

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



СТЕПАШКИНА АЛЕНА СЕРГЕЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПЕРЕВОЗОК ЗЕРНА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
к.т.н. Д.С. Рябчиков

Рязань 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Современное состояние вопроса.....	8
1.1 Современное состояние и перспективы производства зерновых культур в Рязанской области.....	8
1.2 Анализ работ по совершенствованию уборочно-транспортных процессов при возделывании зерновых.....	22
1.3 Технологии транспортировки урожая зерна с поля	27
1.4 Выводы по 1 главе	38
2 Глава 2. Теоретические предпосылки к оценке норм топливных расходов грузовых автомобилей	40
2.1 Топливо – существенный фактор, оказывающий влияние на себестоимость производства зерна.....	40
2.2 Нормы топливных расходов автомобилей	45
2.3 Определение величины значения поправочных коэффициентов ...	50
2.4 Выводы по 2 главе	62
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	64
3.1 Решение транспортной задачи перевозки зерна с учетом наименьших топливных затрат	64
3.2 Цифровое решение для расчета топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна.....	68
3.3 Выводы по 3 главе	74
4 Экспериментальные исследования разработанных научных положений	76
4.1 Расчет оптимальной структуры транспортных потоков.....	76
4.2 Транспортировка урожая зерна к месту хранения	82

4.3	Выводы по 4 главе	86
5	Анализ эффективности цифрового решения	87
5.1	Анализ результатов экспериментальных заездов.....	87
5.2	Выводы по 5 главе	89
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	92
	Приложение.....	109

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Возделывание зерна – сложный и трудоемкий процесс. Использование механизированной техники для взращивания зерновых культур значительно упрощает и сокращает физическую нагрузку на работников сельскохозяйственной отрасли, особенно во время уборки урожая. Грамотный подход к проведению уборочной кампании зерна является первостепенной операцией при производстве зерновых культур. Эффективность уборочного процесса в значительной степени определяется уровнем его транспортного обслуживания, а именно эффективностью использования автотранспортных средств.

Высокий уровень сезонности, короткие сроки уборки, неудовлетворительное техническое состояние большинства автотранспортных средств создают проблемы при транспортировке зерна от комбайна на зернохранилище.

Несмотря на достаточное количество работ по этой теме, на данный момент имеются возможности по совершенствованию организации, планирования и управления процессом перевозки.

Степень разработанности темы: Большой вклад в исследование процессов внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции, в том числе и зерна, внесли ученые Л.П. Белю, Н.В. Бышов, С.Н. Борячев, Н.И. Верещагин, П.П. Гамаюнов, А.А. Голиков, О.Н. Дидманидзе, А.С. Дорохов, М.Н. Ерохин, В.Н. Зернов, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, А.Г. Пономарев, С.Н. Петухов, Д.С. Рябчиков, А.И. Ряднов, А.А. Симдянкин, И.А. Успенский, Ю.Х. Шогенов, В.А. Эвиев, И.А. Юхин и другие.

Цель исследования. Совершенствование внутрихозяйственных перевозок зерна определением оптимального маршрута движения транспортных средств.

Для достижения указанной цели в работе были поставлены следующие **задачи:**

- выполнить анализ работ по исследованию внутрихозяйственных перевозок зерна;
- определить значимые факторы, оказывающие влияние на стоимость внутрихозяйственных перевозок зерна;
- определить наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на объем потребления топлива автомобилем при выполнении внутрихозяйственных перевозок зерна;
- в результате испытательных заездов определить уровень влияния значимых факторов на объем топливных затрат;
- разработать цифровое решение в виде программы для ЭВМ, позволяющее определить оптимальный маршрут внутрихозяйственных перевозок зерна;
- провести экспериментальные исследования и определить экономический эффект.

Объект исследования – внутрихозяйственные перевозки зерна.

Предмет исследований – теоретические модели и практические подходы к совершенствованию внутрихозяйственных перевозок зерна.

Научную новизну составляют:

- теоретико-прикладные подходы к совершенствованию внутрихозяйственных перевозок зерна;
- экономико-математическая модель определения оптимального маршрута внутрихозяйственных перевозок зерна;
- аналитические зависимости, описывающие взаимосвязь критериев определения оптимального маршрута движения транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках зерна и эксплуатационных норм потребления топлива автомобилем.

Теоретическую и практическую значимости работы составляют:

1. Теоретически обоснованные и экспериментально уточненные критерии определения оптимального маршрута движения транспортных средств при перевозках зерна;

2. Результаты испытательных заездов по определению влияния отдельных факторов на потребление топлива автомобилем;

3. Цифровое решение в виде компьютерной программы для расчета эксплуатационных норм потребления топлива автомобилем;

4. Результаты оценки экономического эффекта от применения цифрового решения.

Реализация результатов исследования. Результаты исследований внедрены в производственную деятельность ООО «Силумин» при оказании транспортных услуг сельскохозяйственным предприятиям (приложение А).

Методологической основой диссертационного исследования были научные труды российских и зарубежных ученых по совершенствованию внутрихозяйственных перевозок зерна.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретико-прикладные подходы совершенствования внутрихозяйственных перевозок зерна, учитывающие определение оптимального маршрута движения транспортного средства при наименьших топливных затратах;

- научно-обоснованные положения и цифровое решение в виде компьютерной программы для определения значения эксплуатационных норм потребления топлива автомобилями при выполнении внутрихозяйственных перевозок зерна;

- результаты экспериментальных исследований по определению оптимального маршрута перевозки зерна при наименьших топливных затратах;

- экономическая оценка результатов экспериментальных исследований.

Достоверность результатов, полученных в ходе исследований, подтверждается использованием научно-обоснованного подхода; полученным достаточным объемом практических данных и их статистической обработкой.

Личный вклад автора заключается в формировании цели и задач диссертации, их решении, разработке теоретико-прикладных положений элементов научной новизны диссертации, экономико-математической модели.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО РГАТУ (2019-2022 гг.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе две – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, одна – в издании, индексируемом в Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 113 наименований, в том числе 10 на иностранных языках, изложена на 110 страницах, включает 29 рисунков и 20 таблиц.

1 Современное состояние вопроса

1.1 Современное состояние и перспективы производства зерновых культур в Рязанской области

Рязанская область – один из лидеров среди аграрных регионов страны. Согласно данным Росстата за 2020 год (таблица 1.1.) по валовым сборам урожая зерновых культур Рязанская область входит в двадцать крупнейших регионов страны, занимая девятнадцатое место. Посевные площади сельскохозяйственных культур в Рязанском регионе ежегодно увеличиваются. По состоянию на 2019 год сельскохозяйственными культурами занято 970,8 тыс. га. Динамика роста посевных площадей в Рязанской области представлена на рисунке 1.1. Вместе с ростом посевных площадей сельскохозяйственных культур ежегодно увеличиваются показатели посевных площадей зерновых культур в регионе (рисунок 1.2) [102].

Таблица 1.1 – Валовые сборы зерна в регионах РФ

№ п.п.	Регион РФ	Валовые сборы зерна в 2020 г., тыс. тонн	Прирост в % к 2019 г.
1	2	3	4
1	Ростовская область	12462,5	103
2	Краснодарский край	12105	87,2
3	Воронежская область	6167,1	119,1
4	Ставропольский край	5790,2	68,9
5	Курская область	5761,3	115,8
6	Саратовская область	5299,2	166,5
7	Республика Татарстан	5200,8	124,8
8	Волгоградская область	5110,8	113,7
9	Тамбовская область	4882,7	143,1

1	2	3	4
10	Липецкая область	4277,4	127,9
11	Орловская область	4267,7	116,2
12	Алтайский край	3948,7	86
13	Белгородская область	3903,5	112,4
14	Республика Башкортостан	3839,2	118,3
15	Оренбургская область	3582	168,6
16	Пензенская область	3216,3	173,2
17	Омская область	3031	99,3
18	Самарская область	2908,4	153,7
19	Рязанская область	2785,3	136
20	Красноярский край	2668,3	122,3



Рисунок 1.1 – Посевные площади сельскохозяйственных культур (тысяча гектаров, значение показателя за год)



Рисунок 1.2 – Посевные площади зерновых культур (тысяча гектаров, значение показателя за год)

Основа сельскохозяйственного производства не только в Рязанской области, но и, в целом, в России – растениеводство. Согласно отчету Министерства сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области за 2020 год, валовый сбор зерна составил рекордные 2950,3 тыс. т. (рисунок 1.3)

Производство продукции сельского хозяйства в Рязанской области в действующих ценах в 2020 году составило 77 млрд. рублей, увеличив предыдущий показатель на 11,4 млрд. рублей [102]. Индекс производства растениеводческой продукции в 2020 году составил 121,0%. Показатели валового сбора зерна превысили 2 950 тыс. тонн (+34,6% к 2019 году). Как уже отмечалось выше, растениеводство в регионе в большей степени опирается на возделывание зерновых культур, так в структуре посевных площадей в регионе в 2020 году на яровую и озимую пшеницу пришлось 38,3% общего размера посевных площадей, на озимый и яровой ячмень – 17,7%, кукуруза на зерно – 2,1%, овес – 1,5%, на озимую и яровую рожь – 0,6% [102].

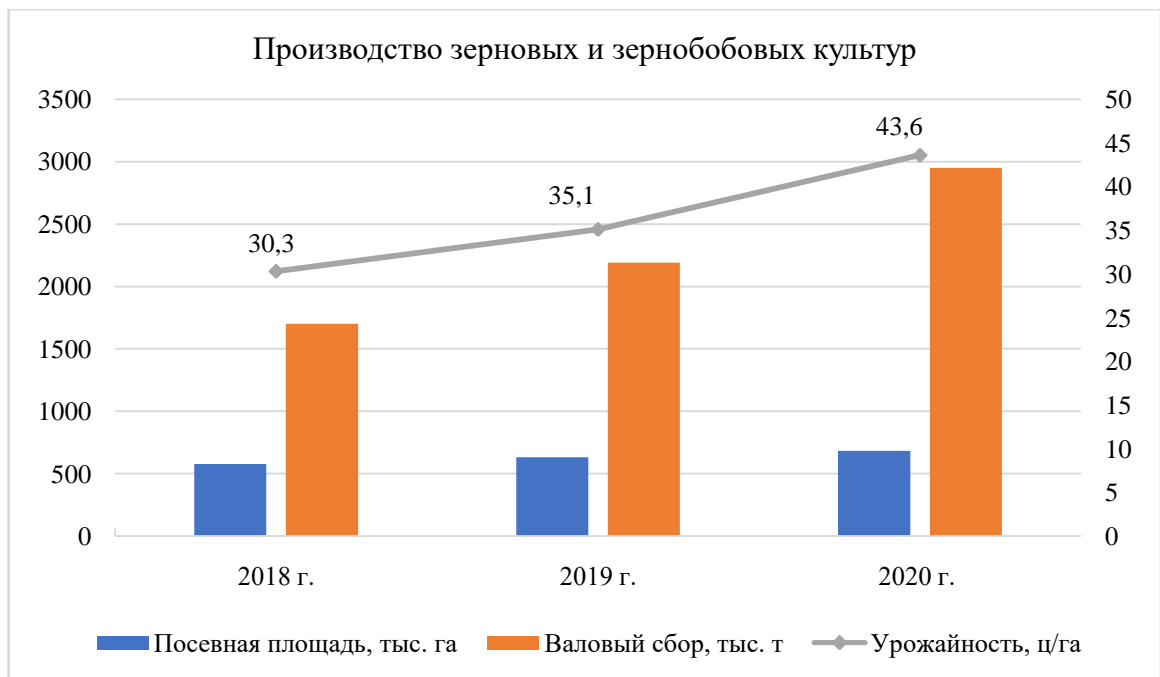


Рисунок 1.3 – Производство зерновых и зернобобовых культур в Рязанской области в 2018-2020 гг.

