

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ
В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК**

Монография

**Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2012**

УДК 631.1: 656.13:621.311

Щитов С.В. Оптимизация энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК: монография/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца. - Благовещенск: ДальГАУ, 2012. – 151 с.

Представленная монография включает в себя результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных авторами в ФГБОУ ВПО ДальГАУ, по вопросу оптимизации энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК Амурской области.

Монография предназначена для научных, инженерно-технических работников, занимающихся транспортно-технологическим обеспечением АПК.

Рецензенты

А.М. Емельянов, д-р. техн. наук, профессор;

С.А. Иванов, д-р. техн. наук, директор ООО «Соевые технологии»

Рекомендовано к печати научно-техническим советом ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (Протокол №6 от 24 января 2012 года).

ISBN 978-5-9642-1156-4

© Щитов С.В., Кривуца З.Ф., 2012

© Издательство ДальГАУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Для Амурской области, как и для России в целом, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей экономики, важнейшей составной частью производственной инфраструктуры, удельный вес транспорта в структуре валового регионального продукта составляет 22,2 %. В состав транспортного комплекса Амурской области входят инфраструктурные объекты железнодорожного и автомобильного транспорта, внутренние водные магистрали, объекты гражданской авиации. Объем перевозок грузов по транспорту составил в 2011 году 43,4 млн.тонн. Развитие транспортного комплекса Амурской области приобретает особое значение как необходимое условие реализации инновационной модели экономического роста и занимает ведущее место в транспортно-технологическом обеспечении АПК [4].

Целью настоящих исследований явилось определение на региональном уровне основных направлений повышения эффективности функционирования транспортной системы и создание условий для обеспечения инновационного развития Амурской области, а также улучшение качества и расширение доступности транспортно-технологического обеспечения АПК. Для достижения поставленной цели необходимо развитие современной и эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей ускорение товародвижения и снижение транспортных издержек в экономике региона и формирование единого транспортного пространства региона. Единое транспортное пространство Амурской области должно включать в себя сбалансированную систему транспортных коммуникаций, интегрированную систему товаро-транспортной технологической инфраструктуры всех видов транспорта и грузовладельцев, единые стандарты технологической совместимости различных видов транспорта, оптимизирующие их взаимодействие. При этом огромная роль должна отводиться снижению энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК, так как они являются главными составляющими эффективного развития Амурской области.

1 ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

1.1 Роль автомобильного транспорта в транспортно-технологическом обеспечении АПК

Важным направлением хозяйственной деятельности Амурской области является производство сельскохозяйственной продукции и, в частности, зерновых культур и сои. Для возделывания данных культур разработаны технологии, отвечающие биологическим особенностям возделываемых культур, природным условиям зон. Как известно, получение высокого урожая во многом зависит от своевременного проведения основных сельскохозяйственных работ. Немаловажная роль при этом отводится на долю автомобильного транспорта по доставке посевного материала и удобрений, а также вывозу собранного урожая [89,115,116].

Автомобильный транспорт является наиболее гибким и мобильным компонентом транспортной системы. Важнейшей отличительной особенностью современного отечественного парка автотранспортных средств является разномарочность, неоднородность и сильная изношенность. На дорогах Амурской области появилось большое количество иномарок различных лет выпуска и разного технического состояния. Резко увеличилась интенсивность транспортных потоков, и соответственно, возросли нагрузки на подвижной состав и дороги.

На автомобильный транспорт приходится более 80% общего количества перевозимых грузов [89]. В связи с разукрупнением предприятий, расширением сети межпроизводственных связей, уменьшением объемов партий транспортируемых грузов возрастает роль автомобиля как наиболее мобильного и доступного транспортного средства. Так как автомобили перевозят грузы, по сравнению с другими видами транспорта на небольшие расстояния, то удельный вес грузооборота автомобильным транспортом в России

остается всего 7% от общего грузооборота страны, в то время как в зарубежных странах этот показатель доходит до 75%. Основные сферы всё более расширяющегося целесообразного применения автомобильного транспорта — развоз и подвоз грузов к магистральным видам транспорта, перевозки промышленных и сельскохозяйственных грузов на короткие расстояния, внутригородские перевозки, перевозки грузов для торговли и строительства.

Автомобильный транспорт является неотъемлемой частью сельскохозяйственных предприятий. В структуре машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Амурской области автомобильный транспорт составляет 28 % (рис.1.1) /89/.

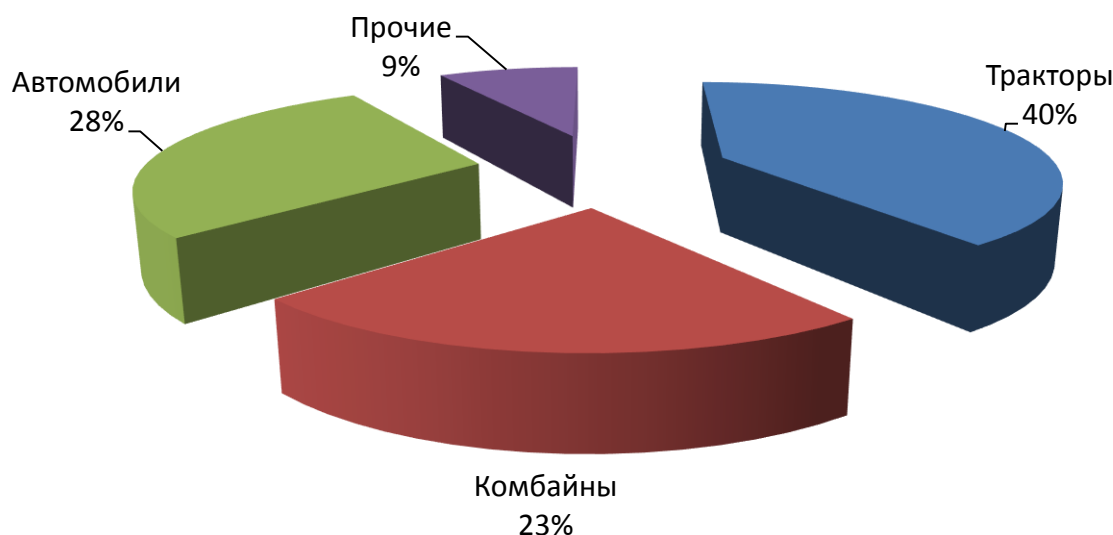
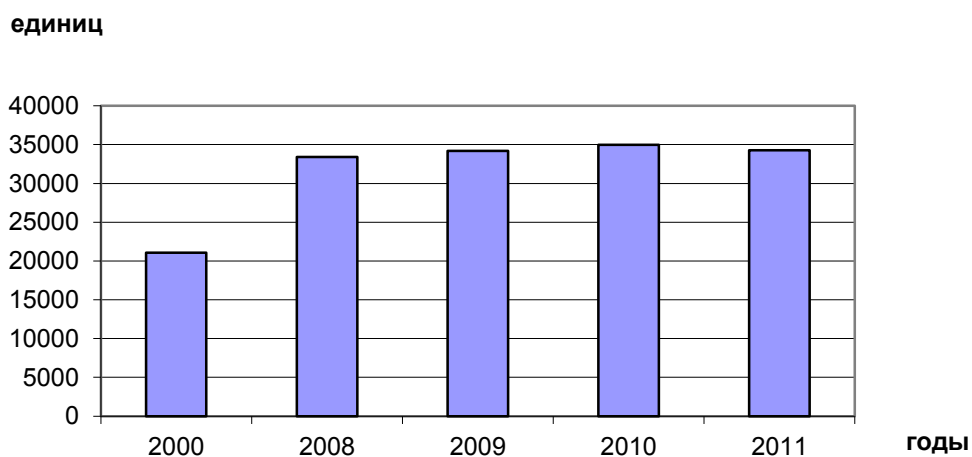


Рис. 1.1. Структура машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Амурской области

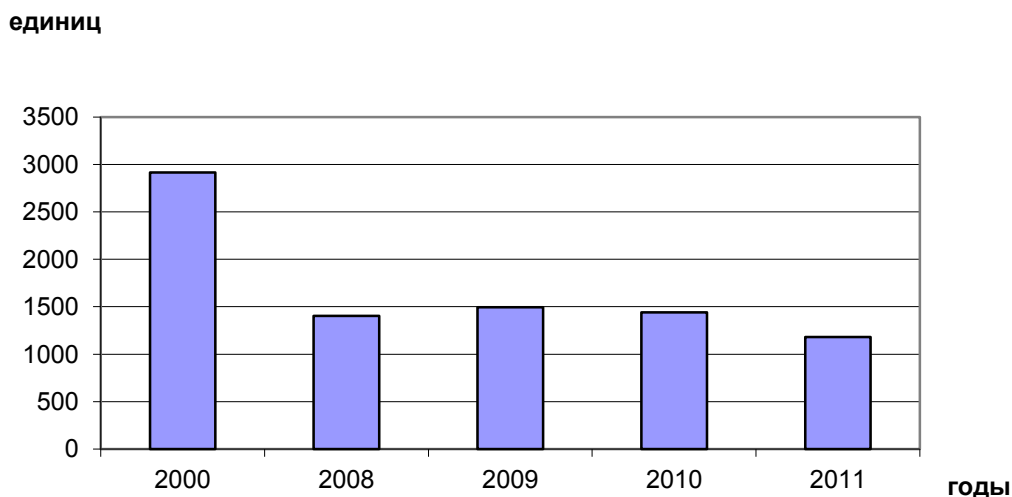
На его долю приходится основная часть всех грузоперевозок предприятия. К ним относятся транспортное обслуживание полеводческих бригад, и животноводческих ферм, транспортировка сельскохозяйственной продукции в пункты хранения, переработки и реализации, доставка на предприятия всех необходимых товаров, строительных материалов, запчастей, ГСМ, угля, удобрений, посевного материала и других грузов. В связи с этим автопарк

сельскохозяйственных предприятий представлен преимущественно грузовыми автомобилями отечественного производства марок: КамАЗ, ЗИЛ, ГАЗ.

Анализ автопарка грузовых автомобилей Амурской области показывает, что в период с 2000 по 2011 годы количество грузовых автомобилей увеличилось с 21084 по 37440 единиц (рис.1.2) [89].



а)



б)

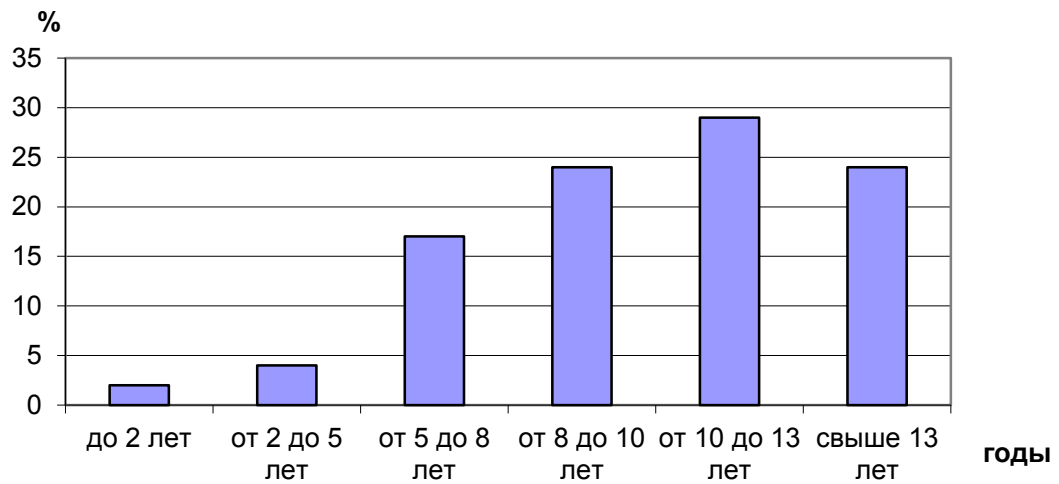
Рис. 1.2. Автопарк грузовых автомобилей Амурской области и с.-х. предприятий

а) автопарк грузовых автомобилей Амурской области;

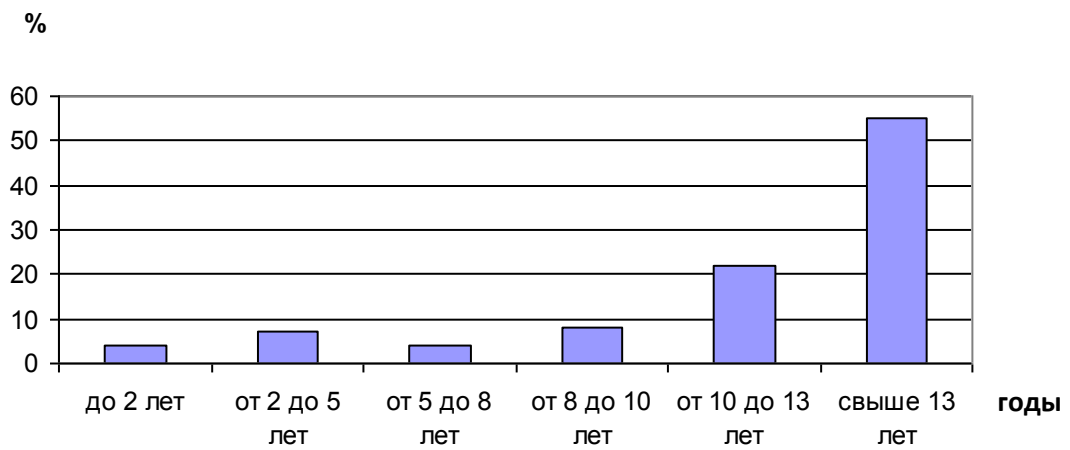
б) автопарк грузовых автомобилей с.-х. предприятий

Однако, автопарк сельскохозяйственных предприятий за тот же период сокращается с 2915 до 1182 единиц. При этом следует отметить, что значительные сокращения автопарка сельскохозяйственных предприятий произошли в периоды с 2000 по 2008 годы, с 2915 до 1402 единиц и с 2010 по 2011 годы с 1441 до 1182 единиц. Основной причиной сокращения автопарка сельскохозяйственных предприятий является значительный срок их эксплуатации. Так, с 2003 по 2011 годы количество автомобилей со сроком эксплуатации свыше 13 лет увеличилось с 24 % до 61% (рис. 1.3). С 2000 года происходило списание автомобилей со сроком эксплуатации свыше 13 лет. Приобретение новых автомобилей практически не производилось. Тенденция снижения количества автомобилей приведет к негативным последствиям в производстве сельскохозяйственной продукции.

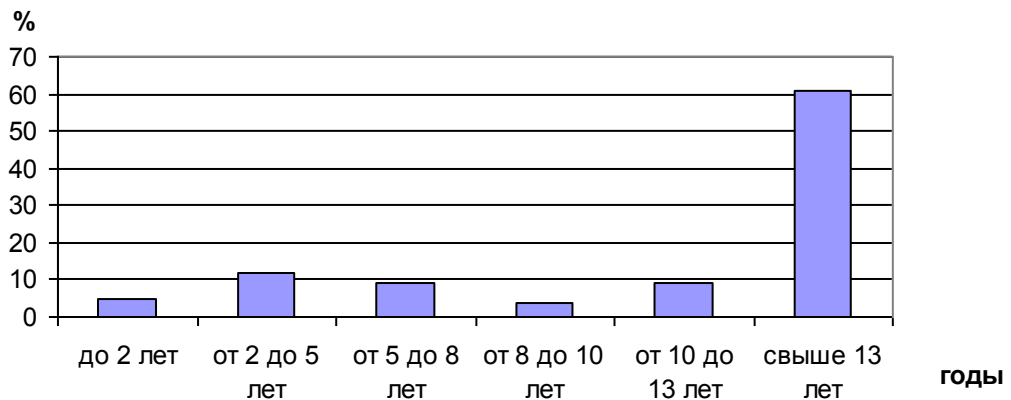
Автомобильный транспорт является одним из важнейших составляющих агропромышленного комплекса (АПК). Он выполняет роль связующего звена в единой технологической цепи агропромышленного производства. Обеспечивая материальные потоки разнообразных производственных ресурсов, промежуточной и конечной сельскохозяйственной продукции на всех стадиях и этапах её воспроизводства, автомобильный транспорт выступает как интегратор производственной деятельности сельскохозяйственных, перерабатывающих, обслуживающих и строительных предприятий. Хорошо налаженная система автотранспортного обслуживания - неременное условие успешной деятельности любого агропромышленного формирования. Влияние автотранспорта на ход, эффективность и конечные результаты агропромышленного производства проявляется через уровни транспортных издержек и качества автотранспортного обслуживания. Основными показателями, характеризующими транспортное обслуживание, являются объём перевозок и грузооборот [89], который представлен в таблице 1.1 и на рисунке 1.4.



а)



б)



в)

Рис. 1.3. Возрастная структура автопарка грузовых автомобилей с.-х. предприятий Амурской области

а) в 2009 году; б) в 2010 году; в) в 2011 году.

Таблица 1.1

Перевозки грузов по видам транспорта в Амурской области

Год	Транспорт, всего	В том числе, тыс.т.:			
		железно- дорожный	автомо- бильный	водный	воздушный
2004	9429,6	7540,0	879,3	1010,3	—
2005	10490,2	8766,0	677,2	1047,0	—
2006	9982,5	8372,0	851,1	759,4	—
2007	12178,1	7840,0	3473,1	865,0	—
2008	9840,0	6702,0	1826,0	1312,0	—
2009	8950,7	6289,0	2051,5	610,1	—
2010	23303,8	21236,8	1397,3	669,7	—
2011	43394,1	22187,8	19994,2	1212,1	—

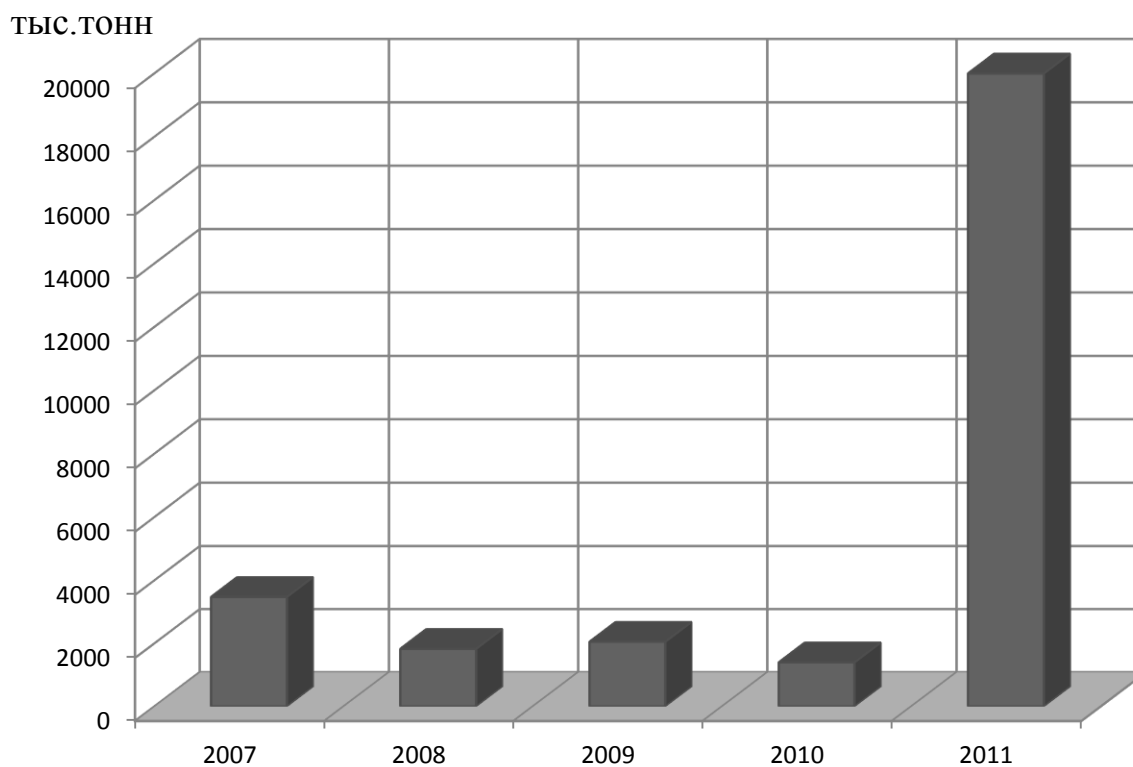


Рис. 1.4. Объем перевозок грузов автомобильным транспортом

На рисунке 1.5 представлена структура перевозок грузов транспортом в Амурской области за 2011 год, включая железнодорожный, автомобильный и водный [89]. Из рисунка 1.5 видно, что на долю автомобильного транспорта приходится 18,6% от общего объёма перевозок.

Грузооборот по видам транспорта представлен в таблице 1.2. Для лучшего анализа грузооборота по годам на рисунке 1.6 представлена динамика грузооборота, осуществлённого автомобильным транспортом. Проанализировав данные можно сказать, что с каждым годом величина грузооборота увеличивается, достигнув максимального значения в 2011 году - 85068 млн.т-км.

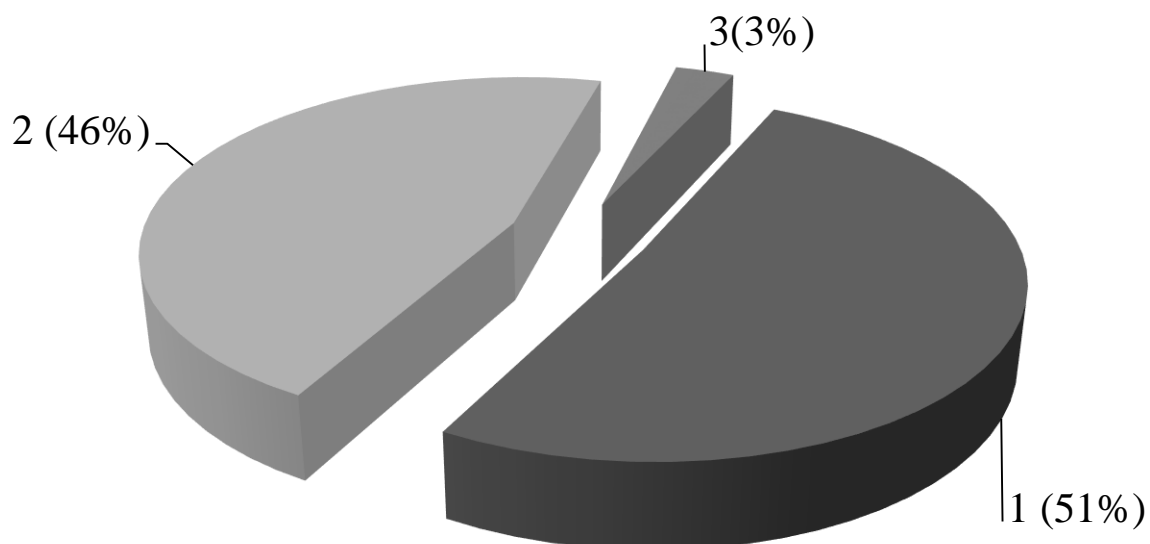


Рис.1.5. Структура перевозок грузов по видам транспорта за 2011 год:

1-железнодорожный транспорт; 2 – автомобильный транспорт;
3 – водный транспорт

Таблица 1.2

Грузооборот по видам транспорта в Амурской области

Год	Транспорт, всего	В том числе, мил.т-км:			
		железно- дорожный	автомо- бильный	водный	воздушный
2004	60174,4	60017,4	48,6	108,5	—
2005	58629,4	58473,5	51,2	104,7	—
2006	53952,5	53782,2	48,9	121,4	—
2007	56959,1	56692,8	142,8	123,5	—
2008	60619,7	60327,3	235,3	57,1	—
2009	63849,9	63678,2	149,3	21,4	—
2010	79653	78827,2	811,1	14,7	—
2011	85068	84662,4	378,3	27,3	—

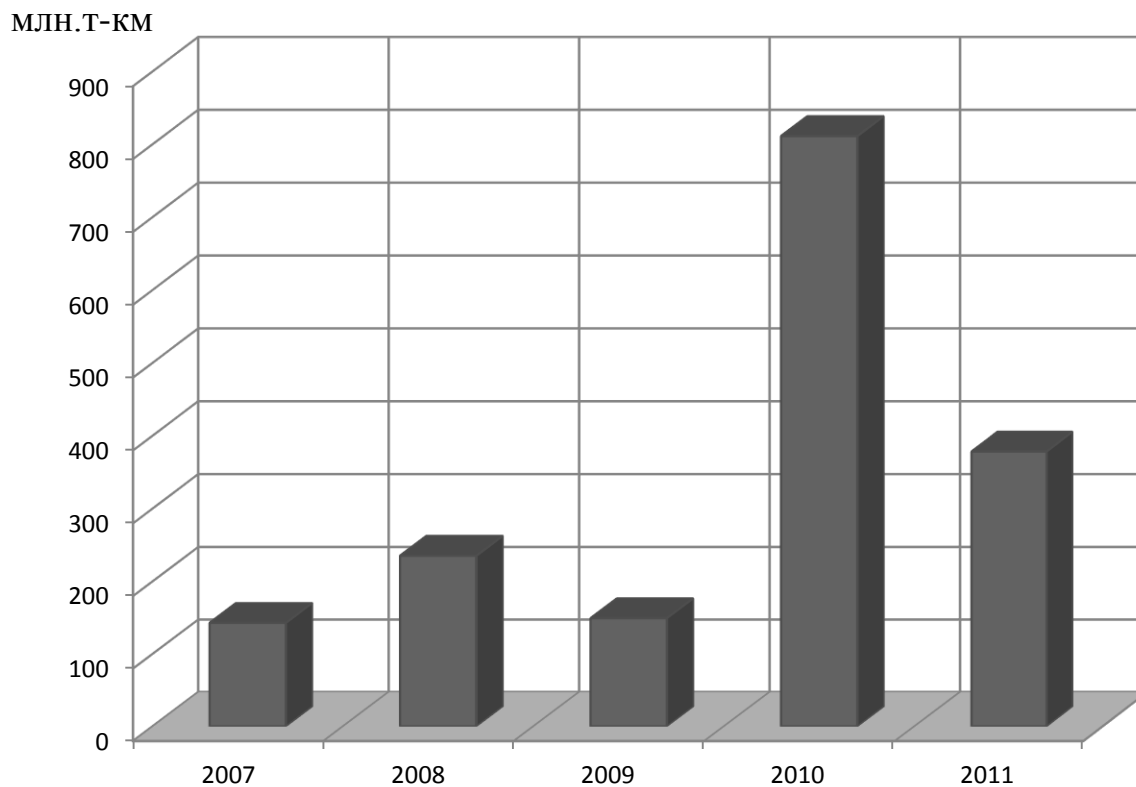


Рис.1.6. Динамика грузооборота автомобильным транспортом по годам

Перевозка автомобильным транспортом сельскохозяйственных грузов в Амурской области занимает значительную часть от общего объёма перевезённого груза, о чём свидетельствуют данные, приведённые на рисунке 1.7. Перевозка грузов несельскохозяйственного значения неравномерна и с 2007 по 2011 годы колеблется с 677,2 в 2008 году до 3473,1 тыс.т. в 2010 году (рис.1.8). Однако, перевозка грузов сельского хозяйства планомерно увеличивается из года в год, с 348,1 тыс.т. в 2007 году до 593,5 тыс.т. в 2011 году (табл. 1.3). Данное обстоятельство связано с увеличением реализации сельскохозяйственной продукции [89,116].

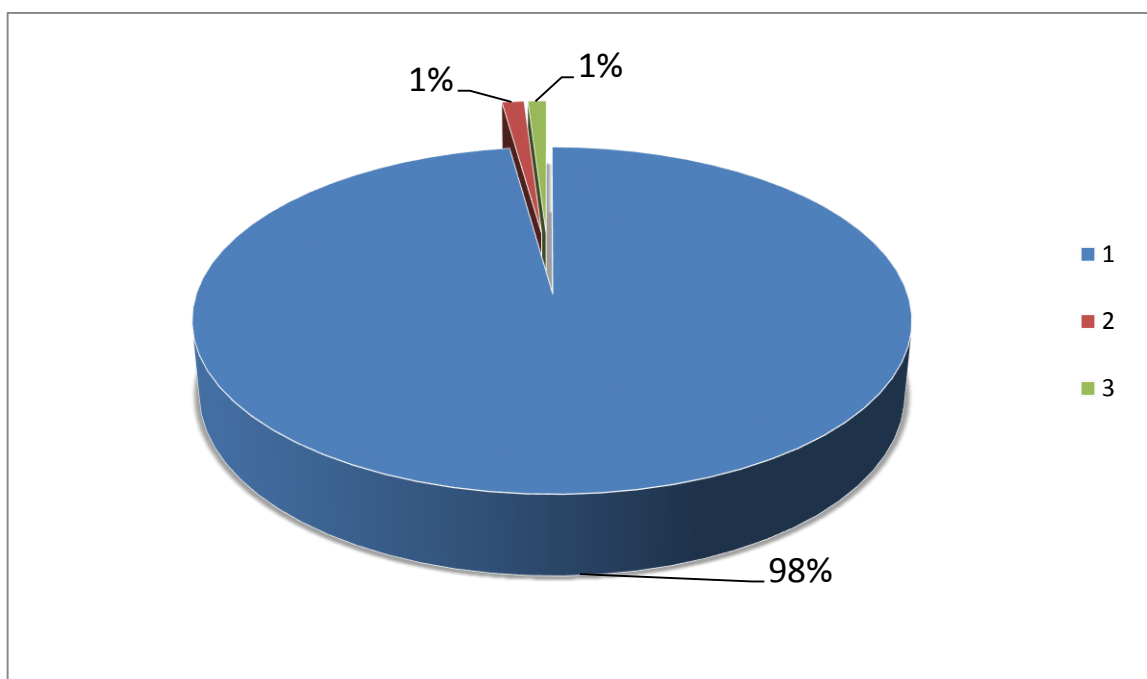


Рис.1.7. Структура грузооборота 2011 года:
 1 – железнодорожный транспорт; 2 – водный транспорт;
 3- автомобильный транспорт

На рисунке 1.9 представлена структура перевозимых сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом за 2011 год, из которого следует, что основными видами сельскохозяйственной продукции, перевозимой автомобильным транспортом в Амурской области, является соя и зерновые культуры. На их долю приходится 42,7% и 30,4% соответственно.

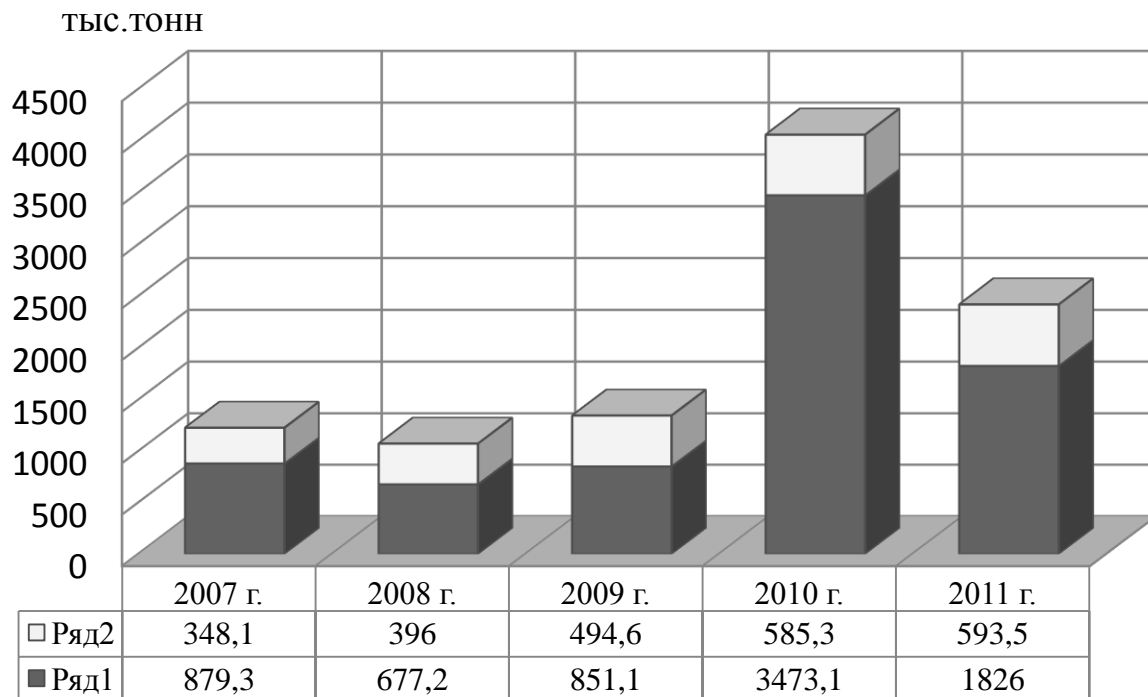


Рис.1.8. Перевозки грузов автомобильным транспортом:
ряд 1 – грузы несельскохозяйственного значения;
ряд 2 – грузы сельскохозяйственного значения

Таблица 1.3

Перевозка сельскохозяйственной продукции автомобильным транспортом
в Амурской области

Перевезено тыс.т	2006г	2007г	2008г	2009г	2010г	2011г в% к 2010г
Зерновые культуры	62,9	117,5	168,3	241,6	180,2	74,6
Соя	131,6	148,4	193,2	210,4	253,5	120,5
Картофель	61,4	50,1	53,6	50,8	36,0	70,8
Овощи	15,7	11,5	12,1	12,0	11,2	93,1
Скот и птица	17,2	17,8	19,9	20,8	31,4	151,0
Молоко	59,3	52,7	47,5	49,7	81,2	163,6
Всего	348,1	396,0	494,6	585,3	593,5	-

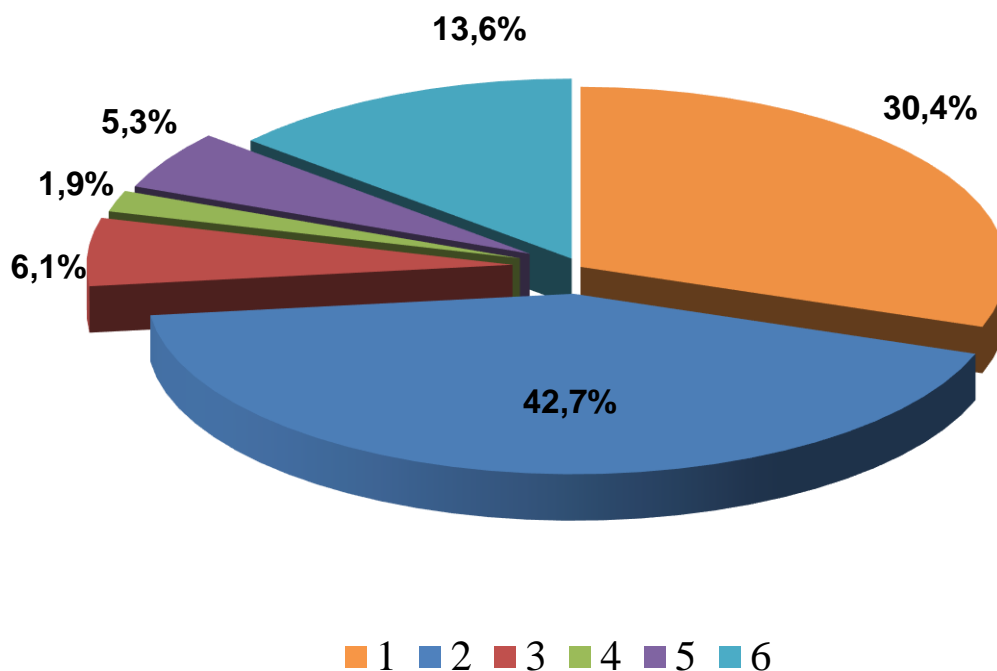


Рис.1.9. Структура перевозок сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом за 2011 год:

1 – зерновые культуры; 2 – соя; 3 – картофель; 4 – овощи;
5 – скот и птица; 6 – молоко

Проанализировав работу автомобильного транспорта в Амурской области можно сделать вывод, что с каждым годом грузоперевозки автомобильным транспортом увеличиваются, а доля сельскохозяйственных грузов, перевозимая им велика, и колеблется с 15 до 37 % за период с 2007 по 2011 год. Неравномерность перевозок грузов сельскохозяйственного значения за рассматриваемый период времени связана с изменением урожайности сельскохозяйственных культур и возрастанием доли перевозок грузов несельскохозяйственного значения в связи со строительством нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан». От того как работает автотранспорт сферы сельскохозяйственного производства, решающим образом зависят эффективность и качество функционирования транспортной системы АПК в целом.

Важным направлением хозяйственной деятельности Амурской области является производство сельскохозяйственной продукции и в частности зерновых культур и сои. Валовые сборы основных сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств в 2011 году составили (рис. 1.10)/89/.

Для возделывания данных культур разработаны технологии, отвечающие биологическим особенностям возделываемых культур, природным условиям зон. Как известно, получение высокого урожая во многом зависит от своевременного проведения основных сельскохозяйственных работ. Немаловажная роль при этом отводится на долю автомобильного транспорта по доставке посевного материала и удобрения, а также вывозу убранного урожая.

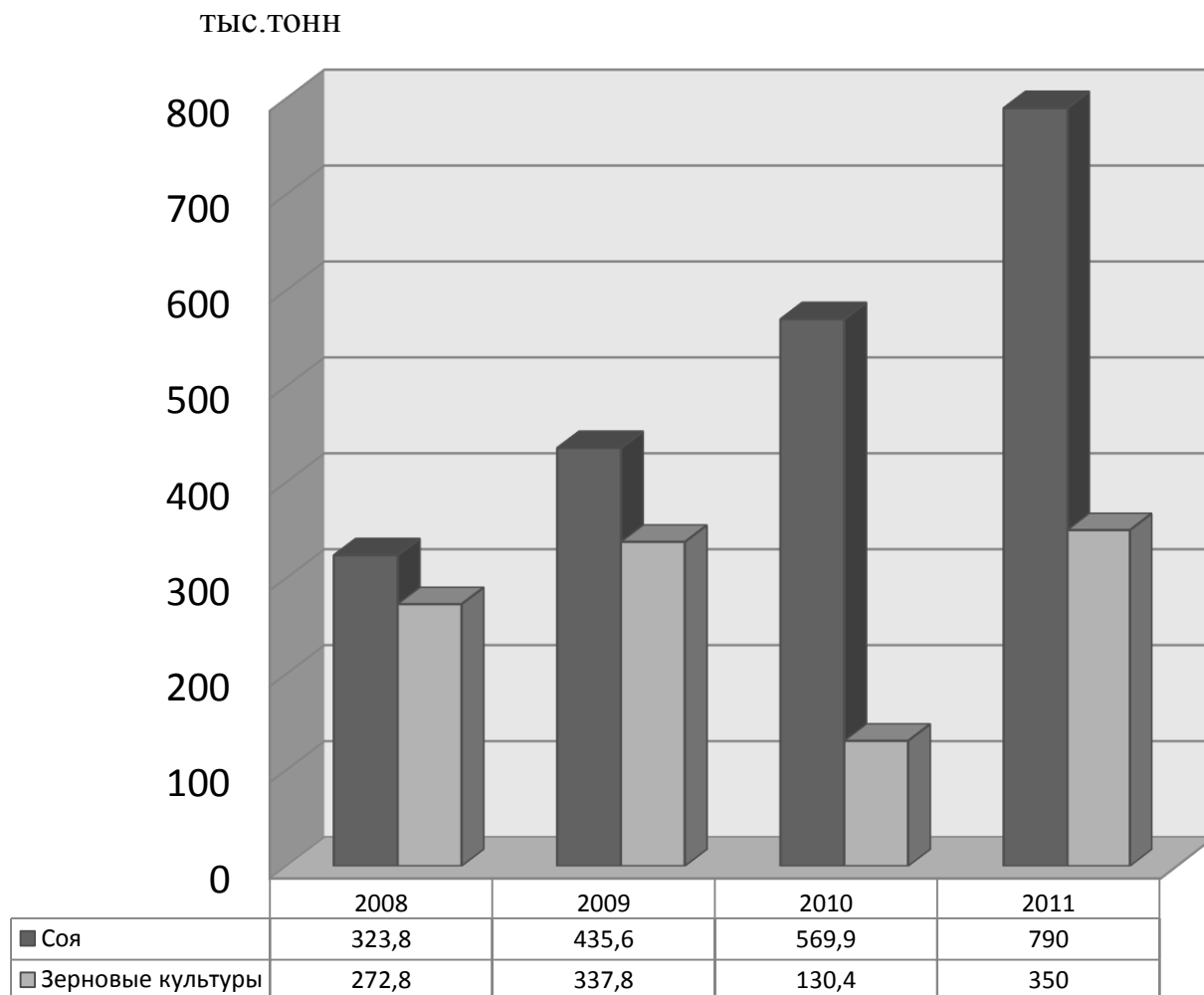


Рис.1.10. Валовые сборы основных сельскохозяйственных культур Амурской области

Выполнение всего объема работ очень сильно зависит от состояния автодорог. В целом, если проследить динамику развития автомобильных дорог общего пользования в Амурской области, то с 1985 по 2011 год общая протяженность дорог изменилась с 5552 до 15252,2 км. При этом доля дорог с твердым покрытием соответственно с 4576 до 6021 км, а грунтовых с 976 до 144 км. Из них процент дорог с твердым покрытием увеличился на 15,3%, а процент дорог с усовершенствованным покрытием на 12,2%. Хотя в последние годы и наблюдается тенденция к улучшению состояния дорог с твердым покрытием, в то же время в Амурской области процент грунтовых дорог уменьшился всего на 5%. Немаловажную роль на оптимизацию использования автомобильного транспорта в АПК влияет категория дорог, по которым они эксплуатируются (табл. 1.4) [116].

