0	0 0	0 (23)	0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 (11)	0
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188

Таблица 8

Суммарная транспортная работа при возвращении подвижного состава на склад

Показатель	Метод северо-западного угла	Метод наименьшего элемента	Метод приближенной аппроксимации Фогеля	Метод двойного предпочтения
Транспортная работа (P), ткм	19441	9663	15196	9663

Рассмотрим возможность оптимизации первоначального плана расстановки порожнего подвижного состава с помощью метода потенциалов [1, с. 442]. Поскольку основной целью является минимизация транспортной работы, совершенной порожним подвиж-

ным составом, то оптимальный вариант расстановки получится, если в занятых ячейках матрицы будут стоять нулевые потенциалы, а в свободных ячейках они будут положительными величинами. Дополним матрицы расстановки подвижного состава ячейками,

содержащими рассчитанные значения потенциалов (таблица 9, 10). Итог определения потенциалов свободных ячеек матрицы расположен слева вверху в виде символа (+) либо (-), соответствующего знаку полученного при расчете потенциала ячейки значения.

Поскольку в таблице 9 условие проверки соблюдено, то полученная методом наи-

меньшего элемента матрица является оптимальным планом расстановки порожнего подвижного состава.

В таблице 10 условие проверки также соблюдено, и полученная методом двойного предпочтения матрица является оптимальным планом расстановки порожнего подвижного состава.

Таблица 9

Проверка матрицы расстановки порожнего подвижного состава методом наименьшего элемента

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+ 217 0	97 (11)	+ 260 0	+ 415 0	+ 134 0	+ 137 0	37 (21)	+ 269 0	+ 123 0	+ 238 0	+ 600 0	57	0
Новосибирск (32)	+ 259 0	+ 173	-	+ 232 0	132 (17)	+ 179 0	+ 233 0	+ 243 0	+ 271 0	153 (15)	+ 857 0	55	56
Новоалтайск (32)	+ 471 0	+ 385 0	+ 213 0	17 (8)	+ 344 0	+ 391 0	+ 419 0	131 (24)	+ 275 0	+ 170 0	+ 991 0	76	34
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	+ 0 0	+ 0 0	0 (23)	+ 0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 (11)	0	-97
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	97	97	97	-17	76	97	37	97	97	97	97		

Таблица 10

Проверка матрицы расстановки порожнего подвижного состава методом двойного предпочтения

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+217+ 0	97+ (11)	+260 0	+415 0	+134 0	+137+ 0	37++ (21)	+269 0	+123+ 0	+238 0	+600+ 0	57	0
Новосибирск (32)	+259 0	+173 0	-	+232 0	132++ (17)	+179 0	+233 0	+243 0	+271 0	153+ (15)	+857 0	55	56
Новоалтайск (32)	+471 0	+385 0	+213+ 0	17++ (8)	+344 0	+391 0	+419 0	131+ (24)	+275 0	+170 0	+991 0	76	34
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	+ 0 0	+ 0 0	0 (23)	+ 0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 (11)	0	-97
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	97	97	97	-17	76	97	37	97	97	97	97		

Рассмотрим априори нерациональную матрицу расстановки порожнего подвижного состава по Методу приближенной аппроксимации Фогеля, и проверим ее на оптимальность (таблица 11).

Все потенциалы в таблице 11 найти не удалось. Проверим выполнение условия сбалансированности матрицы – число занятых ячеек матрицы должно быть равно сумме числа пунктов завоза и числа пунктов вывоза за минусом единицы. Это условие не соблюдается, так как число занятых ячеек в матрице 13, а число выполнения условия сбалансированности 14. Необходимо искусственно

занять еще одну ячейку в матрице, записав туда нулевую поставку, а затем продолжить вычисление потенциалов (таблица 12).

В результате проверки в некоторых свободных ячейках появились отрицательные значения потенциалов, что говорит о неоптимальности матрицы расстановки подвижного состава. Необходимо осуществить перераспределение подвижного состава с помощью построения контура [1, с. 443]. Результаты перераспределения расстановки порожнего подвижного состава (таблицы 13,14).

Проверим новую расстановку на оптимальность методом потенциалов (таблица 15).

Таблица 11

Проверка матрицы расстановки порожнего подвижного состава методом приближенной аппроксимации Фогеля (шаг 1)

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	217 0	97 0	260 0	415 0	134 0	137 0	37 (21)	269 0	123 0	238 0	600 (11)	57	
Новосибирск (32)	259 0	173 0	-	232 0	132 (17)	179 0	233 0	243 0	271 0	153 (15)	857 0	55	0
Новоалтайск (32)	471 0	385 0	213 0	17 (8)	344 0	391 0	419 0	131 (24)	275 0	170 0	991 0	76	-22
Фиктивный	0 (11)	0 (21)	0 (16)	0 0	0 0	0 (23)	0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 0	0	-153
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	153	153	153	39	132	153		153	153	153			