По состоянию на 2019 год лидерами по объемам валового сбора зерновых и зернобобовых культур являются Сараевский, Милославский, Михайловский, Скопинский и Рязжский районы Рязанской области. Объем валового сбора зерновых этих районов составляет 40% от общего объема валового сбора на территории региона. Однако, лидером по урожайности зерновых и зернобобовых культур среди районов региона является Александро-Невский район с показателем 51,7 ц/га. Второе место занимает Рязжский район – 42 ц/га, третье – Сапожковский – 40,7 ц/га (таблица 1.2) [102].

Если рассматривать количественную структуру посевов, то можно заметить, что в 2010 году наибольшее предпочтение отдавалось озимым зерновым культурам. В 2010 году посевная площадь озимых зерновых культур составила 299,8 тыс. га (60% от общей площади посевов зерновых и 40% от общей посевной площади). Стоит отметить, что свыше 75% посевных площадей приходилось на озимую пшеницу (286 тыс. га). В тоже время под яровые зерновые и зернобобовые культуры отводилось 40% от общей площади посевов зерновых (201,5 тыс. га) и 26,3% общей посевной площади региона. В 2020 году наибольшее предпочтение уже отдавалось яровым зерновым и зернобобовым

культурам. На посевы яровых приходилось более 52% (357,2 тыс. га) всех посевов зерновых культур и 35% общей площади посевов. Причем свыше 52% посевных площадей занято ячменем (таблица 1.3 и рисунок 1.4) [102].

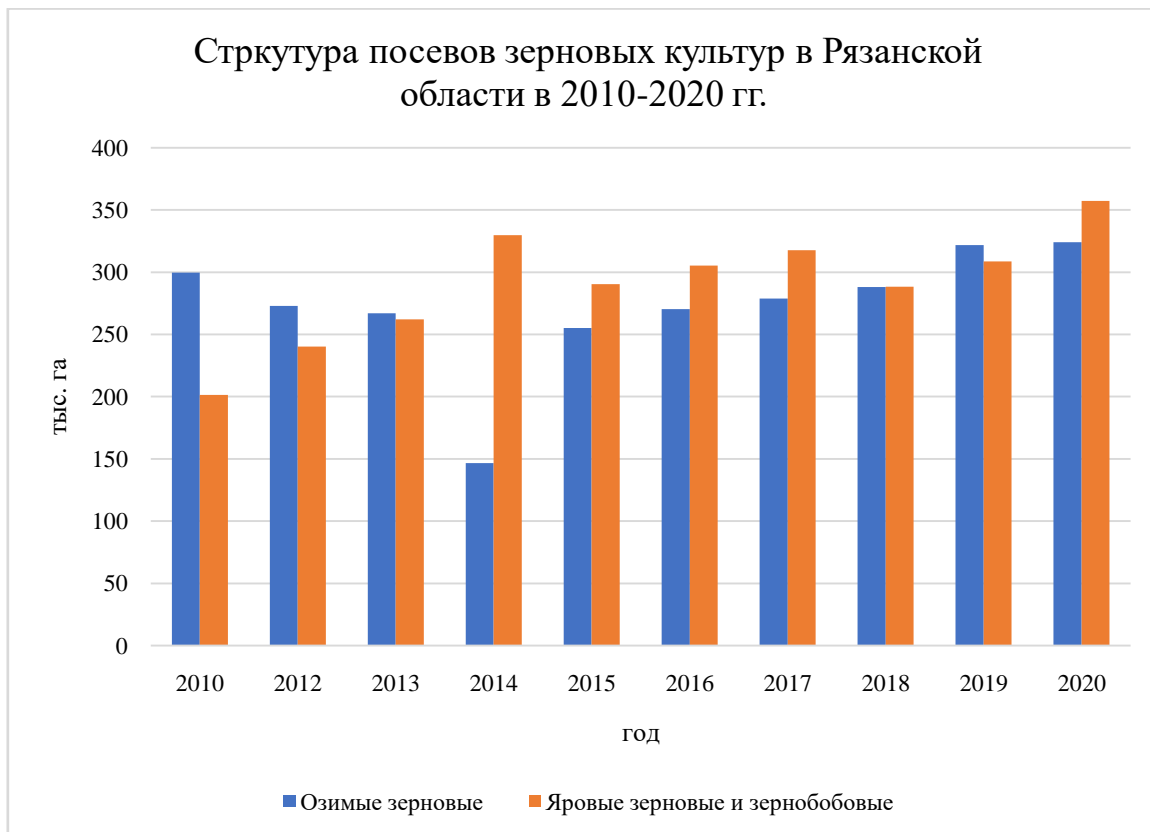


Рисунок 1.4 – Структура посевов зерновых культур в Рязанской области в 2010 – 2020 гг.

На объемы валового сбора и на качество получаемого зерна оказывает влияние ряд факторов, среди которых:

- Технология производства;
- Погодные условия;
- Окультуренность почв;
- Удобрения;
- Качество семян;
- Объемы урожая;
- Очистка и сушка.

Так, самая низкая урожайность в период 2010-2020 гг. отмечена в засушливом 2010 году, а в 2020 году за счет благоприятной погоды, достаточного количества удобрений и качественного посевного материала получены рекордные показатели урожайности зерновых (таблица 1.4) [102].

Таблица 1.2 – Рейтинг муниципальных районов Рязанской области по объемам производства и урожайности зерновых и зернобобовых культур в 2019 году

№ п/п	Наименование района	Валовый сбор (первоначально-оприходованный вес)		Урожайность	
		тонн	место	ц/га	место
1	2	3	4	5	6
1	Сараевский	253247	1	35,9	9
2	Милославский	205058	2	40,1	5
3	Михайловский	151604	3	27,7	20
4	Скопинский	144110	4	35,6	10
5	Ряжский	134027	5	42,0	2
6	Александро-Невский	126988	6	51,7	1
7	Старожиловский	120857	7	35,2	11
8	Шацкий	109622	8	34,2	14
9	Ухоловский	109284	9	31,7	16
10	Кораблинский	102772	10	39,6	6
11	Сасовский	102617	11	38,5	7
12	Захаровский	100033	12	29,1	19
13	Рязанский	91486	13	34,6	12

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6
14	Сапожковский	84028	14	40,7	3
15	Пронский	82583	15	30,6	18
16	Чучковский	56701	16	37,7	8
17	Рыбновский	55752	17	26,5	21
18	Путятинский	45234	18	33,8	15
19	Спасский	44729	19	34,5	13
20	Касимовский	28000	20	31,2	17
21	Ермишинский	16169	21	23,4	23
22	Шиловский	11153	22	21,3	24
23	Пителинский	7914	23	40,6	4
24	Кадомский	4879	24	18,3	25
25	Клепиковский	2550	25	25,9	22

Таблица 1.3 - Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий Рязанской области (тыс. га)

Вид сельскохозяйственной культуры	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вся посевная площадь	767,7	815,3	841,3	809,5	855,6	871,5	908	904,7	970,8	1020,4
Зерновые и зернобобовые культуры	501,3	513,3	529	476,4	545,4	575,7	596,6	576,6	630,5	681,3
в том числе: озимые зерновые культуры	299,8	273	267	146,6	255,1	270,4	278,9	288,2	321,9	324,1
из них: пшеница	286	259,5	252,6	139,9	246,2	263,1	269,7	279,7	314,6	312,7
рожь	11	12,1	12,5	5,9	8,2	6,1	7,4	6,6	5,9	8,6
ячмень	0,1	-	-	-	-	0	0	0	0,1	0,7
тритикале	2,7	1,4	1,9	0,8	0,7	1,2	1,8	1,9	1,3	2,1
яровые зерновые и зернобобовые культуры	201,5	240,3	262	329,8	290,3	305,3	317,7	288,4	308,6	357,2
из них: пшеница	39	14,5	8,5	32,3	42,2	39,8	51,1	51,6	57,5	81,8
ячмень	130,4	169,7	191,1	216,9	167,7	165	153,9	157,6	172,1	186
овес	19,9	25,6	21,7	22,9	19,7	16,5	16,4	15,5	14,4	17,2
кукуруза на зерно	2	8,7	12,7	22,6	24,7	23,8	22,1	12,8	20,8	28,9

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
посо	0,2	0,4	0,1	0,1	0	0	0,1	-	0	0,1
гречиха	2,7	5,2	2	3,1	1	2,2	7	3,9	1,2	4,2
зернобобовые культуры	7,3	16,2	25,9	31,9	35	58	67,1	47	42,6	39

Таблица 1.4 – Валовой сбор и урожайность отдельных видов зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий (в весе после доработки)

	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Валовой сбор, тыс. т										
Пшеница озимая и яровая	425,9	505,8	757,7	536,6	850,7	977,0	1291,0	1016,5	1229,0	1776,2
Рожь озимая и яровая	12,8	20,7	25,6	12,5	16,6	14,2	19,5	18,0	15,1	31,2
Ячмень озимый и яровой	178,7	401,9	341,2	639,5	468,8	295,4	471,3	404,1	541,4	645,0
Тритикале	2,5	2,6	2,4	3,5	2,2	3,3	5,6	5,8	3,7	8,5
Кукуруза на зерно	1,9	37,5	59,4	94,4	142,8	134,2	77,6	55,6	137,8	168,0
Овес	24,4	51,7	30,8	7	45,5	24,1	42,2	31,0	31,7	45,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Просо	0,1	0,7	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	-	0,0	0,1
Гречиха	0,2	2,6	1,3	1,8	1,4	1,9	4,8	1,7	1,3	4,0
Зернобобовые культуры	8,6	35,6	36,1	51,9	95,2	104,7	171,3	76,4	87,6	115,2
Урожайность, центнеров с 1 га убранной площади										
Пшеница озимая	15,9	18,9	30,3	30,8	29,0	34,0	41,7	31,8	32,4	45,1
Пшеница яровая	14,6	22,7	22,4	33,6	35,3	26,6	36,6	27,1	37,8	45,0
Рожь озимая	13,3	17,5	22,3	21,4	21,5	24,2	26,4	27,1	25,6	36,1
Ячмень озимый	-	-	-	-	-	-	25,5	24,5	28,4	34,7
Ячмень яровой	16,0	24,1	20,5	29,8	28,2	21,3	31,2	26,3	31,7	35,0
Тритикале	12,4	17,6	21,3	41,9	31,6	27,5	31,8	30,1	27,9	40,0
Кукуруза на зерно	18,7	44,5	48,8	43,3	61,1	59,5	48,6	43,3	66,7	58,7
Овес	14,7	20,9	17,7	25,6	23,3	18,3	25,9	20,9	23,1	26,8
Просо	5,0	19,3	9,5	6,3	20,6	5,6	4,7	-	14,8	18,1
Гречиха	1,8	7,8	8,9	8,9	14,5	9,2	7,9	5,5	12,1	9,6
Зернобобовые культуры	13,5	22,8	16,9	17,6	28,0	20,7	28,4	18,1	21,0	30,4

Важным аспектом рынка производства зерна является поддержка государства. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 утверждена «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». Реализация программы способствует созданию условий для ускоренного роста объемов производства в сельском хозяйстве, развитию сельскохозяйственных территорий, растениеводства и животноводства, цифровизации отраслей агропромышленного комплекса (АПК) [50, 51, 52, 69, 97]. Увеличение сельскохозяйственного производства возможно только при эффективно работающем рынке сельскохозяйственной продукции. В то же время рынок сбыта зерна имеет ряд специфических особенностей, в том числе, сохранность свойств зерна [53, 54]. Способность зерна сохранять свои физические свойства при условии соблюдения технологий хранения дает возможность сельхозпроизводителям реализовывать имеющиеся объемы зерновых со временем. Самыми главными факторами производственного роста являются трудовые ресурсы, эффективные технологии и средства производства [17].