Для Амурской области характерно следующее распределение дорог по категориям [119]:

- первая категория – 0%;
- вторая категория - 0,4%;
- третья категория – 14,9%;
- четвертая категория - 66,4%;
- пятая категория – 18,3%.

Если проанализировать наличие и протяженность региональных или межмуниципальных автомобильных дорог (рис. 1.11) общего пользования по Амурской области (по типам покрытий), то она следующая [119]:

- цементно-бетонные – 2,1%;
- асфальто – бетонные – 12,5%;
- гравийные – 83,1%;
- грунтовые – 2,3%.

Таким образом, основной процент дорог приходится на гравийные, а их эксплуатация в свою очередь очень сильно зависит от сезонно-климатических условий, среди которых:

- температура воздуха;
- осадки;
- число дней с сильным ветром ($V > 15$ м/с);
- высота снежного покрова.

Таблица 1.4

Категория дорог

Категория АД	Ia	Iб	II	III	IV	V
Фактическая интенсивность движения (авт./сут.)	>7000	>7000	3000-7000	1000-3000	200-1000	<200
Приведенная интенсивность движения (ед./сут.)	>14000	>14000	6000-14000	2000-6000	400-2000	<400
Расчетная скорость движения, км/ч	150	120	120	100	80	60
Количество полос (это уже в обе стороны), шт.	4-6	4-6	2	2	2	1 (всего)
Ширина полосы, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	4,5
Ширина разделительной полосы, м	6	5	-	-	-	-
КУ р. полоса *	1м	1м	-	-	-	-
КУ полоса **,м	0,75	0,75	0,75	0,5	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5	27,5	15	12	10	6
Радиус кривой в повороте, м	1200	800	800	600	300	150
МАХ продольный уклон, промили	30	40	40	50	60	70

По данным СНиП 20502-85

КУ р. полоса * - ширина краевой укрепительной полосы, размещенной на разделительной полосе.

КУ полоса ** - ширина краевой укрепительной полосы, размещенной на обочине дороги.



Рис.1.11. Карта дорог Амурской области

Для основных районов Амурской области сезонно-климатические условия приведены на рисунках 1.12-1.16.

Анализ представленных графиков позволяет сделать следующие выводы. Температура воздуха в течение года колеблется от -40°C зимой до 35°C летом (рис. 1.12). Наибольшее количество осадков выпадает в мае-сентябре месяцах, то есть в период основных сельскохозяйственных работ (рис. 1.13). Согласно данным, приведенным на рисунке 1.14, наибольшее число дней с сильным ветром ($V > 15$ м/с) наблюдается в апреле-мае месяцах, то есть когда проходят основные работы, связанные с подготовкой и посевом зерновых культур. Высота снежного покрова в северных районах Амурской области может достигать более 30 см. Наибольшее количество снега выпадает в ноябре – марте месяцах (рис. 1.15), то есть когда происходит реализация полученного урожая.

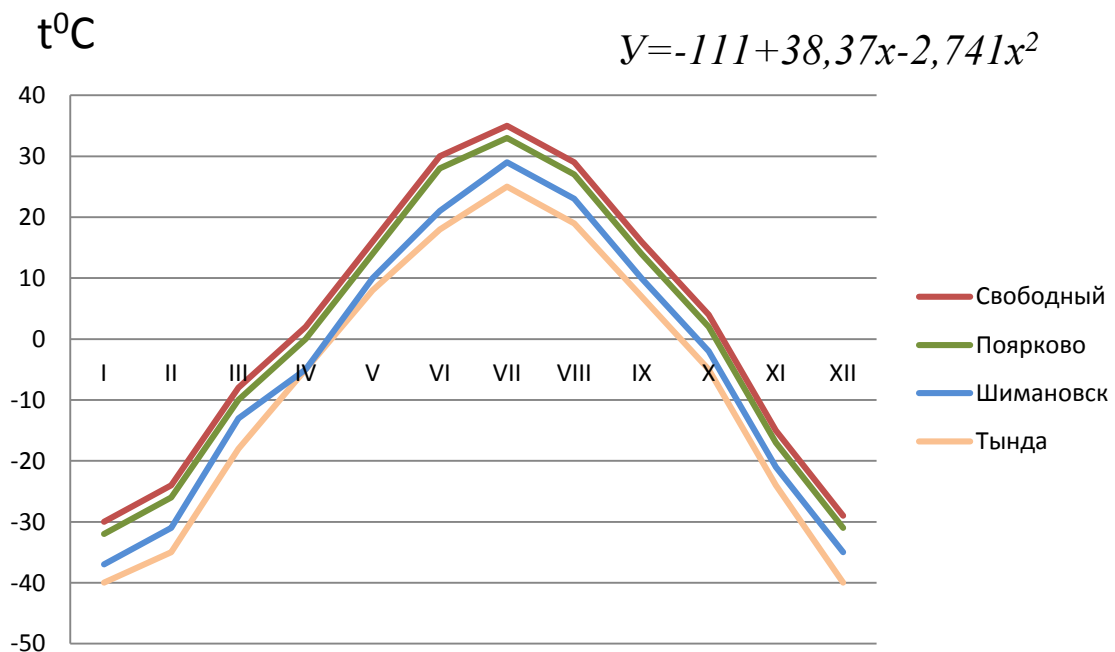


Рис.1.12. Температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по месяцам года

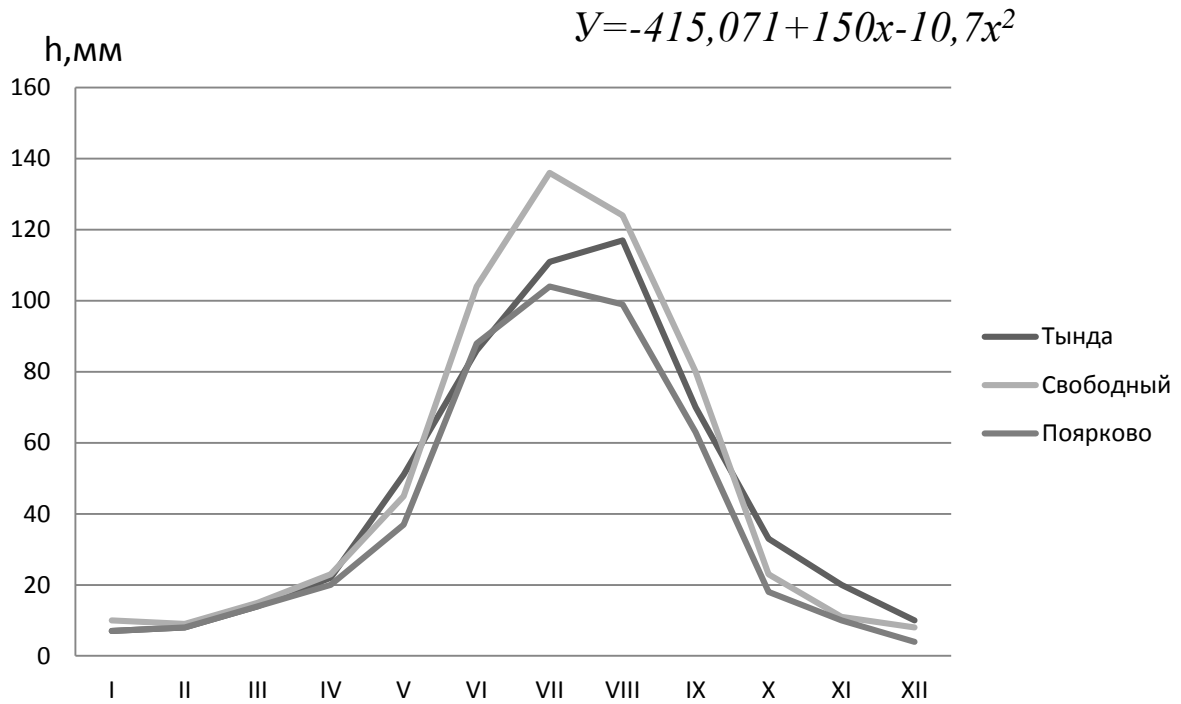
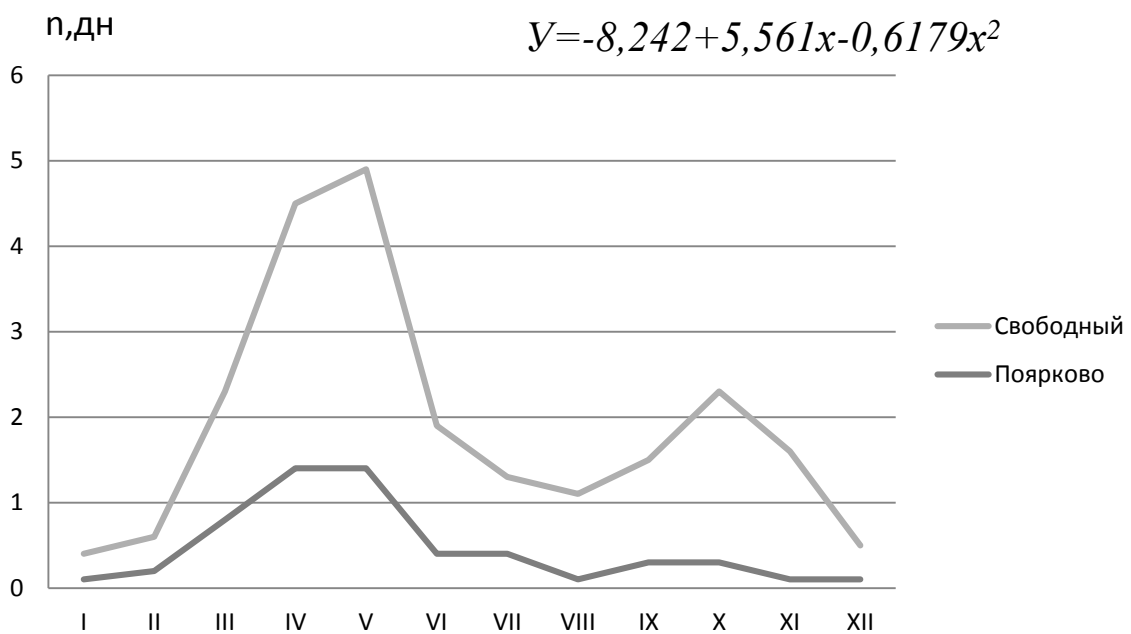


Рис.1.13. Распределение осадков по месяцам

Рис.1.14. Число дней с сильным ветром, ($V > 15 \text{ м/с}$)

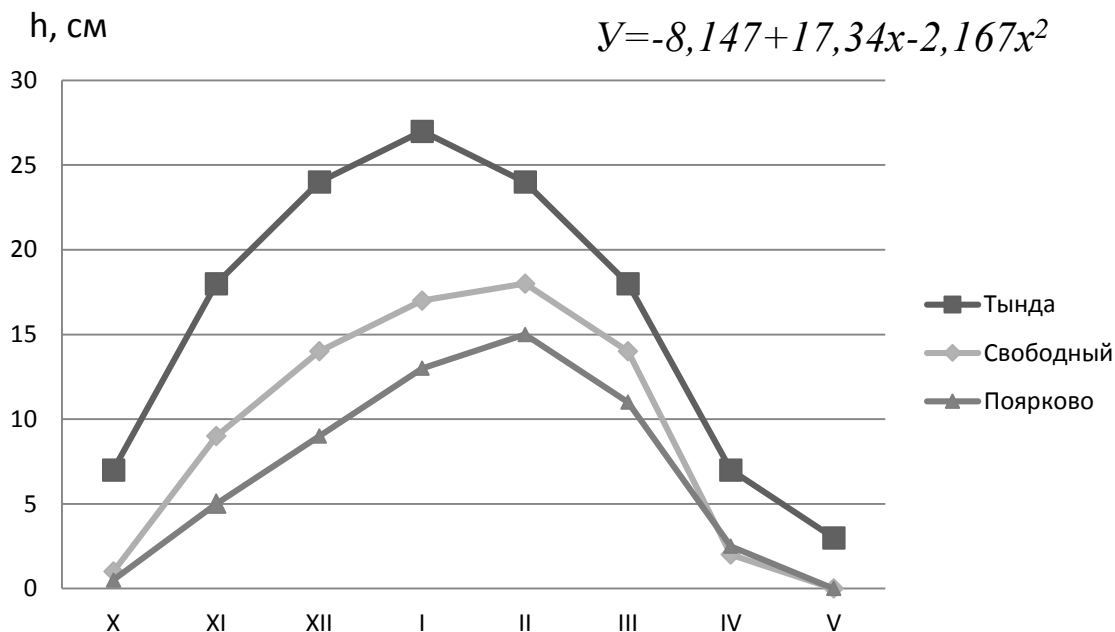


Рис.1.15. Высота снежного покрова

Если обобщить сделанные выводы, то можно отметить, что основные неблагоприятные сезонно-климатические условия приходятся на период подготовки и проведения основных сельскохозяйственных работ. Для выявления влияния данных факторов определим уравнения регрессии, которые наиболее точно описывают данные зависимости.

Исследуем колебание величины температуры воздуха от времени года и определим уравнение, которое наиболее точно описывает данную зависимость. Методом регрессионного анализа установим форму зависимости между переменными, оценим функцию регрессии и прогноз значений зависимой переменной.

Учитывая распределение температуры воздуха в течение года (рис.1.12), можно предположить, что наиболее подходящим уравнением регрессии является уравнение парабол

$$Y_x = b_0 + b_1x + b_2x^2. \quad (1.1)$$

Параметры b_0 , b_1 , b_2 находим, применяя метод наименьших квадратов

$$S = \sum_{i=1}^n (y_{x_i} - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2 - \bar{y}_i)^2 \rightarrow \min . \quad (1.2)$$

Приравняв частные производные $\frac{dS}{db_0}$, $\frac{dS}{db_1}$, $\frac{dS}{db_2}$ к нулю, после преобразований получим систему нормальных уравнений

$$\begin{cases} b_0 n + b_1 \sum_{i=1}^n x_i + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i , \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 = \sum_{i=1}^n y_i x_i , \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 = \sum_{i=1}^n y_i x_i^2 . \end{cases} \quad (1.3)$$

Проведя ряд математических расчетов, составим систему уравнений

$$\begin{cases} 9b_0 + 63b_1 + 501b_2 = 45 \\ 63b_0 + 501b_1 + 4347b_2 = 315 \\ 501b_0 + 4347b_1 + 3995b_2 = 1661 \end{cases} . \quad (1.4)$$

Решая систему (4) методом Гаусса, получим $b_0 = -111$; $b_1 = 38,37$; $b_2 = 2,741$, то есть уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = -111 + 38,37x - 2,741x^2 . \quad (1.5)$$

Оценим значимость полученной зависимости. Проверка значимости уравнения регрессии производится на основе дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ является самостоятельным методом статистического анализа. Здесь же он применяется как вспомогательное средство для изучения качества регрессионной модели.

Согласно основной идее дисперсионного анализа

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_{x_i} - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - y_{x_i})^2 , \quad (1.6)$$

или
$$Q = Q_R + Q_e, \quad (1.7)$$

где Q – общая сумма квадратов отклонений зависимой переменной от средней, а Q_R и Q_e – соответственно сумма квадратов, обусловленная регрессией, и остаточная сумма квадратов, характеризующая влияние неучтенных факторов.

С этой целью по формуле (6) найдем суммы

$$Q_e = \sum_{i=1}^n (y_{x_i} - \bar{y}_i)^2 = 28, \quad (1.8)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} = 2621 - \frac{45^2}{9} = 2396, \quad (1.9)$$

$$Q_R = Q - Q_e = 2396 - 28 = 2368. \quad (1.10)$$

Определим F -распределение с теми же степенями свободы и сравним с $F_{\alpha; k_1; k_2}$

- табличным значением F – критерия Фишера – Снедекора

$$F = \frac{Q_R(n-m)}{Q_e(m-1)} = \frac{2368(9-3)}{28(3-1)} = 254. \quad (1.11)$$

Табличное значение $F_{0.05; 2; 6} = 5,14$, Так как $F > F_{0.05; 2; 6}$, то уравнение регрессии значимо.

Для оценки тесноты связи вычислим индекс корреляции

$$R_{xy} = \sqrt{1 - \frac{Q_e}{Q}} = \sqrt{1 - \frac{28}{2396}} = \sqrt{0,9883}, \quad (1.12)$$

то есть полученная зависимость весьма тесная. Коэффициент детерминации $R_{xy}^2 = 0,9883$ показывает, что вариация температуры воздуха на 98,8% обусловлена регрессией.

Аналогичным образом определим уравнения регрессии и для остальных графиков (рис.1.13-1.16).

Для количества осадков

$$Y = -415,071 + 150x - 10,7x^2, \quad (1.13)$$

коэффициент детерминации составил $R_{xy}^2 = 0,967$.

Для числа дней с сильным ветром $V > 15 \text{ м/с}$

$$Y = -8,242 + 5,561x - 0,6179x^2, \quad (1.14)$$

коэффициент детерминации $R_{xy}^2 = 0,94$.

Высоту снежного покрова можно описать уравнением

$$Y = -8,147 + 17,34x - 2,167x^2, \quad (1.15)$$

коэффициент детерминации $R_{xy}^2 = 0,935$.

Полученные уравнения регрессии позволят в дальнейшем более точно учитывать влияние данных факторов на оптимизацию использования автомобильного транспорта.

1.2 Использование автомобильного транспорта в международных и межрегиональных перевозках

Приграничное сотрудничество для России является одним из государственных социально-экономических приоритетов. Из 83 субъектов Российской Федерации более половины являются приграничными регионами.

Географическое положение Амурской области и всего Дальнего Востока благоприятствует развитию сотрудничества с Китайской Народной Республикой (КНР). Линия соприкосновения Приамурья с Китаем протянулась на 1234 км, а областной центр г. Благовещенск и г. Хэйхэ провинции Хэйлунцзян разделяет река Амур, ширина которой в среднем составляет 800 метров.

Транспортное сообщение Амурской области с Китаем осуществляется круглогодично: в летнее время – средствами речного транспорта, в зимнее – автомобильным. В период ледостава перевозки осуществляются судами на воздушных подушках.

В Сибири и на Дальнем Востоке структура российской экономики весьма неудовлетворительна (недостаточно развита легкая, пищевая промышленность, сельское хозяйство), что крайне осложняет жизнь населения. Китай на протяжении последних лет удовлетворяет многие потребности жителей Дальнего Востока и, в частности, Амурской области в предметах потребления и продовольствия. Сегодня Китай все активнее наращивает объемы импортных поставок в Приамурье товаров самого широкого ассортимента: автомобилей легковых, грузовых и специального назначения, насосов, стекла и изделий из него, различных запасных частей и оборудования, бытовой техники, игрушек. КНР практически является основным поставщиком овощей, фруктов, соков, одежды, текстильных и трикотажных изделий, обуви и другой продукции. Сравнительно низкая стоимость, мелкая расфасовка, красочная упаковка, широкий ассортимент и новизна импортной продукции позволили ей быстро завоевать рынок. В условиях нехватки собственных ресурсов для развития и модернизации пространственного сектора экономики, одним из важных условий обеспечения экономического роста становится создание благоприятного инвестиционного климата в Дальневосточном регионе. Амурская область, в частности, имеет реальные перспективы стать стартовой площадкой для крупномасштабных инвестиционных проектов в сфере сельского хозяйства, строительства, обрабатывающей промышленности, добычи полезных ископаемых и т.д.

Торгово-экономическое сотрудничество Китая и Приамурья имеет большое значение для развития экономики области. КНР становится одним из основных поставщиков китайских товаров и продукции, завозимой в область. Внешняя торговля с Китайской Народной Республикой для области

более значима, чем для других регионов Дальнего Востока. Если на долю внешнеторгового оборота с КНР в 2011 году в Приморском и Хабаровском краях приходилось 37-45% общего объема внешней торговли этих территорий, в Амурской области – 77% [89].

В общем доля КНР во внешнеторговом обороте Российской Федерации в 2011 году составила 7,2%. С этим показателем «Поднебесная» занимает третье место в товарообороте России после Германии и Нидерландов. Внешнеторговый оборот области в течение последних пяти лет стабильно возрастает более чем на 40% в год и в 2011 году составил почти 734,6млн.долларов США (рис.1.16). При этом доля Китая в импорте Амурской области имеет устойчивую тенденцию к росту. В 2011 году доля Китая в импорте области составила около 94%.

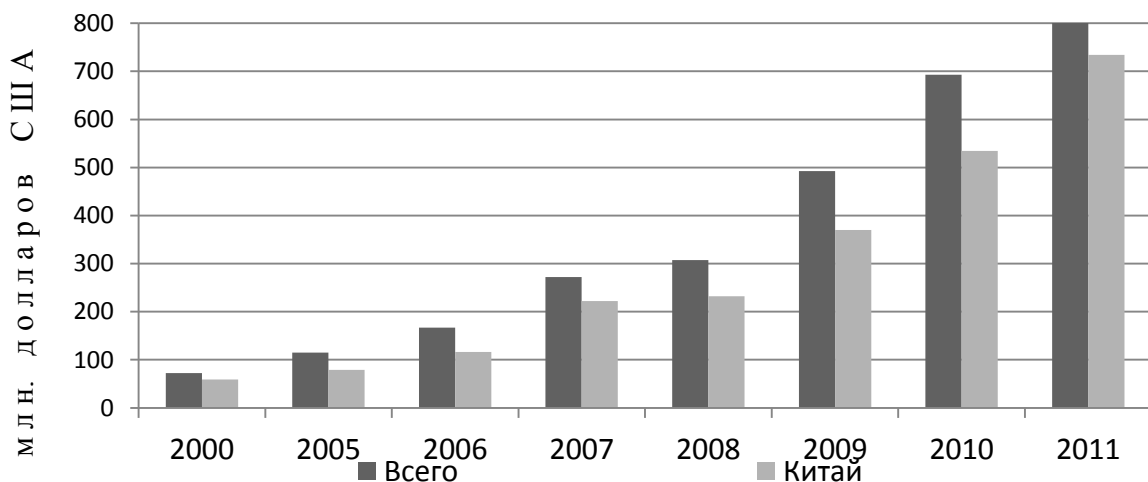


Рис. 1.16. Внешнеторговый оборот Амурской области с КНР

Трудно переоценить роль автомобильного транспорта в обеспечении внешнеторгового оборота, если по России его доля в 2011 году (без учета поставок энергоносителей) составила порядка 25%. В условиях Амурской области этот показатель на протяжении последних лет составляет 70% [89].

Международная активность китайских провинций Хайлунцзян, Цзилинь и Ляонин, а также районы внутренней Монголии, составляющих Северо-Восточный Китай, порождает довольно мощные потоки экспортно-импортных грузов в освоении транзита которых, безусловно, должна участвовать Амурская область. Несмотря на относительную многочисленность маршрутов экспортно – импортных грузопотоков, транспортная инфраструктура Северо – Восточного Китая маломощна и ограничена по пропускной способности, что тормозит развитие внешнеэкономических связей. Особенно в невыгодном положении наряду с провинцией Цзилинь оказалась провинция Хайлунцзян. Международные товарные потоки, осваиваемые железнодорожным и автомобильным транспортом, перемещаются в основном по международным транспортным коридором, проходящим через пограничные переходы и порты РФ. Крупнейшие торговые партнеры Амурской области приведены на рисунке 1.17 [89].

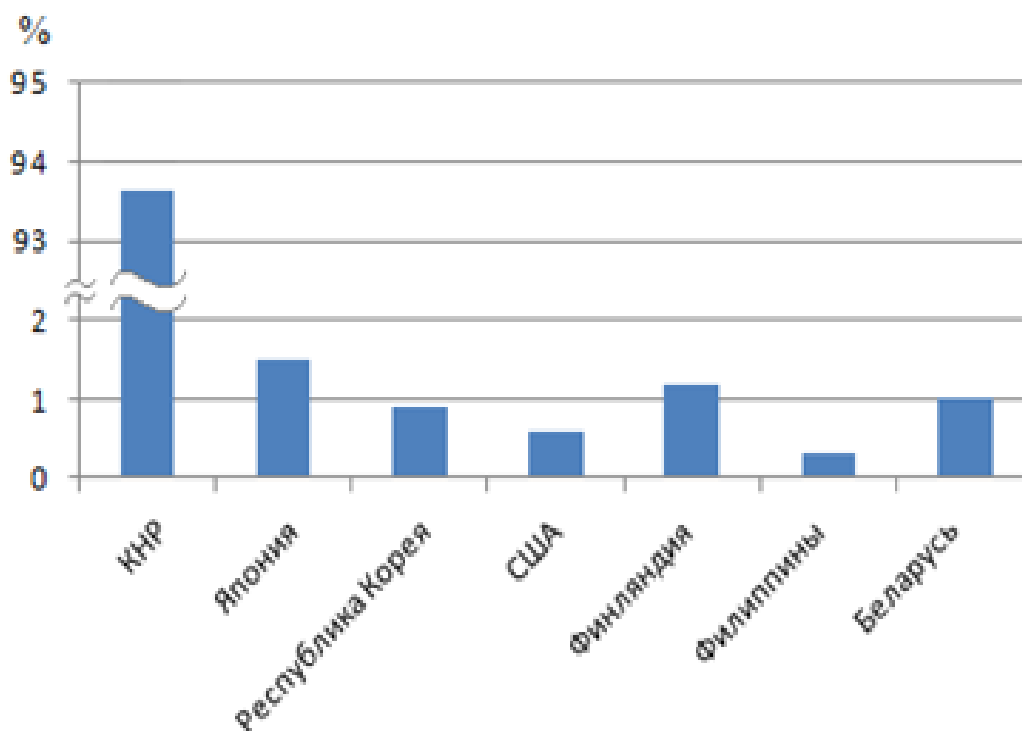


Рис. 1.17. Торговые партнеры области

Как видно из представленного графика, наибольшая доля торгового партнерства приходится на КНР – 93,7%.

Общая динамика экспорта и импорта товара с КНР за последние годы представлена на рисунке 1.18. Анализируя приведенные данные видно, что за последние годы происходит рост, как импорта, так и экспорта товара. В то же время объем ввозимого товара гораздо больше, чем вывозимого на экспорт.

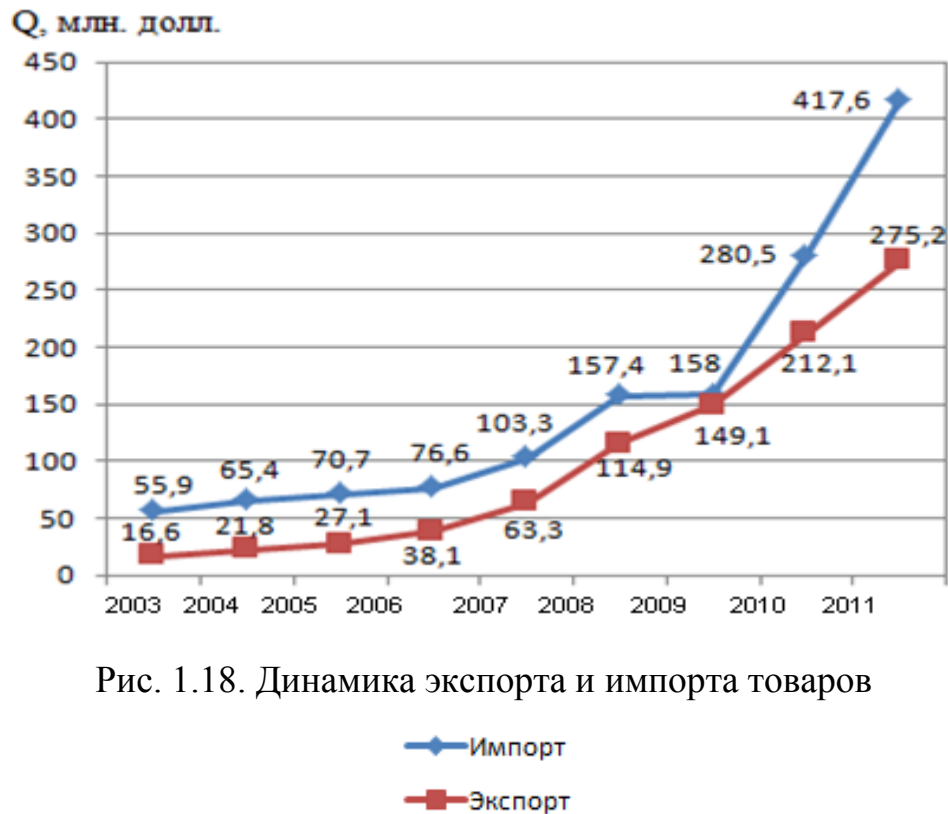


Рис. 1.18. Динамика экспорта и импорта товаров

Проанализируем работу автотранспорта в международных перевозках, осуществляемых с КНР, как одним из основных партнеров, за последние 5 лет. Количество автотранспортных средств (АТС), используемых в международных перевозках приведено на рисунке 1.19 [89]. Из рисунка 1.19 можно сделать вывод, что за последние годы доля АТС РФ, участвующих в автомобильных перевозках снизилась с 68,3% в 2007 году до 60,4% в 2011 году. В то же время представляет определенный интерес объем перевозимого груза (рис. 1.20). Если проследить долю АТС РФ участвующих в перевозке грузов, то необходимо отметить, что она резко снизилась. Так, если в 2007 году она составляла 66,8%, то в 2011 году всего 41,2% [89].

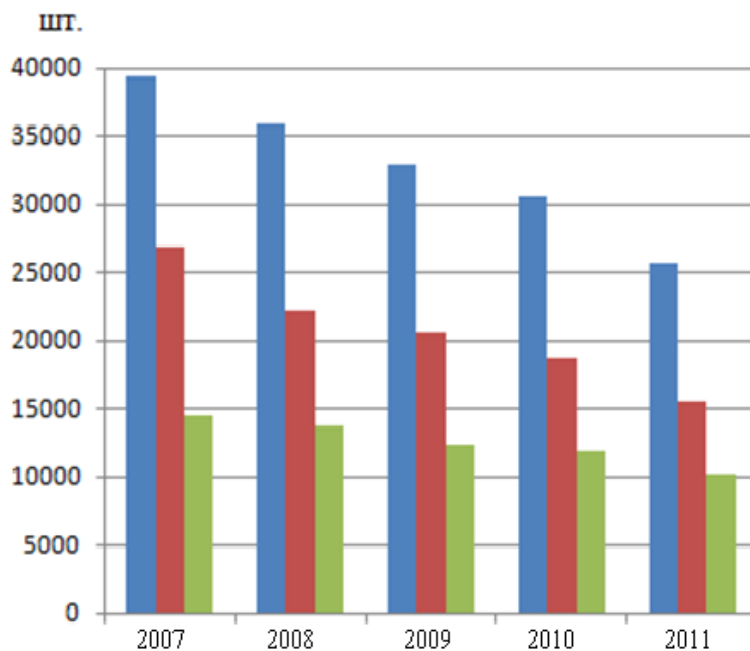


Рис.1.19. Количество АТС, участвующих в автомобильных перевозках

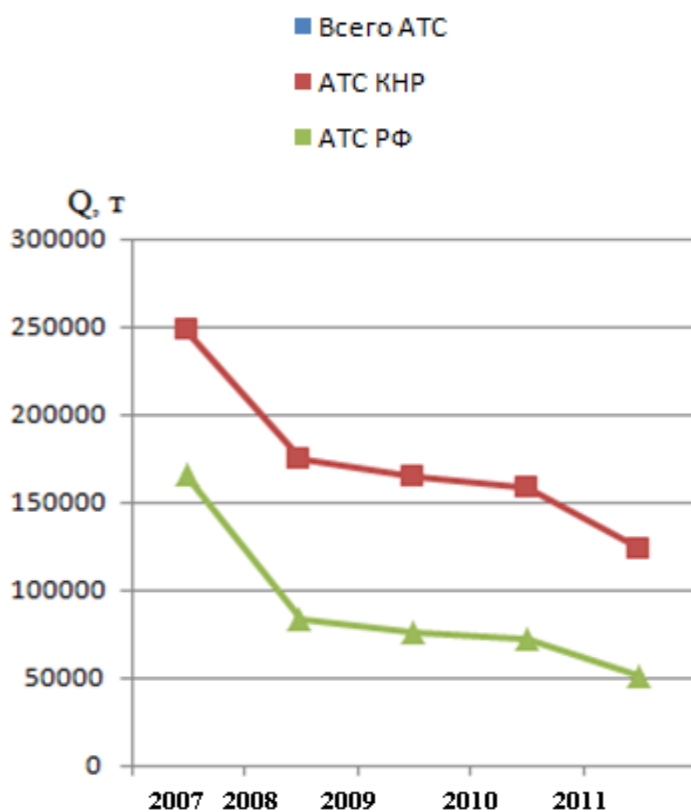
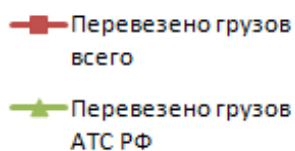


Рис. 1.20. Объем перевозимого груза АТС



Более подробно объем экспорта и импорта перевозимого груза приведен на рисунке 1.21. Как видно из рисунка 1.21, в общем объеме грузоперевозок преобладает ввоз товара из КНР, это все накладывает свои особенности на использование АТС РФ в международных перевозках, которые наглядно показаны на рисунке 1.22.

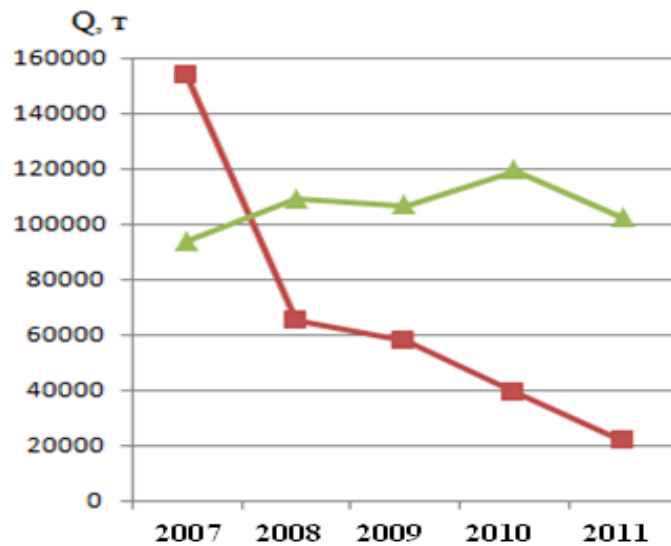


Рис. 1.21. Объем перевозимого груза АТС на экспорт и импорт

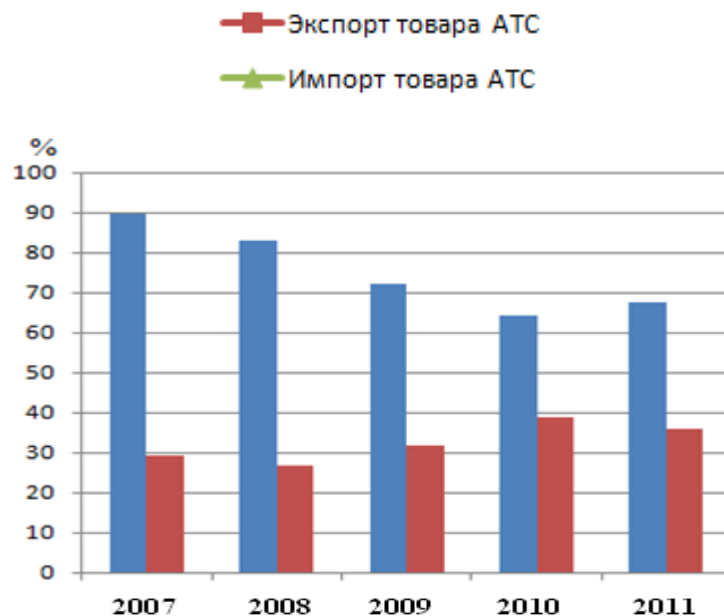


Рис. 1.22. Объем перевозимого груза АТС РФ на экспорт и импорт

■ Экспорт товара
■ Импорт товара

Анализ участия АТС РФ в международных перевозках показывает, что в последние годы наблюдается постепенный спад. Так, если в 2007 году от общего объема груза, вывозимого на экспорт, доля АТС РФ составляла 89,8%, то в 2011 году она составила 67,3%, при этом доля участия АТС РФ в вове товара возросла всего на 5,2% по сравнению с 2007 годом /89/.

На сегодняшний день Амурская область обладает достаточной транспортной инфраструктурой, обеспечивающей выход к основному торговому пути между Европой и Восточной Азией, не использует свой транзитный потенциал.

В связи с чем, генеральным направлением развития транспортного комплекса области должно стать его совершенствование и для обеспечения евро-азиатских связей, что станет существенным вкладом в увеличение валового регионального продукта, обусловленного ростом объемов транспортной работы и мультипликативным эффектом в других отраслях экономики. Учитывая, что наиболее в тесных отношениях по услугам экспорта среди регионов Дальнего Востока, граничащих с Китаем, находится Амурская область и Еврейская автономная область (для справки: в Приморском крае в 2011 году на долю Китая приходилось около 3% всего объема экспорта услуг края, в Хабаровском крае – 12% , а в Амурской области – около 97% , Еврейской АО – 94%). Можно с уверенностью сказать, что формирование международного транспортного коридора через территорию Амурской области, обеспечивающего выход товарных экспортно- импортных потоков к транссибирской магистрали и федеральной автомобильной дороге Чита – Хабаровск станет взаимовыгодным проектом, способным улучшить состояние Амурской области.