Таблица 12

Проверка матрицы расстановки порожнего подвижного состава методом приближенной аппроксимации Фогеля (шаг 2)

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Просокково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+217 0	97 (0)	+260 0	+415 0	+134 0	+137 0	37 (21)	+269 0	+123 0	+238 0	600 (11)	57	-56
Новосибирск (32)	+259 0	+173 0	-	+232 0	132 (17)	+179 0	+233 0	+243 0	+271 0	153 (15)	+857 0	55	0
Новоалтайск (32)	+471 0	+385 0	+213 0	17 (8)	+344 0	+391 0	+419 0	131 (24)	+275 0	170 0	991 0	76	-22
Фиктивный	0 (11)	0 (21)	0 (16)	+0 0	+0 0	0 (23)	+0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	-0 0	0	-153
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	153	153	153	39	132	153	93	153	153	153	656		

Таблица 13

Перераспределение расстановки порожнего подвижного состава  
(метод приближенной аппроксимации Фогеля) (шаг 1)

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Проскоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+217 0	97 (0)	+260 0	+415 0	+134 0	+137 0	37 (21)	+269 0	+123 0	+238 0	600 (11)	57	-56
Новосибирск (32)	+259 0	+173 0	-	+232 0	132 (17)	+179 0	+233 0	+243 0	+271 0	153 (15)	+857 0	55	0
Новоалтайск (32)	+471 0	+385 0	+213 0	17 (8)	+344 0	+391 0	+419 0	131 (24)	+275 0	170 0	991 0	76	-22
Фиктивный	0 (11)	0 (21)	0 (16)	+0 0	+0 0	0 (23)	+0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	-0 0	0	-153
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	153	153	153	39	132	153	93	153	153	153	656		

Таблица 14

Перераспределение расстановки порожнего подвижного состава  
(метод приближенной аппроксимации Фогеля) (шаг 2)

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Проскоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+217 0	97 (11)	+260 0	+415 0	+134 0	+137 0	37 (21)	+269 0	+123 0	+238 0	600 (0)	57	-56
Новосибирск (32)	+259 0	+173 0	-	+232 0	132 (17)	+179 0	+233 0	+243 0	+271 0	153 (15)	+857 0	55	0
Новоалтайск (32)	+471 0	+385 0	+213 0	17 (8)	+344 0	+391 0	+419 0	131 (24)	+275 0	170 0	991 0	76	-22
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	+0 0	+0 0	0 (23)	+0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	-0 (11)	0	-153
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	153	153	153	39	132	153	93	153	153	153	656		

Таблица 15

Проверка новой матрицы расстановки

Пункт завоза	Томск	Юрга	Новосибирск	Барнаул	Болотное	Проскоково	Топки	Залесово	Белово	Маслянино	Белоярск	Объем вывоза, т	Потенциалы строк
Кемерово (32)	+217 0	97 (11)	+260 0	+415 0	+134 0	+137 0	37 (21)	+269 0	+123 0	+238 0	+600 0	57	-34
Новосибирск (32)	+259 0	+173 0	-	+232 0	132 (17)	+179 0	+233 0	+243 0	+271 0	153 (15)	+857 0	55	22
Новоалтайск (32)	+471 0	+385 0	+213 0	17 (8)	+344 0	+391 0	+419 0	131 (24)	+275 0	+170 0	+991 0	76	0
Фиктивный	0 (11)	0 (10)	0 (16)	+0 0	+0 0	0 (23)	+0 0	0 (1)	0 (16)	0 (4)	0 (11)	0	-131
Объем завоза, т	11	21	16	8	17	23	21	25	16	19	11	188	
Потенциалы столбцов	131	131	131	17	110	131	71	131	131	131	131		



Суммарная транспортная работа подвижного состава у проверенных на оптимальность матриц

Показатель	Метод наименьшего элемента	Метод приближенной аппроксимации Фогеля	Метод двойного предпочтения
Транспортная работа (P), ткм	9663	9663	9663

В таблице 15 условие проверки соблюдено, а полученная новая матрица является оптимальным планом расстановки порожнего подвижного состава. Вместе с тем, полученная расстановка аналогична расстановке, полученной методом наименьшего элемента и методом двойного предпочтения.

**Вывод**

Оценим качество расстановки порожнего подвижного состава всех проверенных

на оптимальность матриц (таблица 16). Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшими методом расстановки порожнего подвижного состава являются метод наименьшего элемента и метод двойного предпочтения, как дающие минимальную суммарную транспортную работу, так и по простоте использования, поскольку полученные с их помощью матрицы были оптимальны уже на первом шаге.

*Библиографический список*

1. Грузовые автомобильные перевозки / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 559 с.
2. Карлова М.Ю. Моделирование и оптимизация экономических задач транспортного типа: учебное пособие. Липецк: ЛГПУ, 2019. 132 с.
3. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 1994. 304 с.
4. Рябчинский А.И., Гудков В.А., Кравченко Е.А. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса. Москва: Академия, 2011. 254 с.