Не секрет, что возделывание зерна является одним из основных производств сельского хозяйства. Возделывание зерна – сложный и трудоемкий процесс. Использование механизированной техники для выращивания зерновых культур значительно упрощает и сокращает физическую нагрузку на работников сельскохозяйственной отрасли, особенно во время уборки урожая. Грамотный подход к проведению уборочной кампании зерна является первостепенной операцией при производстве зерновых культур [73, 74]. Существует ряд факторов, от которых зависят сроки её проведения. К данным факторам относят погодные условия, характер почвогрунтов и биологические свойства сельскохозяйственной культуры. Во избежание потерь зерна и получения урожая хорошего качества важно организовать процесс сбора урожая своевременно и с соблюдением агросроков [91, 92]. В случае несвоевременной уборки не избежать значительных потерь зерна.

Однако, несмотря на возрастающие показатели урожайности, парк зерноуборочных комбайнов сельхозпредприятий Рязанской области растет гораздо меньшими темпами. С 2010 года до 2015 количество зерноуборочных комбайнов ежегодно снижалось. После 2015 года наметилась положительная динамика в оснащении сельскохозяйственных предприятий региона сельскохозяйственной техникой (таблица 1.5). Из-за несоответствия наличия техники потребностям сельскохозяйственных предприятий увеличивается средняя нагрузка на один комбайн, и, соответственно увеличиваются сроки уборки и потери зерна.

Таблица 1.5 – Оснащенность зерноуборочными комбайнами сельскохозяйственных предприятий Рязанской области (единиц)

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Количество	1111	1055	1041	1031	1042	957	945	875	939	973	997

По данным Рязаньстата в 2020 году в сравнении с 2010 годом количество зерноуборочных комбайнов в регионе уменьшилось на 10,1%, однако, площадь уборки, приходящаяся на один комбайн, возросла на 65% с 319 до 485 га (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Площадь зерновых культур в Рязанской области, приходящихся на один комбайн (га)

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Площадь	319	377	375	387	324	394	416	470	432	458	485

В тоже время современная техника, которую приобретают сельскохозяйственные предприятия региона, имеет более высокую производительность [6, 63]. Подтверждением этого факта являются ежегодно повышающиеся площади посевных площадей, а также рекордные урожаи, т.е.

снижение количества зерноуборочных комбайнов не значительно сказывается на объемах получаемого урожая зерновых [95].

Грамотный подход к организации технологических процессов, а, именно, применение способов расчета объемов перевозки и повышение эффективности эксплуатации автотранспорта, позволяет решить проблему обеспечения сохранности полученного урожая [18, 19, 20]. Поэтому рациональный подход к организации послеуборочной обработки зерна должен рассматриваться в совокупности с процессом уборки и транспортировки полученного урожая [22].

По сравнению с развитыми европейскими странами в России подход к послеуборочной обработке зерна иной. По большей мере производство зерна в России заканчивается его уборкой в зернохранилище, в то время как в европейских странах на базе сельскохозяйственных предприятий организуют непосредственную обработку зерна в хозяйствах. Возможности современных зерноуборочных комбайнов и темпы уборки превышают возможности обработки получаемого урожая в 2-3 раза. В России с середины 90-х годов прошлого века прекращен выпуск крупносерийных партий зерноочистительных комплексов и сушильных аппаратов. У тех предприятий, которые имеют на балансе технику для послеуборочной обработки зерна, срок службы таковой техники превышает нормативный в 3-4 раза.

В предприятиях не только региона, но и страны существует необходимость в развитии глубокой переработки зерна. Развитие глубокой переработки зерна позволит повысить количество экспортируемого зерна, и увеличить объемы зерна, оставляемого в стране, тем самым обеспечивая продовольственную безопасность.

В настоящее время в хозяйствах страны в основном применяют периодическую технологию обработки зерна с применением передвижных агрегатов. Как пример поточная обработка зерна выполняется на комплексах типа ЗАВ и агрегатах КЗС, которые более 20 лет назад были сняты с производства. Т.е. агрегаты, используемые предприятиями, давно превысили свой нормативный срок службы.

Возвращаясь к процессу уборки зерна, следует отметить, что оснащение современной зерноуборочной техникой выше в интегрированных структурах по сравнению с малыми и средними предприятиями. Для возможности производства зерна в больших масштабах требуется: высококлассное техническое обеспечение предприятий, высокий уровень взаимодействия зерноуборочных комбайнов и автотранспортных средств, наличие соответствующего послеуборочного оборудования, качественного посевного материала, а также точного подхода к организации всех операций. Для тех хозяйств, которые обладают вышеперечисленными качествами, наиболее важен показатель эффективности работ по уборке, транспортировке и хранению получаемого урожая.

Для его учета важно знать технико-эксплуатационные показатели зерноуборочных комбайнов и автотранспортных средств, задействованных в перевозке, с учетом прогнозных показателей урожайности зерновых культур, посевной площади, рельефа местности, а также удаленности тока от места сбора урожая. Наличие данных показателей позволит эффективно организовать работу уборочно-транспортного комплекса предприятия [99].

К основным технологическим особенностям уборки зерновых относят совокупность работ по уборке, транспортировке и послеуборочной обработке зерна.

Чаще всего уборку зерновых проводят по одному, максимум двум технологическим вариантам. Так как применение двух и более вариантов технологий снижает общий темп уборки зерновых. Применение одного технологического варианта позволяет оперативно воздействовать на весь процесс уборочной кампании за счет минимизации простоев техники и простоты координации.

Основными техническими особенностями производства зерновых являются:

- Структура парка зерноуборочных комбайнов;
- Применение транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок, соответствующих конкретным потребностям [7, 14, 15];
- Организация приема зерна, послеуборочная обработка и хранение.

Важно отметить, что все вышеперечисленное должно работать в эффективном взаимодействии для избежания простоя транспортных средств во время погрузки/разгрузки, что приводит к увеличению сроков уборки и потере урожая.

Основными организационными особенностями производства являются:

- Оперативная передача информации о работе каждого зерноуборочного комбайна;
- Создание комфортных условий для работы с премированием за эффективную работу;
- Максимально быстрое принятие решений и доведение его до исполнителей.

Использование вышеперечисленных особенностей при производстве зерна в совокупности с научно-методическими положениями, эффективным техническим и технологическим совершенствованием уборочной кампании позволит получить высокие урожаи, значительно снизить потери зерна, снизить себестоимость работ.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что основополагающей функцией оптимизации и совершенствования процесса производства зерна является определение оптимального состава транспортных средств, маршрутов движения транспорта исходя из расположения пунктов приема зерна и территории возделывания [66, 94].

1.2 Анализ работ по совершенствованию уборочно-транспортных процессов при возделывании зерновых

Впервые вопросы оптимизации и совершенствования уборочно-транспортных процессов в своих работах проанализировал Завалишин Ф.С.

Основным принципом построения правильной логистики в производственных процессах сельскохозяйственных культур Ф.С. Завалишин видел слаженную поточную работу машинно-транспортных средств.

Согласованность действий, непрерывная работа агрегатов и механизмов, ритмичность, на всех этапах уборочного процесса с минимальными простоями есть основа оптимального построения производственного процесса.

В своих работах Ф.С. Завалишин обосновал, что ритмичность технологических процессов при построении потоковой работы машин возможно достичь только при стабильных затратах времени на выполнение производственных операций. В тоже время, в реальных условиях труда в сельскохозяйственной отрасли, добиться подобных показателей практически невозможно ввиду наличия большого количества побочных факторов, таких как выход из строя рабочих органов зерноуборочного комбайна по причине загрязнения, изменение почвенного фона, и, как следствие, неравномерность прорастания культур даже в пределах одного поля, изменение рельефа местности и т.д. Все вышеперечисленные факторы вносят изменения во время выполнения операций, тем самым приводя к нарушению потоковой работы зерноуборочных комбайнов и машин, задействованных в перевозке зерна. В своих работах Ф.С. Завалишин приходит к выводу, что нет возможности избежать взаимообусловленных простоев зерноуборочных комбайнов и транспортных средств даже при равномерной производительности, поскольку в расчет необходимо принимать время наполнения каждого отдельного бункера зерноуборочного комбайна.

В последствие были предложены методы совершенствования уборочно-транспортного процесса за счет оптимального распределения производственных процессов, основанных на математических моделях с различными критериями оптимальности. Свои работы в данной области опубликовали Е.М. Багир-Заде, Г.И. Барабаш, А.И. Бурьянов, А.Х. Гохтель.

Взяв за основу математический аппарат в совокупности со случайным протеканием технологических процессов Н.В. Евтюшенков, Л.С. Бакулев и др. в своих работах для решения задач предложили использовать элементы теории массового обслуживания.

Однако, применение теории массового обслуживания возможно только для самых простых, относительно стабильных, уборочно-транспортных процессов.

Теория систем массового обслуживания нашла отражение в работах В.С. Муктарова и В.И. Агаркова. В своих работах, проводя анализ процессов уборки зерна с использованием компенсаторов, научные деятели основывались на положениях теории массового обслуживания, предлагая считать совместную работу зерноуборочных комбайнов и автотранспортных средств единым механизмом, однако, согласно положениям работ, в случае выхода из строя одного из механизмов зависимой цепочки (зерноуборочный комбайн или транспортное средство), весь механизм признавался недееспособным.

В своих работах М.М. Ковалев и Г.А. Хайлис под критерием оптимальности рассмотрели минимизацию затрат на уборку и транспортировку зерна с учетом потерь в виде:

$$C_э = C_y + C_{\Pi} + C_T + C_B \rightarrow \min , \quad (1.1)$$

где C_y – затраты на операции по уборке зерна; C_{Π} – денежные затраты от потерь зерна за комбайном; C_T – затраты на операции по транспортировке зерна; C_B – потери зерна в денежном эквиваленте от несвоевременной уборки.

Работа Табашникова А. Т. основана на вероятностном характере изменении расстояний перевозки, урожайности зерновых и описывает общие методы оптимизации транспортно-логистического обслуживания.

В работе А. И. Головашкин под критерием оптимальности понимает минимум от приведенных затрат. Формула критериев оптимальности выглядит следующим образом:

$$C_{\Pi} = f(\Phi_B, P_K, P_{TC}) \rightarrow \min , \quad (1.2)$$

где Φ_B – внешние воздействующие факторы; P_K – зерноуборочные комбайны, P_{TC} – автотранспортные средства.

В своей работе В.Д. Игнатов для решения проблемы повышения эффективности уборочно-транспортных процессов предложил использовать многоуровневый системный подход.

Изучая работы последних десяти лет в области оптимизации процессов уборки зерновых культур следует отметить работы А.С. Чулкова, К.С. Есина.

В своей работе А.С. Чулков для решения проблемы рационального использования автотранспортного парка, увеличения производительности и снижения потерь зерна предлагает использовать перевалочные технологии на основе мобильных средств со сменными кузовами [79, 80]. В качестве критерия оптимальности предлагается принимать эксплуатационные издержки.