Из всех зарубежных и российских евроазиатских международных транспортных коридоров, с точки зрения перспектив развития Транссиба в совокупности с комплексом федеральных автомобильных дорог, как самостоятельный евроазиатский транспортный коридор имеет ряд неоспоримых

преимуществ в освоении транзитных перевозок из стран Азиатско-Тихоокеанского региона в Европу и обратно.

Все научные разработки создания международного транспортного коридора, призванного обеспечить выход экспортно-импортных грузопотоков, идущих из провинций Северо-Восточного Китая через автомобильный пункт пропуска Благовещенск к Транссибу и сети федеральных дорог, открывающих перспективу для Европы, Северного и Восточного побережья, развития транспортной системы, предложенного разработчиками Транспортной стратегии Российской Федерации, утвержденной Постановлением Правительства РФ №1734-р 22 ноября 2008 года в качестве целевого для долгосрочной государственной транспортной политики, поскольку в полной мере позволит реализовать стратегические интересы России. Планируемый объем перевозок до 2030 года представлен на рисунке 1.22 [89].

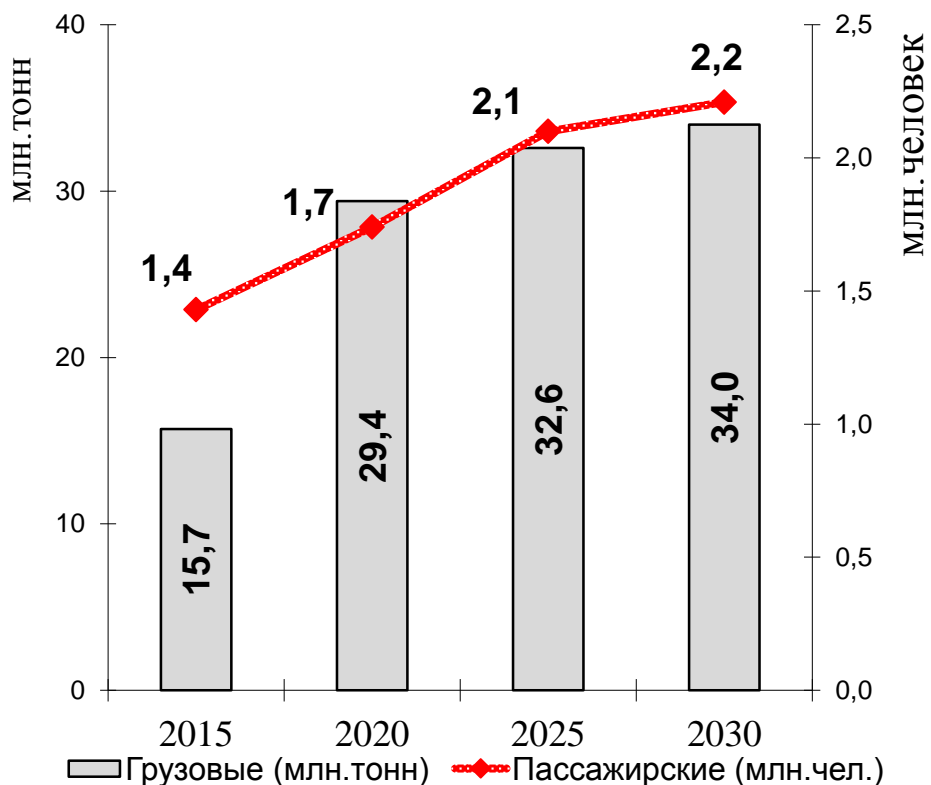


Рис.1.22. Планируемый объем перевозок

1.3 Моделирование перевозочного процесса

Эффективность работы технически исправленного автомобильного транспорта в основном зависит от уровня организации и управления автомобильными перевозками [3,6,7,24,25,29]. Управление автомобильными перевозками направлено, прежде всего, на составление и осуществление достоверных планов доставки грузов автомобильным транспортом от сельхозпроизводителя до потребителя. Составление таких планов требует количественной оценки перевозочного процесса и его составляющих. В этом случае появляется возможность не только экономически обоснованного выбора варианта доставки, но и оценки степени участия всех служб, отвечающих за организацию перевозочного процесса [29,30,31,32,55,96].

Методика построения оперативного плана доставки грузов автомобильным транспортом от сельхозпроизводителя до потребителей, предложенная Б.Л. Геронимусом [20], основана на логистическом подходе, оперирует нормативными интервалами доставки грузов. Однако все составляющие перевозочного процесса (время движения, время погрузки, время разгрузки, и т.д.) являются случайными величинами, поэтому данная методика построения оперативного плана, будет иметь ограниченную сферу применения.

Анализ работ [106,128] показал, что авторы недостаточно уделяют внимания организационно-управленческим аспектам, а количественная оценка сужена до двух составляющих перевозочного процесса: движение на маршруте и погрузочно-разгрузочные операции.

Количество составляющих перевозочного процесса зависит от вида перевозок. Составляющие любого перевозочного процесса являются случайными величинами, поэтому их количественная оценка может быть получена с использованием вероятностных характеристик [5,7,10,13,16,18,20,21].

Организация перевозки грузов определяется маршрутом перевозки. Перевозки грузов осуществляются на различных маршрутах, выбираемых

в зависимости от размещения пунктов производства и потребления, размеров партии грузов, условий и требований на поставки, грузоподъемности подвижного состава и дислокации АТП [11,14,19,38,39,41,43,46,49,50,51,52,53,100,101,107,109].

Различают маятниковые, кольцевые, развозочные, сборные и развозочно-сборные маршруты. Рассмотрим наиболее широко применяемый в сельском хозяйстве маятниковый маршрут, на котором движение автомобиля происходит между двумя пунктами. Допустим, автомобиль отправляется из АТП к пункту погрузки A , после погрузки движется к пункту разгрузки B , где разгружается и отправляется в обратном направлении без груза в пункт A . На этом цикл перевозки заканчивается. Время на погрузку и разгрузку включает время оформления документов. Введем условные обозначения:

t_{ni} – время погрузки i – ездки, ч;

t_{pi} – время разгрузки i -ездки, ч;

t_{epi} – время движения автомобиля с грузом для i -ездки, ч;

t_{xi} – время движения автомобиля без груза для i -ездки, ч.

Общее время перевозки за одну ездку можно определить по формуле

$$T_{ei} = t_{ni} + t_{pi} + t_{epi} + t_{xi}. \quad (1.16)$$

Необходимо отметить, что время перевозки грузов зависит не только от работы автомобиля, но и от организации работы поставщиков и потребителей, в частности от их режима работы (числа перерывов, длительности обеденного перерыва и т.д.). Логистический подход к моделированию времени на выполнение транспортных услуг требует увязки работы автомобильного транспорта с режимами работы поставщиков и потребителей груза, поэтому моделировать перевозку грузов, особенно на короткое расстояние, необходимо в целом за рабочее время суток.

При определении T_{ei} необходимо учитывать, с одной стороны, организацию работы поставщика и потребителя, в частности время начала и окон-

чания обеденных (технических) перерывов в работе клиентуры, а с другой – ограничения режима труда и отдыха водителя.

Поэтому формула (1.16) для определения продолжительности ездки T_{ei} должна быть представлена в виде

$$T_{ei} = t_{ni} + t_{pi} + t_{2pi} + t_{xi} + \eta_i + \psi_i, \quad (1.17)$$

где η_i – случайная составляющая, учитывающая обеденные (технические) перерывы поставщика; ψ_i – случайная составляющая, учитывающая обеденные (технические) перерывы у потребителя.

Включение составляющих η_i и ψ_i , обусловлено возможными пересечениями, частичными накладками составляющих перевозочного процесса и времени обеденных (технических) перерывов поставщика или потребителя. Так, например, погрузка автомобиля у поставщика не будет выполняться, если на момент прибытия оставшееся время до обеда $\Pi_i = (Q_{nocm}^H - T_0 - T_{ei})$ меньше самого времени погрузки, то есть

$$(Q_{nocm}^H - T_0 - T_{ei}) < t_{ni}, \quad (1.18)$$

где Q_{nocm}^H – начало обеденного (технического) перерыва поставщика, ч; T_0 – начало рабочего времени водителя, ч; T_{ei} – использование рабочего времени водителя на перевозку груза, ч.

В этом случае время на выполнение перевозочного процесса возрастает на величину $(\Pi_i + T_{об}^1)$. Время доставки груза в пункт разгрузки составит

$$T_{li} = t_{ni} + \Pi_i + T_{об}^1 + t_{гpi}, \quad (1.19)$$

где $T_{об}^1$ – время обеденного перерыва поставщика, ч.

Погрузка у поставщика также не будет выполняться, если автомобиль прибыл во время обеденного перерыва. Время на выполнение перевозочного процесса возрастает на величину: $(T_{об}^1 - |\Pi_i|)$. В этом случае величина Π_i – отрицательна, то справедлива формула (1.19) для расчета T_{li} .

Аналогично в пункте разгрузки у потребителя груза операция разгрузки не будет производиться, если на момент прибытия автомобиля оставшееся

время до обеденного перерыва $R_i = (Q_{nom}^H - T_0 - T_{ei} - T_{li})$ меньше самого времени разгрузки, то есть

$$(Q_{nom}^H - T_0 - T_{ei} - T_{li}) < t_{p_i}, \quad (1.20)$$

где Q_{nom}^H - начало обеденного (технического) перерыва потребителя, ч.

В этом случае время на выполнение перевозочного процесса возрастает на величину $(R_i + T_{об}^2)$. Время цикла перевозки составит

$$T_{ei} = R_i + T_{об}^2 + t_{p_i} + t_{x_i} + T_{li}, \quad (1.21)$$

где $T_{об}^2$ - время обеденного перерыва потребителя, ч.

Разгрузка у потребителя также не будет выполняться, если автомобиль прибыл во время обеденного перерыва. В этом случае для определения T_{ei} используется формула (1.21).

Необходимо также учитывать, что ежедневный отдых водителя в течение суток должен составлять 11ч (или может быть сокращен до 9 ч при определенных условиях). Это означает, что накопленное время, связанное с производственной деятельностью водителя в течение дня с учетом четырех первых слагаемых формулы (1.17), не может превышать $24 - 11 = 13$ ч. Физически это время меньше с учетом физиологических потребностей человека. Таким образом, суммарное время на перевозку грузов не должно превышать $(24 - T_{отд})$, то есть

$$\sum_i T_{ei} \leq 24 - T_{отд}, \quad (1.22)$$

где $T_{отд}$ - время ежедневного отдыха водителя, ч.

Необходимо отметить случайный характер составляющих перевозочного процесса и наличие ряда ограничений (1.18), (1.20), (1.22). Для определения времени на перевозку грузов используется метод статистического моделирования (Монте-Карло). Блок-схема моделирования времени перевозки и его составляющих приведена на рисунке 1.23.



Рис. 1.23. Блок-схема моделирования автомобильной перевозки

1.4 Экономико-математические модели, используемые для анализа работы автотракторного парка

Одной из важнейших задач в обеспечении конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции является снижение ее себестоимости. Этого можно добиться уменьшением затрат на перевозку сельскохозяйственных грузов, нахождением оптимальных маршрутов для грузоперевозки и ускорением процесса перевозок.

Проблема оптимального сочетания ресурсов успешно решается с помощью экономико-математических методов и современных информационных технологий [12,34,36,47,48,56,59,60,97,110,111,112,114,118,119,130,132].

Объектами моделирования в сельскохозяйственном производстве являются: сельское хозяйство в целом как отрасль народного хозяйства, отдельные сельскохозяйственные отрасли, экономические районы и зоны, конкретные предприятия, а также отдельные подразделения предприятия и производственные процессы в них. Экономические задачи характеризуются огромным количеством взаимосвязей, детальный учет которых приводит к очень громоздким и практически неиспользуемым моделям или системам моделей [61,70,71,75,79,83,84,85,91,94]. Поэтому весьма важно включить в модель факторы, оказывающие основное влияние на производство, но не менее важно опустить те из них, которые играют второстепенную роль в данном процессе.

Отрасль сельского хозяйства можно рассматривать как вероятностную динамическую большую систему со своими входами и выходами. Она обменивается материальными, энергетическими и информационными потоками с внешней средой, состоящей из ряда общественных, технологических и природных систем.

Однако, сельское хозяйство, обладая всеми принципиальными чертами больших систем, имеет свои специфические особенности, значительно отли-

чающие ее от технических больших систем. Эти особенности сельскохозяйственного производства необходимо учитывать при математическом моделировании транспортных услуг.

Применение экономико-математических методов при моделировании транспортных услуг в сельском хозяйстве по сравнению с промышленностью имеет ряд дополнительных трудностей. Из-за многоотраслевого характера в сельском хозяйстве необходимо использовать большое количество переменных с очень сложной системой ограничений, в связи с чем, модель имеет очень большую размерность, а их вычислительная реализация требует мощных ЭВМ. Часть количественных зависимостей при выполнении транспортных услуг в сельскохозяйственном производстве носит нелинейный характер и изменчивость параметров в больших пределах, что также затрудняет использовать эти методы. Кроме того, в хозяйствах отсутствуют многие нормативные материалы, необходимые для применения экономико-математических методов. В то же время, сельское хозяйство является наиболее перспективной отраслью для применения линейного программирования. Это объясняется, прежде всего тем, что множество экономических задач оптимального использования ресурсов в сельском хозяйстве естественно вписывается в рамки моделей линейного программирования, так как основные допущения (линейность, суммируемость и др.), применяемые при построении моделей линейного программирования, в подавляющем большинстве случаев соответствуют объективно существующим связям сельскохозяйственного производства. Что же касается его специфических особенностей, таких как сезонность, строгая последовательность технологических процессов и тому подобное, то их можно учесть при разработке соответствующих линейных моделей.

Таким образом, для обеспечения оптимальной организации и управления автомобильными перевозками необходимо основываться на тех же теоретических принципах, которые разрабатываются для оптимального функци-

онирования экономики народного хозяйства в целом с учетом специфических особенностей развития сельского хозяйства.

Очевидно, что применение экономико-математических методов на основе использования современных ЭВМ и пакетов прикладных программ дает ряд существенных преимуществ перед другими методами. А именно:

- повышается скорость и качество разработки планов;
- появляются условия реализации многовариантной постановки задачи;
- предоставляется возможность оперативной корректировки в соответствии с изменением внутренних и внешних условий производства;
- полностью реализуется принцип системного подхода.

Система методов и моделей, используемая для принятия решений в условиях неопределенности, может меняться для конкретного сельхозпредприятия в зависимости от внешних и внутренних факторов, действующих на нее, а также по мере накопления и расширения банка исходной информации. Таким образом, предложенная система методов и моделей должна иметь возможность адаптироваться к поведению и развитию соответствующей агрофирмы.

Практика применения экономико-математических моделей для планирования автомобильных перевозок позволяет значительно повысить экономический эффект, рациональным использованием подвижного состава, снижением издержек при выполнении транспортных работ.

Целью применения экономико-математических методов является выбор из многих возможных вариантов плана оптимального, то есть наилучшего с точки зрения эффективности. В настоящее время при оперативном планировании перевозок грузов, при анализе деятельности автотранспортных предприятий используют методы математического программирования, теории массового обслуживания, имитационного моделирования, математико-статистические методы и другие.

На основе указанных методов разработаны следующие экономико-математические модели, используемые для планирования грузовых автомобильных перевозок:

- закрепление потребителей за поставщиками однородной или взаимозаменяемой продукции с целью минимизации транспортных затрат;
- планирование нулевых пробегов, то есть пробегов подвижного состава от автотранспортного предприятия к первому пункту погрузки и от последнего пункта разгрузки до автотранспортного предприятия. Целью решения таких задач является минимизация суммарных нулевых пробегов подвижного состава;
- маршрутизация перевозок массовых грузов (увязка ездов) для обеспечения минимального порожнего пробега автомобилей;
- планирование развозных и сборных маршрутов при перевозке мелких партий грузов, обеспечивающее минимальный пробег автомобилей при объезде пунктов получения (или отправления) груза;
- распределение подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств по маршрутам с целью максимального использования их рабочего времени;
- оптимизации состава машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях.

Экономико-математические методы начинают применяться в планировании себестоимости автомобильных перевозок и накладных расходов автотранспортных предприятий. Таким образом, экономико-математические методы охватывают широкий круг вопросов планирования деятельности автомобильного транспорта и его предприятий.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК

2.1 Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур

При производстве сельскохозяйственной продукции важная роль отводится транспортно-технологическому обеспечению. При возделывании даже одинаковых сельскохозяйственных культур существуют различные технологии, которые наиболее приемлемы для каждого конкретного хозяйства. Задача оптимизации заключается в том, чтобы найти такое транспортно-технологическое обеспечение, которое позволило бы получить продукцию с наименьшими энергозатратами. Решение выше указанной задачи позволит найти оптимальное транспортно-технологическое обеспечение АПК [27,28,65,66,68,86, 87,92,115,116,122,123,124,125,130,132,134,135,136,137]. Оценка вариантов оптимизации находится по критерию – полные энергозатраты.

Строгое соблюдение научно обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур может быть обеспечено при условии четкого транспортно-технологического обеспечения.

Естественно-производственные особенности Амурской области имеют строго выраженный зональный характер. Наряду с этим необходимо учитывать, что уровень обеспеченности хозяйств по материально-технической базе, организации управления, сложившейся технологии и средствам механизации неодинаков. Все это накладывает необходимость адаптации транспортно-технологического обеспечения АПК. В сельскохозяйственном производстве Амурской области основными возделываемыми культурами являются зерновые и соя.

Для возделывания, уборки и транспортировки данных сельскохозяйственных культур разработаны специальные технологии, немаловажная роль в которых отводится транспортно-технологическому обеспечению, которому в настоящее время не уделяется большого внимания.

В тоже время, если учесть специфические особенности Амурской области неизбежно возникает вопрос о необходимости улучшения транспортно-технологического обеспечения АПК с одновременным снижением энергозатрат.

Аналитическое описание вышеуказанной задачи определяются следующей математической моделью [86,87,92,120,128]

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{nij} = \sum_{i=1}^n E_{мп1i} + \sum_{i=1}^n E_{оп2i} + \sum_{i=1}^n E_{хп3i} + \sum_{i=1}^n E_{сп4i} + \sum_{i=1}^n E_{уп5i} + \sum_{i=1}^n E_{птmi} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

где E_{nij} – полные энергозатраты i транспортного средства на j операции; $E_{мп1i}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировке минеральных удобрений; $E_{оп2i}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировке органических удобрений; $E_{хп3i}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировке средств химической защиты; $E_{сп4i}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировке семян; $E_{уп5i}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировке собранного урожая с поля; $E_{птmi}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на транспортировку полученного урожая к потребителю; i – количество транспортных средств; j – количество операций.

Транспортно-технологическое обеспечение АПК будет функционировать эффективно в том случае, когда будет выполняться условие, что полные энергозатраты E_{mn} будут иметь минимальные значения, с максимальной разностью ΔE_{mn} между существующим и предложенным транспортно-

технологическим обеспечением при ограничении, что весь объем работ будет выполнен с коэффициентом эффективности K_3 больше единицы

$$\Delta E_{mn} = E_{mnб} - E_{mnн} \rightarrow \max \quad (2.2)$$

$$K_3 = \frac{E_{mnб}}{E_{mnн}} > 1,$$

где ΔE_{mn} – экономия полных энергозатрат i транспортного средства на j операции; $E_{mnб}$ – полные энергозатраты базового i транспортного средства на j операции; $E_{mnн}$ – полные энергозатраты предлагаемого i транспортного средства на j операции; K_3 – коэффициент эффективности.

Полные энергозатраты i транспортного средства на j операции при решении вышеуказанной аналитической задачи определяются математической моделью

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{пij} = \sum_{i=1}^n E_{прij} + \sum_{i=1}^n E_{жиj} + \sum_{i=1}^n E_{тмij} + \sum_{i=1}^n E_{yij} \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

где $E_{пij}$ – полные энергозатраты i транспортного средства на j операции; $E_{прij}$ – прямые затраты энергии i транспортного средства на j операции; $E_{жиj}$ – энергозатраты живого труда i транспортного средства на j операции; $E_{эij}$ – энергоемкость i транспортного средства на j операции; E_{yij} – энергозатраты от потеряннго урожая i транспортного средства на j операции.

Прямые энергозатраты равны

$$E_{прij} = G_{mij} \cdot (a_m + f_m), \quad (2.4)$$

где G_{mij} – расход топлива i транспортного средства на j операции; a_m – теплосодержание топлива; f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива.

Затрата живого труда определяется из выражения

$$E_{жиj} = \frac{n_{чij} \cdot a_{ж}}{W_{смij}}, \quad (2.5)$$

где $n_{чij}$ – число водителей i транспортного средства на j операции; $a_{ж}$ – энергетический эквивалент живого труда; $W_{смij}$ – производительность i транспортного средства на j операции.

Энергоемкость в общем случае равна

$$E_{эij} = \frac{M_{mij} \cdot C_{mpij} \cdot (K_{mij} + K_{mkij} + K_{mpij})}{100 \cdot T_{nmij} W_{смij}}, \quad (2.6)$$

где M_{mij} – масса i энергетического средства на j операции; C_{mpij} – энергетический эквивалент i энергетического средства; K_{mij} , K_{mkij} , K_{mpij} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт i транспортного средства на j операции; T_{nmij} – годовая загрузка i транспортного средства на j операции.

Энергозатраты от потерянного урожая продукции

$$E_{yij} = E_{уд} \cdot П, \quad (2.7)$$

где $E_{уд}$ – энергосодержание единицы продукции; $П$ – объем потерянной продукции от несвоевременного транспортно-технологического обеспечения.

Из анализа зависимостей (2.4, 2.5, 2.6, 2.7) видно, что они не отражают влияния эксплуатационных показателей транспортного средства на их величину, поэтому представляет определенный интерес выявить данное влияние. Преобразуем формулу (2.4) следующим образом

$$E_{п} = \frac{G \cdot (a_m + f_m)}{Q \cdot V \cdot L}, \quad (2.8)$$

где G – часовой расход топлива, кг/ч; Q – масса перевозимого груза, т; V – среднетехническая скорость движения, км/ч; L – длина ездки, км.

Из выражения (2.8) видно, что прямые энергозатраты являются функцией грузоподъемности, скорости движения и времени

$$E_{п} = f(Q, V, L). \quad (2.9)$$

На величину затрат живого труда наибольшее влияние оказывает производительность. Величина производительности за один час определяется общеизвестной зависимостью [29]

$$W = Q \cdot V \cdot L. \quad (2.10)$$

Таким образом, величина затрат живого труда является функцией грузоподъемности, скорости движения и длины ездки

$$E_{\text{ж}} = f(W) = f(Q, V, L). \quad (2.11)$$

Энергозатраты средств механизации, как видно из уравнения (2.6), зависят от массы энергетического средства, годовой загрузки транспортного средства и эксплуатационной производительности агрегата

$$E_{\text{э}} = f(M_{\text{тн}}, T_{\text{нм}}, W_{\text{см}}), \quad (2.12)$$

где $M_{\text{тн}}$ – масса транспортного средства; $T_{\text{нм}}$ – годовая загрузка транспортного средства.

Зависимость урожайности от своевременного транспортно-технологического обеспечения

$$E_{\text{yij}} = f(T; \Pi). \quad (2.13)$$

С учетом вышеизложенного прямые энергозатраты являются функцией производительности, скорости движения, времени, потерь энергетического средства и годовой загрузки

$$E_{\text{п}} = f(Q, V, L, \Pi). \quad (2.14)$$

Для сравнения эффективности использования различных транспортных средств при возделывании и доставке сельскохозяйственных культур разработана блок-схема (рис.2. 1).

В то же время, анализируя выше представленные зависимости можно констатировать, что они не в полной мере отражают качественную оценку транспортно-технологического обеспечения так как не прослеживается влияние отдельных составляющих на величину полных энергозатрат транспортного средства.



Рис.2.1. Блок-схема определения эффективности использования транспортного обеспечения

Лучше всего для оценки влияния отдельных составляющих на полные энергозатраты ввести коэффициенты значимости, которые бы характеризовали отдельные составляющие транспортного процесса и позволит определить их значимость.

В общем случае полные энергозатраты транспортного средства можно оценить коэффициентом эффективности полных энергозатрат

$$K_{\text{зпол}} = \frac{E_{\text{пр}ij}}{E_{\text{п}ij}} + \frac{E_{\text{ж}ij}}{E_{\text{п}ij}} + \frac{E_{\text{э}ij}}{E_{\text{п}ij}} + \frac{E_{\text{у}ij}}{E_{\text{п}ij}}, \quad (2.17)$$

или

$$K_{\text{пол}} = K_{\text{п}} + K_{\text{ж}} + K_{\text{э}} + K_{\text{у}}, \quad (2.18)$$

где $K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{пр}ij}}{E_{\text{п}ij}}$ - коэффициент значимости прямых затрат энергии i транспортного средства на j операции; $K_{\text{ж}} = \frac{E_{\text{ж}ij}}{E_{\text{п}ij}}$ коэффициент значимости энергозатрат живого труда i транспортного средства на j операции; $K_{\text{тм}} = \frac{E_{\text{э}ij}}{E_{\text{п}ij}}$ - коэффициент значимости энергоемкости i транспортного средства на j операции; $K_{\text{у}} = \frac{E_{\text{у}ij}}{E_{\text{п}ij}}$ - коэффициент значимости энергозатрат от потерянного урожая i транспортного средства на j операции.

Таким образом, энергозатраты транспортного средства в технологии возделывания сельскохозяйственных культур определяются следующим образом.

Для существующей

$$K_{\text{зпол}}^{\text{с}} = K_{\text{п}}^{\text{с}} + K_{\text{ж}}^{\text{с}} + K_{\text{э}}^{\text{с}} + K_{\text{у}}^{\text{с}}, \quad (2.19)$$

для предлагаемой технологии

$$K_{\text{зпол}}^{\text{п}} = K_{\text{п}}^{\text{п}} + K_{\text{ж}}^{\text{п}} + K_{\text{э}}^{\text{п}} + K_{\text{у}}^{\text{п}}, \quad (2.20)$$

где $K_{\pi}^{\pi} = \frac{E_{\pi ij}^{\pi}}{E_{\pi ij}^c}$ – коэффициент значимости прямых затрат энергии i транспортного средства на j операции; $K_{\text{ж}}^{\pi} = \frac{E_{\text{ж} ij}^{\pi}}{E_{\pi ij}^c}$ – коэффициент значимости энергозатрат живого труда i транспортного средства на j операции; $K_{\text{э}}^{\pi} = \frac{E_{\text{э} ij}^{\pi}}{E_{\pi ij}^c}$ – коэффициент значимости энергоемкости i транспортного средства на j операции; $K_{\text{у}}^{\pi} = \frac{E_{\text{у} ij}^{\pi}}{E_{\pi ij}^c}$ – коэффициент значимости энергозатрат от потеряннго урожая i транспортного средства на j операции.

Анализируя выражения (2.19) и (2.20) можно определенно сказать, какие энергетические составляющие транспортно-технологического обеспечения занимают доминирующую роль. При этом эффективность транспортного обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур будет определяться при выполнении следующих условий

$$K_{\text{эпол}}^{\pi} - K_{\text{эпол}}^c \rightarrow \max. \quad (2.21)$$

$$K_{\text{э}} = \frac{K_{\text{эпол}}^{\pi}}{K_{\text{эпол}}^c} > 1. \quad (2.22)$$

На основе выше изложенного можно сделать вывод, что предлагаемый способ определения эффективности использования транспортных средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур с помощью коэффициентов значимости позволит наиболее точно определить пути снижения энергетических затрат.

2.2 Повышение эффективности работы подвижного состава за счет оптимизации скорости движения

Своевременное проведение основных сельскохозяйственных работ в АПК Амурской области зависит от уровня организации и управления авто-

мобильными перевозками по доставке посевного материала и удобрения, а также вывозу убранных урожая.

Анализ влияния приращения среднетехнической скорости движения автомобилей на выработку транспортного средства, помимо установления закономерностей изменения, позволит определить факторы и условия, влияющие на ход выполнения плановых показателей, выявить внутренние резервы и направления, обеспечивающие повышение эффективности использования подвижного состава [64,122,126,127,133].

В общем случае расчет сменной (т) Q и суточной выработки (т·км) P производится по следующим зависимостям

$$Q = \frac{T_n q \gamma_i V_T \beta}{\ell_{ге} + V_T t_{пв} \beta}; \quad (2.23)$$

$$P = \frac{T_n q \gamma_i V_T \beta \ell_{ге}}{\ell_{ге} + V_T t_{пв} \beta}, \quad (2.24)$$

где T_n – время пребывания автомобиля в наряде, ч; q – грузоподъемность транспортного средства, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности; V_T – техническая скорость автомобиля, км/ч; $\ell_{ге}$ – длина ездов с грузом, км; β – коэффициент использования пробега; $t_{пв}$ – среднее время погрузочно-разгрузочных работ за один оборот, ч.

Согласно формулам (2.23) и (2.24), с увеличением скорости движения, выработка транспортных средств всегда возрастает по закону гиперболы. Нелинейное изменение скорости можно объяснить тем, что в результате увеличения V_T , сокращается время движения за езду или оборот. Тогда за одно и то же время работы на линии появляется возможность выполнить большее число ездов. Вместе с тем транспортное средство чаще попадает в погрузочно-разгрузочные пункты, что вызывает рост затрат времени на эти работы, а это отрицательно влияет на уровень выработки. В связи с этим прирост скорости в интервале малых значений может дать больший эффект, чем в интер-

вале больших значений скорости. Это положение необходимо учитывать для разработки программы по оптимизации перевозок.

С повышением скорости движения всегда возрастают затраты. Исходя из принципа, что за плановое время пребывания на линии автомобиль может выполнить только целое число ездов, можно утверждать, что приращение среднетехнической скорости только тогда сопровождается ростом выработки, когда за счет сокращения затрат времени на движение появляется возможность выполнить за плановое время дополнительную езду. В противном случае, чем выше скорость, тем удельный прирост выработки становится меньше, а удельные затраты возрастают.

Для выявления закономерности изменения выработки автомобиля при различных скоростях движения рассмотрим пример при следующих условиях: $T_n=8$ ч; $\beta=0,5$; $t_{пв}=0,5$ ч; $q=5$ т; $\gamma=1$.

При расчете выработки автомобилей учитывалось, что за плановое время пребывания в наряде каждое транспортное средство может выполнить только целое число ездов Z_e . Число ездов, выполняемое единицей подвижного состава, равно [128]

$$Z_e = \frac{T_n}{t_e}, \quad (2.25)$$

где t_e – время оборота (ездки), ч.

Время оборота (ездки) определяется из выражения

$$t_e = \frac{\ell_{ге}}{\beta V_T} + t_{пв}. \quad (2.26)$$

Количество перевезенного груза Q и выполненной транспортной работы P за время T_n с учетом выше изложенного будет равно

$$Q = Z_e q \gamma; \quad P = Z_e q \gamma \ell_{ге}. \quad (2.27)$$

Для решения поставленной задачи по определению оптимальной скорости движения на заданном участке дороги удобно пользоваться номограммой (рис.2.2), которая была рассчитана и построена на основе формул (2.24-2.27).

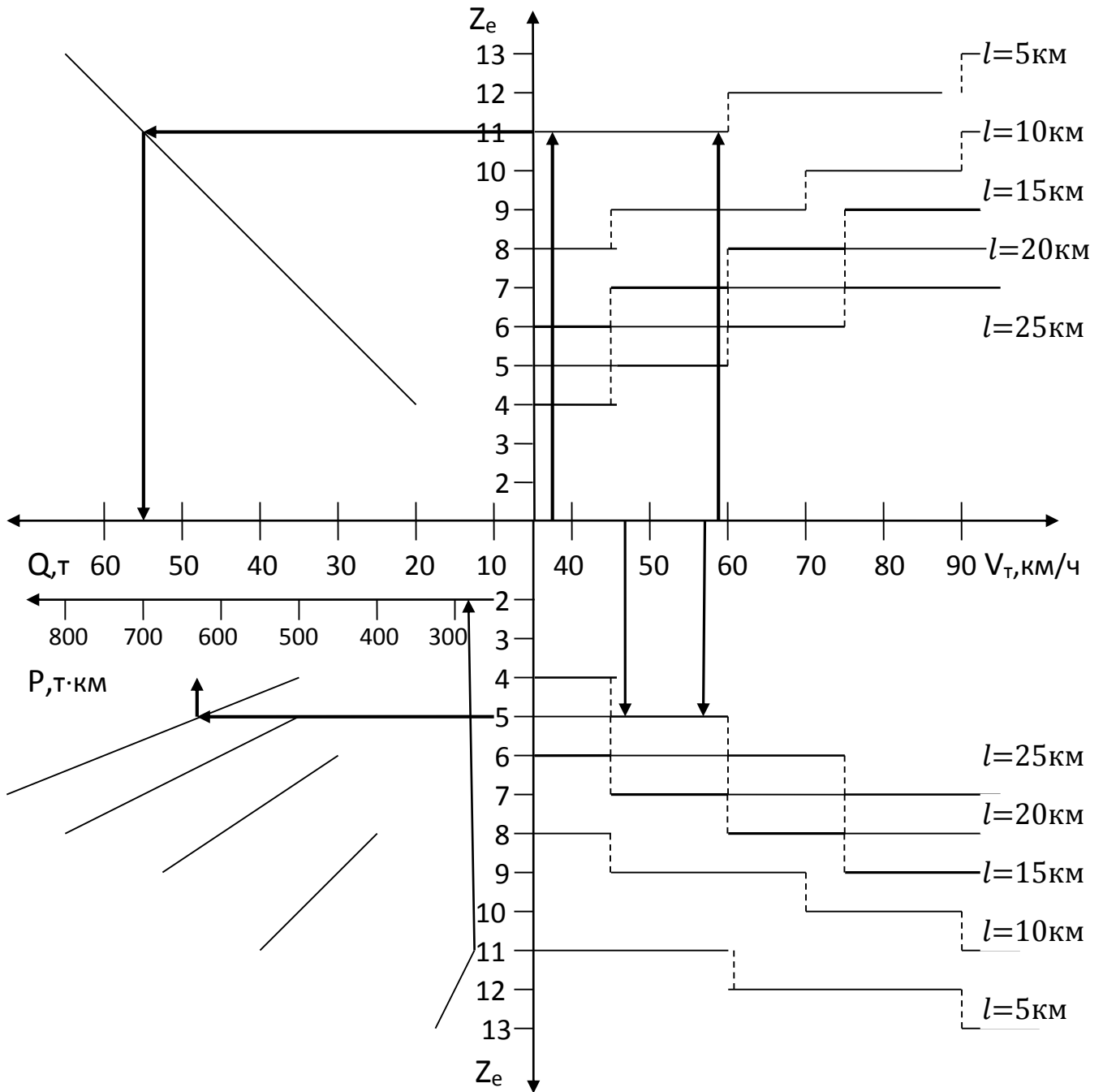


Рис. 2.2. Номограмма для определения количества перевозимого груза и выполненной транспортной работы в зависимости от скорости движения

Анализ влияния скорости движения на эффективность работы подвижного состава показывает, что на достаточно больших интервалах приращения скорости не наблюдается увеличение выработки автомобилей. Поэтому повышение скорости движения автомобиля не всегда приносит положитель-

ный эффект. Незнание этого явления может приводить к ошибкам в анализе и планировании работы транспортных средств. Так, при пробеге с грузом 5 км автомобиль выполнит 11 ездов при увеличении скорости движения от 40 км/ч до 60 км/ч, поэтому при изменении скорости движения до 60 км/ч не происходит приращения выработки автомобиля, количество перевезенного груза составит 55т, а выполненной транспортной работы $275т \cdot км$.

С увеличением пробега с грузом до 25 км автомобиль может выполнить только 5 ездов при увеличении скорости движения от 45 км/ч до 55км/ч, количество перевезенного груза составит 25т и выполненной транспортной работы $625т \cdot км$ за время T_n .

С ростом пробега с грузом интервалы приращения скорости движения, при которых не наблюдается увеличение выработки автомобилей, уменьшаются.

Выработка автомобиля описывается линейными зависимостями (рис.2.2) согласно дискретному характеру в соответствии с целым числом ездов, выполняемых каждым автомобилем. Выявленные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Использование их при планировании дает возможность получить строго обоснованный план работы автомобилей.

2.2.1 Оптимизация скорости в транспортных процессах

Одним из существенных факторов, влияющих на производительность транспортных средств и на уровень энергозатрат при выполнении перевозок, является скорость движения автомобильного транспорта. Для решения задач по определению оптимальной скорости как для отдельно взятого автомобиля определенной марки, так и в целом для АТП применяются различные подходы. Так, в работе [54] при исследовании себестоимости автомобильных перевозок как функции нескольких переменных аргументов получена аналити-

ческая зависимость, применение которой в планировании, по мнению автора, даст возможность рассчитать размер оптимальной технической скорости движения для каждой марки транспортных средств

$$V_{T \text{ опт}} = \sqrt{\frac{S_n}{0,005S_k(1 + \frac{0,8q\gamma\Delta\beta}{H+q\gamma})}}, \quad (2.28)$$

где S_n – постоянные расходы, приходящиеся на 1 ч нахождения автомобиля в наряде; S_k – переменные расходы, приходящиеся на 1 км пробега; q – грузоподъемность транспортного средства, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности; $\Delta\beta$ – превышение коэффициента использования пробега на 0,5; H – норма расхода топлива, л/100 км.

Однако если исследовать представленную зависимость (2.28), то следует, что чем меньше $\Delta\beta$, тем с большей скоростью должен двигаться автомобиль для достижения оптимального значения, а это противоречит положениям теории автомобилей [33], где указывается, что с ростом скорости движения увеличиваются расход горюче-смазочных материалов и увеличивается износ транспортных средств. Кроме того, установлено [80], что на конкретных маршрутах для выполнения плановой работы необходима строго определенная скорость, а движение с другими скоростями нецелесообразно и экономически неоправданно. Поэтому однозначное установление оптимальной скорости на основании максимальных (минимальных) величин технико-эксплуатационных показателей, достигнутых в АТП, не соответствует реальным условиям эксплуатации транспортных средств при работе на конкретных маршрутах. Из выше сказанного следует, что задача по определению рациональной скорости движения автомобиля при выполнении перевозок является многокритериальной. Для уменьшения энергозатрат, за счет определения оптимальной скорости движения, необходимо решить задачу, которая в общем виде может быть сформулирована следующим образом: имеется определенный тип транспортного средства, известен вид маршрута, на кото-

ром предусматривается использование данных транспортных средств, известен характер перевозимого груза, дорожные условия и возможности погрузочно-разгрузочного пункта. Требуется определить величину среднетехнической скорости движения V_T транспортных средств на каждом маршруте, которая соответствовала бы одному из критериев оптимизации:

- минимум суммарных затрат времени на доставку груза;
- максимум суммарного объема перевозимого груза;
- минимум суммарных энергозатрат на доставку грузов.