В работе К.С. Есин для повышения эффективности технологических процессов при транспортировке зерна предлагает основываться на оптимизации количественного состава, грузоподъемности и вредного экологического воздействия транспортных средств на экологию [89]. В основе критерия оптимальности предложенной модели лежит минимизация затрат от уборки, перевозки и потерь зерна от несвоевременной уборки.

Выше приведены работы в области организации транспортно-уборочного процесса. Даже рассмотрев не так много работ в этой области, можно сделать вывод, что к настоящему времени данной теме уделено достаточно внимания, однако, это не значит, что не существует предпосылок к повышению эффективности организации транспортно-уборочного процесса [90].

В современных условиях использование высокопроизводительной техники и новых алгоритмов обработки информации в значительной доле расширило возможности моделирования рабочих процессов, в том числе и в сельском хозяйстве [81].

Использование цифровизации позволяет на основе статистических данных смоделировать ситуацию с отсутствием издержек или с их минимальным значением. Так, имея информацию о производственных условиях, технических характеристиках объекта исследования, последовательности действий, можно математически смоделировать прохождение процесса с помощью математических подходов с возможностью реализации на ЭВМ.

Применение методов математического моделирования позволяет решать достаточно сложные задачи. На прохождение процесса оказывает влияние

достаточно много факторов, как статических, так и дискретных. С помощью случайных чисел, генерируемых ЭВМ при моделировании, можно симитировать вероятностную природу факторов протекания процесса при достаточно высокой достоверности.

Организовав процесс моделирования таким образом, чтобы он был максимально приближен к реальным условиям можно получить данные, максимально приближенные к реальным.

Основная идея совершенствования перевозок зерна заключается в минимизации взаимных простоев зерноуборочных комбайнов и транспортных средств, на которых осуществляется транспортировка урожая к месту хранения.

Анализируя опыт проведения зерноуборочной кампании за рубежом, можно отметить ряд организационных моментов, не используемых в России. За рубежом для минимизации простоев часто используют бункеры-накопители, а также применяется групповая работа зерноуборочных комбайнов с оптимальным расстоянием использования транспортных средств, задействованных в перевозке [82].

Принято считать, что лучше всех процесс уборки зерна организован в Англии, Германии, США, Канаде и Франции. При проведении уборочной кампании в США наиболее часто применяют методы раздельного и прямого комбайнирования. Для перевозки урожая зерновых с больших массивов задействуют автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 12 т, а небольшие урожаи зерновых чаще всего вывозят с поля колесными тракторами с самосвальными прицепами.

При проведении зерноуборочных работ в США применяют зерноуборочные комбайны с высокой производительностью. Так как существует разница во времени работ комбайнов и транспорта, для избежания простоев зерноуборочной техники используются промежуточные перегрузчики-накопители [103].

В странах Европы, например в Дании и Швейцарии, в основном используют несколько способов технологической уборки зерновых культур, один из них – прямое комбайнирование – чаще всего применяется в России. Второй способ

уборки зерновых культур совсем не характерен для сельского хозяйства России – отдельная уборка сноповязками с последующим обмолотом на стационарном оборудовании.

Один из наиболее частых подходов к прогнозированию проведения уборочно-транспортных процессов – метод статистического моделирования, но данный метод имеет свои недостатки, среди которых трудоемкость, громоздкость, длительное время расчетов, трудности поиска оптимального решения. Ряд сложностей в расчетах возникает из-за особенностей производства в сельском хозяйстве. Из-за короткого промежутка времени, в котором действуют производственные линии при транспортировке зерна, необходимо выполнение расчетов по каждому отдельно взятому полю. Проведение таких расчетов достаточно трудно и финансово затратно. К тому же получение дробных значений при расчетах с учетом округления до целых единиц не позволяет получить максимально точные результаты.

1.3 Технологии транспортировки урожая зерна с поля

Как уже отмечалось выше, в разделе 1.1, в 2020 году в Рязанской области собрано 2 950 тыс. тонн зерна. Весь полученный объем зерна необходимо было перевести с поля на зернотоки, склады, элеваторы и зерноперерабатывающие предприятия.

Одно из основных требований к уборке зерновых культур – своевременность, т.к. только проведение уборочных процессов в оптимальные сроки позволяет получить максимальный урожай с минимальными потерями [83, 84].

Уборка и послеуборочная обработка являются завершающими операциями по возделыванию зерна, но самыми энерго- и экономически затратными. По оценкам разных экспертов, затраты на организацию транспортных процессов при уборке зерновых культур могут варьироваться от 30 до 50% всех затрат на возделывание. Основную часть затрат вносит выбор способа транспортировки

урожая зерна с поля [86, 87]. Поэтому тема по поиску новых технологий уборки или совершенствования существующих технологий остается актуальной уже на протяжении долгих лет.

Условно все технологии транспортировки зернопродукции с поля можно разделить на два вида: бесперевалочная технология и перевалочная технология. Особенность бесперевалочной технологии заключается в том, что транспортировка собранного зерна осуществляется одним единственным транспортом с момента загрузки автомобиля от зерноуборочного комбайна до момента разгрузки на току (элеваторе или ином месте выгрузки) без перегрузки зерна на другие машины. Перевалочная технология подразумевает под собой последовательную перевозку зернопродукции несколькими транспортными средствами с применением компенсаторов-накопителей или через перевалочный задел.

Выполнение перевозки зерна с поля до места разгрузки (первичной обработки) возможно выполнить с применением следующих способов транспортировки:

- Прямые автомобильные или тракторные перевозки;
- Прямые автомобильные перевозки с прокладкой разгрузочных магистралей;
- Перевозка зерна с применением компенсаторов-накопителей;
- Контейнерные перевозки зерна;
- Комбитрейлерные перевозки.

Схема бесперевалочной технологии подразумевает прямые автомобильные или тракторные перевозки от зерноуборочного комбайна до места хранения или первичной обработки зерна. Т.е. схема перевозки при прямых автомобильных или тракторных перевозках к местам первичной обработки выглядит следующим образом: комбайн → автомобиль (трактор) → ток (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Технология уборки урожая: прямые автомобильные или тракторные перевозки

Прямые автомобильные (тракторные) перевозки с экономической точки зрения более выгодны, т.к. не включают в себя дополнительные работы по выполнению разгрузочно-погрузочных работ. Тем самым исключаются дополнительные трудовые и материальные затраты на возделывание зерновых культур, что в свою очередь сказывается на цене конечного продукта. Т.е. исключение дополнительных работ при уборке позволяет снизить себестоимость зерна и трудоёмкость производства.

Применение смешанного вида перевозки подразумевает под собой включение дополнительных технологических элементов с выполнением разгрузочно-погрузочных работ. Такими элементами выступают контейнеры или компенсаторы-накопители. Чаще всего смешанные перевозки осуществляются несколькими видами транспорта, в преимуществе автомобильными и тракторными.

Использование современной техники с большим кузовом позволяет уменьшить количество итераций комбайн→автомобиль→ток, так как кузов одного автомобиля может вместить в себя сразу несколько бункеров намолоченного зерна. Конечно, так же стоит обратить внимание на максимальную грузоподъемность транспортного средства, задействованного в перевозке зерна, так как перегруз негативно сказывается на рабочих механизмах транспорта. К тому же использование тяжеловесных машин негативно влияет на свойства и состояние почвы, вызывая ее чрезмерное уплотнение и ускоренное развитие эрозийных процессов. Уплотнение почвы вызывает ее крошение, образование

глыб, что в свою очередь приводит к неравномерному заделыванию семян, а значит снижению всхожести и, соответственно, к более скудному урожаю.

Грамотное планирование при подготовке к уборочной кампании позволяет более точно определить потребности в объемах и структуре автомобильного парка [27], необходимого для транспортировки полученного урожая.

Во время уборки урожая зерновых ранее часто применялось индивидуальное закрепление грузового автомобиля или пары грузовых автомобилей за комбайном, сейчас же аграрии уходят от такого способа организации уборочных работ, понимая неэффективность такого способа организации. Так как при таком способе организации уборки возникают взаимные простои. В большинстве случаев объем кузова грузового автомобиля не соответствует объему бункера зерноуборочного комбайна, а даже значительно превышает этот объем, поэтому загрузив один бункер намолоченного комбайном зерна, грузовые автомобили вынуждены простаивать в ожидании набора второго бункера зерна. По различным оценкам, использование индивидуального способа закрепления грузового автомобиля за комбайном, приводит к пустым простоям автомобиля в поля в размере 50...70% от общего время работы. Комбайны же, в свою очередь, набрав очередной бункер зерна, вынуждены простаивать в ожидании приезда автомобиля на поле для погрузки.

Чаще всего в настоящее время при уборке зерновых культур применяют комплексный подход, когда создаются несколько уборочно-транспортных бригад. Такая уборочная бригада состоит из группы комбайнов и нескольких грузовых автомобилей, задействованных для перевозки полученного урожая. Различают несколько видов бригад по количеству комбайнов: малая (2-4 комбайна), средняя (5-10 комбайнов), и большая (свыше 10 комбайнов). Применение такого способа организации уборки позволяет повысить эффективность всего процесса за счет сокращения времени простоев комбайнов и автомобилей, задействованных в уборочном процессе, так как комбайн обслуживается транспортом, который располагается ближе всего к нему [85]. В этом случае комбайну с полным бункером не приходится ожидать закреплённого за ним транспортного средства,

так как есть возможность выгрузить полученный урожай в кузов наиболее близкорасположенного транспортного средства [104]. А автомобили не будут простаивать в ожидании набора комбайном бункера, а загрузятся от первого комбайна с полным бункером.

Однако, стоит отметить, что даже при применении комплексного подхода время ожидания транспортного средства загрузки составляет до 40...65% от всего времени рабочего дня, а время на погрузку составляет 15...20%.

Для наиболее эффективной совместной работы комбайнов и транспортных средств при прямых перевозках прокладывают разгрузочные магистрали – второй, из указанных, способ организации транспортных процессов при уборке зерновых (рисунок 1.6). Прокладка разгрузочных магистралей в основном выполняется на полях с большой длиной гона. Разгрузочная магистраль представляет собой прокос шириной 6-10 метров для возможности проезда транспортных средств.



Рисунок 1.6 – Технология уборки урожая: прямые автомобильные перевозки с прокладкой разгрузочных магистралей

Применение такого способа уборки зерновых культур предполагает согласование в пространстве операций по загрузке и разгрузке транспортных средств. Основные идеи данного метода, следующие:

- сокращение перепробегов транспортных средств по полю;

- устранение очереди на выгрузку;
- повышение темпов уборочных работ;
- уменьшение вредного воздействия на почву за счет сокращения количества проездов.

Результат достигается за счет переориентирования транспортного средства на «свободную» магистраль. Т.е. при возвращении с тока транспортное средство направляется на первую «свободную» магистраль, а комбайн, двигаясь от одной магистрали к другой, наполняет целый бункер зерна. Таким образом достигается исключение простоев комбайна, т.к. на магистрали уже находится транспортное средство, готовое к загрузке.

По различным оценкам, организация уборки зерновых с применением разгрузочных магистралей позволяет сократить пробег одиночных транспортных средств малой грузоподъемности в среднем на 20-40%, а большегрузных транспортных средств или автопоездов на 50-60%, т.к. автомобилям не приходится хаотично перемещаться по полю за комбайнами для загрузки, потому что место выгрузки комбайна заранее определено. Но стоит отметить, что для организации уборки данным способом важно иметь группу комбайнов с одинаковой вместимостью бункера.

Третий способ организации перевозок – перевозки с применением компенсаторов. Как уже отмечалось выше, организация транспортных процессов с прокладкой транспортных магистралей позволяет значительно снизить взаимные простои комбайнов и транспортных средств, но не исключая их совсем. Для организации процесса, когда комбайн выгружается сразу после намолота бункера, а автомобиль загружается сразу по приезду на поле, применяют компенсатор-накопитель [105].

Компенсатор является промежуточным звеном между комбайном и транспортным средством. Таким образом схема перевозки зерна от комбайна до тока строится следующим образом: комбайн→накопитель-компенсатор→автомобиль→ток (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 - Технология уборки урожая: перевозки с применением компенсаторов

Чаще всего в роли компенсатора выступают автомобильные и тракторные прицепы, оборудованные выгрузным устройством [78]. В случае, когда комбайн уже набрал бункер зерна, и на поле отсутствуют автомобили для выгрузки, выгрузка намолоченного зерна осуществляется в накопитель, из которого, в последствии, осуществляется перегрузка в кузов транспортного средства.

По своему назначению компенсаторы различают на стационарные, передвижные и стационарно-передвижные. Стационарные компенсаторы часто располагают на разгрузочных магистралях или на концах загона. Они представляют собой специально обустроенную площадку с брезентовым покрытием, на которую временно выгружают зерно для дальнейшей транспортировки автопоездами до места хранения [106].

Передвижными накопителями часто выступают большегрузные прицепы или бункеры списанных комбайнов, оборудованные колесной парой. Применение передвижных накопителей позволяет более оперативно обслуживать зерноуборочные комбайны, а применение стационарных накопителей показывает наибольшую эффективность именно для транспортных средств [107].

Несмотря на свою эффективность можно выделить ряд существенных недостатков от использования компенсаторов-накопителей, таких как:

- необходимость оборудования площадки для организации стационарного накопителя;
- ограниченный объем стационарного накопителя;
- потребность в специальном оборудовании для комбайнов и автомобилей;
- отсутствие заранее обозначенного места для разгрузки комбайна;

- необходимость движения комбайна с заполненным бункером к накопителю.

Из вышеперечисленного, наиболее существенный недостаток данного способа – необходимость движения комбайна с заполненным бункером к месту разгрузки. В этом случае значительно снижается выработка комбайна, так как 15-20% времени работы комбайна в поле тратится на такие перемещения. К тому же, при таком способе организации работ, нельзя отследить качество и количество выполняемой работы отдельно взятым комбайном.

Четвертый способ организации перевозок зерна – контейнерные перевозки. Основные идеи контейнерного способа перевозки, это: сокращение потребности в упаковочном материале и рабочей силе, механизация погрузочно-разгрузочных работ за счет применения контейнеров, и, соответственно, повышение производительности труда. Контейнер представляет собой элемент технологического процесса при выполнении разгрузочно-погрузочных работ при осуществлении перевозок зерна (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 - Технология уборки урожая: контейнерные перевозки

Использование контейнеров для организации перевозки зерна позволяет осуществлять выгрузку зерна независимо от транспортных средств, сократить простои техники до минимума.

Для уборки зерновых культур в зависимости от используемых транспортных средств применяют три технологии уборки с использованием сменных контейнеров:

5. Выгрузка зерна из комбайна осуществляется непосредственно в кузов автотранспортного средства, а, в случае его отсутствия, выгрузка производится в

контейнер. В момент, когда комбайн выполняет работу происходит перегрузка из контейнера в кузов транспортного средства. Затем полученный урожай транспортным средством доставляется до места хранения или первичной переработки.

6. Комбайн, наполнив бункер зерном подает сигнал, по сигналу комбайна погрузчик с контейнером забирает полученный урожай. В случае нахождения на поле свободного транспортного средства происходит перегрузка зерна из контейнера в кузов автомобиля. Выгрузка осуществляется опрокидыванием контейнера, поднятого над кузовом, с применением кантователя. В случае отсутствия свободного транспортного средства на поле, заполненный контейнер оставляется на поле, либо транспортируется к заранее обозначенному месту перегрузки. Контейнеровозом зацепляется порожний контейнер и процесс повторяется.

7. В заранее расставленные на поле контейнеры комбайны выгружают собранный урожай, затем при появлении на поле свободного транспортного средства погрузчик перегружает зерно из контейнера в кузов транспортного средства, опустошенный контейнер транспортируют к месту предполагаемой выгрузки комбайна. Места выгрузки комбайна рассчитываются заранее, при расчетах учитываются такие факторы как: площадь поля, объем бункера комбайна, урожайность и ряд иных факторов.

Для перевозки зерна оптимальнее всего применять накопители-перегрузжатели на базе контейнеровоза с набором контейнеров жесткого типа. Способ уборки урожая с применением контейнеров наиболее эффективен на полях с низкой несущей способностью почвы.

Во избежание потерь зерна при перегрузке используется транспортировка полученного урожая до тока непосредственно в контейнерах. Однако, в таком случае, себестоимость транспортировки увеличивается ввиду необходимости приобретения накопителя-перегрузжателя, контейнеровозов и контейнеров. Есть еще один неблагоприятный момент такого способа урожая, а именно: ввиду сложной технической конструкции данных средств транспортировка зерна в

сложных условиях может негативно сказываться на основных рабочих механизмах данных средств, что в свою очередь сказывается на эффективности проводимой уборочной кампании.

Пятый способ организации транспортировки полученного урожая зерна – комбитрейлерные перевозки. Схема организации комбитрейлерных перевозок выглядит следующим образом: «Комбайн→оборотные прицепы→автопоезд→ток» (рисунок 1.9). Основное отличие данного способа организации технологического процесса уборки зерновых культур от вышеперечисленных – выгрузка полученного урожая без остановки комбайна. Комбайн, не прекращая движения, разгружает намолоченное зерно из бункера в автомобильные прицепы, буксируемые трактором за комбайном [64]. Загрузив полный объем прицепа, трактор, по полевым дорогам или разгрузочным магистралям, доставляет полученный урожай к заранее обозначенному месту. В последствие, автомобиль-тягач зацепляет прицеп и/или прицепы с загруженным зерном и, в составе автопоезда, доставляет полученный урожай зерна к месту первичной обработки или хранения.

Среди основных преимуществ комбитрейлерных перевозок можно выделить следующие положительные отличия:

- Увеличение производительности комбайнов и автотранспортных средств;
- Уменьшение трудовых затрат;
- Снижение себестоимости перевозок.



Рисунок 1.9 - Технология уборки урожая: комбитрейлерные перевозки

Основной недостаток данного способа организации перевозок зерна – потребность в достаточном количестве автомобильных прицепов.

Среди вышперечисленных способов организации уборки зерновых культур на территории Рязанской области наибольшее распространение получили прямые автомобильные или тракторные перевозки. В большей степени выбор данного способа организации связан с отсутствием на сельскохозяйственных предприятиях региона в достаточном количестве накопителей-компенсаторов, автомобильных прицепов, контейнеров и иной специальной техники.

Как уже отмечалось выше, организация транспортировки полученного урожая зерновых самый трудо- и экономически затратный процесс при возделывании зерновых культур. Экономические затраты на организации транспортировки полученного урожая достигают 30...50% затрат на возделывание, поэтому крайне важно организовать процесс перевозки зерна таким образом, чтобы достичь максимальной эффективности.

Среди основных недостатков автотранспорта, имеющих в сельскохозяйственных предприятиях Рязанской области, можно выделить два основных показателя: неудовлетворительное техническое состояние имеющейся техники и отсутствие техники в необходимых объемах.

С учетом сложившейся экономической ситуацией в стране, крайне важно обеспечить население продовольствием и качественной сельскохозяйственной продукцией. Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента РФ от 21 января 2020 года уровень самообеспечения зерном, должен быть на уровне 95% [36]. Из этого можно сделать вывод, что в ближайшие годы количество посевных площадей в стране и, в том числе в регионе, будет только увеличиваться, а значит повышение эффективности организации таких перевозок выходит на основной план всего технологического процесса возделывания зерновых культур.

1.4 Выводы по 1 главе

1 В первой главе приведены данные по объемам производства зерна на территории Рязанской области в период с 2010 года по 2020 год. Данные по объемам производства позволяют сделать вывод по действующей нагрузке на автомобильный и тракторный транспорт во время уборки урожая зерна. При проведении уборочной кампании транспортные перевозки характеризуются большими объемами перевозок в кратчайшие сроки. Поэтому тема совершенствования хозяйственных перевозок зерна крайне актуальна, так как требуется оптимизировать применяющиеся технологии транспортных процессов для повышения эффективности производства с минимальными вложениями денежных средств.

2 В рамках анализа существующих транспортно-уборочных процессов в России, а также странах Европы и США, можно сделать вывод об отсутствии единого подхода к организации уборочного процесса зерна. Так же нельзя выделить какой-либо из рассмотренных процессов технологии уборки как оптимальный, так как все рассмотренные процессы имеют свои достоинства и недостатки.

3 В рамках первой главы проведен анализ обеспеченности сельскохозяйственных предприятий региона транспортными средствами и зерноуборочными комбайнами. По результатам анализа выявлены следующие недостатки подвижного состава: неудовлетворительное состояние большей доли транспортных средств, недостаточное количество подвижного состава. Из-за отсутствия транспортных средств в необходимых объемах, высока вероятность увеличения времени простоя комбайнов, что, в свою очередь, сказывается на сроках уборки, и, как следствие, на значительных объемах потерь урожая.

4 При анализе используемых технологий перевозки полученного урожая зерна были выделены достоинства и недостатки каждого рассмотренного способа. Из всех рассмотренных способов прямые перевозки зерна являются наименее трудозатратными, так как прямые перевозки исключают выполнение

дополнительных работ по загрузке/разгрузки транспортных средств, а значит снижаются объемы потерь зерна и общая себестоимость затрат на возделывание. Поэтому организация перевозок собранного урожая на территории Рязанской области, характеризуется, в большой степени, именно применением прямых перевозок зерна.

5 Ввиду увеличения ежегодных объемов посевных площадей и полученного урожая, совершенствование и оптимизация существующих подходов к организации уборочных процессов, является актуальной темой исследования.

2 Глава 2. Теоретические предпосылки к оценке норм топливных расходов грузовых автомобилей

2.1 Топливо – существенный фактор, оказывающий влияние на себестоимость производства зерна

Сельскохозяйственное производство невозможно представить без автотранспорта – связующего звена всей технологической цепи производства. Автотранспорт задействован практически во всех технологических операциях сельскохозяйственного производства, начиная от подготовки почвы к посадке, заканчивая перевозкой полученного урожая к местам хранения или переработки. Роль автотранспорта также велика для предприятий, обслуживающих сельскохозяйственное производство.

Немаловажное значение автотранспорт имеет при проведении уборочной кампании. Эффективная эксплуатация транспортных средств, задействованных при проведении уборочной кампании зерновых культур, позволяет сохранить товарный вид и объемы урожая, а также снизить себестоимость всего производства. Как уже отмечалось выше, расходы на организацию транспортных процессов составляют от 30 до 50% всех затрат на возделывание сельскохозяйственных культур. В калькуляцию затрат на организацию транспортных процессов в сельскохозяйственном производстве входят следующие основные статьи расходов [44, 45, 46, 47, 48, 49]:

1. Расходы на поддержание автотранспорта в технически исправном состоянии (диагностика текущего состояния, техническое обслуживание, текущий ремонт [1], капитальный ремонт и др.);
2. Оформление документации на автомобиль, идентифицирующих транспортное средство (СТС, полис ОСАГО, диагностическая карта и др.);
3. Расходы, непосредственно направленные на организацию транспортных процессов (топливо, инструменты, смазочные материалы) [88];

4. Оплата труда работников;
5. Отчисления амортизационного типа;
6. Налоги, сборы и иные отчисления в государственные органы.