При решении задачи на минимум затрат времени при доставке груза в качестве показателя критерия оптимальности выступают затраты времени на доставку груза на определенном отрезке пути, которые определяются как отношение расстояния к величине времени. Поэтому для каждого маршрута необходимо определить допустимую скорость движения автомобиля исходя из категории дороги, параметров подвески автомобиля и соблюдения безопасности движения. В работе [23] Н.Я. Говорущенко указывает, что интенсивность движения до 300-400 авт./ч не оказывает влияние на скорость. Учитывать интенсивность необходимо при значении 1000-1500 авт./ч, но рассматривать это следует как ограничение, поскольку в таком потоке скорость движения определяется наиболее тихоходным транспортным средством, а не динамическими свойствами имеющихся транспортных средств.

Допустимая скорость $V_{\text{доп}}$ движения одиночных автомобилей на прямолинейных участках маршрута без учета ограничений, налагаемых правилами движения, может быть рассчитана по зависимости, представленной в работе [23]

$$V_{\text{доп}} = \frac{572M}{CS} \sqrt{\sigma_2^2 - 10^6 \omega^4 S^2 l^2}, \quad (2.29)$$

где M – масса поддресоренных частей, кг; C – коэффициент сопротивления амортизаторов и шин; S – суммарный пробег рессор, км; σ – средне-

квадратичная высота относительных перемещений кузова; l – длина неровностей, км.

$$\omega^2 = K/M, \quad (2.30)$$

где K – коэффициент жесткости рессор.

При движении автомобиля на повороте скорость движения следует определять по формуле [23]

$$V_{\text{доп}} = 11,3 \sqrt{R\varphi}, \quad (2.31)$$

где R – радиус поворота, км; φ – коэффициент бокового сцепления колеса автомобиля.

Зная протяженность участка маршрута l_i , оптимальную среднюю скорость по критерию минимум затрат времени на перевозку груза для отдельного транспортного средства, можно рассчитать

$$V_{\text{опт}} = \frac{\sum_1^n l_i}{\sum_1^n l_i / V_i}, \quad (2.32)$$

где n – число участков; V_i – допустимая или критическая скорость движения на i – м участке маршрута, км/ч.

Для группы маршрутов и автомобилей или АТП в целом оптимальная скорость может быть найдена как результат решения транспортной задачи линейного программирования. В качестве показателя критерия оптимальности применяется время доставки груза между всеми пунктами, включаемыми в задачу. Условия минимизации затрат времени на доставку груза

$$T = \sum_1^m \sum_1^n C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2.33)$$

где m – число пунктов отправления груза; n – число пунктов потребления груза; $C_{ij} = t_{ij}$ – время, затрачиваемое на проезд от i –го пункта наличия груза в j -й пункт потребления; x_{ij} – объем груза, который необходимо доставить из i –го пункта отправления в j -й пункт потребления, т.

$$t_{ij} = \frac{l_i}{V_{\text{опт } m}}. \quad (2.34)$$

В результате решения такой задачи получим вариант перевозки грузов, обеспечивающий минимум затрат времени на все перевозки. Поэтому средняя оптимальная скорость для АТП может быть найдена

$$V_{\text{опт}} = \frac{\sum_1^d (l_{\text{zer}} + l_{\text{xr}})}{T}, \quad (2.35)$$

где $(l_{\text{zer}} + l_{\text{xr}})$ - сумма пробегов с грузом и без груза на r -м маршруте, км; d - число маршрутов.

Представленная величина скорости $V_{\text{опт}}$ применима только для выполнения плановых расчетов на уровне АТП, а при планировании работы на маршрутах с минимальными энергозатратами целесообразно применять $V_{\text{опт м}}$.

Если исходить из критерия *min* энергозатрат, то оптимальной скоростью движения является такая, которой соответствуют минимум себестоимости выполнения работы по перевозке груза. Такой критерий может быть принят, если при движении с оптимальной скоростью транспортное средство за плановое время пребывания в наряде может выполнить заданный объем перевозок.

Как известно, себестоимость описывается следующей формулой [75,104]

$$S = \frac{Z_n + C_n + C_{\text{пер}}}{P}, \quad (2.36)$$

где Z_n - заработная плата водителей, р; C_n - постоянные расходы, р; $C_{\text{пер}}$ - переменные расходы, р; P - грузооборот, т·км.

Общая величина постоянных расходов для АТП зависит от объема перевозимого груза и расстояния доставки. Эти показатели являются основными определяющими потребность в транспортных средствах и тем самым размер АТП, от которого зависит величина вложений в здания, сооружения, различное технологическое оборудование, систему выполнения работ и управления АТП. Поэтому при осуществлении перевозок конкретным автомоби-

лем на определенном маршруте в случае изменения каких-либо ТЭП работы автомобиля величина постоянных затрат не претерпевает изменений.

В связи с тем, что объем перевозок и количество транспортной работы остаются неизменными, то общая величина заработной платы также является постоянной. Изменяются только переменные расходы. Согласно работе /113/ затраты, которые зависят от изменения скорости движения автомобиля, могут быть определены

$$C_{пер} = C_{ij} + E_n \sum_1^{A_3} K_{ij}, \quad (2.37)$$

где C_{ij} - эксплуатационные расходы автомобиля i - й марки при выполнении перевозок на j - м маршруте, зависящие от V_T ; E_n - нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений; K_{ij} - удельные капитальные вложения в подвижной состав i - й марки для выполнения перевозок на j - м маршруте; A_3 - количество автомобилей i - й марки, необходимое для выполнения перевозок на j - м маршруте.

В работах [73,104,113] авторы пришли к выводу, что с ростом скорости движения величина эксплуатационных расходов возрастает, но одновременно может уменьшаться потребность в транспортных средствах, что вызывает уменьшение второго слагаемого в формуле (2.37) и , наоборот, уменьшение скорости движения может сопровождаться уменьшением C_{ij} , но при этом потребуются дополнительные автомобили.

По мнению автора [134] оптимальной скоростью движения является такая, которая соответствует минимуму суммарных затрат на выполнение перевозок. Критерий $C_{пер} \rightarrow \min$ может быть использован для установления оптимальной скорости, если транспортных средств достаточно для удовлетворения в перевозках потребителей. Если транспортных средств недостаточно или требуется осваивать все возрастающие объемы перевозок, то критерием должен быть принят максимум суммарного объема перевозок. Число ездов, как известно из теории и практики, является целым числом.

С учетом целочисленности выполнения ездки установлено, что изменение скорости только тогда дает приращение выработки Q , когда за счет сокращения времени в движении в течение планового времени можно выполнить дополнительно хотя бы одну езду.

Согласно расчетам, приведенным в работе [23], функция $Q=f(V_T)$ является разрывной линией, а не гиперболической, как утверждается в действующей теории. Имеются достаточно большие промежутки изменения среднетехнической скорости движения автомобиля, не сопровождающиеся приращением выработки. Не учет этого явления может приводить к ошибкам в анализе и планировании работы транспортных средств. На графике (рис.2.3) показано, что при изменении скорости движения от V_1 до значения V_2 не происходит изменения выработки автомобиля.

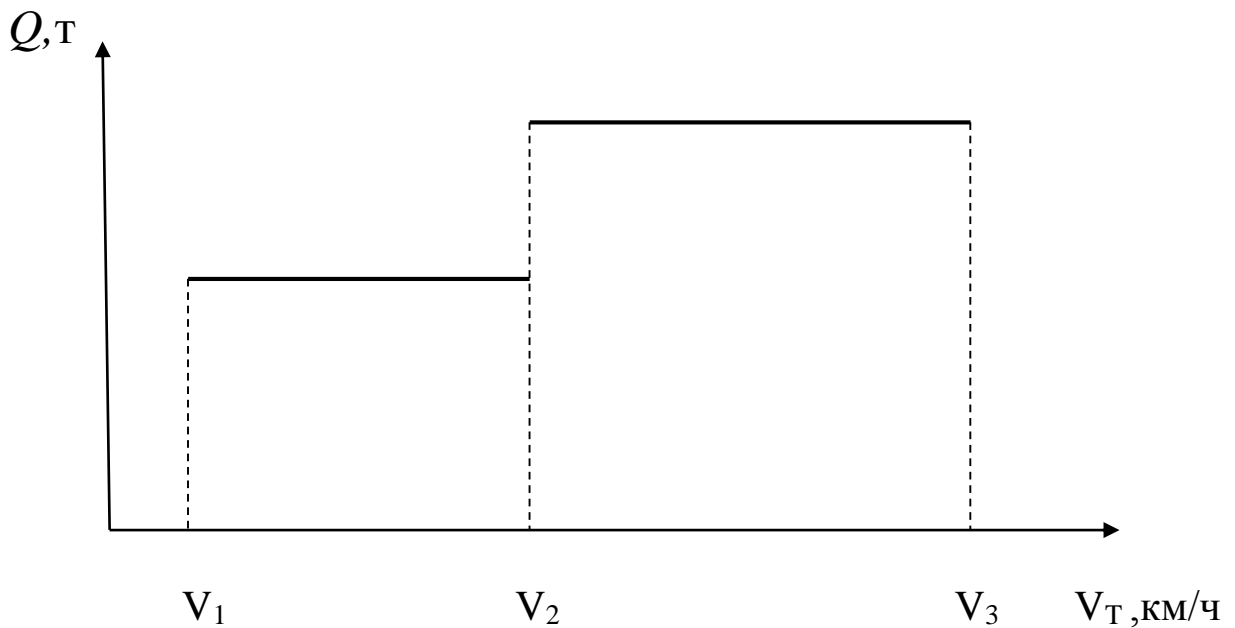


Рис.2.3. Влияние скорости движения на производительность одного автомобиля

Следовательно, если на маршруте невозможно организовать работу со скоростью V_2 , то экономически оправданной является V_1 , так как все промежуточные значения скоростей не приводят к росту выработки, а только

увеличивают затраты. Поэтому скорость V_1 для данных условий эксплуатации является оптимальной.

Таким образом, проанализировав зависимость Q от V_T , можно установить оптимальную скорость движения одного транспортного средства исходя из критерия $Q \rightarrow \max$. При работе на маршруте нескольких автомобилей время работы у каждого автомобиля будет разным. Выпуск автомобилей A_s осуществляется таким образом, чтобы исключить образование очереди. Окончание работы зависит от планового времени работы в течение суток и для всех автомобилей наступает одновременно. Поэтому время пребывания в наряде и число ездов, выполняемое последним вышедшим автомобилем, меньше, чем у предыдущих. Следовательно, необходимо найти такое значение средней скорости движения, при которой обращаются в минимум потери времени и в максимум количество перевезенного груза [23]

$$\sum_1^{A_s} Q_i = \sum_1^{A_s} (q \sum_1^n \gamma_S \left[\frac{T_{mi}}{t_0} \right] + q \sum_1^K \gamma_S) \rightarrow \max, \quad (2.38)$$

где γ_S - коэффициент использования грузоподъемности при выполнении S -й ездки; t_0 - время оборота автомобиля на маршруте.

2.3 Оптимизация расхода топлива при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов

Основу экономической оценки перевозки сельскохозяйственной продукции составляет расчет издержек на их выполнение. Методы определения затрат на выполнение данных услуг должны учитывать специфику перевозок сельскохозяйственной продукции. Учет специфики данного вида перевозок позволит оценить степень влияния различных факторов и изыскать возможности их уменьшения.

Топливо является важнейшим эксплуатационным материалом, который потребляется подвижным составом автомобильного транспорта

[67,98,99,127]. В общих затратах на перевозку грузов стоимость топлива составляет примерно 13% для дизельных автомобилей и свыше 30% для карбюраторных [72].

Расход топлива в значительной степени зависит от организации транспортного процесса и скорости движения автомобилей. Это следует из формулы, применяемой для описания расхода топлива на 100 км пробега [24]

$$Q_H = \frac{1}{\eta_i} \left[A \cdot i_K + B \cdot i_K^2 V_a + C \left(G_a \cdot \psi + \frac{KF \cdot V_a^2}{13} \right) \right], \quad (2.32)$$

где η_i – индикаторный КПД; i_K – средневзвешенная величина передаточного числа коробки передач; V_a – скорость движения автомобиля, км/ч; G_a – полная масса автомобиля, кг; ψ – суммарное сопротивление дороги; KF – фактор обтекаемости автомобиля, кг·см; A, B, C – постоянные коэффициенты для данного автомобиля.

Для автомобилей с четырехтактными двигателями

$$A = \frac{74,5 \cdot V_h \cdot i_0}{H_H \cdot \rho \cdot r_K}, \quad (2.33)$$

$$B = \frac{3,3 \cdot V_h \cdot S_{\Pi} \cdot i_0^2}{H_H \cdot \rho \cdot r_K}, \quad (2.34)$$

$$C = \frac{234}{H_H \cdot \rho \cdot r_K}, \quad (2.35)$$

где V_h – рабочий объем цилиндров двигателя, л; i_0 – передаточное число главной передачи; H_H – низшая теплотворность топлива, кДж/кг; ρ – плотность топлива, г/см; r_K – радиус качения колеса, м; S_{Π} – ход поршня, мм; $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии автомобиля.

Рост скорости движения при прочих равных условиях вызывает увеличение необходимой мощности: для преодоления сил сопротивления качения по дорожному полотну (N_D) величина, которой определяется [81]

$$N_D = \frac{G_a \psi V_a}{270}, \quad (2.36)$$

Для преодоления сил сопротивления воздуха

$$N_B = KFV_a^3. \quad (3.37)$$

Из формул следует, что для преодоления сил N_D мощность и расход топлива растут в прямой пропорции в зависимости от скорости движения, тогда как на преодоление ветровой нагрузки – кубической. Поэтому при повышении скорости движения возникает наиболее ощутимый расход топлива.

Для выполнения работы по перевозке сельскохозяйственных грузов для каждой модели автомобиля линейные нормы расхода топлива. Они состоят из основной нормы, определяющей расходы топлива на пробег, и дополнительной, учитывающей расход топлива на выполнение операций по погрузке и разгрузке груза. Эти нормы дифференцируются в зависимости от условий работы подвижного состава.

Линейная норма расхода топлива определяется на основании усредненных статистических данных по расходу топлива автомобилем, работающего в разных дорожных и эксплуатационных условиях. Поэтому, если применять ее к автомобилю, работающему в конкретных условиях эксплуатации, то не в полной мере будет учитываться влияние всех условий, в которых выполнялись перевозки [63,45].

Поэтому аналитическую зависимость (2.32) использовать для расчета или уточнения линейной нормы расхода топлива на пробег невозможно, так как в процессе работы автомобиля непрерывно меняются условия движения: тип и состояние дорожного покрытия, величина и направление уклонов, сила и направление ветра. Изменение условий движения приводит к изменению скорости движения. Согласно исследованиям, скорость движения автомобиля изменяется по весьма сложным зависимостям, аналитическое определение которых на весь маршрут не представляется возможным [108].

Задача определения оптимального расхода топлива на маршрутах решается исходя из положения, что на каждом конкретном маршруте автомо-

били должны двигаться с экономически обоснованной скоростью, необходимой для выполнения транспортного процесса.

Выполненные исследования показали, что при выполнении грузовых перевозок, автомобили двигаясь с различными скоростями, имеют одинаковую выработку, но не одинаковый расход топлива [81]. Это позволяет установить минимальную необходимую скорость движения для выполнения заданного объема перевозок, который соответствует минимуму расхода топлива.

На первом этапе необходимо установить рациональную скорость исполнения транспортного процесса для выбранного маршрута, исходя из исполнения целого числа ездов, за время пребывания в наряде и, которую может реализовать каждый автомобиль.

На втором этапе составить топливно-скоростной паспорт выбранного маршрута.

Работу по составлению топливно-скоростного паспорта выполняют в следующей последовательности.

1. Составляется характеристика трассы, то есть определяются дорожные условия, влияющие на эксплуатацию автомобиля. Проводится классификация дорожных условий по следующему плану: тип дорожного покрытия; состояние дорожного покрытия; план и профиль дороги.

В результате проведения анализа дорожных условий возможно получение двух вариантов: дорожные условия на всем протяжении трассы однообразны; дорожные условия по длине трассы различны. Во втором случае необходимо трассу разделить на участки, имеющие на всем протяжении одинаковые дорожные условия. В практической деятельности разделить трассу на участки и определить их границу можно, используя величину скорости, с которой автомобиль может проходить по участку трассы.

2. Устанавливается для каждого участка, имеющего однородные дорожные условия, зависимость среднетехнической скорости \bar{V}_T , используемой в

планировании работы, от поддерживаемой на этом участке технической скорости V_T . Эти зависимости должны быть получены для каждой марки автомобиля на режимах в соответствии с требованиями ГОСТ 20306 – 90 «Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность» [26].

Исследования скорости движения могут быть выполнены (при отсутствии технических средств) методом моментных наблюдений или наблюдателем-исследователем, который фиксирует время прохождения каждого участка. Полученный массив скоростей обрабатывается методом математической статистики и устанавливаются величины среднетехнической скорости. Получив, таким образом, массивы скоростей V_T и \bar{V}_T , устанавливается зависимость $\bar{V}_T = f(V_T)$, согласно положений корреляционно-регрессионного анализа. Коэффициенты уравнения регрессии определяются методом наименьших квадратов [105].

3. Определяется зависимость расхода топлива от технической скорости движения. При выполнении работы и пробега автомобиля, согласно режиму прохождения каждого участка трассы, необходимо получить данные о количестве израсходованного топлива. При отсутствии специальных измерительных приборов, учитывая, счет идет на десятки литров, можно использовать метод «долива до полного».

Суть метода сводится к тому, что, сколько долито в бак топлива до первоначально зафиксированного уровня (обычно до полного состояния), столько и израсходовано при прохождении данного участка трассы. Полученные значения расхода топлива, в зависимости от скорости движения, составляют исходный массив, обработка которого по принципам, изложенным в разделе, позволяет установить закономерность $G = f(\bar{V}_T)$, вид и параметры уравнения регрессии, позволяющего рассчитать расход топлива при изменении скорости движения с учетом дорожных условий.

Для сокращения времени и затрат на проведение исследований целесообразно пункты 2 и 3 проводить одновременно.

4. Расчет маршрутного расхода топлива. При установлении маршрутного расхода топлива возможны два варианта:

- дорожные условия на протяжении всего маршрута перевозки груза остаются постоянными (свойственно маршрутам на небольшой протяженности);
- маршрут перевозки груза включает участки трассы с различными эксплуатационными условиями.

Для первого варианта, используя полученную для данных дорожных условий зависимость расхода топлива от средней скорости движения транспортных средств, по известной величине рациональной скорости определяют маршрутный расход топлива.

Для второго случая, когда трасса содержит участки с различными дорожными условиями, необходимо провести оптимизацию расхода топлива. Оптимизация может быть выполнена методом градиентного спуска.

2.4 Оптимизация использования автомобильного транспорта при возделывании сельскохозяйственных культур

Перемещение грузов, в том числе и сельскохозяйственного назначения, невозможно без их концентрации на складах [68]. Для успешного использования транспорта в технологии возделывания сельскохозяйственных культур и снижения себестоимости перевозок, большое значение имеет правильное размещение токов и складов, определяющее объёмы транспортных работ.

При решении задачи об отыскании оптимального места размещения складов основным критерием будет являться минимальная величина транспортных издержек, которая в конечном итоге позволит снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции. Транспортные издержки включают в себя все затраты, связанные с осуществлением процесса перевозки.

Затраты в рублях на территории Российской Федерации складываются из следующих элементов [57,58]

$$C_{\text{рубл.}} = C_{\text{топл.}} + C_{\text{см.}} + C_{\text{тоир.}} + C_{\text{ш.}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{зн.}} + HP, \quad (2.45)$$

где $C_{\text{топл.}}$ – затраты на топливо; $C_{\text{см.}}$ – затраты на смазочные и другие эксплуатационные материалы; $C_{\text{тоир.}}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт; $C_{\text{ш.}}$ – затраты на восстановление износа и автомобильных шин; $C_{\text{ам.}}$ – амортизационные отчисления на реновацию подвижного состава; $C_{\text{зн.}}$ – заработная плата водителей; HP – накладные и прочие расходы.

Одним из способов минимизации транспортных издержек является сокращение затрат на топливо [44], так как данный тип затрат составляет большую часть в общей сумме затрат. Этого можно достичь, оптимизируя маршруты перевозок, путём выбора оптимального размещения складов по отношению к объектам потребления. Стоимость топлива будет рассчитываться по формуле

$$C_{\text{топл.}} = \sum_{i=1}^n L_i \cdot N, \quad (2.46)$$

где $\sum_{i=1}^n L_i$ - общий пробег автомобилей; N – норма расхода топлива на 100 км пробега.

Местоположение склада, минимизирующее перевозки, может быть найдено по формуле

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, \quad (2.47)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, \quad (2.48)$$

где X, Y – искомые координаты склада; X_i, Y_i – координаты условного центра масс i -того поля; G_i – величина грузопотока от склада до i -того поля – количество полей.

$$G_i = S_i \cdot N, \quad (2.49)$$

где S_i – площадь i -того поля, в га.; N – норма внесения удобрений в расчёте на 1 га.

Рассмотрим условный пример по определению оптимального размещения склада (рис. 2.4). Принимаем, что 1 - 4 – центры масс отдельных полей, на которые предполагается доставка грузов.

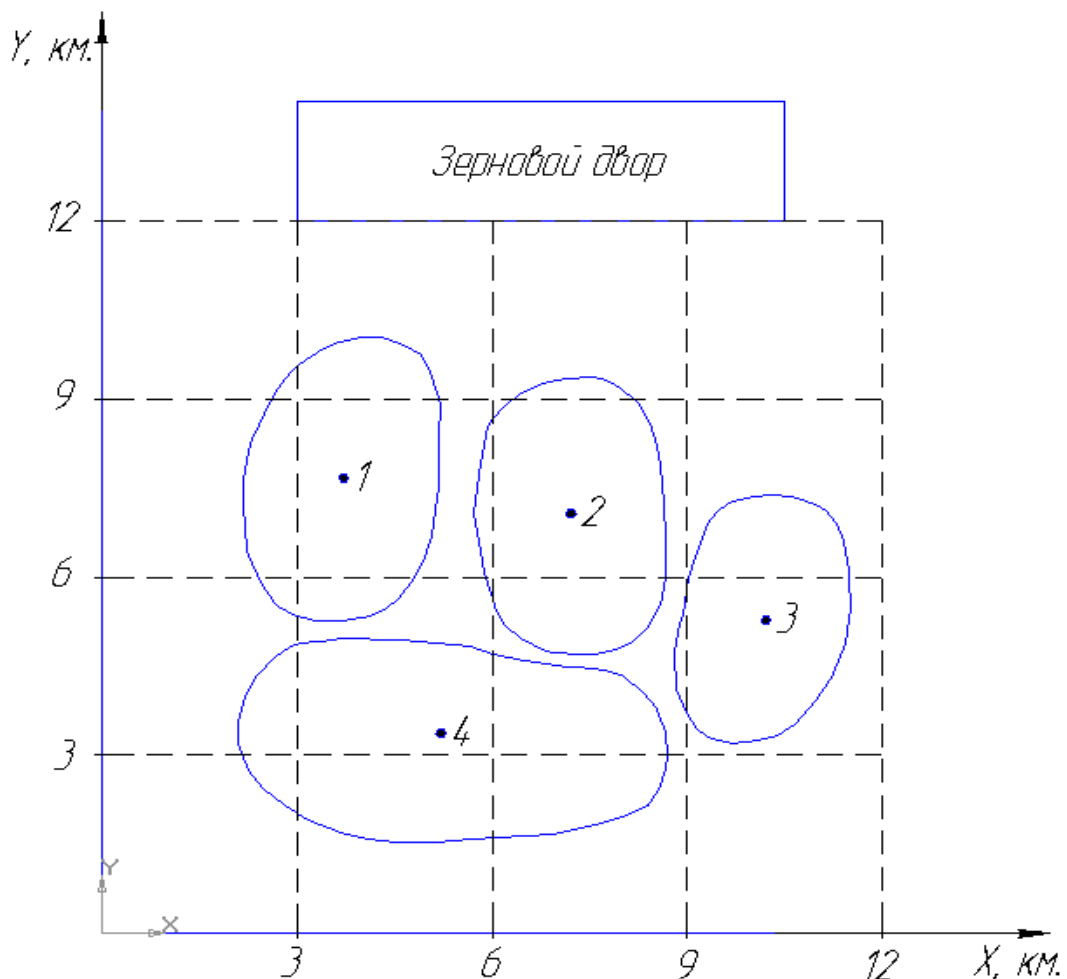


Рис. 2.4. Схема расположения полей условного хозяйства

Теперь, используя формулу, определения условного центра масс, рассчитаем координаты оптимального размещения склада. Полученные координаты показывают, что в соответствии со схемой расположения полей (рис.2.4), оптимальным будет размещение склада в пределах поля №4 (рис. 2.5).

Использование центра масс для оптимизации расположения пунктов хранения позволит снизить энергозатраты в технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

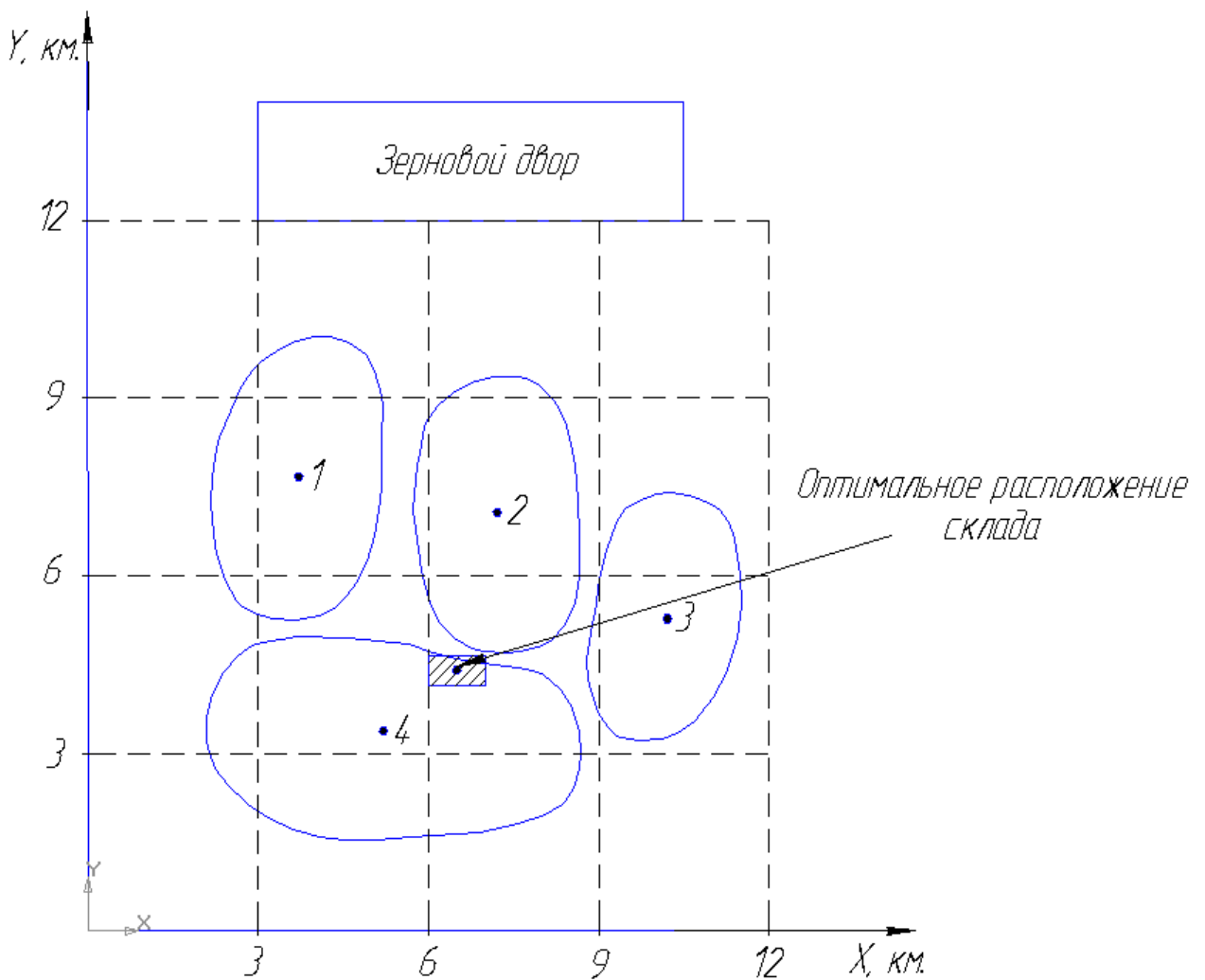


Рис. 2.5. Схема оптимального расположения склада

2.5 Планирование оптимального количества подвижного состава с учетом работы пропускного пункта

Эффективность использования автомобильного парка во многом зависит от слаженной работы всей системы, обеспечивающей доставку груза от производителя до потребителя. В системе « пункт погрузки – автомобили – пункт разгрузки (элеватор)» большая роль отводится одному из грузовых пунктов, который определяет пропускную способность всей системы в целом. При перевозках зерна (сои) ведущим звеном является пункт разгрузки (элеватор). Его пропускная способность ограничивает объем зерна, который может быть перевезен в сутки, а, следовательно, и потребность в транспортных средствах.

Для улучшения процесса оптимизации транспортно-технологического обеспечения АПК необходимо определить порядок планирования оптимального количества транспортных средств для выполнения перевозок грузов заданного объема. Схема планирования представлена на рисунке 2.6.

С помощью метода статистических испытаний и путем моделирования на ЭВМ производственного процесса функционирования сложных систем массового обслуживания, какими являются погрузочные и разгрузочные пункты, можно устанавливать оптимальный производственный ритм. Это, в свою очередь, дает возможность научно обосновать пропускную способность пунктов и нормативную базу для расчета производственных заданий.

Поэтому оптимальное количество подвижного состава, необходимое для выполнения перевозок, должно рассчитываться из условия равенства суточной приемки зерна заготовительным пунктом и суммарной производительности автомобилей, осуществляющих перевозки на данный пункт.

Оптимальное количество автомобилей находится по формуле [81]

$$A_{\text{опт}} = \frac{Q_c}{w_Q}, \quad (2.50)$$

где Q_c – суточная производительность пункта разгрузки, авт·т; W_Q – производительность единицы подвижного состава, т/ч.

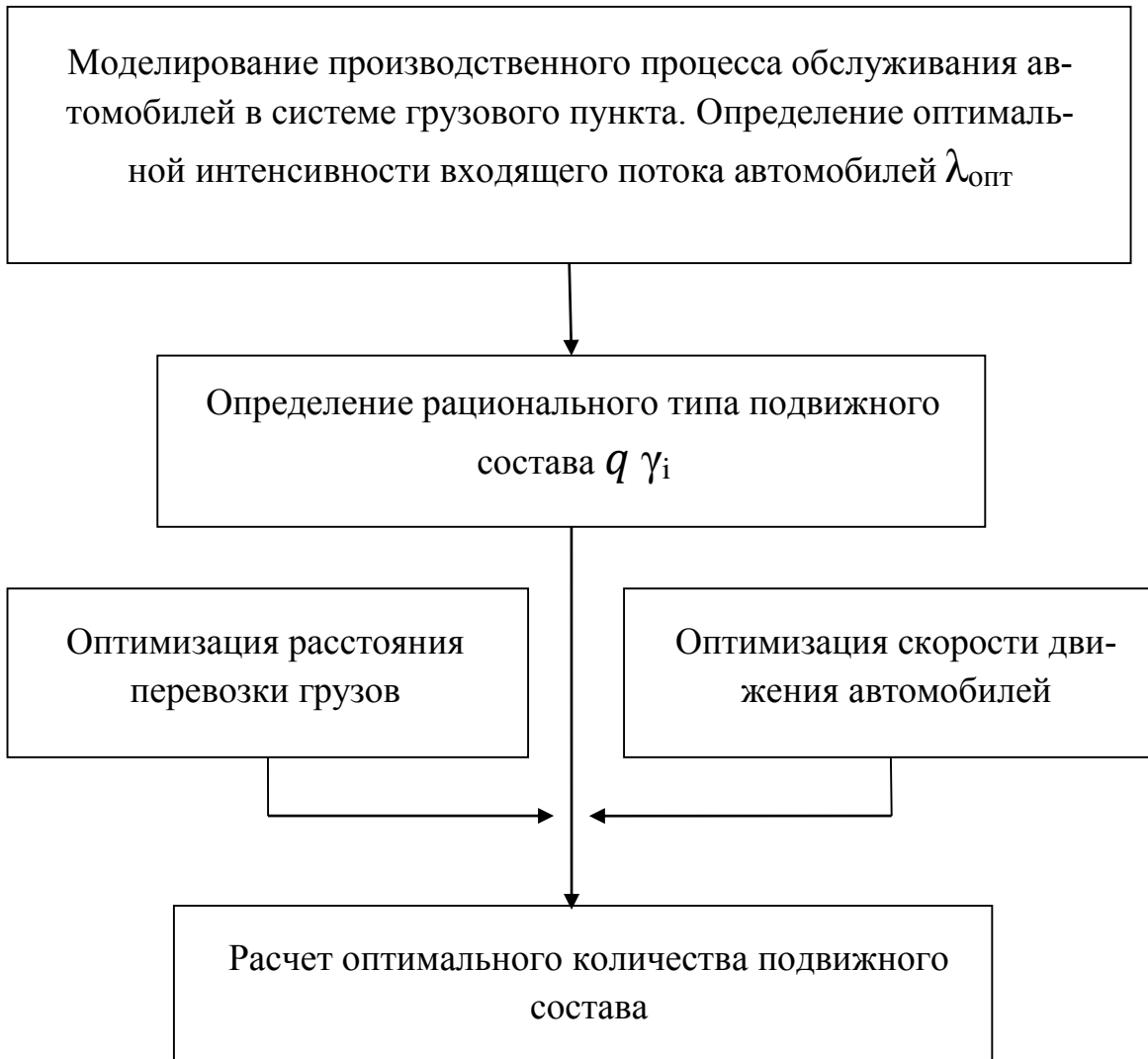


Рис. 2.6. Схема планирования оптимального количества подвижного состава

Суточная производительность ГЗП может быть выражена через число автомобилезаездов, которое пункт может обслужить в течение суток

$$Q_c = \lambda_{\text{опт}} T_p q \gamma_i, \quad (2.51)$$

где $\lambda_{\text{опт}}$ – оптимальная интенсивность входящего потока автомобилей, авт./ч; T_p – режим работы пункта, ч; q – грузоподъемность транспортного средства, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности.

Производительность единицы подвижного состава

$$W_Q = \frac{Z_e q \gamma}{t_e}; \quad (2.52)$$

где Z_e – число ездов; t_e – время оборота (ездки), ч.

Время оборота (ездки) определяется из выражения

$$t_e = \frac{\ell_{ге}}{\beta V_T} + t_{пв}, \quad (2.53)$$

где V_T – техническая скорость автомобиля, км/ч; $\ell_{ге}$ – длина ездов с грузом, км; β – коэффициент использования пробега; $t_{пв}$ – среднее время погрузочно-разгрузочных работ за один оборот, ч.

Проведя необходимые преобразования, получаем

$$W_Q = \frac{Z_e q \gamma_i V_T \beta}{\ell_{ге} + V_T t_{пв} \beta}. \quad (2.54)$$

Таким образом, оптимальное количество автомобилей, необходимое для выполнения заданного объема перевозок можно определить

$$A_{\text{опт}} = \frac{\lambda_{\text{опт}} T_p [\ell_{ге} + V_T t_{пв} \beta]}{Z_e V_T t_{пв}}. \quad (2.55)$$

Полученные зависимости (2.54-2.55) позволяют провести анализ влияния скорости движения на выработку транспортного средства, что позволит определить факторы, влияющие на ход выполнения транспортных услуг, тем самым повысить эффективность использования подвижного состава.

Согласно формуле (2.54) с увеличением скорости движения производительность транспортных средств всегда возрастает по закону гиперболы [81]. Нелинейное изменение скорости можно объяснить тем, что в результате увеличения V_T сокращается время движения за езду или оборот. Тогда заодно и то же время работы на линии появляется возможность выполнить большее число ездов. Вместе с тем с увеличением скорости движения транспортное средство чаще попадает в погрузочно-разгрузочные пункты, что вызывает

рост затрат времени на эти работы. В связи с этим, как показали исследования, прирост скорости в интервале малых значений может дать больший эффект, чем в интервале больших значений скорости. Это положение необходимо учитывать для разработки программы по оптимизации перевозок.

С повышением скорости движения всегда возрастают затраты связанные с расходом топлива. Исходя из принципа, что за плановое время пребывания на линии автомобиль может выполнить только целое число ездов, можно утверждать, что приращение среднетехнической скорости только тогда сопровождается ростом производительности, когда за счет сокращения затрат времени на движение появляется возможность выполнить за плановое время дополнительную езду. В противном случае увеличение скорости не дает увеличение производительности, а удельные затраты возрастают.

Для выявления закономерности изменения выработки автомобиля при различных скоростях движения рассмотрим пример при следующих условиях: $T_n=8$ ч; $\beta=0,5$; $t_{об}=0,5$ ч; $q=5$ т; $\gamma=1$.

При расчете выработки автомобилей учитывалось, что за плановое время пребывания в наряде каждое транспортное средство может выполнить только целое число ездов Z_e .

Число ездов, выполняемое единицей подвижного состава равно

$$Z_e = \frac{T_n}{t_e}, \quad (2.56)$$

где T_n – время пребывания автомобиля в наряде, ч.

Количество перевезенного груза Q и выполненной транспортной работы P за время T_n с учетом выше изложенного будет соответственно равно

$$\begin{aligned} Q &= Z_e q \gamma; \\ P &= Z_e q \gamma \ell_{ге}. \end{aligned} \quad (2.57)$$

Для решения практической задачи по определению оптимальной скорости движения на заданном участке дороги удобно пользоваться номограм-

мой (рис.2.7), которая была рассчитана и построена на основе формул (2.52-2.57).