Из вышеперечисленных затрат основная статья расхода приходится на топливные затраты, которые составляют 30...40% от общих затрат на организацию транспортных процессов.

Вопрос снижения топливных затрат является крайне актуальным ввиду быстрого роста цен на топливо и ограниченного запаса такого топливно-энергетического ресурса как нефть. К тому же снижение расходов на топливно-энергетические ресурсы позволяет сократить общие расходы на производство [8, 21, 31, 32, 33, 34, 100].

На расход топлива автомобилем влияет множество факторов, рассмотрим более подробно уравнение топливного баланса автомобиля [2, 3] (2.1).

$$Q = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{ск}} + Q_{\text{ас}} + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{п}} \quad (2.1)$$

где Q – суммарное значение расхода топлива на движение; $Q_{\text{дв}}$ – расход топлива на преодоление тепловых механических и насосных потерь в двигателе и привод вспомогательных механизмов; $Q_{\text{ск}}$ – расход топлива на сопротивление качению автомобиля; $Q_{\text{ас}}$ – расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления; $Q_{\text{тр}}$ – расход топлива на потери в трансмиссии; $Q_{\text{п}}$ – расход топлива на преодоление подъемов/уклонов [67, 68].

При движении грузового автомобиля по горизонтальной дороге (без наличия подъёмов и спусков) наибольшая часть топливной энергии расходуется на преодоление механических, насосных и тепловых потерь в двигателе – 58%; на преодоление сопротивления качению расходуется около 18% топливной энергии; на преодоление аэродинамического сопротивления расходуется около 14% топливных затрат автомобиля; и 10% топливных затрат расходуется на преодоление механических потерь в трансмиссии [4].

На потребление топлива автомобилем в реальных условиях эксплуатации оказывает влияние множество факторов, начиная от конструктивных особенностей автомобиля и заканчивая существующими условиями

эксплуатации. Причем эксплуатационный расход топлива может варьироваться для одного и того же автомобиля в зависимости от условий эксплуатации (Рисунок 2.1) [23]. Все факторы, оказывающие влияние на расход топлива, условно можно разделить на две больших категории: управляемые и учитываемые. К управляемым, или как их еще называют, конструктивным факторам, относят факторы, закладываемые при создании автомобиля. К учитываемым факторам относят эксплуатационные особенности окружающей среды, в которых автомобиль выполняет транспортную работу.



Рисунок 2.1 – Классификация факторов расхода топлива автомобиля

Если на учитываемые факторы, оказывающие влияние на расход топлива автомобилем, в большей степени нельзя повлиять, особенно это касается природно-климатических условий (атмосферное давление, скорость и направление ветра, влажность воздуха и температура окружающей среды), то на управляемые факторы можно оказать существенное влияние, тем самым снижая потребление топлива автомобилем [24]. Такие факторы, как условия эксплуатации (рельеф местности, профиль и извилистость дороги, дорожное покрытие) зависят от

наличия альтернативного пути доставки груза. Однако альтернативный путь можем иметь большую протяженность, и топливные затраты автомобиля в этом случае в большей степени тратятся на преодоление пути большего расстояния [37].

Условия эксплуатации играют большую роль при учете эффективности использования автомобильного транспорта. Для автомобильного транспорта, задействованного в обслуживании предприятий аграрно-промышленного комплекса, характерно резкое изменение условий эксплуатации в зависимости от сезонности. В связи со значительными изменениями условий эксплуатации и в зависимости от сезона, существующие методы организации перевозок груза не позволяют в полной мере реализовать потенциальные качества автомобилей. Поэтому крайне важно учитывать приспособленность автомобильного транспорта к условиям эксплуатации для решения задачи эффективной работы транспорта. При определении норм расхода топлива редко учитывается приспособленность грузовых автомобилей к различным условиям эксплуатации, а это, в свою очередь, сказывается на дополнительных транспортных издержках.

Объем топлива, потребляемый автомобилем, зависит от ряда факторов. Взаимосвязь между объемом топлива, потребляемым автомобилем, и факторами, указанными выше, можно представить в виде уравнения (2.2):

$$Q = \frac{100 \times g(N_c + N_{сп} + N_{св} + N_{и})}{v} \times R \quad (2.2)$$

где g – удельный расход топлива двигателем автомобиля (г/кВт.ч.); N_c – мощность, затрачиваемая на сопротивление качению автомобиля, $N_{сп}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление подъемов/уклонов; $N_{св}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление аэродинамического сопротивления; $N_{и}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление инерции, v – скорость автомобиля (км/ч); R – механический КПД трансмиссии автомобиля.

Проведя анализ данного уравнения, можно сделать вывод, что объем потребляемого топлива автомобилем зависит, прежде всего, от автомобильного двигателя и эксплуатационных условий автомобиля [57, 58]. Два важных момента

эксплуатационных условий, от которых зависят затраты мощности двигателя: преодоление сопротивления качению автомобиля и сопротивление движению на преодоление подъемов [35, 59]. Сопротивление качению рассчитывается как произведение массы автомобиля и коэффициента сопротивления качению (интегральный показатель, зависящий от автомобильных шин, нагрузки на колесо и, в целом, дорожного покрытия)(2.3):

$$P = m_a \times f_c \quad (2.3)$$

где m_a – масса автомобиля (кг), f_c – коэффициент сопротивления качению (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Коэффициент сопротивления качению в зависимости от типа покрытия

Опорная поверхность		Коэффициент сопротивления качению
Тип дорожного покрытия	Состояние дорожного покрытия	
Асфальтовая и цементобетонная дорога	хорошее	0,007 ... 0,015
	удовлетворительное	0,015 ... 0,020
Гравийное покрытие	хорошее	0,020 ... 0,025
Булыжное покрытие	хорошее	0,025 ... 0,030
Грунтовая дорога	сухая укатанная	0,025 ... 0,030
	после дождя	0,050 ... 0,150
	в период распутицы	0,100 ... 0,250
Песок	сухой	0,100 ... 0,300
	сырой	0,060 ... 0,150
Суглинистая и глинистая целина	сухая	0,040 ... 0,060
	в пластичном состоянии	0,100 ... 0,200

Из вышеприведенной таблицы видно, что значение коэффициента сопротивления качению даже на сухой грунтовой укатанной дороге значительно больше значения коэффициента для асфальтового или цементобетонного дорожного покрытия.

Второй эксплуатационный момент, от которого зависят мощностные затраты двигателя – сопротивление на преодоление подъемов. При изменении

продольного уклона в сторону пика происходит существенное смещение пика расхода топлива от начальной точки в сторону вершины подъема. Изменение в потреблении топлива автомобилем происходит вследствие динамического преодоления подъёмов транспортным средством. Не стоит забывать, что на значение топливных затрат оказывает влияние не только значение величины уклона, но и совокупность иных условий эксплуатации автомобиля.

2.2 Нормы топливных расходов автомобилей

Нормы расхода топлива ТС зависят от марки, модели и даже модификации транспортных средств, которые выполняют технологические работы по перевозке грузов. Для каждого грузового транспортного средства устанавливаются несколько видов норм потребления топлива:

- Базовая норма потребления топлива на 100 км пробега АТС в снаряженном состоянии (л/100 км);
- Транспортная норма потребления топлива на (л/100 км) при выполнении транспортной работы;
- Эксплуатационная норма потребления топлива (л/100 км) устанавливается по месту эксплуатации транспортного средства, основываясь на показателях базовой и/или транспортной нормы с учетом поправочных коэффициентов (коэффициенты, учитывающие условия эксплуатации транспортного средства);
- Транспортная норма на 100 тонно-километров (л/100 т-км). Транспортная норма на 100 тонно-километров учитывает значение дополнительного расхода топлива на движение автотранспортного средства с грузом, автопоезда с прицепом/полуприцепом с грузом или без груза. Значение поправочного коэффициента в этом случае для автомобилей с дизельным типом двигателя составляет до 1,3 л/100 км пройденного пути. Значение поправочного коэффициента может отличаться для конкретной марки и модели транспортного средства. В этом случае значение коэффициента следует принимать по

специальной программной методике непосредственно для каждой марки, модели и модификации транспортного средства.

Для автомобилей-самосвалов учитывается снаряженная масса и нормируемая загрузка кузова автомобиля с коэффициентом 0,5.

Указанные нормы расхода топлива автомобилем изменяются от ряда факторов, таких как дорожно-транспортные, климатические и иные эксплуатационные факторы. Изменение в расчетах норм необходимо выполнять при помощи поправочных коэффициентов – надбавок. Которые понижают или повышают исходные значения нормы.

Основываясь на методических рекомендациях Министерства транспорта РФ «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [71], в котором представлены базовые, транспортные и эксплуатационные нормы расхода топлива автомобильного транспорта, можно произвести расчет потребления перечисленных выше норм, исходя из характеристик конкретной единицы подвижного состава, а именно конкретной марки, модели и модификации транспортного средства. Однако, не стоит забывать, что важной составляющей, влияющей на потребление топлива автомобилем, являются условия эксплуатации.

Для сельскохозяйственной отрасли наиболее значимы следующие факторы, оказывающие влияние на значение потребления топлива автомобилем:

1. Масса перевозимого груза [96].
2. Срок эксплуатации автомобиля более 8 лет.
3. Эксплуатация автомобиля после проведения капитального ремонта двигателя.
4. Эксплуатация автомобиля в сложных дорожных условиях (в т.ч. движение по пересечённой местности/полю, колеиность, движение по дорогам со сложным планом).

Для перевозки зерна на внутрихозяйственных перевозках чаще всего применяют следующие типы грузовых автомобилей: бортовые грузовые автомобили и автомобили-самосвалы [10, 11, 12, 13]. Для увеличения объемов

перевозимой продукции дополнительно применяются прицепы, которые могут быть использованы как с бортовыми грузовыми автомобилями, так и с автомобилями-самосвалами. Применение дополнительно прицепа для перевозок зерна с поля к месту хранения или первичной обработки увеличивает нормы потребления топлива автомобилем [60].

Согласно рекомендациям [71] для расчета нормативного потребления топлива для бортовых грузовых автомобилей (автопоездов) следует использовать формулу (2.4):

$$Q_n = 0,01 \times (H_{san} \times S + H_w \times W) \times (1 + 0,01 \times D), \quad (2.4)$$

где Q_n – нормативный расход топлива, л;

S – расстояние, пройденное автомобилем/автопоездом, км;

H_{san} – норма потребления топлива на пробег автомобиля (автопоезда) в снаряженном состоянии без груза;

H_w – норма потребления топлива автомобилем для выполнения транспортной работы, л/100 ткм;

W – объем транспортной работы, ткм;

D – значение поправочного коэффициента к норме, %.

Под снаряженной массой грузового автомобиля понимают массу транспортного средства, состоящей из следующих масс: масса 100% масел, масса охлаждающей жидкости и иных жидкостей, масса не менее 90% топлива, масса кузова и кабины, массу сцепного устройства, массу запасного колеса, массу водителя (для расчета принимается масса водителя равная 75 кг), а также массу инструментов (если они установлены или предусмотрены заводом изготовителем) [65].

Норма расхода топлива автомобиля (автопоезда) на пробег автомобиля в снаряженном состоянии без груза вычисляется по следующей формуле (2.5) [71]:

$$H_{san} = H_s + H_g \times G_{np}, \quad (2.5)$$

где H_s – величина базовой нормы расхода топлива на пробег автомобиля (тягача) в снаряженном состоянии;

H_g – норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа (полуприцепа), л/1000ткм;

G_{np} – значение собственной массы прицепа (полуприцепа), т.