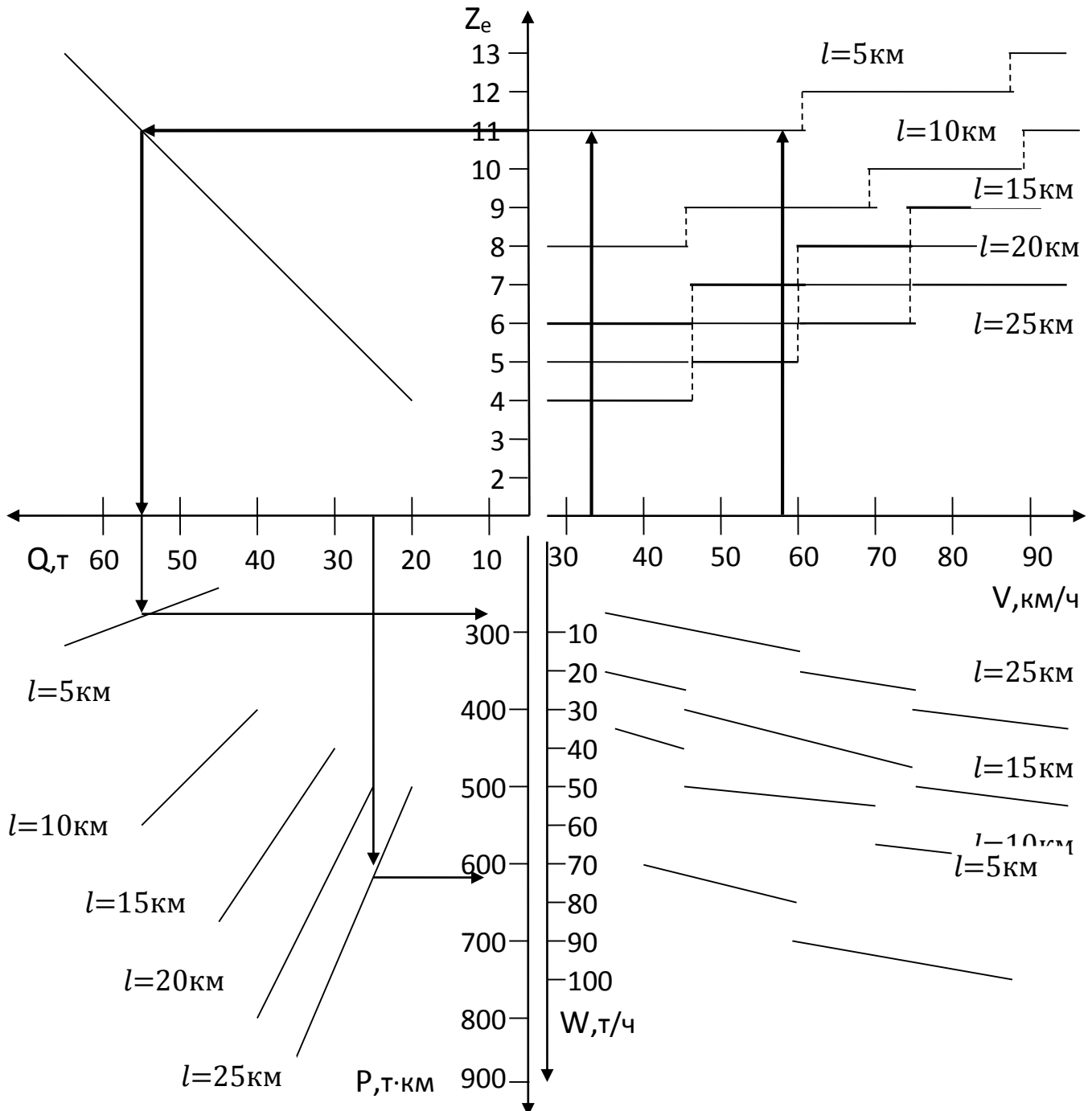


Рис. 2.7. Номограмма для определения количества перевозимого груза, выполненной транспортной работы и производительности единицы подвижного состава в зависимости от скорости движения

Анализ влияния скорости движения на эффективность работы подвижного состава показывает, что на достаточно больших интервалах приращения скорости не наблюдается увеличение выработки автомобилей. Поэтому повышение скорости движения автомобиля не всегда приносит положительный эффект. Незнание этого явления может приводить к ошибкам в анализе и планировании работы транспортных средств. Так, при пробеге с грузом 5 км автомобиль выполнит всего 11 ездов, хотя при этом увеличение скорости движения составит от 40 км/ч до 60 км/ч. При изменении скорости движения до 60 км/ч также не происходит приращения выработки автомобиля, то есть количество перевезенного груза составит 55т, а выполненной транспортной работы 275т·км.

С увеличением пробега с грузом до 25 км автомобиль может выполнить только 5 ездов даже при увеличении скорости движения от 45 км/ч до 55 км/ч, а количество перевезенного груза и выполненной транспортной работы за время T_n составит соответственно 25т и 625т·км.

С ростом пробега с грузом интервалы приращения скорости движения, при которых не наблюдается увеличение выработки автомобилей, уменьшаются.

Производительность транспортного средства с увеличением скорости движения увеличивается за счет уменьшения времени ездки. Выработка автомобиля описывается линейными зависимостями (рис.2.7), а не гиперболическими, как утверждалось [81], согласно дискретному характеру в соответствии с целым числом ездов, выполняемых каждым автомобилем.

Выявленные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Использование их при планировании дает возможность получить строго обоснованный план работы транспортных средств, что позволит определить оптимальное количество автомобилей, необходимых для перевозки сельскохозяйственной продукции. Полученные результаты моделиро-

вания и расчеты позволят улучшить процесс оптимизации транспортно-технологического обеспечения АПК.

3 ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Задачи экспериментальных исследований

В настоящее время с появлением в АПК автомобилей с различной грузоподъемностью в технологии производства работ по возделыванию с.-х. культур, весьма актуальным остается вопрос снижения энергозатрат. Полученные во второй главе аналитические зависимости требуют проверки научным экспериментом. Также экспериментально необходимо определить ряд параметров входящих в теоретические зависимости. Задачи экспериментальных исследований:

1. Установить влияние скорости движения автомобиля на величину энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК.
2. Исследовать транспортно - технологическое обеспечение АПК с использованием навигационных систем ГЛОНАС и GPS.
3. Провести мониторинг транспортных потоков на нерегулируемом перекрестке.
4. Проверить эффективность использования различных марок автомобилей в производственных условиях.
5. Провести экспериментальные исследования по загруженности мостового перехода через р.Зея.
6. Дать экономическую и энергетическую оценку эффективности использования автомобилей различных марок в реальных условиях эксплуатации.

3.2 Объекты исследований и условия проведения экспериментальных исследований

Объектами исследования были выбраны следующие виды транспорта:

1. Автомобиль КамАЗ без прицепа (рис. 3.1).
2. Автомобиль КамАЗ с прицепом (рис. 3.2).
3. Автомобиль ЗИЛ (рис. 3.3).
4. Автомобиль ГАЗ (рис. 3.4).
5. Автомобиль ЗИЛ с прицепом (рис. 3.5).
6. Автомобиль КамАЗ с прицепом (рис. 3.6).



Рис. 3.1. Автомобиль КамАЗ



Рис. 3.2. Автомобиль КамАЗ с прицепом



Рис. 3.3. Автомобиль ЗИЛ



Рис. 3.4. Автомобиль ГАЗ



Рис. 3.5. Автомобиль ЗИЛ с прицепом



Рис. 3.6. Автомобиль КамАЗ с прицепом

При выполнении различных транспортных работ автомобили комплектовались серийными прицепами, обычно используемыми при выполнении сельскохозяйственных операций в Амурской области.

Экспериментальные исследования проведены в ТОО "Славинское" ТОО в КФХ "Волошин В.К.", "Жуковин А.Т.", "Клейко В.А.", "Ковалев С.В." Ивановского района Амурской области (2009-2012 гг), Амурской государственной зональной машиноиспытательной станцией 2010г. Транспортные работы, выполняемые в данных хозяйствах, являются типичными для Амурской области при перевозке грузов с.-х. назначения. Для проведения испытаний выбирались дороги наиболее часто используемые для транспортировки груза: цементно-бетонные – 2,1%; асфальто-бетонные – 12,5%; гравийные – 83,1%; грунтовые – 2,3%.

- асфальтно-бетонные дороги (рис. 3.7);
- цементно-бетонные дороги (рис. 3.8);
- гравийные дороги (рис. 3.9);
- грунтовые дороги (рис.3.10);

- мостовой переход через р.Зея (рис. 3.11);
- перекресток Т-образный (рис. 3.12);
- перекресток Х - образный (рис. 3.13).



Рис.3.7. Асфальтно-бетонная дорога



Рис.3.8. Цементно-бетонная дорога



Рис.3.9. Гравийная дорога

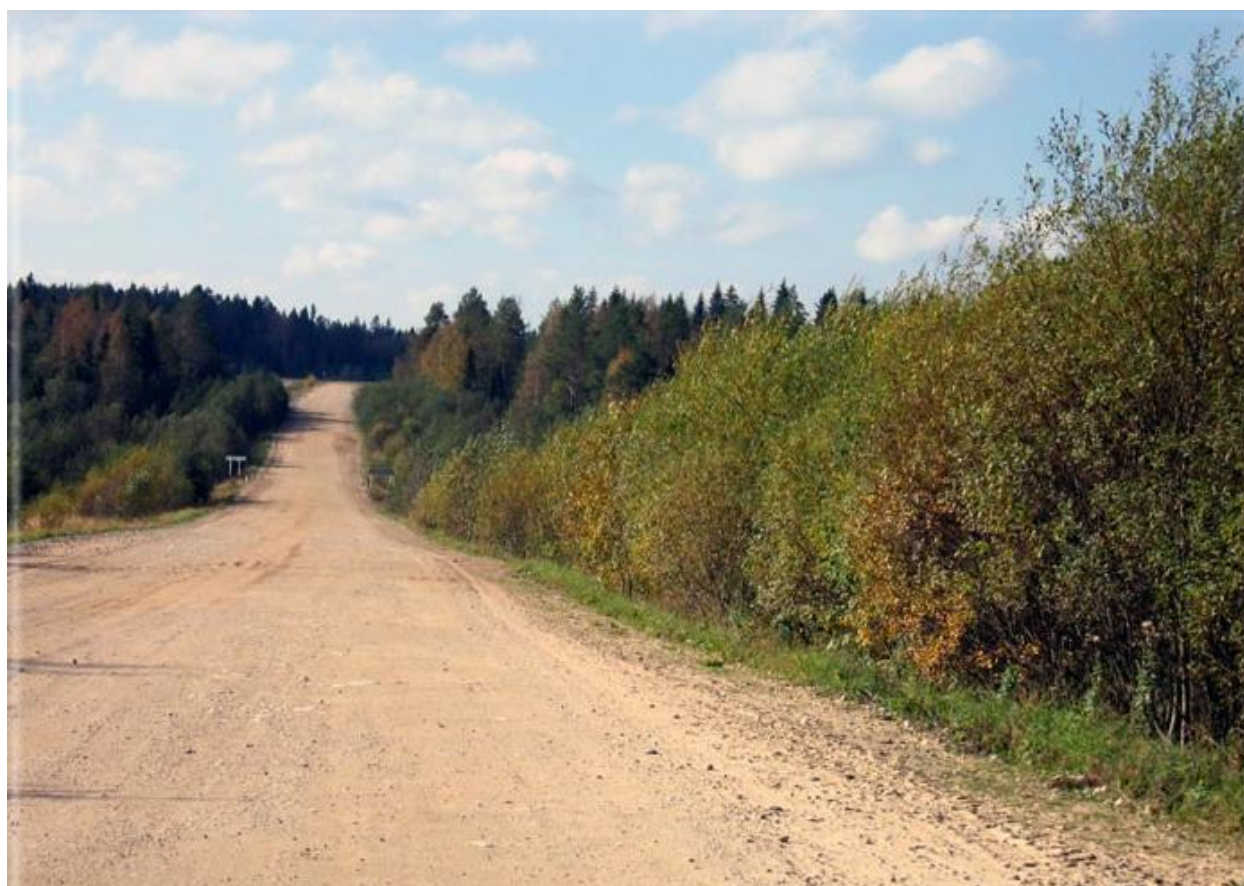


Рис.3.10. Грунтовая дорога



Рис.3.11. Мостовой переход через р. Зея



Рис.3.12. Перекресток Т-образный



Рис.3.13. Перекресток X - образный

3.3 Средства измерений

С целью выявления влияния различных марок автомобилей на эксплуатационные показатели были проведены сравнительные испытания. При этом замерялись следующие параметры транспортных средств:

1. Скорость движения.
2. Грузоподъемность.
3. Частота вращения двигателя.
4. Передача автомобиля.
5. Расход топлива
6. Пройденный путь.
7. Время опыта.

Измерение выше перечисленных параметров проводилось с использованием навигационной системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта.

Навигационная система слежения ГЛОНАСС и GPS (рис. 3.14) мониторинга транспорта предназначена для решения производственных задач предприятия по оптимизации мониторинга работы автомобильного парка.

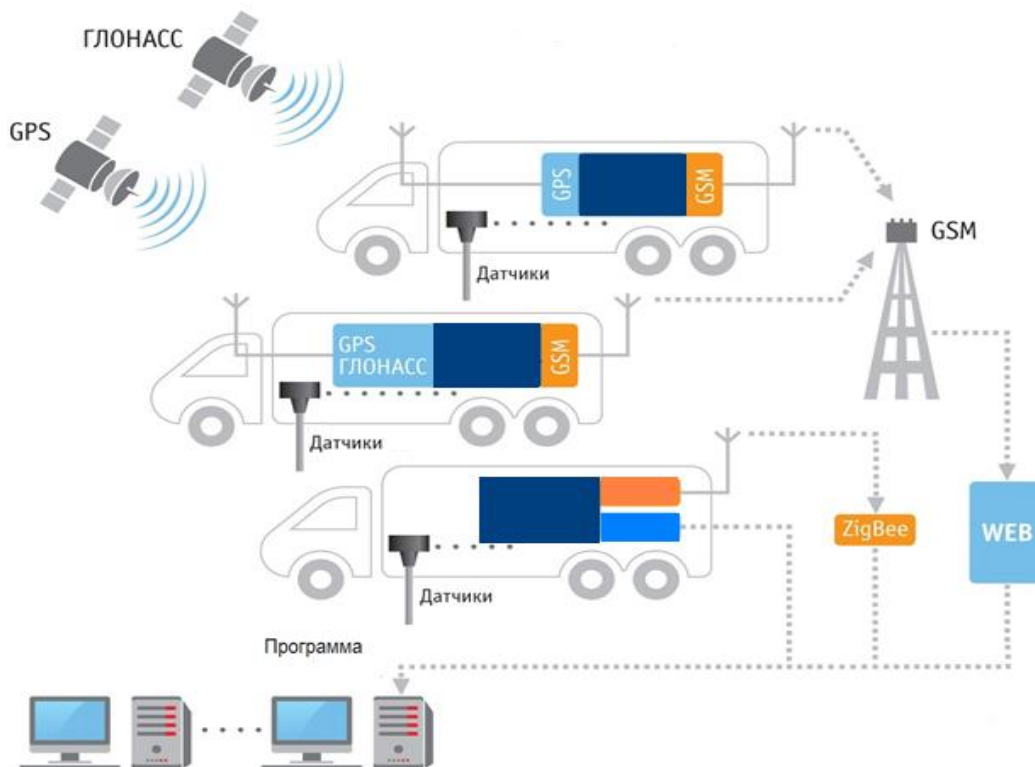


Рис.3.14. Структура системы ГЛОНАСС и GPS

Данная система слежения подвижного состава обеспечивает непрерывный мониторинг транспорта при небольших эксплуатационных расходах за счет использования современных технологий мобильной беспроводной связи и мобильного навигационного терминала. Спутниковые системы глобального позиционирования мониторинга автомобильного транспорта позволяют не только определять местонахождение, скорость движения транспортного средства, но и проводить контроль расхода топлива в режиме реального времени.

Глобальная Спутниковая Навигационная Система мониторинга транспорта – это аппаратно – программный комплекс, построенный на технологии

«клиент – сервер» с применением WEB – технологий и состоящий из:

- Центрального навигационного сервера;
- Рабочего места оператора;
- Электронных растровых или векторных карт;
- Навигационных терминалов или персональных трекеров.

Транспортные средства предприятия оснащаются автомобильным навигационным терминалом и датчиками, которые позволяют круглосуточно контролировать местоположение и технические параметры транспорта в режиме реального времени на карте. Весь объем навигационной и технической информации, получаемой от отслеживаемых транспортных средств, поступает на центральный сервер системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта.

3.3.1 Контрольные устройства

Контрольными устройствами на транспортных средствах служат различного типа датчики и измерительные устройства, подключаемые к терминалу:

- Логические – контроль остановок, вход в определенные зоны, контроль допустимой скорости, подсчет пробега и прочие;
- Цифровые – датчики на открытие дверей, запуск двигателя, подъем кузова самосвала, спуска-подъема стрелы автокрана и пр.;
- Аналоговые – датчики температуры, веса, напряжения питания, уровня жидкости в баках (контроль расхода топлива), или цистернах, тахометр и пр.
-

3.3.2 Исполнительные устройства

Исполнительные устройства подключаются к терминалу через реле и

служат для выполнения автоматических команд или команд, подаваемых оператором с диспетчерского пункта. Такими устройствами могут быть блокираторы двигателя, различного рода световые или звуковые сигнализации, элементы управления температурными режимами и прочее.

3.3.3 Сети передачи информации, используемые в системе

Для передачи информации от объектов мониторинга к центральному серверу Глобальной Спутниковой Навигационной Системы слежения ГЛОНАСС и GPS подвижных объектов могут использоваться различные сети связи. Выбор одной или нескольких сетей связи определяют такие факторы как зоны покрытия, скорость и объем передачи информации, виды связи (передача данных, голосовая связь, короткие сообщения) и прочие.

Применение технологий передачи информации по сотовым сетям связи существенно повышает эффективность Спутниковой Системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта в целом. Сотовые сети связи используются для передачи информации от объектов мониторинга, большую часть времени находящихся в пределах крупных населенных пунктов, центральных областей, освоенных районов и федеральных автотрасс, а также в местах, специально оборудованных сотовыми радиопередатчиками. При использовании терминалов GSM / GPRS в системе могут быть доступны все виды передачи информации, включая голосовую и видеосвязь.

3.3.4 Центральный сервер – спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта

Сервер представляет собой - специальный компьютер с установленным операционной системой Linux, установленным серверным навигационным программным обеспечением и имеет подключение к сети Интернет с присвоенным постоянным IP-адресом (рис. 3.13).



Рис. 3.15. Сервер

Универсальная архитектура Linux в сочетании с простыми алгоритмами работы и высокая пропускная способность сервера позволяет подключать к серверу до нескольких тысяч абонентских терминалов без снижения быстродействия системы в целом. Для повышения надежности системы потоки данных могут дублироваться на другой аналогичный сервер системы мониторинга, выполняющий функции резервного.

Основные функции центрального сервера в Спутниковой Системе ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта:

- Установление соединений с терминалом или персональным трекером;
- Подключение дополнительного оборудования для отправки текстовых сообщений водителю и команд оперативного управления;
- Прием и обработка поступающих от абонентских терминалов навигационных и телематических данных;
- Работа оператора/диспетчера в навигационной программе через WEB браузер;
- Работа администратора системы для подключения и администрирования объектов;
- Хранение информации в базе данных;
- Формирование отчетов по запросу пользователей.

3.3.5 Программное обеспечение спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта

Программное обеспечение предназначено для автоматизации работы операторов в чьи обязанности входит управление и контроль парком транспортных средств. Работа спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS позволяет определить ряд очень важных показателей (рис.3.16, 3.17).

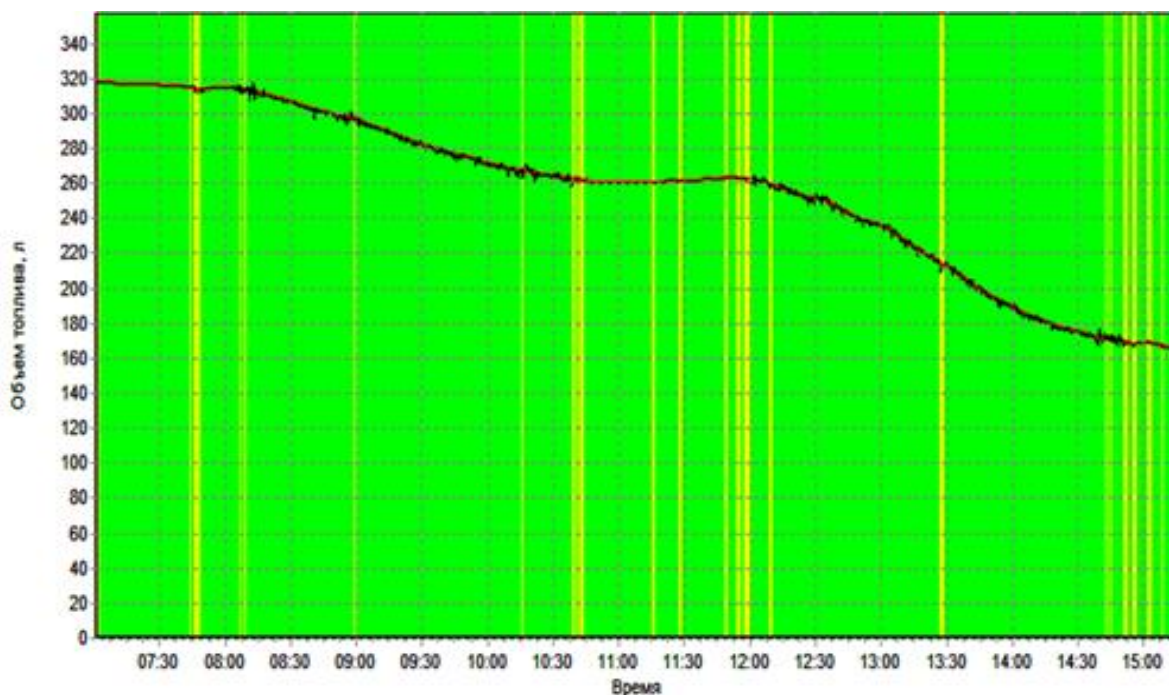


Рис 3.16. Диаграмма расхода топлива

Основные функции программного обеспечения Спутниковой Системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта:

- Оперативный контроль состояния транспортных средств на основе поступающей информации;
- Отображение местоположения транспорта на карте;
- Регистрация происходящих плановых и неплановых событий;
- Просмотр истории перемещения транспортных средств;
- Просмотр отчетов о работе транспортных средств;

- Учет ГСМ;
- Ведение путевых листов;
- Контроль и учет времени работы водителей.

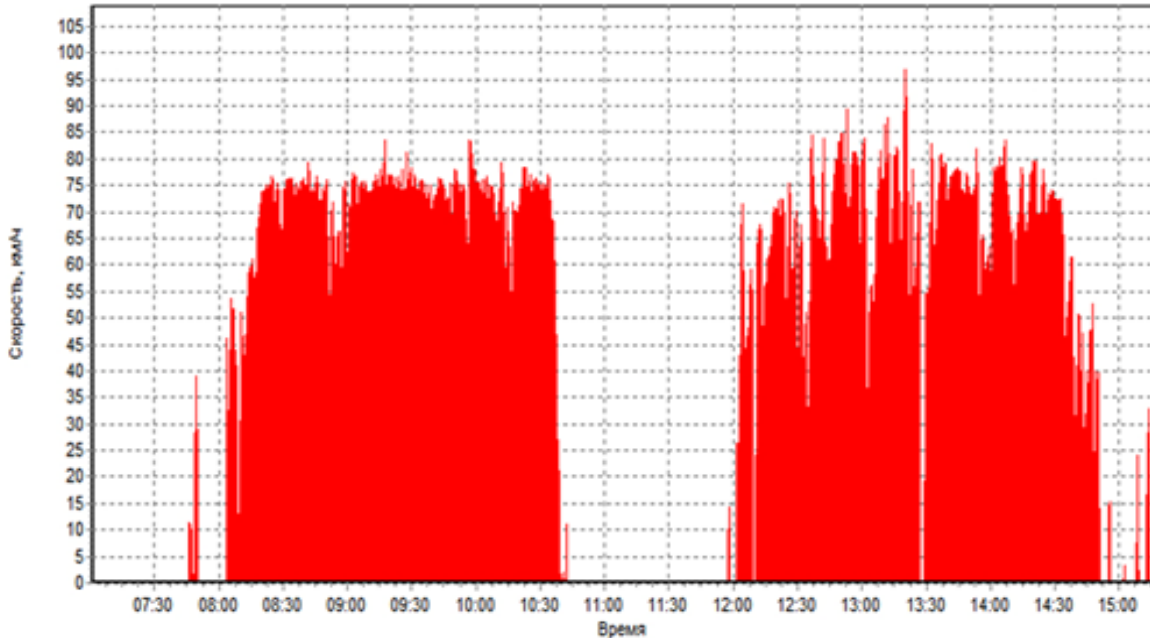


Рис.3.17. Диаграмма скорости движения

Вся информация храниться в базе данных сервера системы мониторинга транспорта, позволяя составлять отчеты, вести статистику, а также анализировать работу транспорта.

3.4 Система контроля расхода топлива

На отечественном рынке за последнее время появилось несколько типов систем контроля топлива. Один из распространенных вариантов контроля расхода топлива - использование дополнительных датчиков уровня топлива (ДУТ). Датчики монтируются на транспортное средство, измеряют текущий уровень топлива в баке и имеют высокую точность – порядка 1%. Наиболее распространенным типом датчиков уровня топлива являются емкостные датчики.

Принцип действия емкостного датчика уровня топлива основан на измерении электрической емкости между двумя цилиндрическими пластинами при измерении уровня жидкости, в которую они помещены. Датчики способны измерять уровень любых не проводящих ток жидкостей, поэтому они могут быть использованы как на бензиновых, так и на дизельных транспортных средствах (рис.3.18.)



Рис.3.18. Датчик уровня топлива

Достоинства и недостатки емкостных ДУТ:

- + высокая точность;
- + контроль заправок и слива топлива напрямую из бака;
- + высокая надежность так как нет движущихся деталей;
- сложность монтажа и сложность тарирования датчика.

3.5 Методика проведения хронометражных наблюдений

С целью определения эффективности использования транспортных средств проводились эксплуатационные испытания методом хронометражного наблюдения. Известно, что одним из основных методов при эксплуатационных испытаниях транспортных средств являются хронометражные наблюдения. Полученные результаты дают возможность провести сравнения по

следующим параметрам: производительность в час времени движения, производительность в час чистого рабочего времени и за смену, скорость движения, коэффициент использования времени движения, коэффициент использования времени смены, расход топлива на единицу перевезенного груза, приведенные затраты и т.д.

Основной и наиболее надежной формой наблюдения является сплошной хронометраж. Исходя из этого, хронометражные наблюдения проводились путем последовательной записи в специальный хронометражный лист всех элементов рабочих операций, которые выполняются водителем, обслуживающим персоналом и транспортным средством в процессе работы. Затраты рабочего времени шифруются по видам и суммируются в процессе обработки хронометражных листов.

При хронометраже работы транспортных средств хронометражист неотлучно находился на автомобиле в течение смены. Начиная от момента подхода водителя к машине, он заносил в наблюдательный лист все элементы времени смены в порядке их последовательности, а также все необходимое в соответствии с программой и нормой наблюдения.

Расход топлива учитывался по уровню в баке до и после заправки, а также перед началом и в конце работы хронометражист подсчитывал среднюю скорость движения, время работы, объём перевезенного груза.

С целью получения сравнительных данных, хронометражные наблюдения проводились за одним и тем же транспортным средством.

3.6 Методика математической обработки экспериментальных данных

3.6.1 Оценка точности измерений

При проведении экспериментальных исследований неизбежно встречаются три вида ошибок – систематические, случайные, и грубые [15,37].

Для математической обработки и обоснования аналитических выводов можно использовать лишь те результаты опытов, которые не содержат грубых и систематических односторонних ошибок.

Информация, предоставляемая Спутниковой Системой ГЛОНАСС и GPS навигационным сигналом стандартной точности в диапазоне 1,6 ГГц, обеспечивает возможность определения:

- горизонтальных координат с точностью 40-60 м (вероятность 99,7%);
- вертикальных координат с точностью 60 м (вероятность 99,7%);
- составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с (вероятность 99,7%);
- точность времени с точностью 0,7 мкс (вероятность 99,7%).

Навигационная задача решается автоматически в вычислительном устройстве приемника методом наименьших квадратов. В результате решения определяются координаты местоположения транспортного средства, скорость его движения и осуществляется привязка шкалы времени автомобиля к высокоточной шкале Координатного всемирного времени.

Ошибки прямых и косвенных измерений найденных по правилам теории ошибок представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Суммарные относительные ошибки прямых и косвенных измерений

Замеряемые величины	Относительная ошибка, %
Скорость движения	4,8...5,2
Объем перевозимого груза	4,7...5,3
Время движения	4,9
Время простоя	4,5
Время нахождения под погрузкой	4,7

3.6.2 Статистическая обработка экспериментальных данных

Достаточными числовыми характеристиками случайных величин является математическое ожидание и дисперсия. Оценками математического ожидания и дисперсии случайных величин являются выборочное среднее и выборочная дисперсия [37]. Для определения точности и надежности оценки математического ожидания воспользуемся доверительным интервалом, соответствующим определенной надежности [37]

$$P\left(\bar{X} - t_s \frac{s}{\sqrt{n}} < m < \bar{X} + t_s \frac{s}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha, \quad (3.9)$$

где m - математическое ожидание;
 P - надежность опыта ($P = 95\%$);
 α - доверительная вероятность ($\alpha = 5\%$);
 t_s - коэффициент Стьюдента.

Относительная погрешность результата измерений отдельного параметра определялась по формуле [37]

$$\varepsilon_x = \frac{t_s S}{x}, \quad (3.10)$$

где S - среднеквадратическое отклонение.

Доверительный интервал для оценки выборочной дисперсии, нормального распределения, определялся по выражению

$$\frac{S^2(n-1)}{X_1^2} < G_x^2 < \frac{S^2(n-1)}{X_2^2}, \quad (3.11)$$

где X_1^2, X_2^2 - табличные значения величин, соответствующих вероятностям.

$$P_1 = \frac{\alpha}{2}, P_2 = 1 - \frac{\alpha}{2} \quad (3.12)$$

Однородность дисперсий можно проверить по критерию, который определяется [37]

$$G = \frac{S_{\max}^2}{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_m^2}, \quad (3.13)$$

где S_{\max} - максимальная дисперсия из S_1^2, S_2^2, S_m^2 .

Полученный результат сравнивают с табличными данными.

Для оценки экспериментальных нелинейных зависимостей использовалась полиномиальная модель i -го порядка с одной независимой переменной [37]

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \dots + \beta_m x^m + \varepsilon, \quad (3.14)$$

где B_i - неизвестные коэффициенты модели; ε - случайная ошибка.

Исходя из того, что значения равноотстоящие, то получим

$$Y_0 = B_0 P_{n(x)}^{(0)} + B_1 P_{n(x)}^{(1)} + B_2 P_{n(x)}^{(2)} + \dots + B_m P_{n(x)}^{(m)} + \varepsilon, \quad (3.15)$$

где $P_{n(x)}^{(j)}$ - ортогональные многочлены Чебышева.

Оценка коэффициентов, полученных по методу наименьших квадратов, имеют вид [37]

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_{n(x_i)}^{(j)}}{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(j)}]}, \quad (3.16)$$

где Y_i - результат измерения.

Оценки дисперсий для коэффициентов вычисляются по формуле [37]

$$S_j^2 = \frac{G^2}{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(j)}]^2}, \quad (3.17)$$

где σ^2 - дисперсия, которая оценивается на основе данных таблицы дисперсионного анализа.

Для составления таблицы дисперсионного анализа необходимо вычислить сумму квадратов, обусловленную

$$SS_{(B_j)} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n Y_i P_{n(x_i)}^{(j)} \right]^2}{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(j)}]^2}. \quad (3.18)$$

Доверительный интервал для коэффициентов можно выразить следующим образом [37]

$$B_i - t_{n-m-1}, 1 - \frac{\alpha}{2} \frac{S}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(\alpha)}]^2}} < B_i < B_i + t_{n-m-1}, 1 - \frac{\alpha}{2} \frac{S}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(\alpha)}]^2}}. \quad (3.19)$$

Доверительные интервалы для полученных значений Y_k по уравнению модели, при фиксированном значении неизвестного, находятся из соотношения [37]

$$\hat{Y}_k - t_{n-m-1}, 1 - \alpha \frac{S}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(j)}]^2}} < Y_k < \hat{Y}_k + t_{n-m-1}, 1 - \alpha \frac{S}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{n(x_i)}^{(j)}]^2}}. \quad (3.20)$$

Гипотеза об адекватности модели проверялась по F критерию.

Таблица 3.2

Таблица дисперсионного анализа

Источник	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат
B_0	1	$SS(B_0)$	$SS(B_0)$
B_1	1	$SS(B_1)$	$SS(B_1)$
B_2	1	$SS(B_2)$	$SS(B_2)$
...
B_m	1	$SS(B_m)$	$SS(B_m)$
Остаток	$n-m-1$	по разности	$S_2(G^2)$
Общий	n	$\sum_{i=1}^n Y_i^2$	

$$\frac{MS_i}{S_e^2} = F_{k-2, \sum_{i=1}^n n_i - k}, 1 - \alpha, \quad (3.21)$$

$$MS_i = B_i \left[\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n_i} X_i Y_i}{k-2} \right], \quad (3.22)$$

$$S_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{i=1}^{n_i} (Y_{ik} - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - k)}, \quad (3.23)$$

где $F_{k-2, \sum_{i=1}^n n_i - k}$ - табличные значения критерия; k - количество уровней в опыте; n - повторность опыта в каждом уровне.

Гипотеза об адекватности модели принимается, если вычисленное значение критерия меньше табличного.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Оптимизация транспортно-технологического обеспечения АПК с использованием навигационных систем ГЛОНАСС и GPS

При перевозке сельскохозяйственной продукции автомобильным транспортом основу экономической оценки составляет расчет издержек на их выполнение. Методы определения затрат на выполнение данных услуг должны учитывать специфику перевозок сельскохозяйственной продукции. Учет специфики данного вида перевозок позволит оценить степень влияния различных факторов и изыскать возможности их уменьшения. Скорость движения подвижного состава является одним из существенных факторов, влияющих на производительность транспортных средств и на уровень энергозатрат при выполнении перевозок [127].

Прямые энергозатраты при перевозке грузов для автомобиля определяются [130]

$$E_{\text{пр}} = \frac{\alpha_{\alpha} \cdot G \cdot L \cdot \rho}{50 \cdot Q}, \quad (4.1)$$

где α_{α} - энергетический эквивалент топлива, МДж/кг; G - линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л; L - длина ездки, км; ρ - плотность топлива, кг/л; Q – масса перевозимого груза, т.

Проведя необходимые преобразования в формуле (4.1), получаем

$$E_{\text{пр}} = \frac{\alpha_{\alpha} \cdot G \cdot V_{\text{T}} \cdot \rho \cdot (\ell_{\text{ге}} + V_{\text{T}} t_{\text{пв}} \beta)}{50 \cdot Z_e q \gamma_i V_{\text{T}} \beta}, \quad (4.2)$$

где V_{T} - техническая скорость автомобиля, км/ч; $\ell_{\text{ге}}$ - длина ездки с грузом, км; β – коэффициент использования пробега; $t_{\text{пв}}$ - среднее время погрузочно-разгрузочных работ за один оборот, ч; Z_e - число ездки; q – грузоподъемность транспортного средства, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности.

Полученная зависимость позволяет оценить влияние скорости движения на прямые энергозатраты транспортного средства.

В качестве исходных данных для решения поставленной задачи как для отдельно взятого автомобиля определенной марки, так и в целом для автотранспортного предприятия в настоящее время лучше всего использовать протоколы, полученные навигационной системой слежения мониторинга транспорта.

Навигационная система слежения ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта предназначена для решения производственных задач предприятия по оптимизации и мониторинга работы автомобильного парка [101]. Данная система слежения подвижного состава обеспечивает непрерывный мониторинг транспорта при небольших эксплуатационных расходах за счет использования современных технологий мобильной беспроводной связи и

мобильного навигационного терминала. Спутниковые системы глобального позиционирования мониторинга автомобильного транспорта позволяют не только определять местонахождение, скорость движения транспортного средства, но и проводить контроль расхода топлива в режиме реального времени.

Анализ полученной информации позволяет выбрать на конкретном маршруте экономически обоснованную скорость движения автомобиля, при выполнении заданного объема грузоперевозок, которой соответствует минимальный расход топлива, с учетом разнородности и сложности дорожных условий. С этой целью были проведены экспериментальные исследования с использованием выше названной системы.

Для определения прямых энергозатрат при различных скоростях движения и оптимальной скорости движения на выбранных маршрутах проведены натуральные исследования на примере работы автомобилей КамАЗ - 65116026 с полуприцепом ОдАЗ-9370 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов по маршрутам с асфальтобетонным покрытием. При этом фиксировались скорость движения и расход топлива (рис.4.1).

Дорожные условия: тип дорожного покрытия – асфальтобетонное; состояние дорожного покрытия – хорошее; категория дорог (СниП 2.05.02 -85) – IV; вид движения – свободное движение; коэффициент использования пробега $\beta=0,5$; грузоподъемность транспортного средства $q=20$ т; протяженность трассы $L=165$ км; коэффициент использования грузоподъемности $\gamma=1$; выполнялась одна ездка; дорожные условия на всем протяжении трассы одинаковы; погода – ясная; продолжительность рейса – 8ч.

Рекомендуемая скорость движения рассчитывалась исходя из общего времени оборота, затрачиваемого на движение в прямом и в обратном направлении. Одновременно с использованием навигационной системой слежения ГЛОНАСС и GPS были проведены хронометражные наблюдения. Сходимость результатов составила в пределах ошибки.

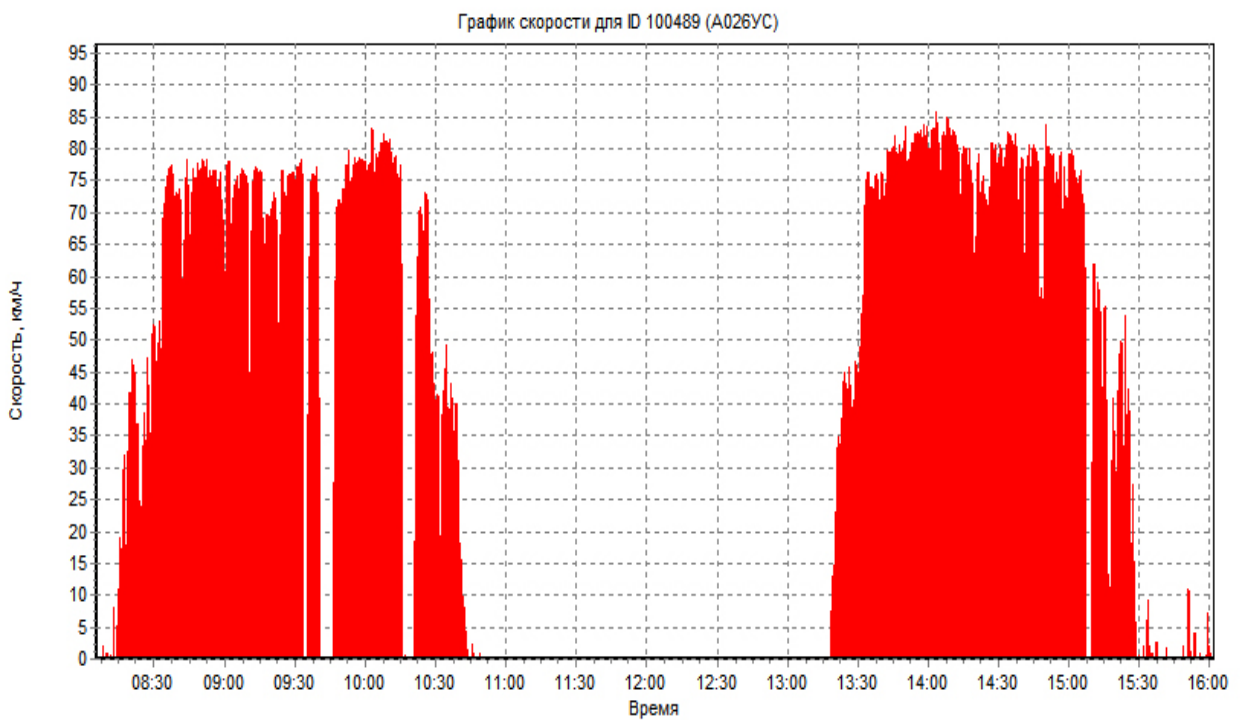
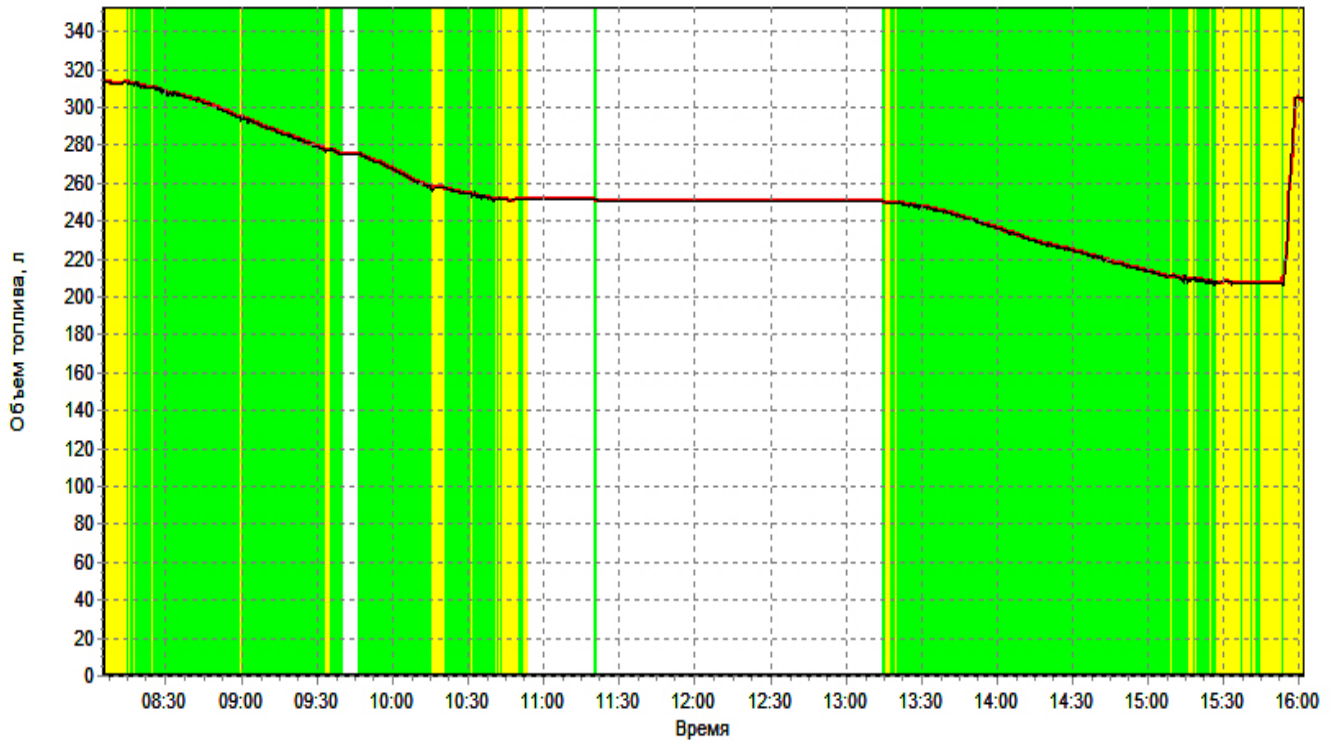


Рис.4.1. Скорость движения и расход топлива автомобилей КамАЗ- 65116026 с полуприцепом ОДАЗ-9370

По результатам мониторинга составлен топливно-скоростной паспорт данного маршрута:

*Топливо-скоростной паспорт маршрута Благовещенск-Завитинск
(КАМАЗ 52115 с полуприцепом)*

Дорожные условия: тип дорожного покрытия – асфальтобетонное; состояние дорожного покрытия – хорошее; категория дороги (СниП 2.05.02-85) – IV; вид движения – свободное движение; коэффициент использования пробега $\beta=0,5$; дорожные условия на всем протяжении трассы одинаковы; погода – ясная; продолжительность рейса – 8ч.

Прямое направление: Благовещенск-Завитинск (без груза)

Общая протяженность маршрута – 173км;

Протяженность трассы – 165 км;

Скорость движения по городу $V=(49\pm 4)$ км/ч;

Скорость движения по мосту $V=(50\pm 2)$ км/ч;

Среднетехническая скорость движения по трассе $V=(76,5\pm 6,2)$ км/ч;

Время движения – 2^{25} ч (8^{09} - 10^{34}).

Расход топлива $27\frac{\text{л}}{100\text{км}}$, общий расход топлива 47л;

Время погрузки – 30с (КамАЗ-20с, полуприцеп – 10с).

Обратное направление: Завитинск-Благовещенск (масса груза 21760 кг)

Общая протяженность маршрута – 173км;

Протяженность трассы – 165 км;

Среднетехническая скорость движения по трассе $V=(71 \pm 8,5)$ км/ч;

Скорость движения по мосту $V=(60\pm 4)$ км/ч;

Скорость движения по городу $V=(45\pm 3)$ км/ч;

Общее время движения – 2^{50} ч (12^{00} - 14^{50});

Время движения по трассе – 2^{30} ч (12^{00} - 14^{30});

Расход топлива по трассе $57,6\frac{\text{л}}{100\text{км}}$, общий расход топлива 95л;

Расход топлива по маршруту $56 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$, общий расход топлива 98л.

Используя данные спутниковых систем мониторинга, получили исходный массив значений расхода топлива в зависимости от скорости движения и грузоподъемности автомобилей на режимах движения от 40 до 90км/ч. Согласно положениям корреляционно-регрессионного анализа установили зависимость $G = f(V)$ (рис.4.2).

Зависимость расхода топлива от среднетехнической скорости движения, учитывающая дорожные условия для выбранных маршрутов, согласно экспериментальным данным имеет вид

$$G = 52,9 - 1,36 V_T + 0,02 V_T^2. \quad (4.3)$$

Данная зависимость (4.3) позволяет определить влияние среднетехнической скорости движения на расход топлива.

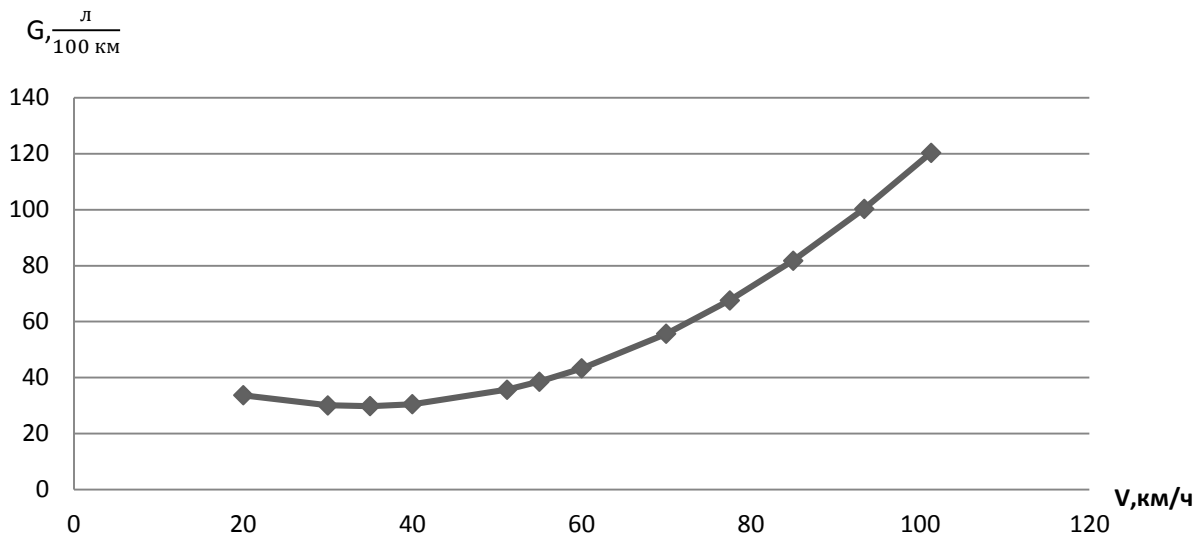


Рис.4.2. Изменение расхода топлива при увеличении скорости движения
(Q =20т)

Для решения практической задачи по определению оптимальной скорости движения на заданном участке дороги и время нахождения в пути предлагается пользоваться номограммой (рис.4.3).

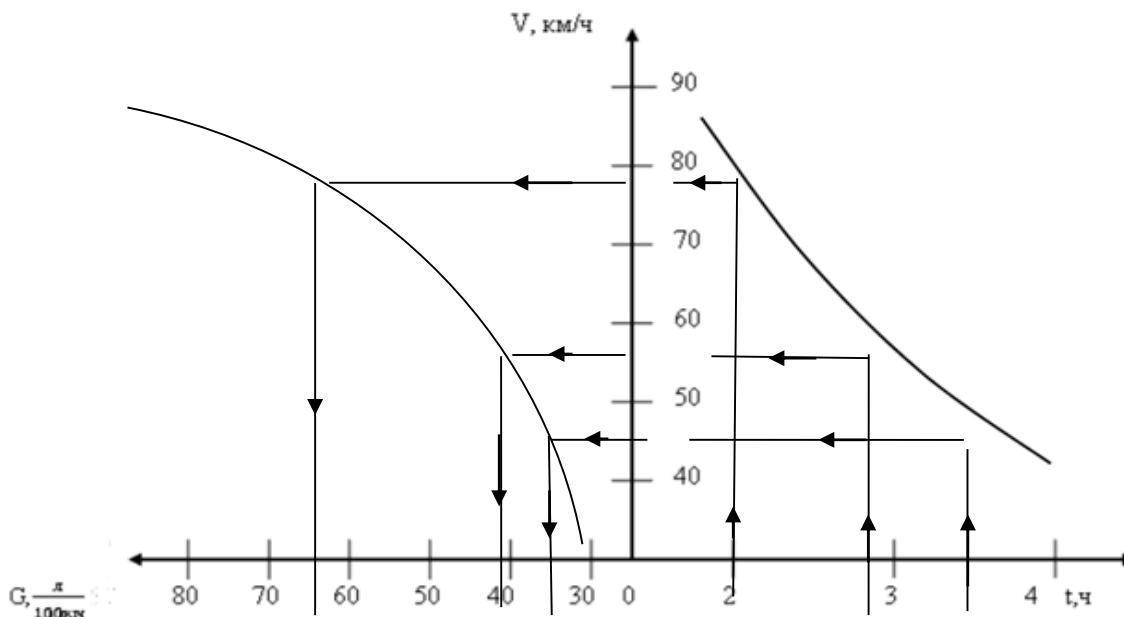


Рис. 4.3. Зависимость расхода топлива от скорости движения на выбранном маршруте и времени нахождения в пути

Из данной номограммы видно, что с увеличением скорости движения в выбранном диапазоне увеличивается расход топлива.

Так, анализ полученных данных позволяет рекомендовать снижение среднетехнической скорости движения по трассе в направлении Завитинск-Благовещенск до 55 км/ч (рис.4.3) и тем самым уменьшить расход топлива с $57,6 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$ до $38,6 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$. При этом режиме движения продолжительность автомобиля в пути увеличиться лишь на 30 минут.

4.2 Мониторинг транспортных потоков на нерегулируемом перекрестке

Пересечение автомобильных дорог, и в частности, зоны слияния и маневрирования транспортных потоков, является одним из уязвимых мест, где происходит наибольшее число дорожно-транспортных происшествий, наблюдается снижение скорости автомобилей и значительно уменьшается

пропускная способность. Результаты мониторинга транспортных потоков в зоне слияния позволят прогнозировать время прохождения данного участка автомобилем.

Экспериментальные исследования интенсивности и структуры транспортных потоков проводились визуальным методом. Определение параметров транспортных потоков на основе наблюдений является одним из менее трудоемких и более достоверных методов. Этот метод позволяет непосредственно измерить ряд характеристик транспортного потока, которые невозможно определить другими способами. Например, определить распределение интенсивности движения по полосам и направлениям движения. Точность определения всех характеристик движения потока автомобилей составляет 93-95% [62].

В качестве объекта исследований брался перекресток на 11 км трассы Благовещенск – Райчихинск, как наиболее самый загруженный [128]. На крестообразном перекрестке для каждой из магистралей выделили 4 зоны (рис.4.4-4.5).

Транспортные потоки характеризуются соотношением в них транспортных средств различного типа. Этот показатель оказывает значительное влияние на все параметры дорожного движения. Состав транспортных потоков влияет на загрузку нерегулируемого перекрестка, что объясняется, прежде всего, существенной разницей в габаритных размерах автомобилей. В автотранспортном потоке по встречным направлениям преобладают легковые автомобили, их доля составляет от 56% до 87% в обоих направлениях. Доля автобусов составляет 1 %, остальное количество составляют грузовые автомашины. Среди грузовых автомашин доля большегрузных может достигать 30% . Состав автомобилей по выбранным направлениям на рассматриваемом перекрестке представлен в таблице 4.1.

Интенсивность движения определялась путем непосредственного подсчета автомобилей, прошедших через данное сечение дороги в единицу вре-

мени. С учетом коэффициентов приведения, часовая интенсивность транспортного потока рассчитывалась по формуле, авт./ч

$$N_{np}(t) = \frac{(N_l \cdot K_l + N_{gp} \cdot K_{gp} + N_{ав} \cdot K_{ав}) \cdot 60}{t}, \quad (4.4)$$

где $N_l, N_{gp}, N_{ав}$ - интенсивность легковых, грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке за время наблюдения; t - время наблюдения, 60 мин; $K_l, K_{gp}, K_a, K_{тр}$ - коэффициенты приведения представлены в таблице 4.2.

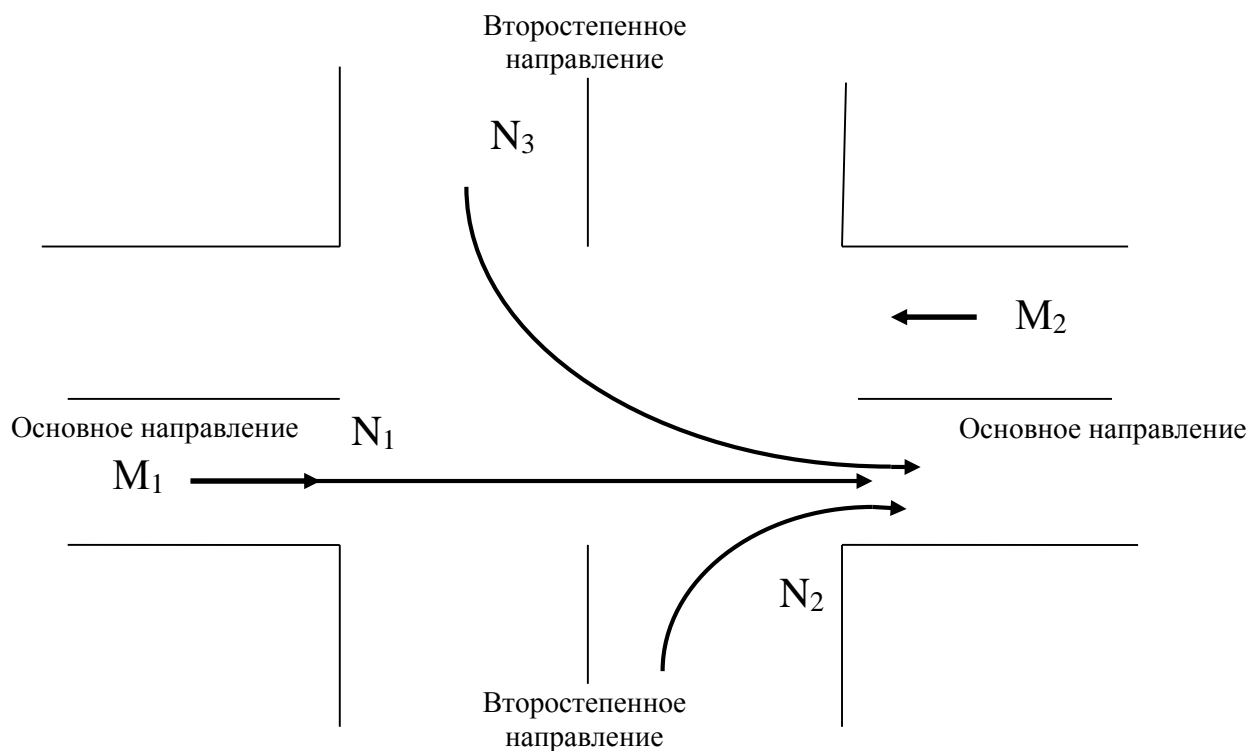


Рис.4.4. Схема транспортного потока в город Благовещенск: N₁- Волково – Благовещенск; N₂- Белогорск – Благовещенск; N₃- Заречный – Благовещенск

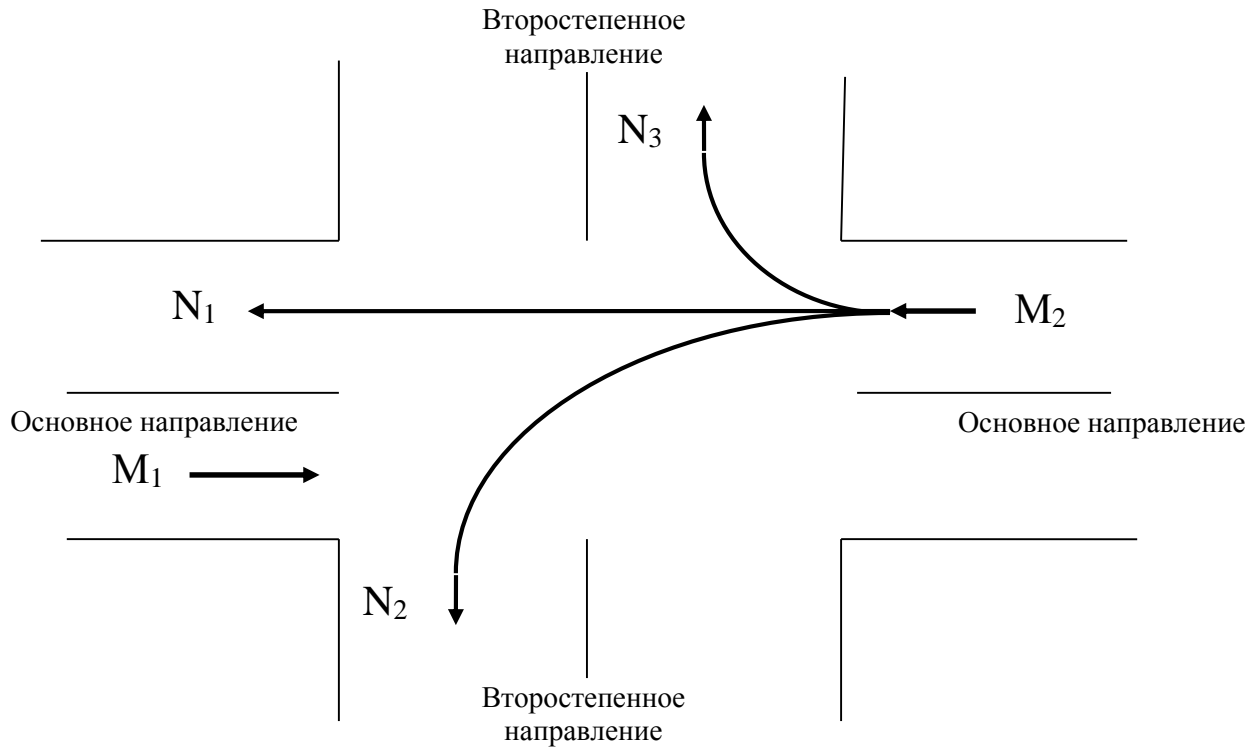


Рис.4.5. Схема транспортного потока из города Благовещенска: N_1 - Благовещенск–Волково; N_2 - Благовещенск – Белогорск; N_3 - Благовещенск –Заречный

Таблица 4.1

Состав и интенсивность транспортных потоков по направлениям

№ п/п	% легковых автомобилей	% грузовых автомобилей	% автобусов	Приведенная интенсивность
Транспортные потоки из Благовещенска				
N_1	82	17	1	326
N_2	56	43	1	443
N_3	71	29		20
Транспортные потоки в Благовещенск				
N_1	85	14	1	219
N_2	87	12	1	267
N_3	70	30		20

Таблица 4. 2

Коэффициенты приведения к условному легковому автомобилю /103/

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Мотоциклы	0,5 ед. лег.авт.
Легковые автомобили.	1 ед. лег.авт.
Грузовики грузоподъемностью до 3 тонн с прицепом и без прицепа	2 ед. лег.авт.
Тракторы без прицепов и с прицепами	2 ед. лег.авт.
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 3 тонн без прицепа	2 ед. лег.авт.
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 3 тонн с прицепом, седельные тягачи, автомобили с одним или двумя прицепами, специальные грузовики	3,5 ед. лег.авт.
Автобусы в зависимости от типа автобуса	2,5 – 3,5 ед. лег.авт.

Интенсивность транспортных потоков определяли для каждой из выделенных зон (рис. 4.4,4.5). Полученные результаты расчета часовой интенсивности приведены на рисунках 4.6,4.7.

Неравномерность транспортных потоков во времени (рис.4.6) имеет важное значение в проблеме организации перевозки сельскохозяйственной продукции. Периодом наиболее оживленного движения по направлениям Благовещенск – Волково и Благовещенск – Белогорск является отрезок времени с 13 до 16 часов. До 9 часов и после 17 часов интенсивность движения транспортного потока (основного потока) Благовещенск – Волково преобладает над интенсивностью движения Благовещенск – Белогорск. С 9 часов до 17 интенсивность движения по второстепенному направлению времени с 13 до 16 часов. До 9 часов и после 17 часов интенсивность движения транспортного потока (основного потока) Благовещенск – Волково преобладает

над интенсивностью движения Благовещенск – Белогорск. С 9 часов до 17 интенсивность движения по второстепенному направлению Благовещенск – Белогорск превышает интенсивность движения транспортного потока Благовещенск – Волково от 30% (с 9 до 10 часов) до 7% (с 15 до 16 часов). Интенсивность движения по направлению Благовещенск – Заречный является наименьшей (до 44 авт/час) и достигает наибольшего значения с 12 до 14 часов. Анализ гистограмм показал, что в течение практически всего активного периода суток по всем направлениям наблюдается унимодальный (одновершинный) режим движения.

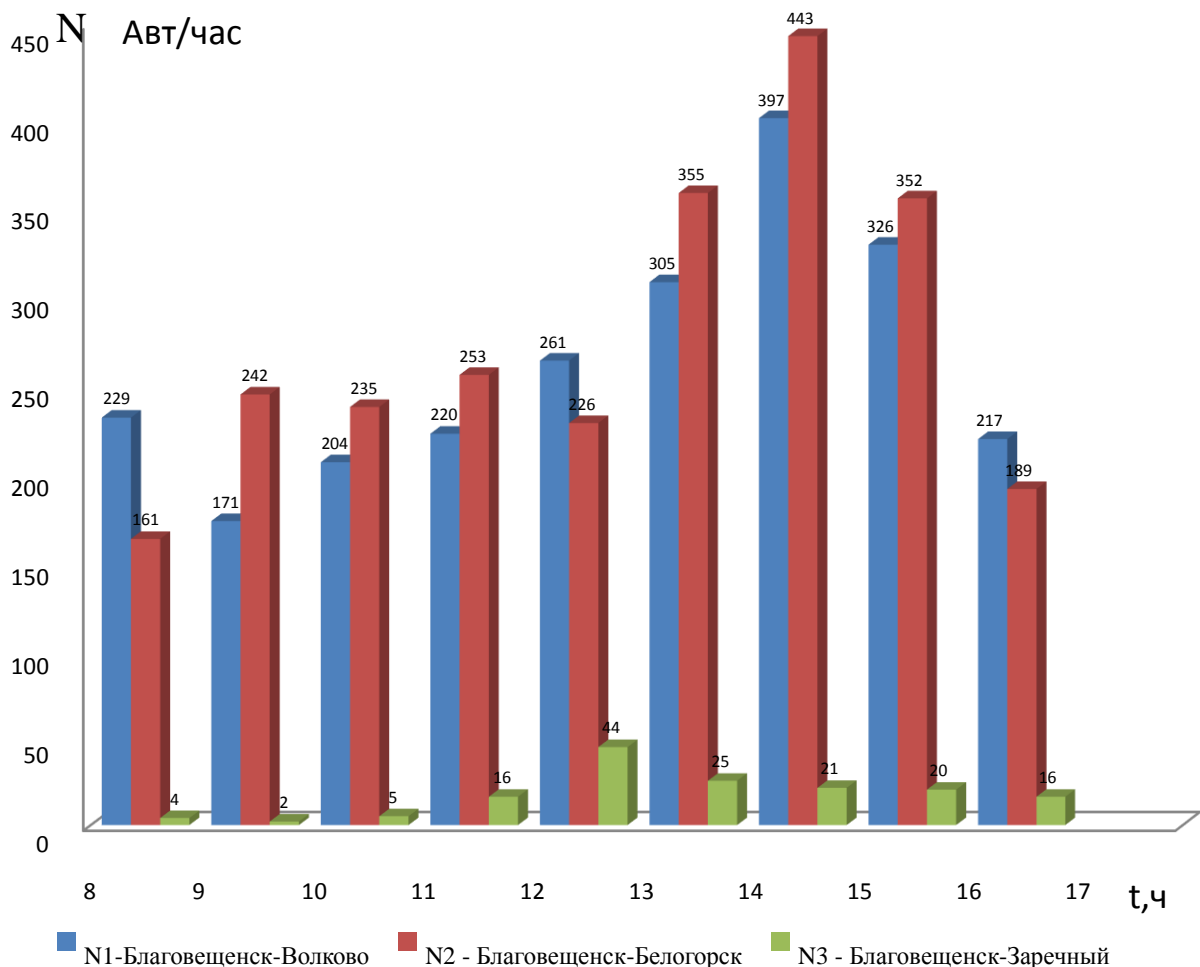


Рис. 4.6. Интенсивность движения транспортного потока из Благовещенска по направлениям

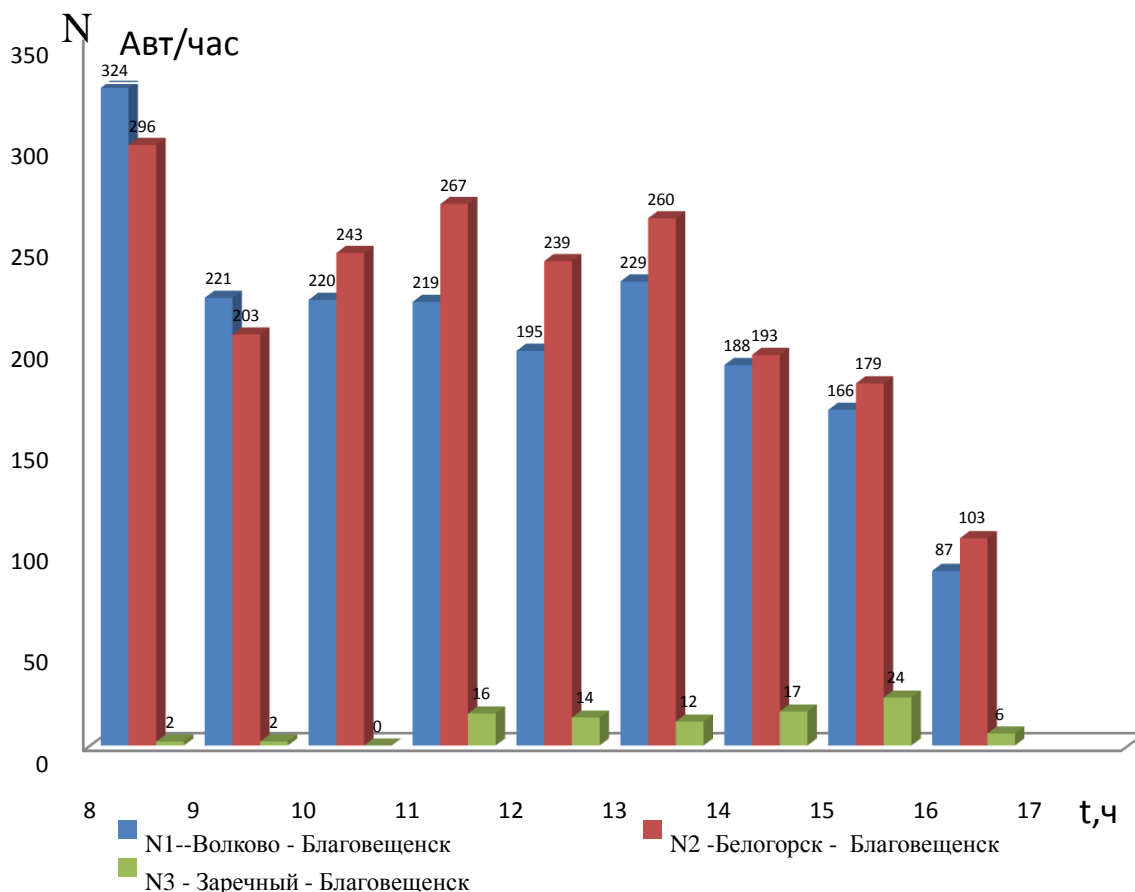


Рис. 4.7. Интенсивность движения транспортного потока в Благовещенск по направлениям

Наибольшая интенсивность транспортных потоков в Благовещенск по направлениям Волково – Благовещенск и Белогорск – Благовещенск наблюдается с 8 до 9 часов и может достигать 250-350 автомашин в час. Далее происходит некоторое снижение количества движущихся автомашин по данным направлениям. В период с 10 до 14 часов интенсивность движения по направлению Волково – Благовещенск может достигать 230 авт, в тоже время по второстепенному направлению Белогорск – Благовещенск интенсивность движения транспортного потока может превышать 270 авт. Интенсивность движения по основному направлению Волково – Благовещенск имеет наибольшее значение до 10 часов в остальное время интенсивность движения по направлению Белогорск – Благовещенск может превышать основное от

8% до 18%. По направлению Заречный – Благовещенск интенсивность движения также является наименьшей (до 30 авт./час) и достигает наибольшего значения с 14 до 16 часов. Анализ гистограмм показал, что в течение активного периода суток наблюдается бимодальный (двухвершинный) режим движения.

Учет интенсивности движения транспортных потоков позволяет определить стоимость времени, теряемого транспортными средствами при прохождении перекрестка.

Стоимость времени, теряемого транспортными средствами за год, определялась по формуле

$$C_{mp} = \sum_{i=1}^n T_{mp} \cdot S_{a-ci} \quad (4.5)$$

где T_{mp} – годовые затраты времени всего потока автомобилей при определенном способе организации движения, авт.-ч.; S_{a-ci} – стоимость 1 авт./ч. для определенного типа автомобилей, р.

Стоимость одного автомобиле-часа принимается согласно действующим нормативным документам (для легковых автомобилей – 116,9 р./ч.; для грузовых – 143,5 р./ч.; для автобусов – 209,5 р./ч.)

При определении средней стоимости одного автомобиле-часа учитывался состав транспортного потока

$$S_{a-ч}^{cp} = \frac{d_{gp} \cdot S_{a-ч}^{gp} + d_l \cdot S_{a-ч}^l + d_a \cdot S_{a-ч}^a}{d_{gp} + d_l + d_a} \quad (4.6)$$

где d_{gp} , d_l , d_a – соответственно доля грузовых, легковых автомобилей и автобусов в транспортном потоке.

На нерегулируемых пересечениях дорог затраты времени транспортных средств за год вычислили по формуле

$$T_{mp} = \frac{365 \cdot N_{em} \cdot t_0}{3600 \cdot \kappa_n}, \quad (4.7)$$

где N_{em} – интенсивность движения транспортных средств по второстепенной дороге в час «пик», авт./ч;

κ_n – коэффициент неравномерности движения в течение суток ($\kappa_n=0,1$);

t_0 – средняя задержка одного автомобиля на перекрестке, с.

На рассматриваемом участке слияния дорог

$$T_{mp} = \frac{365 \cdot 443 \cdot 20}{3600 \cdot 0,1} = 8983 \text{ авт} \cdot \text{ч}. \quad (4.8)$$

$$S_{a \cdot \text{ч}} = \frac{56 \cdot 116,9 + 43 \cdot 143,5 + 1 \cdot 209,5}{56 + 43 + 1} = 129,3 \text{р}. \quad (4.9)$$

$$C_{mp} = 8983 \cdot 129,3 = 1161501,9 \text{р}. \quad (4.10)$$

Таким образом, при прохождении рассматриваемого перекрестка автомобилем необходимо учитывать характеристики транспортных потоков, что позволит значительно снизить транспортные расходы.

4.3 Экспериментальные исследования по загруженности мостового перехода через р. Зея

Ведущим направлением хозяйственной деятельности Амурской области является производство сельскохозяйственной продукции.

Основными потребителями сельскохозяйственной продукции являются перерабатывающие предприятия, расположенные в городе Благовещенске. Эффективность доставки сельскохозяйственной продукции потребителю зависит от уровня организации и управления автомобильными перевозками. Управление автомобильными перевозками направлено, прежде всего, на составление и осуществление достоверных планов доставки грузов автомо-

бильным транспортом. Однако все составляющие перевозного процесса являются случайными величинами, поэтому глубокий анализ работы подвижного состава на выбранном маршруте является необходимым условием для оптимизации транспортных услуг сельскохозяйственного предприятия.

Автомобильный мост через реку Зея является основным звеном, соединяющим транспортные потоки города Благовещенска с сельскохозяйственными районами Амурской области.

Транспортный поток характеризуется соотношением в нем транспортных средств различного типа. Этот показатель оказывает значительное влияние на все параметры дорожного движения. Состав транспортного потока влияет на загрузку моста, что объясняется, прежде всего, существенной разницей в габаритных размерах автомобилей. В автотранспортном потоке по встречным направлениям преобладают легковые автомобили, их доля составляет 76% в Благовещенск и 83% из Благовещенска от общего количества автомашин. Доля автобусов составляет 1 %, остальное количество составляют грузовые автомашины. Среди грузовых автомашин доля большегрузных составляет 4% и 5% соответственно. Графический состав автомобилей по направлениям на рассматриваемом участке представлен на рисунке 4.8.

Основной характеристикой транспортного потока является интенсивность движения. Под интенсивностью понимают число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги за единицу времени. В качестве расчетного периода времени выбран час.

Часовую интенсивность транспортного потока рассчитали по формуле, авт./ч

$$N_{np}(t) = \frac{(N_l \cdot K_l + N_{zp} \cdot K_{zp} + N_{as} \cdot K_{as}) \cdot 60}{t}, \quad (4.11)$$

где $N_{л}$, $N_{гр}$, $N_{ав}$ - интенсивность легковых, грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке за время наблюдения; t - время наблюдения, 60 мин; $K_{л}$, $K_{гр}$, $K_{а}$, $K_{тр}$ - коэффициенты приведения (табл. 4.3).

Полученные результаты расчета часовой интенсивности приведены на рисунке 4.9.

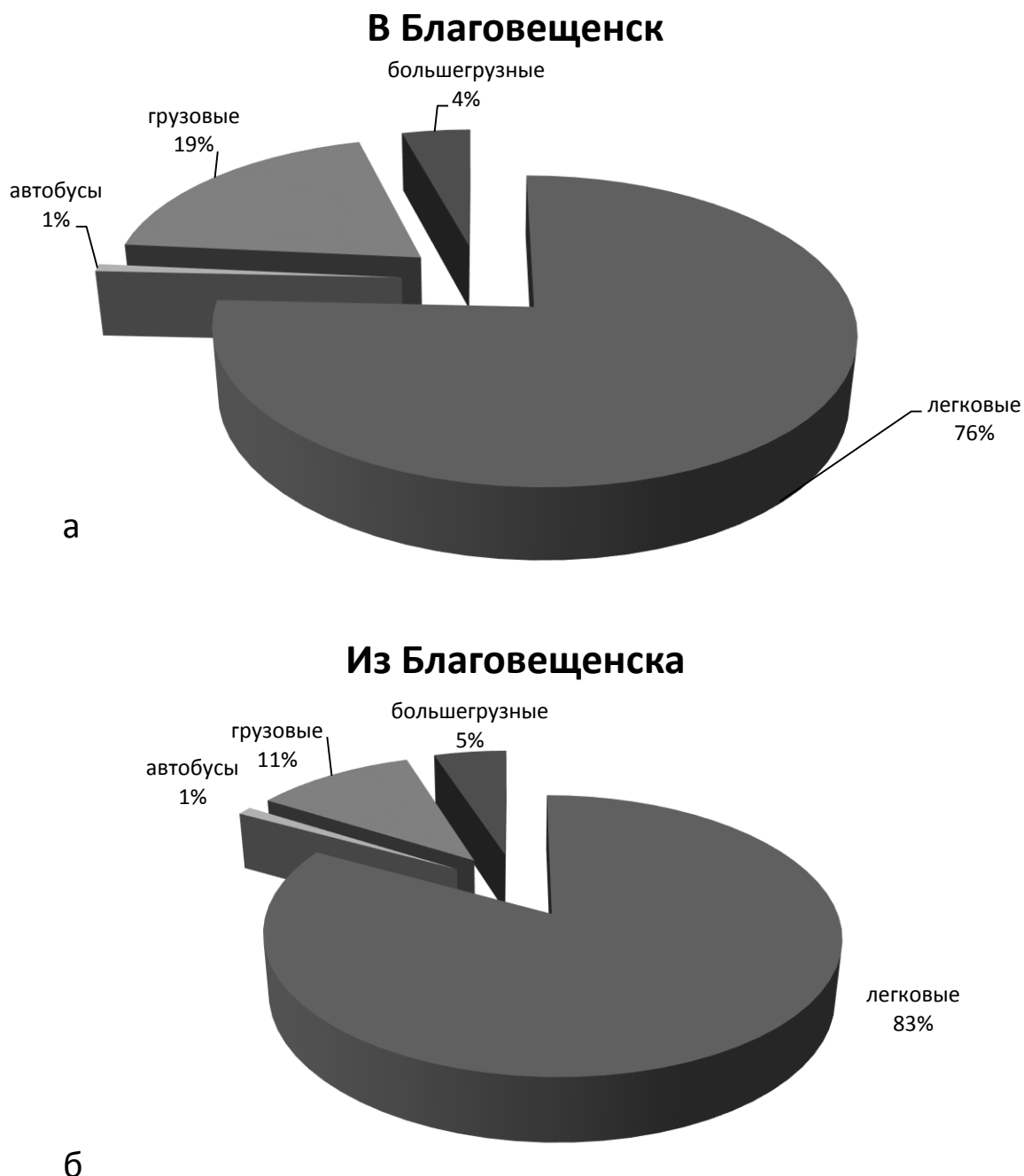


Рис.4.8. Характеристика состава транспортного потока на Благовещенском мосту (через мост на реке Зей): а) в Благовещенск; б) из Благовещенска

Таблица 4.3

Коэффициенты приведения к условному легковому автомобилю /103/

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Мотоциклы	0,5 ед. лег.авт.
Легковые автомобили	1 ед. лег.авт.
Грузовики грузоподъемностью до 3 тонн с прицепом и без прицепа	2 ед. лег.авт.
Тракторы без прицепов и с прицепами	2 ед. лег.авт.
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 3 тонн без прицепа	2 ед. лег.авт.
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 3 тонн с прицепом, седельные тягачи, автомобили с одним или двумя прицепами, специальные грузовики	3,5 ед. лег.авт.
Автобусы в зависимости от типа автобуса	2,5 – 3,5 ед. лег.авт.