В случае, если осуществляется одиночное движение автомобиля или тягача, значение нормы расхода топлива на пробег автомобиля в снаряженном состоянии без груза равно базовой норме расхода топлива автомобиля, л/100 т-км (2.6):

$$H_{san} = H_s. \quad (2.6)$$

Объем транспортной работы, выполняемый автомобилем, вычисляется по следующей формуле (2.7):

$$W = G_{гр} + S_{гр}, \quad (2.7)$$

где $G_{гр}$ – масса груза, т;

$S_{гр}$ – пробег автомобиля с грузом, км.

Базовая норма для грузовых бортовых автомобилей и автопоездов, работающих на дизельном топливе и выполняющих работу в тонно-километрах, дополнительно увеличивается (из расчета в литрах) на каждую тонну груза на 100 км пробега на величину равную до 1,3 л топлива.

Аналогично, при работе грузовых бортовых автомобилей, тягачей с прицепами и седельных тягачей с полуприцепами, работающих на дизельных двигателях, норма расхода топлива на пробег автопоезда увеличивается на каждую тонну собственной массы прицепа/полуприцепа на величину равную до 1,3 л [61, 71].

Для расчета нормативного потребления топлива для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов следует применять следующую формулу (2.8):

$$Q_n = 0,01 \times H_{sanc} \times S \times (1 + 0,01 \times D) + H_z \times Z, \quad (2.8)$$

где Q_n – нормативный расход топлива, л;

S – расстояние, пройденное автомобилем-самосвалом/автопоездом, км;

H_{sanc} – норма расхода топлива автомобиля-самосвала/самосвального автопоезда, л/100 км;

H_z – дополнительная норма расхода топлива на каждую езду с грузом автомобиля-самосвала/самосвального автопоезда, л;

Z – число ездов с грузом;

D – значение поправочного коэффициента к норме, %.

Показатель нормы расхода топлива автомобиля-самосвала/самосвального автопоезда, вычисляется по следующей формуле (2.9):

$$H_{sanc} = H_s + H_w \times (G_{пр} + 0,5q), \quad (2.9)$$

где H_s – значение транспортной нормы с учетом транспортной работы при значении коэффициента загрузки равным 0,5, л/100 км;

H_w – значение транспортной нормы расхода топлива на выполнение транспортной работы для автомобиля-самосвала и на значение дополнительной массы самосвального прицепа/полуприцепа (используется в расчетах в случае, если при расчете H_s не учитывался коэффициент загрузки, равный 0,5), л/100 т-км;

$G_{пр}$ – значение собственной массы самосвального прицепа/полуприцепа, т;

q – значение грузоподъемности прицепа/полуприцепа, т.

При значении коэффициента загрузки равным 0,5 в расчетах используется значение грузоподъемности прицепа/полуприцепа равное $0,5q$.

В случае, когда автомобиль-самосвал выполняет работу с самосвальным прицепом/полуприцепом (при этом базовая норма рассчитывается как для седельного тягача) и работает на дизельном двигателе, норма расхода топлива увеличивается на каждую тонну собственной массы прицепа/полуприцепа и половины его номинальной грузоподъемности до 1,3 л топлива [75, 76, 77].

В случае, когда автомобили-самосвалы выполняют работу со значением коэффициента полезной загрузки свыше 0,5, рекомендуется выполнять расчет потребления топлива автомобилем-самосвалом как для бортовых грузовых автомобилей по формуле 2.4.

Дополнительно для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов устанавливается норма расхода топлива H_z на каждую езду с грузом при

выполнении маневров в местах погрузки или разгрузки [9]. Для автомобилей-самосвалов, работающих на дизельном топливе, значение показателя увеличивается до 0,25 л жидкого топлива на 1 единицу транспорта.

2.3 Определение величины значения поправочных коэффициентов

В пункте 2.2 были выделены основные факторы, оказывающие влияние на значение потребления топлива автомобилем в сельском хозяйстве. В зависимости от региона эксплуатации транспортного средства, величина влияния данных факторов на потребления топлива автомобилем может существенно варьироваться.

Для зерновых и зернобобовых культур крайне важно организовать уборочный процесс в сжатые сроки, так как фаза полной спелости зерна составляет 3-7 дней. В случае если, урожай не будет собран в указанные сроки, то для зерна наступает фаза перестоя зерна на корню. Данный фактор негативно сказывается как на объем собранного урожая, так и на качестве зерна.

Например, для созревания пшеницы характерно несколько этапов ее развития. Выделяют следующие стадии спелости пшеницы: молочная, восковая спелость и созревание. Для молочной стадии развития пшеницы характерна начальная фаза формирования зерна. Продолжительность молочной стадии составляет примерно две недели. В зависимости от региона выращивания продолжительность может изменяться на несколько дней как в сторону увеличения, так в сторону и уменьшения срока. В период молочного созревания влажность зерна составляет около 60%. В этот момент для растения характерно пожелтение нижних листьев.

Следующие этапы называют периодом созревания – восковой и полной спелости. Период восковой спелости продолжается около 5-9 дней. В этот период показатели влажности зерна снижаются до 20-40%. Растение (зерно и стебель) приобретают желтый цвет. В период восковой спелости зерно не выпадает из

колоса. Период полной зрелости зерна продолжается 6-8 дней. Влажность зерна в этот период составляет 8-14%. В случае, если уборка урожая не будет завершена в указанный период, зерно начнет осыпаться.

В зависимости от погодных условий уборка зерновых культур начинается в июне-июле. Первыми уборку начинают в Южном, Приволжском, Северо-Кавказском и Центральном федеральных округах. Затем работы по уборке зерновых стартуют в Северо-Западных регионах, Сибири и на Дальнем Востоке. Также процессы уборки различают в зависимости от типа посевов культуры: озимая или яровая.

Озимые культуры созревают раньше, поэтому на Юге России уборка зерновых при условии теплой весны может начаться в июне. Далее уборка начинается в остальных регионах, и может завершиться только в первых числах августа, так как на сроки созревания урожая оказывают влияние климатические условия региона.

Яровые культуры зерновых созревают, в среднем, на 10-16 дней позднее озимых культур. Поэтому сроки уборки урожая сдвигаются на конец июня – конец августа. В случае, как и с озимыми культурами, уборка урожая яровых культур начинается с южных регионов страны и заканчивается в северных.

Для получения качественного урожая необходимо грамотно организовать процесс уборочных работ зерновых культур, составить график уборки и определить требуемое количество единиц техники.

Как и для урожая зерновых культур, так и для показателей расхода топлива автотранспортом, климатические условия оказывают значительное влияние. Поэтому потребление топлива одним и тем же автомобилем, перевозящим груз одной и той же массы, может существенно отличаться в зависимости от региона эксплуатации.

На территории Рязанской области преобладает умеренно континентальный климат. Климат региона можно описать как сбалансированный, с умеренно холодной зимой и теплым летом. Регион располагается на Восточно-Европейской равнине, преобладает равнинный рельеф. Температура воздуха и количество

осадков является основными элементами, характеризующими климат. Среднегодовая температура в Рязанской области колеблется от $+3,9$ °С до $+4,6$ °С. Средняя температура в июне, основываясь на данных за последние 10 лет составляет $17,9$ °С, температура в июле – $19,3$ °С, в августе – $18,5$ °С. Влажность воздуха в указанные месяцы на территории области имеет следующие значения: июнь – 63% , июль – 65% , август – 66% . Количество дождливых дней: июнь – 9, июль – 9, август – 8.

В связи с тем, что территория страны имеет значительную протяженность, значения поправочных коэффициентов может существенно варьироваться в зависимости от региона эксплуатации транспортного средства. Так как на потребление топлива автомобилем оказывает существенное влияние климатические значения.

Для определения значения поправочных коэффициентов проводились испытательные заезды автомобилей, непосредственно задействованных в уборочном процессе зерновых культур [28, 29, 30].

Часто, в связи с недостаточным финансированием сельскохозяйственной отрасли, для транспортировки полученного урожая используется подвижной состав с длительным сроком эксплуатации. Чем больше срок эксплуатации автомобиля, тем выше вероятность, что потребление топлива данного автомобиля будет больше, чем у транспортного средства с меньшим сроком эксплуатации. Чаще всего изменение норм потребления топлива автомобилем происходит под влиянием износа деталей двигателя. Ниже представлены основные факторы, влияющие на расход топлива при длительном сроке эксплуатации автомобиля:

- Значительный износ цилиндропоршневой группы автомобильного двигателя [38];
- Износ кривошипно-шатунного механизма [39];
- Износ газораспределительной системы и неотрегулированные зазоры клапанов.

Для испытательных заездов по определению величины поправочного коэффициента к норме расхода топлива относительно срока эксплуатации

автомобиля были выбраны четыре единицы подвижного состава: два автомобиля-самосвала и два грузовых бортовых автомобиля.

В качестве автомобиля-самосвала для испытательных заездов были применены автомобили-самосвалы марки КамАЗ-65111. Срок эксплуатации автомобилей с даты производства составил 13 лет и 4 года соответственно. Общий пробег автомобиля-самосвала КамАЗ-65111, выпущенного заводом изготовителем в 2007 году, составил 234 тыс. км, автомобиля-самосвала КамАЗ-65111, выпущенного заводом изготовителем в 2016 году, составил 93 тыс. км.

Из грузовых бортовых автомобилей для испытательных заездов были выбраны два автомобиля КамАЗ-55102. Срок эксплуатации автомобилей с даты производства составил 11 лет и 4 года соответственно. Общий пробег автомобиля КамАЗ-55102, выпущенного заводом изготовителем в 2009 году, составил 289 тыс. км, автомобиля КамАЗ-55102, выпущенного заводом изготовителем в 2016 году, составил 89 тыс. км.

Краткая техническая характеристика бортового грузового автомобиля КамАЗ-55102:

- Снаряженная масса – 8480 кг;
- Грузоподъемность – 7000 кг;
- Объем кузова – 10,1 м³;
- Базовый расход топлива – 31 л/100 км.

Краткая техническая характеристика автомобиля-самосвала КамАЗ-65111:

- Снаряженная масса – 8550 кг;
- Грузоподъемность – 13675 кг;
- Объем кузова – 8,7 м³;
- Базовый расход топлива – 26,6 л/100 км.

Заезды выполнялись в снаряженном состоянии.

Испытательные заезды выполнялись на расстояние равное 10 км для каждого автомобиля, задействованного в исследовании. Для измерения объема расхода топлива автомобилями применялся дифференциальный расходомер

топлива DFM100D. Каждый автомобиль участвовал в пяти испытательных заездах.

Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки КамАЗ-65111 представлены ниже на рисунке (Рисунок 2.2) и в таблице (Таблица 2.2).