Неравномерность транспортных потоков во времени имеет важное значение, в проблеме организации перевозки сельскохозяйственной продукции. Периодом наиболее оживленного движения через мост является 12-часовой отрезок времени в течение суток. Анализ гистограмм показал, что в течение практически всего активного периода суток на протяжении всей рабочей недели наблюдается бимодальный (двухвершинный) режим движения с четко выраженными экстремальными точками: утренний и вечерний пик, дневной и ночной минимум.

Наибольшая интенсивность транспортного потока в Благовещенск наблюдается с 8 до 11 часов в течение всей рабочей недели и может достигать 700-1000 автомашин в час. Далее происходит некоторое снижение количества движущихся автомашин до 500 авт/час в дневное время, однако поток автомашин остается значительным. Вечером (в 17-19 часов) наблюдается второе повышение интенсивности движения автотранспорта.

Интенсивность движения из Благовещенска достигает максимума в период 14-16 часов и может превышать 1100 машин в час. В утренние и вечерние часы интенсивность движения уменьшается, что указывает на преобладающее движение транзитного транспорта.

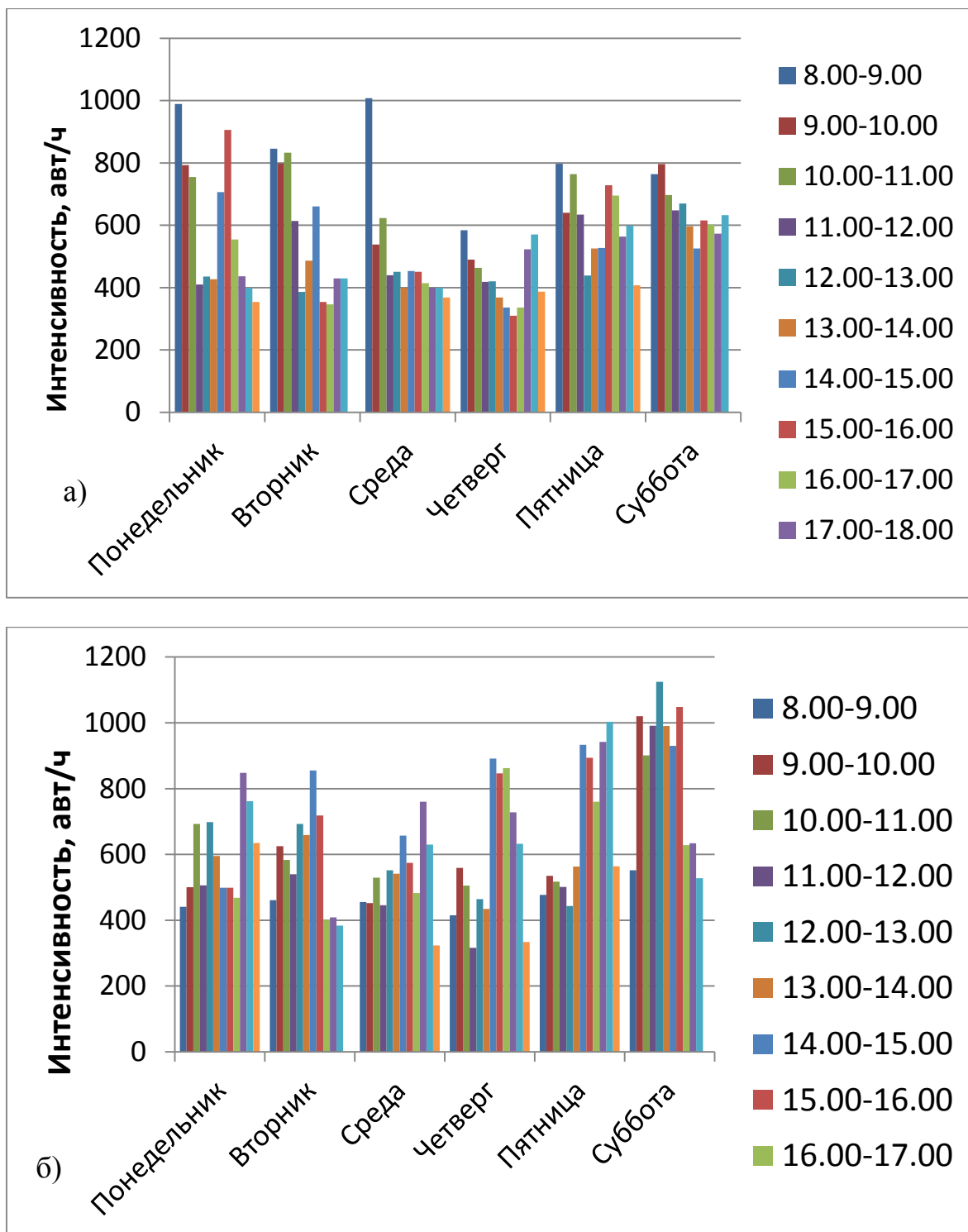


Рис.4.9. Колебания часовой интенсивности в отдельные дни:

а) в Благовещенск; б) из Благовещенска

На интенсивность движения оказывает большое влияние на эксплуатационную скорость движения транспортного потока. При росте интенсивно-

сти движения средняя эксплуатационная скорость транспортного потока снижается [129], подчиняясь для дорог с двумя полосами движения при смешанном составе транспортного потока эмпирической зависимости

$$v_э = v_т - \alpha N, \quad (4.12)$$

где $v_т$ - техническая скорость одиночного автомобиля при отсутствии помех, км/ч; α – коэффициент снижения скорости, который зависит от состава движения; N - суммарная интенсивность движения в обоих направлениях, авт/час.

Коэффициент снижения скорости, определенный В.В. Сильяновым, для дорожных условий России составляет $\alpha=0,016$ при 20% легковых автомобилей в составе транспортного потока, $\alpha=0,012$ при 50% и $\alpha=0,008$ при 80% легковых автомобилей [78]. Согласно данным (рис.4.8) на рассматриваемом участке коэффициент снижения скорости $\alpha=0,008$.

Снижение средней эксплуатационной скорости транспортного потока приводит к уменьшению коэффициента использования рабочего времени подвижного состава δ , который представляет собой отношение времени нахождения подвижного состава в движении $T_{дв}$ ко времени пребывания в наряде $T_н$.

С учетом технической скорости $v_т = \frac{L}{T_{дв}}$ и эксплуатационной $v_э = \frac{L}{T_н}$ данный коэффициент δ рассчитывается по формуле

$$\delta = \frac{T_{дв}}{T_н} = \frac{L}{v_т} : \frac{L}{v_э} = \frac{v_э}{v_т}, \quad (4.13)$$

где L - общий пробег автотранспортного средства.

Подставив выражение (4.12) в (4.13), коэффициент использования рабочего времени подвижного состава δ имеет вид:

$$\delta = \frac{v_э}{v_т} = \frac{v_т - \alpha N}{v_т} = 1 - \frac{\alpha N}{v_т}.$$

(4.14)

Как известно эффективность использования автомобильного транспорта во многом зависит от производительности W , что в конечном итоге влияет на себестоимость единицы продукции.

Транспортная работа, выполненная за 1ч, то есть часовая производительность автомобиля определяется [8]:

$$W = q\gamma_d\beta v_э \quad (4.15)$$

Поскольку

$$v_э = \delta v_T,$$

$$W = q\gamma_d\beta\delta v_T,$$

где q – номинальная грузоподъемность автомобиля, т; γ_d – коэффициент динамического использования грузоподъемности; β – коэффициент использования пробега.

На основании приведенных результатов экспериментальных исследований построена номограмма для определения наиболее эффективного использования автопарка (рис.4.10). Анализируя номограмму необходимо отметить, что с увеличением интенсивности движения производительность автомобиля уменьшается, так при интенсивности движения $N=1300$ авт./ч производительность составляет $W=1,97$ т км/ч, а при $N= 950$ авт./ч $W= 2,1$ ткм/ч при скорости движения $v =60$ км/ч. Исходя из выше изложенного можно сделать вывод, что на величину производительности автомобиля оказывает влияние суточная интенсивность движения.

Таким образом, учет интенсивности движения по Благовещенскому мосту позволит повысить коэффициент использования рабочего времени подвижного состава δ на данном участке, что приведет к уменьшению себестоимости перевозок сельскохозяйственной продукции.

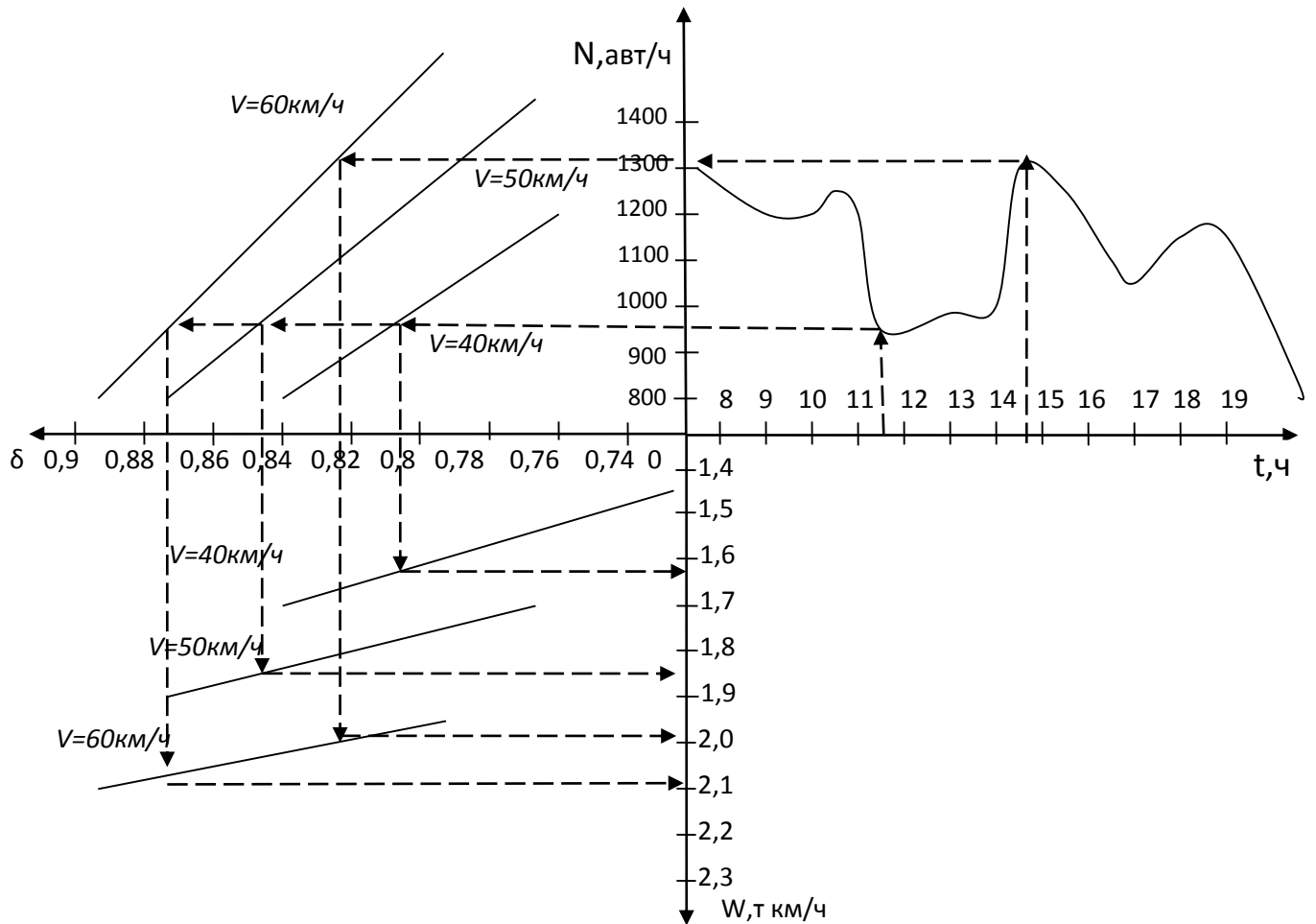


Рис.4.10. Номограмма для определения часовой производительности автомобиля

При обследовании оптимальной загрузки автомобильного моста и планировании мероприятий, повышающих пропускную способность, необходимо устанавливать не только интенсивность движения в течение суток, но и суточную интенсивность движения автомобилей по встречным направлениям.

Расчет суточной интенсивности движения на выбранном участке проводился расчетным методом, предложенным в работе [74] для дорог с бимодальным и унимодальным распределением интенсивности движения в течение суток.

При движении транспортного потока в г. Благовещенск, согласно гистограмме (рис.4.8), практически в течение всего активного периода суток наблюдается бимодальный (двухвершинный) режим движения.

Суточную интенсивность N_s при бимодальном режиме движения автомобилей рассчитывали по формуле [74]

$$N_s = \frac{N_u T_2}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_d}{N_u}}} \left[\sqrt{1 - \frac{N_d}{N_u}} + \operatorname{th} \left(\frac{T_1}{T_2} \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_d}{N_u}} \right) \right] + \frac{N_v T_3}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_d}{N_v}}} \left[\sqrt{1 - \frac{N_d}{N_v}} + \operatorname{th} \left(\frac{24 - (T_1 + T_2 + T_3)}{T_3} \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_d}{N_v}} \right) \right], \quad (4.16)$$

где N_u - интенсивность движения автомобилей в утренний час пик, авт./ч; N_v - интенсивность движения автомобилей в вечерний час пик, авт./ч; N_d - интенсивность движения автомобилей в дневной минимум, авт./ч; N_n - интенсивность движения в ночной минимум, авт./ч; T_1 - промежуток времени между ночным минимумом и утренним максимумом интенсивности движения, ч; T_2 - промежуток времени между утренним максимумом и дневным минимумом, ч; T_3 - промежуток времени между дневным минимумом и вечерним максимумом интенсивности движения, ч.

Анализ гистограммы (рис.4.9) позволяет сделать вывод, что в течение активного периода суток наблюдается унимодальный (одновершинный) режим движения транспортного потока из г.Благовещенска. При унимодальном режиме движения автомобилей интенсивность за сутки равна [74]

$$N_s = 24 N_k \frac{\sqrt{1 - \frac{N_n}{N_k}}}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_n}{N_k}}}, \quad (4.17)$$

где N_k - интенсивность движения автомобилей в час пик, авт/ч; N_n - интенсивность движения в ночной минимум, авт/ч.

Расчеты, проведенные по формулам (4.16, 4.17) показали, что суточная интенсивность движения транспортного потока в г. Благовещенск составляет в настоящее время 18973 авт./сут, тогда как из г. Благовещенска - 9524авт./сут. Таким образом, транспортный поток в г. Благовещенск больше в два раза транспортного потока из г.Благовещенска. Это объясняется тем, что в областном центре находится узловая железнодорожная станция, которая обеспечивает связь с другими районами страны. Прогнозируемая интенсивность движения на 2015 год, методом экстраполяции [74], составила соответственно в г.Благовещенск – 22768 авт./сут, из г.Благовещенска - 11429авт./сут. В связи с чем, степень загрузки дороги движением в г. Благовещенск с 8 до 11 часов из г. Благовещенска с 13-16 часов в течение всей рабочей недели будет превышать $z > 0,6$. В этот период времени возможность образования заторов на мосту велика, длительность которых может достигать нескольких часов.

Дальнейший рост автомобильного парка в Амурской области и повышение интенсивности движения приведут к снижению скорости движения транспортных потоков [74], возникновению задержек на мосту через р. Зея. Все это вызывает необходимость разработки эффективных мероприятий по устранению подобных негативных последствий. Как следствие необходимость в строительстве дополнительного автомобильного моста в районе города Благовещенска.

5 РАСЧЕТ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК

5.1 Оптимизация энергозатрат по скорости движения

Одним из путей оптимизации энергозатрат является оптимизация скорости движения автотранспортного средства при выполнении заданных про-

изводственно-технологических работ это позволяет оптимизировать расход топлива [77,90,93].

Так, анализ полученных данных позволяет рекомендовать снижение среднетехнической скорости движения на маршрутах с практикуемой скоростью 70 км/ч до 55 км/ч. Данные результаты были получены на основании проведенных экспериментальных исследований в реальных условиях эксплуатации. При проведении исследований была задействована навигационная система которая установлена на автомобилях ООО «Амурагроцентр». При этом на автомобиле одновременно находился хронометражист, который также фиксировал расход топлива, режимы движения и баланс времени смены. По результатам исследований, на основании формул полученных во второй главе, были проведены расчеты и построена номограмма (рис.5.1).

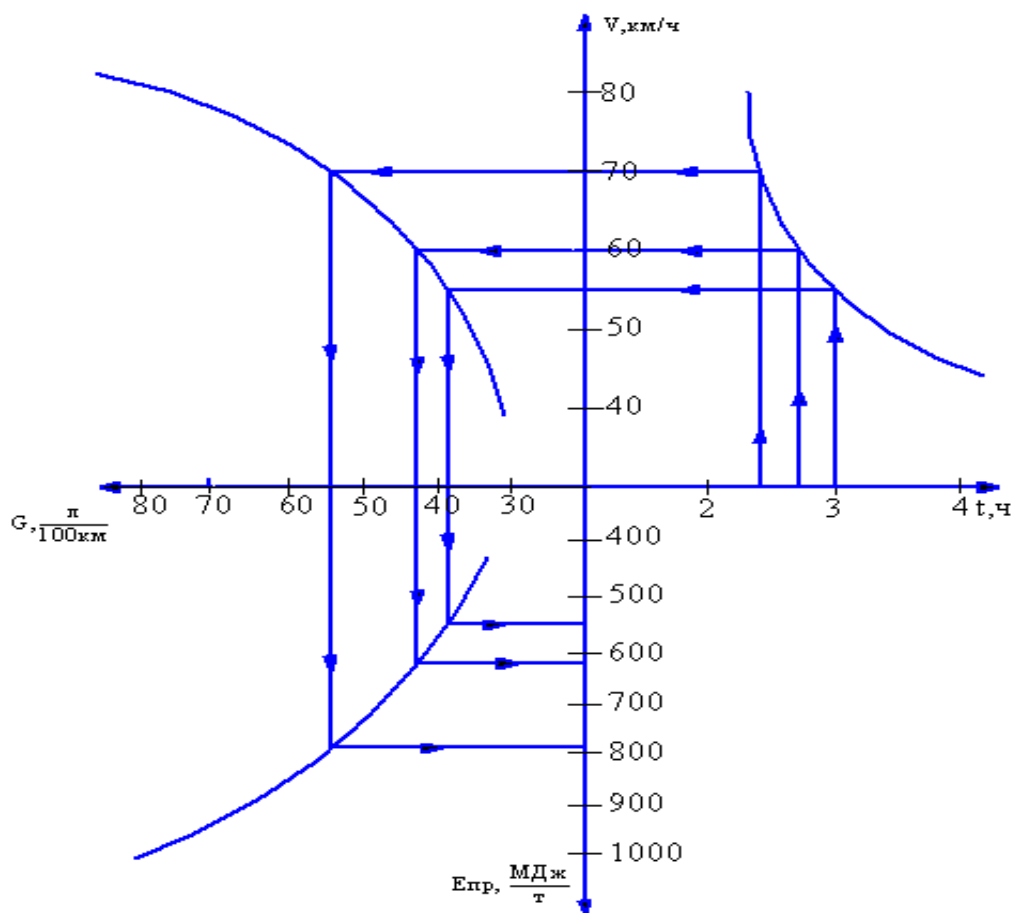


Рис. 5.1. Номограмма для определения прямых энергозатрат в зависимости от скорости движения

Расчеты показали, что снижение скорости движения с 70 км/ч до 55 км/ч позволяет уменьшить расход топлива с $55,7 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$ до $38,6 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$. При предложенном режиме движения прямые энергозатраты понижаются от $790,4 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$ до $547,7 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$ соответственно, а продолжительность автомобиля в пути увеличиться лишь на 0,5 часа (табл.5.1).

Таблица 5.1

Расчетные данные

V, км/ч	Время в пути, ч	Расход топлива, $\frac{\text{л}}{100\text{км}}$	Общий расход топлива, л	Эконо- мия, л	Эконо- мия, руб.	Прямые энерго- затраты $\frac{\text{МДж}}{\text{т}}$
70	2,36	55,7	92	-	-	790,39
60	2,75	43,3	71,4	20,6	597,4	614,43
55	3,00	38,6	63,7	28,3	820,7	547,74
50	3,30	34,9	57,9	34,1	989	495,23

Таким образом, экономический эффект от совершенствования планирования расхода топлива, при стоимости дизельного топлива 29 р./л составит 820,7р. в среднем на 1 автомобиль (табл.5.1). Зависимость энергозатрат от среднетехнической скорости движения, учитывающая разнородность и сложность дорожных условий для выбранных маршрутов, имеет вид

$$E_{\text{пр}} = 750,65 - 19,28 V_T + 0,28 V_T^2. \quad (5.1)$$

Более наглядно снижение энергозатрат за счет оптимизации скорости движения представлено на рисунке 5.2.

Рассматриваемый подход дает возможность оптимизировать не только расход топлива. Критерием решения может выступать оптимизация денежных и трудовых ресурсов, увеличение срока эксплуатации транспорта. Полученные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Поэтому использование их при планировании дает возможность наметить

строго обоснованный план работы транспортных средств, что позволит наиболее точно определить пути снижения энергетических затрат.

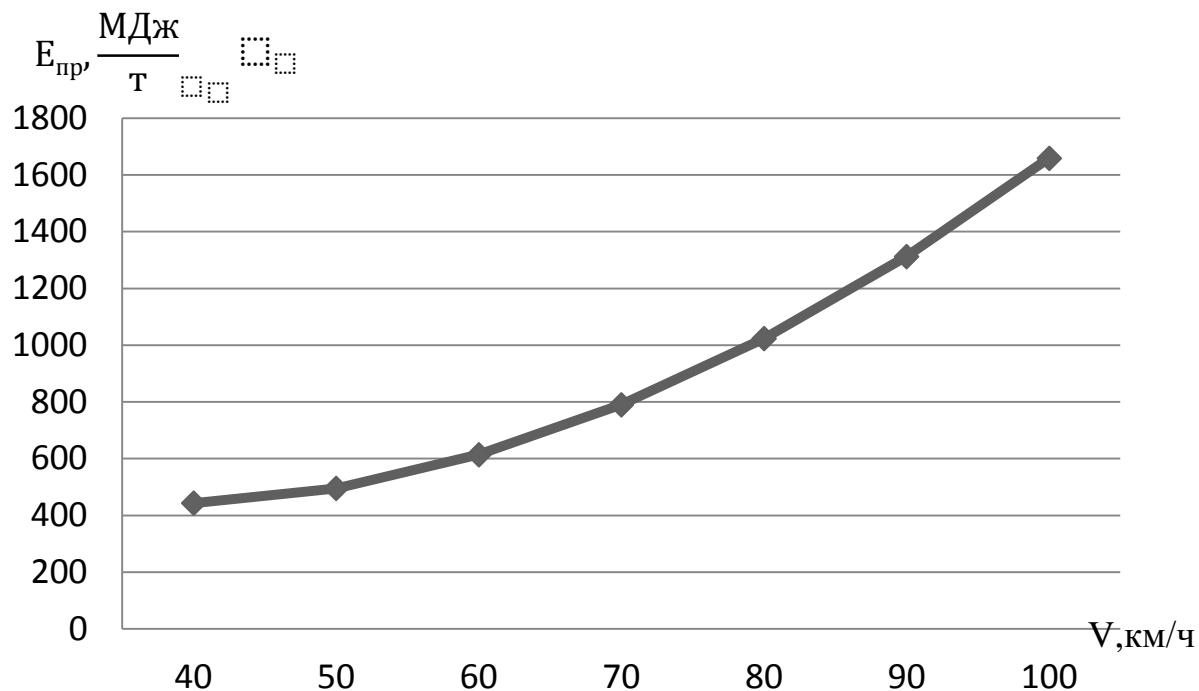


Рис.5.2. Влияние скорости движения на прямые энергозатраты

5.2 Оптимизация расположения пунктов хранения груза

Рассмотрим случай хранения грузов на двух пунктах, находящихся в пределах одного хозяйства и рассчитаем сумму затрат на топливо, которое потребуется для перевозки грузов. В качестве примера возьмем доставку удобрения на поля хозяйства. В случае расположения пункта на центральной усадьбе, как это принято в результате расчетов, были получены следующие данные по расходу топлива. Данный показатель в настоящее время очень сильно влияет на энергозатраты в транспортно-технологическом обеспечении технологии возделывания сельскохозяйственных культур. За исходные данные возьмем пример приведенный в разделе 2.4. Полученные расчеты представлены в (табл. 5.2) для случая расположения полей (рис.2.4).

Таблица 5.2

Расчёт стоимости топлива необходимого для перевозки удобрений

№ поля	Расстояние, км	Площадь, га	Величина грузопотока, т	Стоимость топлива, р.
1	6,44	800	48	997,43
2	6	800	48	929,28
3	8,45	720	43,2	1226,94
4	10,1	1000	60	1955,36
				5109,1

Более наглядно расход энергозатрат для этого случая представлен на рисунке 5.3.

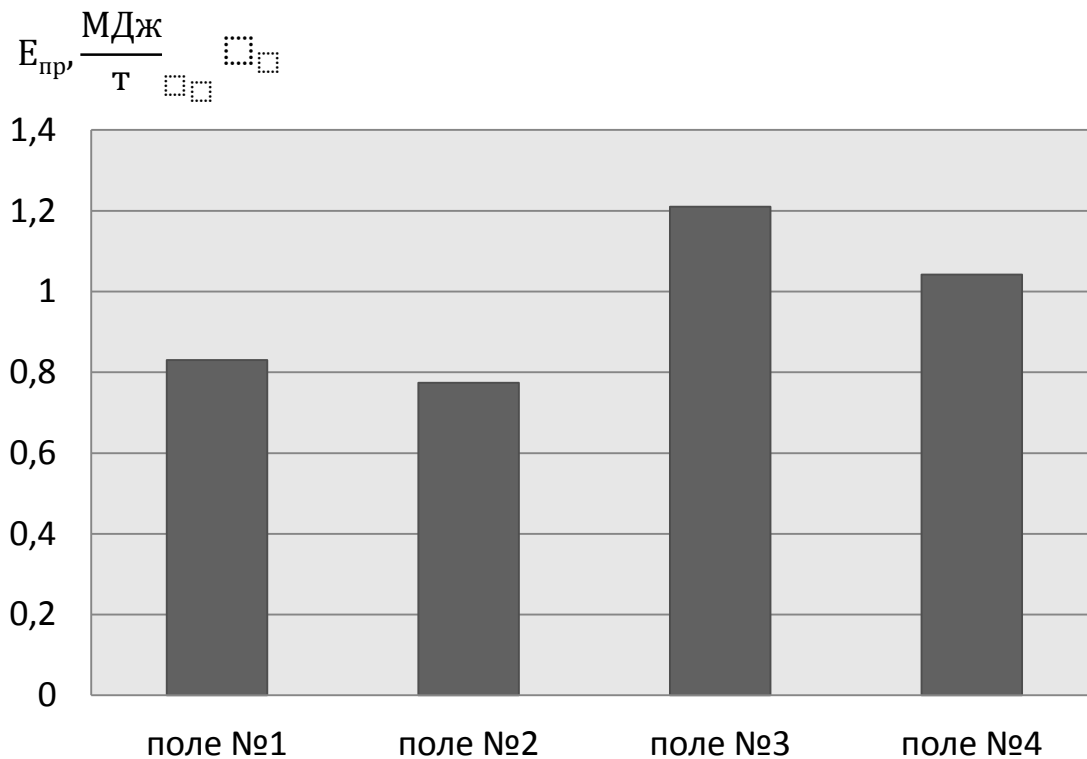


Рис 5.3. Расход энергозатрат для первого расположения склада

Используя формулы, представленные во второй главе по определению условного центра масс, рассчитаем координаты оптимального размещения склада. На основании приведенных расчетов была получена координата расположения пункта по хранению удобрений: $X=6,5$ км, $Y=4,4$ км.

Полученные координаты показывают, что в соответствии со схемой расположения полей (рис.2.4) оптимальным будет размещение склада в пределах поля №4 (рис. 2.5).

Рассчитаем стоимость затрат на топливо при полученном оптимальном размещении склада и результаты расчётов представим в таблице 5.3.

Проведённые расчёты показывают, что при оптимальном размещении склада для хранения удобрений, затраты на приобретение топлива для их доставки на поля можно уменьшить в 3,4 раза.

Таблица 5.3

Расчёт стоимости топлива, необходимого для перевозки удобрений, при оптимальном размещении склада

№ поля	Расстояние, км	Площадь, га	Величина грузопотока, т	Стоимость топлива, р.
1	1,8	800	48	619,6
2	4,1	800	48	352,28
3	2,5	720	43,2	541,2
4	-	1000	60	
				1513,08

Энергозатраты при перевозке удобрения для второго случая наглядно представлены на рисунке 5.4

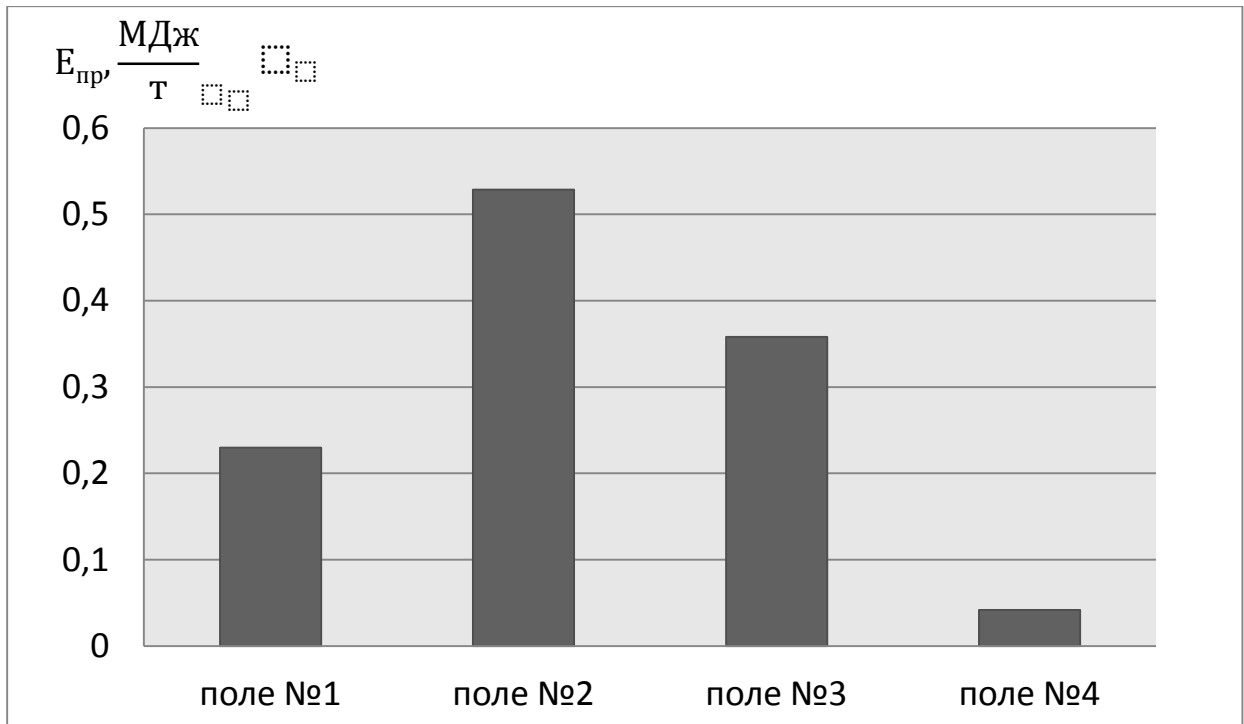


Рис 5.4. Расход энергозатрат для второго расположения склада

Для более лучшего анализа энергозатрат представим их вместе на рисунке 5.5.

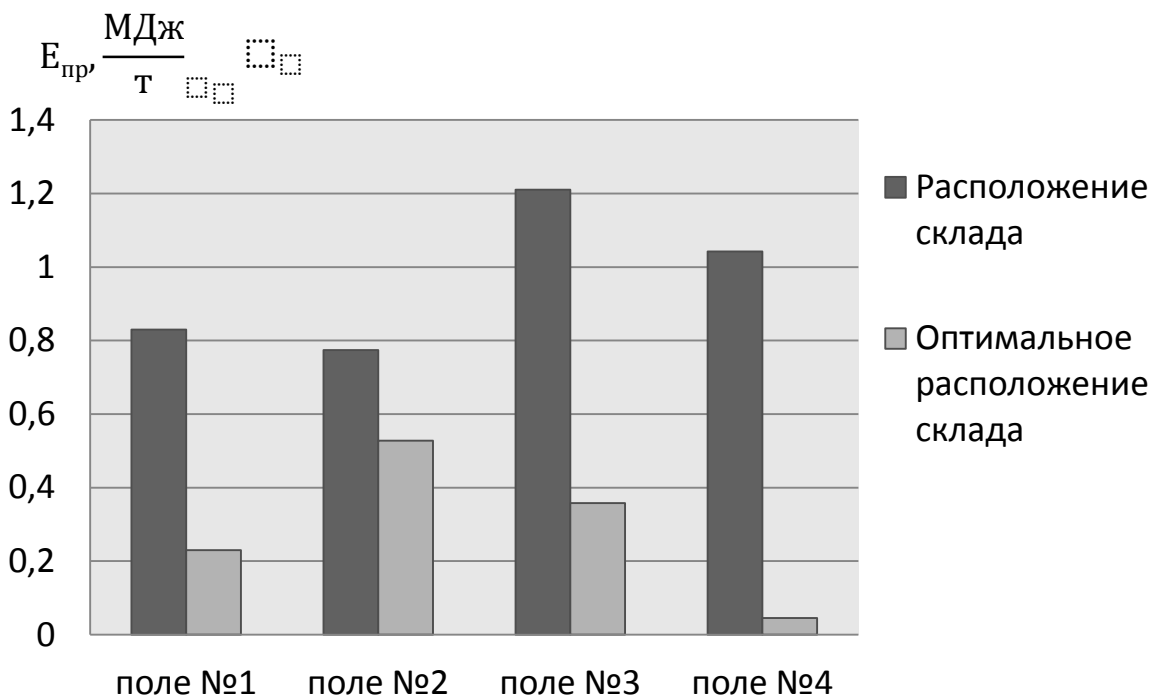


Рис.5.5 Сравнительные энергозатраты

Анализ представленной диаграммы показывает, что при оптимальном расположении склада энергозатраты по перевозке удобрений уменьшаются на 71% .

5.3 Оценка энергозатрат через коэффициенты значимости

Оценим полные энергозатраты через коэффициенты значимости при транспортировке сельскохозяйственных грузов на примере работы автомобилей ГАЗ-53-06, ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б и КамАЗ-5510 с полуприцепом ОдАЗ-9370 . Исходные данные для расчета следующие: $L=60$ км; $V=60$ км/ч. Прямые энергозатраты для автомобиля определяются [130]

$$E_{\text{пр}} = \frac{\alpha_{\alpha} \cdot G \cdot L \cdot \gamma}{50 \cdot Q}, \quad (5.2)$$

где α_{α} - энергетический эквивалент топлива, МДж/кг; G - линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л; L - длина ездки, км; γ - плотность топлива, кг/л; Q - масса перевозимого груза, т.

Затраты живого труда и энергоемкость транспортных средств оценим по формулам приведенным в главе второй (разд. 2.1). Для рассматриваемых видов движения автомобилей коэффициент эффективности энергозатрат от потерянного урожая можно не учитывать, так как транспортное средство не заезжает на поле и не переуплотняет почву.

Суммарные энергозатраты при транспортировке составили:

для автомобиля ГАЗ-53-06

$$E_{\text{п}} = 67,39 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,37 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,63 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 68,39 \frac{\text{МДж}}{\text{т}},$$

для автомобиля ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б

$$E_{\Pi} = 40,824 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,162 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,725 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 41,711 \frac{\text{МДж}}{\text{т}},$$

для автомобиля КамАЗ-5510 с полуприцепом ОдАЗ-9370

$$E_{\Pi} = 20,64 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,081 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,0376 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 20,759 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}.$$

Для оценки влияния составляющих перевозочного процесса проведена оценка коэффициентов эффективности рассматриваемых операций (рис.5.6).

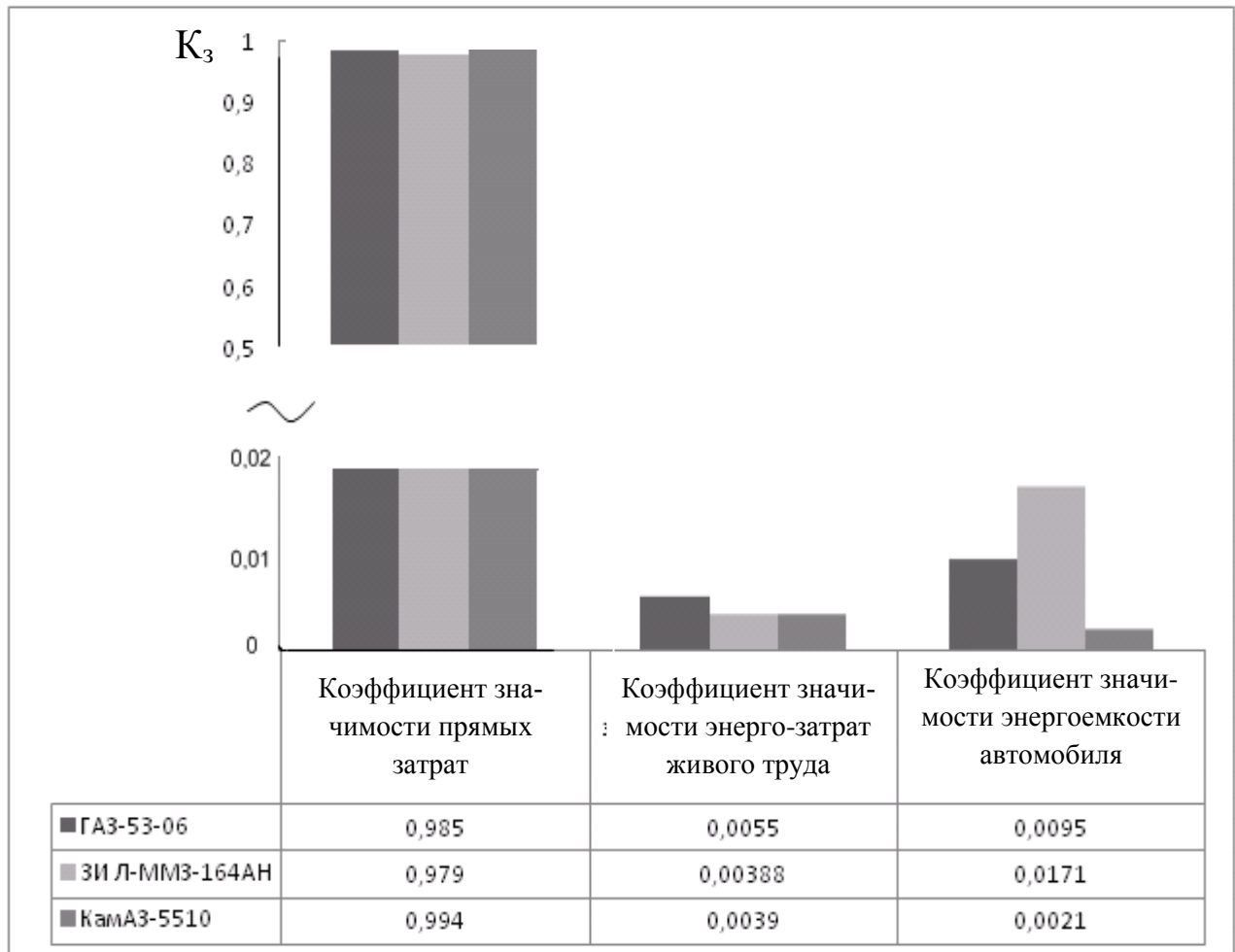


Рис.5.6. Коэффициенты значимости энергозатрат

Таким образом, при дифференцированной оценке транспортировки сельскохозяйственных культур наибольшее значение имеет коэффициент прямых затрат. Поэтому для снижения полных энергозатрат необходимо вводить новые технологии направленные, прежде всего, на уменьшение прямых энергозатрат, то есть на снижение расхода топлива при выполнении заданно-

го объема работы, а это возможно при движении автомобилей с оптимальной необходимой скоростью движения, которой соответствует минимум расхода топлива.

Проведя необходимые преобразования в формуле (5.2), получаем

$$E_{\text{пр}} = \frac{\alpha_{\alpha} \cdot G \cdot V_{\text{T}} \cdot \rho \cdot (\ell_{\text{ге}} + V_{\text{T}} t_{\text{пв}} \beta)}{50 \cdot Z_e q \gamma_i V_{\text{T}} \beta}, \quad (5.3)$$

где V_{T} - техническая скорость автомобиля, км/ч; $\ell_{\text{ге}}$ - длина ездки с грузом, км; β – коэффициент использования пробега; $t_{\text{пв}}$ - среднее время погрузочно-разгрузочных работ за один оборот, ч; Z_e - число ездки; q – грузоподъемность транспортного средства, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности.

Полученная зависимость позволяет оценить влияние скорости движения на прямые энергозатраты транспортного средства.

В связи с этим, как показали исследования, прирост скорости в интервале малых значений может дать больший эффект, чем в интервале больших значений скорости. Это положение необходимо учитывать для разработки программы по оптимизации перевозок.

С повышением скорости движения всегда возрастают затраты связанные с расходом топлива. Исследования, проведенные авторами [127,133,136], показали, что при перевозке сельскохозяйственных грузов следует исходить из положения, что на каждом конкретном маршруте автомобили должны двигаться с экономически обоснованной скоростью, необходимой для выполнения транспортного процесса. Поэтому задача определения оптимального расхода топлива решается в установлении минимальной необходимой скорости движения для выполнения заданного объема перевозок.

При перевозке сельскохозяйственных грузов для каждой модели автомобиля установлены линейные нормы расхода топлива. Они состоят из основной нормы, определяющей расходы топлива на пробег, и дополнительной, учитывающей расход топлива на выполнение операций по погрузке и

разгрузке груза. Эти нормы дифференцируются в зависимости от условий работы подвижного состава.

Линейная норма расхода топлива автомобиля определяется на основании усредненных статистических данных, работающего в разных дорожных и эксплуатационных условиях. Поэтому, если применять ее к автомобилю, работающему в конкретных условиях эксплуатации, то не в полной мере будут учитываться влияние всех условий, в которых выполнялись перевозки.

Поэтому аналитические зависимости использовать для расчета или уточнения линейной нормы расхода топлива на пробег невозможно, так как в процессе работы автомобиля непрерывно меняются условия движения: тип и состояние дорожного покрытия, величина и направление уклонов, сила и направление ветра. Изменение условий приводит к изменению скорости движения. Согласно исследованиям, скорость движения автомобиля изменяется по весьма сложным зависимостям, аналитическое определение которых на весь маршрут не представляется возможным [126].

Для определения прямых энергозатрат при различных скоростях движения были проведены экспериментальные исследования на примере работы автомобилей КамАЗ-5510 с полуприцепом ОдАЗ-9370 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов на расстояние 60 км и времени пребывания автомобиля в наряде 8 ч при следующих условиях: $\beta=0,5$; $t_{пв}=0,5$ ч; $q=20$ т; $\gamma=1$. Маршрутный расход топлива определялся по зависимости $G = f(V_T)$, установленной на режимах движения от 40 до 90 км/ч для выбранного участка трассы. Зависимость расхода топлива от среднетехнической скорости движения, учитывающая разнородность и сложность дорожных условий для выбранного маршрута, имеет вид [81]

$$G = 57,75 - 1.45 V_T + 0.02 V_T^2. \quad (5.4)$$

Для решения практической задачи по определению оптимальной скорости движения на заданном участке дороги, удобно пользоваться номограммой (рис.5.5).

Представленная номограмма показывает, что фактическая закономерность изменения прямых энергозатрат по транспортировке грузов описывается разрывной линейной функцией в соответствии с дискретностью транспортного процесса. Так в диапазоне скоростей от 30км/ч до 55 км/ч автомобиль выполнит только две ездки, при этом расход топлива на 100 км составит от 30л до 35,25л, а прямые энергозатраты возрастут от $17,02 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$ до $21,8 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$ соответственно. На данном интервале приращения скоростей оптимальной будет являться среднетехническая скорость движения 30км/ч. Дальнейшее увеличение скорости движения до 55км/ч не приведет к увеличению числа ездок, а приведет к росту энергозатрат.

При скорости движения от 55км/ч до 80 км/ч автомобиль выполнит уже три ездки, расход топлива составит от 38,5л до 69,75л на 100 км, прямые энергозатраты соответственно от $14,5 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$ до $28,5 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}$. На данном интервале скоростей оптимальной среднетехнической скоростью движения будет являться скорость 60км/ч.

При увеличении скорости движения от 80 км/ч и выше автомобиль совершает 4 ездки. Расход топлива и прямые энергозатраты на выбранном интервале скоростей возрастают. Так при скорости движения 90 км/ч расход топлива возрастает на 107 %, прямые энергозатраты на 68 % по сравнению со скоростью движения 60 км/ч.

Расчеты показали, что на выбранном маршруте оптимальной скоростью движения с наименьшими энергозатратами является среднетехническая скорость 60 км/ч. Выявленные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Использование их при планировании дает возмож-

ность получить строго обоснованный план работы транспортных средств, что позволит наиболее точно определить пути снижения энергетических затрат.

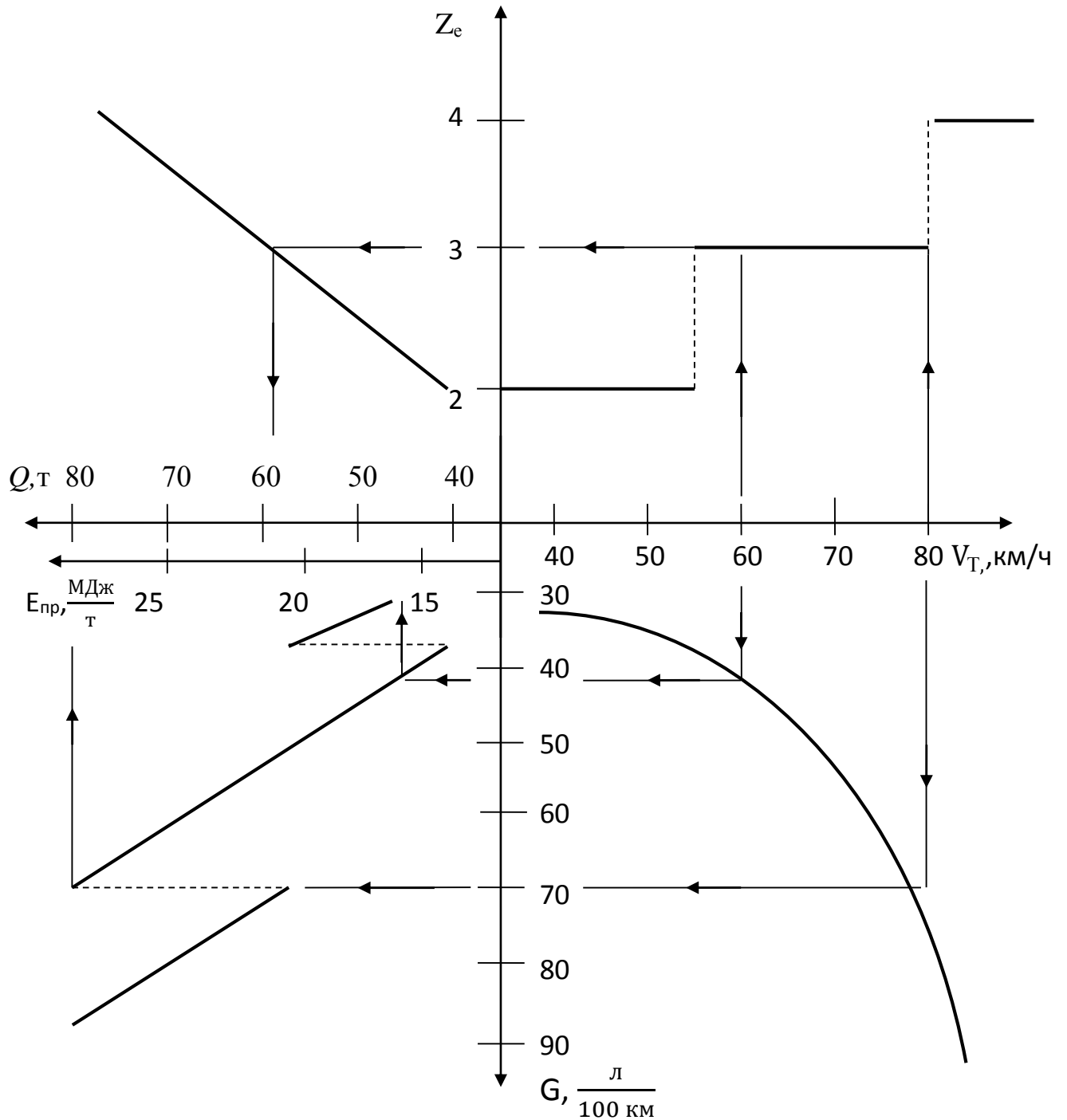


Рис.5.7. Номограмма для определения прямых энергозатрат в зависимости от скорости движения

Выводы

В результате теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в монографии, решена важная народно- хозяйственная задача- повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области за счет оптимизации энергозатрат. На основании проведенных научно-исследовательских работ можно сделать следующие основные выводы:

1. Развитие транспортного комплекса Амурской области приобретает особое значение как необходимое условие реализации инновационной модели экономического роста. В настоящее время автомобильный транспорт занимает ведущую роль в транспортно-технологическом обеспечении АПК Амурской области. На долю автомобильного транспорта Амурской области приходится 18,6% от общего объема грузоперевозок.

2. Торгово-экономическое сотрудничество Китая и Приамурья имеет большое значение для развития экономики области. КНР становится одним из основных поставщиков китайских товаров и продукции, завозимой в область. Внешняя торговля с Китайской Народной Республикой для области более значима, чем для других регионов Дальнего Востока. Если на долю внешнеторгового оборота с КНР в 2011 году в Приморском и Хабаровском краях приходилось 37-45% общего объема внешней торговли этих территорий, в Амурской области – 77%.

3. Одной из важнейших задач в обеспечении конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции является снижение ее себестоимости. Этого можно добиться уменьшением затрат на перевозку сельскохозяйственных грузов, нахождением оптимальных маршрутов для грузоперевозки и ускорением процесса перевозок.

Проблема оптимального сочетания ресурсов успешно решается с помощью экономико-математических методов и современных информационных техно-

логий. Объектами моделирования в сельскохозяйственном производстве являются: сельское хозяйство в целом как отрасль народного хозяйства, отдельные сельскохозяйственные отрасли, экономические районы и зоны, конкретные предприятия, а также отдельные подразделения предприятий и производственные процессы в них.

4. При производстве сельскохозяйственной продукции важная роль отводится транспортно-технологическому обеспечению. При возделывании даже одинаковых сельскохозяйственных культур существуют различные технологии, которые наиболее приемлемы для каждого конкретного хозяйства. Задача оптимизации заключается в том, чтобы найти такое транспортно-технологическое обеспечение, которое позволило бы получить продукцию с наименьшими энергозатратами. Решение выше указанной задачи позволит найти оптимальное транспортно-технологическое обеспечение АПК. Оценку вариантов оптимизации можно найти по критерию – полные энергозатраты, а строгое соблюдение научно обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур может быть обеспечено при условии четкого транспортно - технологического обеспечения.

5. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования по оптимизации энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК показали, что решить данную проблему можно следующими способами:

- оптимизацией скорости движения транспорта участвующего в транспортно-технологическом обеспечении;

- оптимизацией расхода топлива транспортом участвующего в транспортно-технологическом обеспечении;

- оптимизацией расположения погрузочных пунктов;

- оптимизацией пропускных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенова, З.И. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных предприятий [Текст] / З.И. Аксенова. – М.: Высшая школа, 1980. – 288 с.
2. Алетдинова, А.А. Договорные отношения при оказании производственных услугах МТС и АПК / А.А. Алетдинова, А.П. Задков // Экономика, управление. – Новосибирск.- 1997. – № 12. - С. 37-42.
3. Алетдинова, А.А. Оперативное управление сельскохозяйственным производством с использованием ПВМВ рыночных условий// Совершенствование экономических отношений в аграрном комплексе в условиях рынка / А.А. Алетдинова, Т.И. Курчева // Сб. науч. тр. НГАУ. – Новосибирск, 2001. - С. 44-48.
4. Алетдинова, А.А. Проблемы технической оснащенности сельскохозяйственных предприятий в условиях рыночной экономики. Реализация аграрных отношений в условиях рынка / А.А. Алетдинова, Т.И.Курчева // Сб. науч. тр. НГАУ. – Новосибирск. - 1998. - С. 144-148.
5. Андрианов, В.Е. Опыт применения математических методов и ЭВМ в определенной оптимальной структуре МТП хозяйств / В.Е. Андрианов, Б.К. Наксбеков // Материалы республиканского совещания по разработке и внедрению АСУ на промышленных предприятиях и по применению ЭВМ и вычислительной техники в планировании и управлении народным хозяйством. - Алма-Ата, 1970. – С. 29-33.
6. Андрианов, В.Е. Пути и методы оптимизации структуры транспортных средств / В.Е. Андрианов, И.С. Бобров // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: сб. науч.-исслед. работ. - Алма-Ата, 1973. - С. 254-263.

7. Арабов, И.А. Рациональные методы распределения машинно-транспортного парка на сельскохозяйственных работах / И.А. Арабов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1957. - № 1. – С. 2-4.
8. Баженов, С.П. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов / Б.Н. Кузьмин, С.В. Носов. – М.: Академия, 2008. – 328с.
9. Баширов, Р.М. Оптимизация плана использования транспортных средств / Р.М. Баширов, М.Х. Низамутдинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. - № 7. - С. 20-22.
10. Баширов, Р.М. Повышение эффективности работы МТП, применяемых при распределении агрегатов по видам работ /Р.М. Баширов// Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 6. - С. 18-20.
11. Блынский, Ю.Н. Обоснование системы транспортного обслуживания уборочных машин с перегрузкой материалов в магистральные поезда / Ю.Н. Блынский // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. - № 5. - С. 87-94.
12. Бумбар, И.В. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2006-2010 годы / И.В. Бумбар, Б.И. Кашпура, Ю.В. Терентьев. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2006. – 312 с.
13. Бутов, Н.П. Межхозяйственное использование техники как способ повышения эффективности механизированных работ / Н.П. Бутов, В.В. Колесник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. - № 12. - С. 23.
14. Валеева, Н.А. Использование экономико-математических моделей для повышения эффективности инвестиций в АПК / Н.А. Валеева // Экономика сельского хозяйства России. – 1999. – № 5. – С. 36.

15. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 200с.
16. Вентцель, Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей / Е.С.Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 442 с.
17. Вентцель, Е.С. Исследование операции: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 244 с.
18. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
19. Врублевский, В.Э. Сравнительная эффективность использования различных видов транспорта на сельскохозяйственных перевозках / В.Э. Врублевский // Труды ЦНИИМЭСХ, 1964. – Т. 11. – С. 54-62.
20. Геронимус, Б.Л. Совершенствование оперативного планирования доставки продукции автомобильным транспортом. Рынок и логистика [Текст] / Б.Л. Геронимус. – М.: Экономика, 1993. – С. 117-127.
21. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике/ В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2004. – 404с.
22. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
23. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей /В.И. Говорущенко. – Харьков: Вища школа, 1987. – 386 с.
24. Гольдштейн, Е. Г. Математический аппарат экономического моделирования / Е.Г. Гольдштейн. – М.: Наука, 1983. – 157 с.
25. Горфинкель, М.И. Математическая модель взаимосвязи показателей работы сельскохозяйственной техники / М.И. Горфинкель // Техника в сельском хозяйстве. - 1996. - № 4. - С. 27-29.
26. ГОСТ 20306 – 90 «Автотранспортные средства. Топливная экономич-

- ность» [Электронный ресурс]: База нормативных документации: www.complexdoc.ru
27. ГОСТ 23729-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки специализированных машин [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 25 с.
 28. ГОСТ 24055-80-ГОСТ 24059-80. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки [Текст] - М.: Изд-во стандартов, 1980. – № 1422. - 48 с.
 29. Гостев, В.А. К вопросу экономической эффективности использования тракторов на перевозках сельскохозяйственных грузов / В.А. Гостев, Л.А. Ибрагимов // Тракторы и сельхозмашины. – 1965. - № 4. – С. 5-6.
 30. Григорьянц, Р.А. Математические модели и алгоритмы прогнозирования целочисленного состава автомобильного парка / Р.А. Григорьянц, Я.И. Гольцер // НТБ ВИМ. – Волгоград, 1994. - Вып. 89. - С. 14-18.
 31. Григорьянц, Р.А. Методика оптимизации эксплуатационных параметров тракторно-транспортных агрегатов / Р.А. Григорьянц. – М.: ВИМ, 2000. – 28 с.
 32. Григорьянц, Р.А. Экономическая эффективность единой автотранспортной службы агропромышленного объединения «Новомосковское» / Р.А. Григорьянц // НТБ ВИМ. – Волгоград, 1989. - Вып. 75. - С. 10-17.
 33. Гришкевич, А.И. Автомобили: Теория /А.И. Гришкевич. – Минск: Высшая школа, 1986. – 208 с.
 34. Джабборов, Н.И. Эффективность использования техники по топливно-энергетическим затратам / Н.И. Джабборов, В.А. Эвиев // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. - № 4. - С. 26-28.
 35. Диденко, Н.К. Эксплуатация машинно-тракторного парка /

- Н.К.Диденко. – Киев: Урожай, 1977. – 39 с.
36. Докин, Б.Д. Методика исчисления дифференциальных затрат при оптимизации параметров МТА и состава МТП хозяйств с учетом особенностей Сибири / Б.Д. Докин // Научные труды СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1976. - Вып. 12, - ч. 1,2. – С. 180-193.
 37. Емельянов, А.М. Элементы математической обработки и планирования инженерного эксперимента: методические указания / А.М. Емельянов, А.М. Гуров. – Благовещенск: БСХИ, 1984. – 63 с.
 38. Жилин, А.П. Использование трактора на транспортных перевозках / А.П. Жилин // Экономика сельского хозяйства. – 1967.- № 4. – С. 24-28.
 39. Жилин, А.П. Тракторы на транспортных работах / А.П. Жилин. – Минск: Сельхозгиз, 1972. – 68 с.
 40. Жученко, А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве / А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 88 с.
 41. Завалишин, Ф.С. Согласование работы комбайнов и транспортных средств / Ф.С. Завалишин // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1961. – № 8. – С. 82-88.
 42. Зангиев, А.А Оптимизация массы и скорости МТА / А.А. Зангиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. - № 5. - С. 8-10.
 43. Зенченко, Ю.И. Статистическое моделирование процессов уборки люцерны на сено / Ю.И. Зенченко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. - №7. – С. 47-48.
 44. Зубов, Н.И. Методические подходы к определению индивидуальных норм расхода топлива / Н.И. Зубов, Ю.Н. Сапьян // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - № 2. - С. 44-47.
 45. Иванов, В.Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте/ В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1984. – 224 с.

46. Игнатов, В.Д. Проблемы эффективности использования транспорта на уборке зерновых / В.Д. Игнатов // Международный сельскохозяйственный журнал. - 1988. – № 6. – С. 87-91.
47. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А.Иофинов. – М.: Колос, 1974. – 479 с.
48. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для вузов / под. ред. Н.Ш. Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 407 с.
49. Камбулов, С.И. Влияние объемов работ и структуры МТП на показатели эффективности МТА / С.И. Камбулов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. - № 12. - С. 49-50.
50. Кацыгин, В.В. Некоторые проблемы сельскохозяйственного транспорта Нечерноземной зоны и возможные пути их решения / В.В. Кацыгин, Н.А. Черноморец // Труды ЦНИИМЭСХ, 1972. – Вып. 11. – С. 14-25.
51. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин / В.В. Кацыгин // Труды ЦНИИМЭСХ, 1964. – Т. 13. – С. 15-21.
52. Кашбулгоянов, Р.А. Экономико-математическая модель расчета технической оснащенности СПК при прогнозировании производства сои / Р.А. Кашбулгоянов // Молодые ученые - агропромышленному комплексу Дальневосточного федерального округа: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск, 2005. - С. 140-142.
53. Кашбулгоянов, Р.А. Экономико-математические модели расчета технической оснащенности крестьянско-фермерских хозяйств/Р.А.Кашбулгоянов // Сб. науч. тр. ДВВКУ. Молодежь XXI века: шаг в будущее. - Благовещенск, 2005. – Ч. 3. - С. 164-165.
54. Квитко, Х.Д. Эффективность использования грузовых автомобилей / Х.Д. Квитко. – М.: Транспорт, 1976. – 174 с.
55. Козлов, А.Е. Выбор оптимальных параметров тракторных транспорт-

- ных средств / А.Е. Козлов // Научные труды НИПТИМЭСХ. – Благовещенск, 1975. - Вып. 17. – С. 12-16.
56. Кольга, А.Д. Повышение эффективности движения колесных машин / А.Д. Кольга // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. - № 2. - С. 29-30.
57. Копелянец, В.И. Экономика и организация в сельском хозяйстве / В.И.Копелянец. – М.: Колос, 1969. – 270 с.
58. Косачев, Г.Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники / Г.Г. Косачев. – М.: Колос, 1978. – 240с.
59. Кравченко, Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / Р.Г. Кравченко. – М.: Колос, 1978. - 423с.
60. Кравченко, Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / Р.Г. Кравченко. – М.: Колос, 2003. – 54 с.
61. Крайнова, Э.А. Оптимизация развития и размещения предприятий нефтяной и газовой промышленности / Э.А. Крайнова, Г.Н. Капитонов, Л.Д. Кирлан. – Уфа: УГНТУ, 1988. – 167 с.
62. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – М. : Транспорт, 1981. – 252 с.
63. Кривенко, И.В. Экономия топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте / И.В. Кривенко, Г.Ф. Савенко – Киев: Техника, 1981. – 166 с.
64. Кривуца, З.Ф. Анализ влияния скорости движения на эффективность работы подвижного состава // Россия в постреформенный период: региональный аспект: матер. всероссийской заоч. конф. (Биробиджан, 1 сентября-30октября 2010г.) / Амур.гос.у-т. - Благовещенск, 2010.- С.225-227.
65. Кривуца, З.Ф. Влияние внешних факторов на оптимизацию работы ав-

- томобильного транспорта в Амурской области/ Кривуца З.Ф. //Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: матер. XI междунар. науч.-практ. конф. (Углич, 14-15 сентября 2010г.). – М., – 2010. – Ч.1. - С.378-386.
66. Кривуца, З.Ф. Использование математических моделей для оптимизации работы автомобильного транспорта / З.Ф. Кривуца// Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб.науч.тр.ДальГАУ.– Благовещенск, 2010. – С.136-142.
67. Кривуца, З.Ф. Модель оптимизации расхода топлива при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов. / З.Ф. Кривуца// Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб.науч.тр. ДальГАУ, – Благовещенск, 2011. – Вып.18, С.67-73.
68. Кривуца, З.Ф. Оптимизация использования автомобильного транспорта при возделывании сельскохозяйственных культур /З.Ф. Кривуца, Н.Н. Степакова // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб.науч.тр.ДальГАУ. - Благовещенск, 2011. –Вып.18. - С.100-107.
69. Кривуца, З.Ф. Оптимизация скорости в транспортных процессах // //Россия в постреформенный период: регион. аспект: матер. всерос.заоч. конф. (Биробиджан, 1 сентября-30октября 2010г.) / Амур.гос.у-т. - Благовещенск, 2010. –С. 227-231.
70. Кузнецов, Ю.Н. Математическое программирование / Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов, А.Б. Волощенко. – М.: Высш. шк., 1980.- 123 с.
71. Кундышева, Е.С. Экономико-математическое моделирование / Е.С. Кундышева. – М: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К⁰», 2010.- 424 с.
72. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С. Лукинский и [и др.]. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 280 с.

73. Малышев, А.И. Экономика автомобильного транспорта [Текст] / А.И. Малышев . – М.: Транспорт, 1983. – 336 с.
74. Маркуц, В.М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц (практические приложения) / В.М. Маркуц. – Тюмень, 2008. – 101с.
75. Мельник, М.М. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении материально-техническим снабжением / М.М. Мельник. – М.: Высш. шк., 1990. – 208с.
76. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А.Н. Никифоров [и др.]. – М.: ВИМ, 1995. – 96 с.
77. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / В.И. Токарев, [и др.]. – М.: ВИМ, 1989. – 71 с.
78. Миронюк, С.К. Использование транспорта в сельском хозяйстве / С.К. Миронюк. – М: Колос, 1982. – 287 с.
79. Немчинов, В.С. Экономико-математические методы и модели / В.С. Немчинов. – М.: Наука, 1967. - Т. 3. – 124 с.
80. Нестеров, Е.П. Транспортные задачи линейного программирования / Е.П. Нестеров. – М.: Транспорт, 1971. – 213 с.
81. Николин, В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В.И. Николин. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.
82. Николин, В.И. Исследование расхода топлива на международных перевозках [Текст] / В.И. Николин: СибАДИ. Омск, 1985. 9с. Деп. В ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР 12.04.85. №319ат-Д85.
83. Носков, Н.Л. Экономико-математическая модель взаимовыгодного сотрудничества машинно-технологических станций с сельскохозяйственными товаропроизводителями и государством / Н.Л.Носков // Научный

- журнал КубГАУ. – 2007. - № 31. - С. 3-6.
84. Огнев, О.Г. Повышение эффективности использования техники АПК в современных условиях / О.Г. Огнев // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. - № 5. - С. 40.
85. Окнин, Б.С. Обоснование оптимальных параметров транспортных агрегатов / Б.С. Окнин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1971. - № 6. – С. 10-15.
86. Определение энергетической оценки транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур [Текст]: а.с. 2011617289 РФ / Щитов С.В., Ушаков Р.М., Кривуца З.Ф. (РФ). - 2011615395 заявл. 19.07.2011; опубл. 19.09.2011. – 13 с.
87. Оптимизация энергозатрат на транспортных работах [Текст]: а.с.2011617688 РФ / Щитов С.В., Ушаков Р.М., Кривуца З.Ф. (РФ) - 2011615897 заявл. 3.08.2011; опубл. 3.10.2011. – 13 с.
88. Орлов, Н.М. К определению оптимальных параметров агрегатов / Н.М. Орлов // Научные труды ВИСХОМ – Л., 1967.- Вып. 51. – С.20-28.
89. Основные показатели развития сельского хозяйства Амурской области за 2011г. – Благовещенск: Амурстат 2011. - № 14. – 210 с.
90. Павлов, А.П. Оперативный контроль расхода топлива МТА / А.П.Павлов // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. - № 5. - С. 29-30.
91. Поляк, А.А. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ИХ СЛУЖБЫ / А.А. Поляк, А.Н. Разумов// Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - № 5. - С. 19-20.
92. Расчет оптимального транспортного обеспечения АПК [Текст]: а.с.2011615188 РФ/ Щитов С.В., Ушаков Р.М., Кривуца З.Ф. (РФ).- 2011613166; заявл. 3.05.2011; опубл. 1.07.2011. – 14 с.
93. Романов, Ф.Ф. Использование параметров расхода топлива для контроля функционирования МТА / Ф.Ф. Романов, А.В. Палицын //

- Техника в сельском хозяйстве. – 2005. - № 5. - С. 30-32.
94. Рославцев, А.В. Методика исследования движения МТА / А.В.Рославцев, Г.М. Кутьков / Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. - № 5. - С. 10-13.
95. Саулев, В.К. Математические модели теории массового обслуживания / В.К. Саулев. - М.: Статистика, 1979. – 115 с.
96. Селиванов, Н.И. Моделирование работы силового агрегата трактора с гидромеханической трансмиссией при колебаниях нагрузки / Н.И.Селиванов, А.В. Кузнецов // Вестник КГАУ, – Красноярск, 2000. - № 6. – С. 145-153.
97. Семеновский, Ф.Н. Математическое моделирование экономических процессов / Ф.Н. Семеновский, С.М. Семенов. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 280 с.
98. Скибневский, К.Ю. Оценка состояния машинно-тракторных агрегатов по удельному расходу топлива / К.Ю. Скибневский, А.Ф. Кунафин, А.Г. Гальдин // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - № 2. - С. 43-44.
99. Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Мащенский, А.С. Солонский. – М.: Агропромиздат, 1986. - 383 с.
- 100 Сметнев, С.Д. Повышение коэффициента использования времени смены тракторного поезда / С.Д. Сметнев, Н.Е. Евтюшенков // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - № 2. - С. 39.
- 101 Сметнев, С.Д. Рационально использовать трактор на транспортных работах / С.Д. Сметнев, Н.Е. Евтюшенков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1991. - № 1. – С. 42-44.
- 102 Сметнев, С.Д. Транспортное обслуживание агропромышленного комплекса / С.Д. Сметнев, Н.Е. Евтюшенков // Автомобильный транспорт. - 1989. - № 8. – С. 14-18.

- 103 СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
- 104 Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта : справочник /С.Л. Голованенко, О.М. Жарова, Т.И. Маслова, В.Г. Посыпай; под ред. С.Л. Голованенко. – М.: Транспорт, 1984. - 320 с.
- 105 Справочник по математике для экономистов / под ред. В.И. Ермакова – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.
- 106 Столярова, М.Д. Трансфинплан автотранспортного предприятия, объединения /М.Д. Столярова. – М.: Транспорт, 1990. – 90с.
- 107 Тахунова, Р.Н. Определение оптимального состава МТП сельскохозяйственных предприятий с учетом экологических факторов / Р.Н. Тахунова // Интенсификация сельскохозяйственного производства в колхозах и совхозах: тр. ЧИМЭСХ. - Челябинск, 1990. – С. 11-13.
- 108 Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля [Текст] / А.А. Токарев – М.: Машиностроение, 1982. – 224с.
- 109 Толочек, Н.Н. Эффективность использования сельскохозяйственной техники / Н.Н. Толочек // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. - № 10. – С. 21-22.
- 110 Тунеев, М.М. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства/ М.М. Тунеев, В.Ф. Сухоруков. – М.: «Финансы и статистика», 1986. – 144 с.
- 111 Федосеев, В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайкбегов. – М.: Юнити, 1999. – 65 с.
- 112 Федотов, А.И. Математическая модель автомобиля для диагностирования его тяговых качеств / А.И. Федотов, А.В. Полихов, А.Г. Кондратьев // Механизация сельскохозяйственного производства в начале 21 века: сб. науч. тр. – Новосибирск, 2001. – С. 15-17.

- 113 Форобин, Я.Е. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок [Текст] / В.С. Шупляков. – М.: Транспорт, 1983. – 200 с.
- 114 Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилько [и др.]. – М.: Мин-во сел. хоз-ва и прод-я РФ, 1998. – 219 с.
- 115 Щитов, С.В. Методика оценки эффективности использования транспортно – технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Инновационное развитие агропромышленного комплекса и аграрного образования: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Улан-Удэ, 15-16 декабря 2011г.) - Улан-Удэ, – 2011. – С.168-173.
- 116 Щитов, С.В. Повышение эффективности работы автомобильного транспорта в Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, А.Н. Кочешков // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск. - Вып.17. – 2010. – С.100-107.
- 117 Щитов, С.В. Повышение эффективности работы подвижного состава за счет оптимизации скорости движения / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы V всерос. науч.-практ. конф. (Саратов, 2011г.) / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2011.- С.273-276.
- 118 Щитов, С.В. Использование сетевого планирования при выполнении сельскохозяйственных работ / О.П. Митрохина, С.В. Щитов; ДальГАУ. – Благовещенск, 2008. – 5с.: Деп. в ЦНИиТЭИ РАСХН ВНИИЭСХ 08.09.2008, № 43/19654.
- 119 Щитов, С.В. Использование экономико-математической модели для повышения эффективности работы МТА / О.П. Митрохина, С.В. Щитов;

- ДальГАУ. – Благовещенск, 2008. – 9с.: Деп. в ЦНИиТЭИ РАСХН ВНИИЭСХ 08.09.2008, № 37/19648.
- 120 Щитов, С.В. Исследование параметров транспортных потоков в АПК Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. - №8. – С.195-199.
- 121 Щитов, С.В. Исследование влияния интенсивности движения на производительность автомобильного транспорта / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Проблемы диагностики и эксплуатации автомобильного транспорта: материалы 3 междунар. науч.-практ. конф. (Иркутск, 31 мая-2 июня 2011г.) / Иркутск. гос.техн. ун-т.- Иркутск, 2011.- С.297-303.
- 122 Щитов, С.В. Исследование возможностей обеспечения оптимальности движения транспортных потоков в АПК Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Инженерно-техническое обеспечение регионального машиноиспользования и сельхозмашиностроения: матер. ГНУ ДальНИИМЭСХ- Благовещенск, 2011. – С 56-61.
- 123 Щитов, С.В. Оптимизация использования автомобильного транспорта в АПК /С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца //ВНИИЭСХ справка о депонировании рукописи №11/19735 22.03.2010
- 124 Щитов, С.В. Оптимизация использования транспортных средств в АПК Амурской области/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки: матер.междунар. науч.-практ. конф. (Махачкала, 25-26 ноября 2010г.)/ДГСХА – Махачкала, 2010. –Ч.2.- С.525-531.
- 125 Щитов, С.В. Оптимизация перевозок сельскохозяйственной продукции автомобильным транспортом / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: матер. 13 междунар. науч.-практ. конф. АГТУ – Барнаул, 2011. – С. 169-175.
- 126 Щитов, С.В. Оптимизация работы автомобильного транспорта с ис-

- пользованием навигационных систем ГЛОНАСС И GPS / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Научное обозрение. – 2011. - №4. – С.89-95.
- 127 Щитов, С.В. Оптимизация расхода топлива в транспортно - технологическом обеспечении производства сельскохозяйственной продукции / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца //Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства: матер. Всероссийской науч.-прак. конф. (Чебоксары, 24-25 ноября 2011г.) / ЧГСХА – Чебоксары, 2011. – С. 95-101.
- 128 Щитов, С.В. Оптимизация транспортных потоков на нерегулируемом перекрестке / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. - №3. – С.101-105.
- 129 Щитов, С.В. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / О.П. Митрохина, С.В. Щитов // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2009. - № 1. - С. 34.
- 130 Щитов, С.В. Повышение эффективности перевозки сельскохозяйственных грузов / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №2. – С.26-28.
- 131 Щитов, С.В. Применение транспортной задачи в определении оптимального использования МТА / О.П. Митрохина, С.В. Щитов; Даль-ГАУ. – Благовещенск, 2008. – 7с.: Деп. в ЦНИиТЭИ РАСХН ВНИИЭСХ 08.09.2008, № 41/19652.
- 132 Щитов, С.В. Пути повышения эффективности использования автомобильного транспорта при выполнении перевозок сельскохозяйственной продукции / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: матер. 2 Всероссийской науч.-прак. конф. (Новокузнецк, 10-11 декабря 2011г.)/ ГУ КузГТУ – Новокузнецк, 2011. – С. 74-79.
- 133 Щитов, С.В. Снижение энергозатрат на транспортных работах за счет

- оптимизации скорости движения// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. - №6. – С.89-86.
- 134 Щитов, С.В. Теоретические предпосылки снижения энергозатрат в технологии транспортировки сельскохозяйственных культур / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы III Междун. науч.-практ. конф.(Ульяновск, 24-25 ноября 2011г.) / УГСХА - Ульяновск, 2011. – С.333-336.
- 135 Щитов, С.В. Экономико-математическая модель повышения эффективности использования энергонасыщенной техники / О.П. Митрохина, С.В. Щитов // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. ДальГАУ – Благовещенск, 2008. – Вып. 15. – С. 42-45.
- 136 Щитов, С.В. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. - №11. – С.101-105.
- 137 Щитов, С.В. Топливо-энергетическая оценка транспортных перевозок в АПК / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Актуальные проблемы науки: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов, 27 сентября 2011 г.) / М-во обр. и науки РФ. - Тамбов, 2011. – С.149-152.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АПК	4
1.1 Роль автомобильного транспорта в транспортно-технологическом обеспечении АПК	4
1.2 Использование автомобильного транспорта в международных и межрегиональных перевозках	24
1.3 Моделирования перевозочного процесса	34
1.4 Экономико-математические модели, используемые для анализа работы автотракторного парка	38
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК	42
2.1 Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур	42
2.2 Повышение эффективности работы подвижного состава за счет оптимизации скорости движения	49
2.2.1 Оптимизация скорости в транспортных процессах	53
2.3 Оптимизация расхода топлива при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов	60
2.4 Оптимизация использования автомобильного транспорта при возделывании сельскохозяйственных культур	65
2.5 Планирование оптимального количества подвижного состава с учетом работы пропускного пункта	69
3 ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	75
3.1 Задачи экспериментальных исследований	75
3.2 Объекты исследований и условия проведения экспериментальных исследований	76

3.3 Средства измерений	83
3.3.1 Контрольные устройства	85
3.3.2 Исполнительные устройства	85
3.3.3 Сети передачи информации, используемые в системе	86
3.3.4 Центральный сервер – спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта	86
3.3.5 Программное обеспечение спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта	88
3.4 Система контроля расхода топлива	89
3.5 Методика проведения хронометражных наблюдений	90
3.6 Методика математической обработки экспериментальных данных	91
3.6.1 Оценка точности измерений	91
3.6.2 Статистическая обработка экспериментальных данных	93
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	96
4.1 Оптимизация транспортно–технологического обеспечения АПК с использованием навигационных систем ГЛОНАСС и GPS	96
4.2 Мониторинг транспортных потоков на нерегулируемом перекрестке	102
4.3 Экспериментальные исследования по загруженности мостового перехода через р.Зея	110
5 РАСЧЕТ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК	119
5.1 Оптимизация энергозатрат по скорости движения	119
5.2 Оптимизация расположения пунктов хранения груза	122
5.3 Оценка энергозатрат через коэффициенты значимости	126
ВЫВОДЫ	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	134

*Щитов Сергей Васильевич,
Кривуца Зоя Федоровна*

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ
В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АПК

Монография

Редактор Н.П. Власевская

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 22.02.2012 г. Формат 60×90/16.
Уч.-изд.л. – 6,8. Усл.-п.л. – 9,5.
Тираж 500 экз. Заказ 31.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