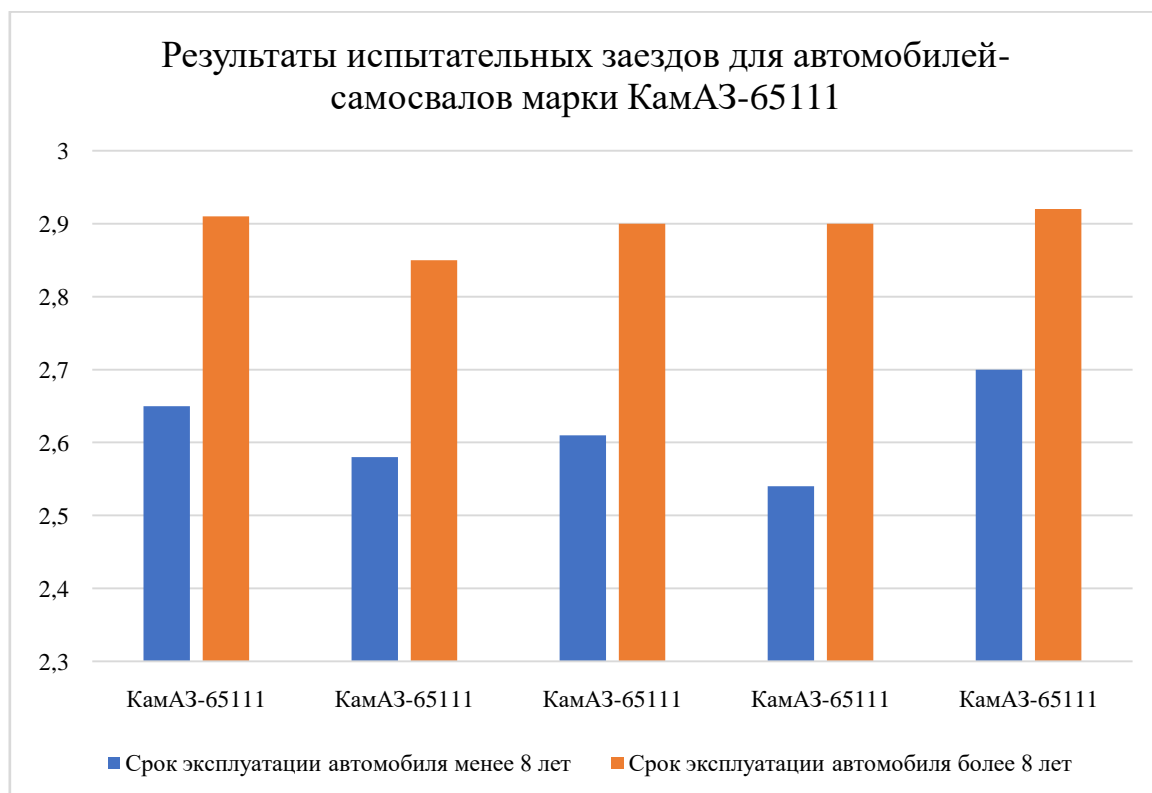


Рисунок 2.2 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки КамАЗ-65111

Таблица 2.2 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки КамАЗ-65111

Марка автомобиля	Расход топлива автомобилем со сроком эксплуатации менее 8 лет, л	Расход топлива автомобилем со сроком эксплуатации более 8 лет, л
КамАЗ-65111	2,65	2,91
	2,58	2,85
	2,61	2,9
	2,54	2,9
	2,7	2,92

Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102 представлены ниже на рисунке (Рисунок 2.3) и в таблице (Таблица 2.3).



Рисунок 2.3 – Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102

Таблица 2.3 – Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102

Марка автомобиля	Расход топлива автомобилем со сроком эксплуатации менее 8 лет, л	Расход топлива автомобилем со сроком эксплуатации более 8 лет, л
КамАЗ-55102	3,1	3,48
	3,15	3,38
	3,12	3,52
	3,18	3,47
	3,1	3,49

Согласно испытательным заездам, было выявлено усредненное значение расхода топлива каждым автомобилем. Таким образом, автомобиль-самосвал марки КамАЗ-65111, срок эксплуатации которого менее 8 лет, на пробег равный 10 км расходует в среднем 2,616 л; автомобиль-самосвал марки КамАЗ-65111, срок эксплуатации которого более 8 лет, на пробег равный 10 км расходует в среднем 2,896 л; грузовой бортовой автомобиль марки КамАЗ-55102 срок эксплуатации которого менее 8 лет, на пробег равный 10 км расходует в среднем 3,13 л; грузовой бортовой автомобиль марки КамАЗ-55102 срок эксплуатации которого более 8 лет, на пробег равный 10 км расходует в среднем 3,468 л. Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что расход топлива автомобилем-самосвалом, срок эксплуатации которого более 8 лет, увеличивается в среднем на 9,66%, а расход топлива грузовым бортовым автомобилем, срок эксплуатации которого более 8 лет, увеличивается в среднем на 9,74%.

Значение поправочного коэффициента μ , указывающего на применение автомобиля сроком эксплуатации более 8 лет, для автомобилей-самосвалов равно 9,66; для грузовых бортовых автомобилей – 9,74.

Для испытательных заездов по определению величины поправочного коэффициента к норме расхода топлива относительно эксплуатации автомобиля после проведения капитального ремонта были выбраны две единицы подвижного состава: два автомобиля-самосвала. Для чистоты эксперимента были выбраны два автомобиля-самосвала 2017 года выпуска марки МАЗ-5516. Пробег первого автомобиля составляет 89 тыс. км, второго автомобиля – 92 тыс. км. Перед проведением испытательных заездов был произведен капитальный ремонт двигателя на втором автомобиле, участвующем в испытаниях.

Краткая техническая характеристика автомобиля-самосвала МАЗ-5516:

- Снаряженная масса – 13500 кг;
- Грузоподъемность – 20000 кг;
- Объем кузова – 15,4 м³;
- Базовый расход топлива – 38 л/100 км.

Испытательные заезды выполнялись на расстояние равное 10 км для каждого автомобиля, задействованного в исследовании. Для измерения объема расхода топлива автомобилями применялся дифференциальный расходомер топлива DFM100D. Каждый автомобиль участвовал в пяти испытательных заездах.

Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки МАЗ-5516 представлены ниже на рисунке (Рисунок 2.5) и в таблице (Таблица 2.5).

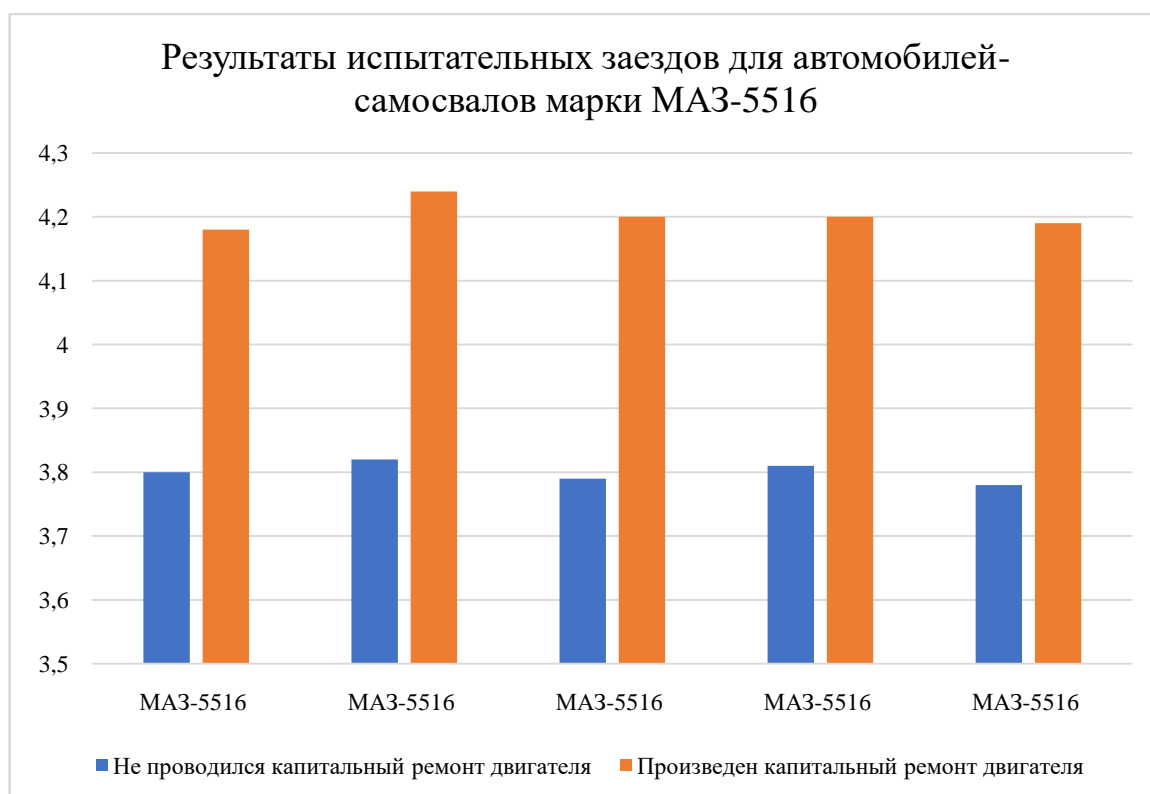


Рисунок 2.5 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки МАЗ-5516

Таблица 2.5 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки МАЗ-5516

Марка автомобиля	Расход топлива автомобилем, на котором не производился капитальный ремонт двигателя, л	Расход топлива автомобилем, на котором был произведен капитальный ремонт двигателя, л
МАЗ-5516	3,8	4,18
	3,82	4,24
	3,79	4,2
	3,81	4,2
	3,78	4,19

Согласно испытательным заездам, было выявлено усредненное значение расхода топлива каждым автомобилем. Таким образом, автомобиль-самосвал марки МАЗ-5516, на котором не был произведен капитальный ремонт двигателя, на пробег равный 10 км расходует в среднем 3,8 л; автомобиль-самосвал марки МАЗ-5516, на котором был произведен капитальный ремонт двигателя, на пробег равный 10 км расходует в среднем 4,206 л.

Значение поправочного коэффициента λ , указывающего на использование автомобиля после проведения капитального ремонта двигателя составляет 9,65.

Для испытательных заездов по определению величины поправочного коэффициента к норме расхода топлива относительно эксплуатации автомобиля в сложных дорожных условиях (колейность, движение по пересеченной местности, полю, движение по дорогам со сложным планом) были выбраны две единицы подвижного состава: автомобиль-самосвал и грузовой бортовой автомобиль.

В качестве автомобиля-самосвала для испытательных заездов были применен автомобиль-самосвал марки КамАЗ-65111. Срок эксплуатации данного автомобиля с даты выпуска составил 4 года.

Из грузовых бортовых автомобилей для испытательных заездов был выбран автомобиль КамАЗ-55102. Срок эксплуатации данного автомобиля с даты выпуска составил 4 года.

Краткая техническая характеристика указанных автомобилей представлена выше.

Заезды выполнялись в снаряженном состоянии.

Испытательные заезды выполнялись на расстояние равное 10 км для каждого автомобиля, задействованного в исследовании. Для измерения объема расхода топлива автомобилями применялся дифференциальный расходомер топлива DFM100D. Каждый автомобиль участвовал в пяти испытательных заездах. Испытательные заезды выполнялись по двум дорогам: асфальтобетонная дорога III категории и полевая грунтовая дорога (укатанная).

Результаты испытательных заездов для автомобиля-самосвала марки КамАЗ-65111 представлены ниже на рисунке (Рисунок 2.6) и в таблице (Таблица 2.6).



Рисунок 2.6 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки КамАЗ-65111

Таблица 2.6 – Результаты испытательных заездов для автомобилей-самосвалов марки КамАЗ-65111

Марка автомобиля	Расход топлива автомобилем при движении по асфальтобетонной дороге III категории (хорошее состояние дорожного покрытия), л	Расход топлива автомобилем при движении по полевой грунтовой дороге (укатанная), л
КамАЗ-65111	2,66	3,458
	2,6	3,5
	2,62	3,44
	2,64	3,46
	2,7	3,456

Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102 представлены ниже на рисунке (Рисунок 2.7) и в таблице (Таблица 2.7).

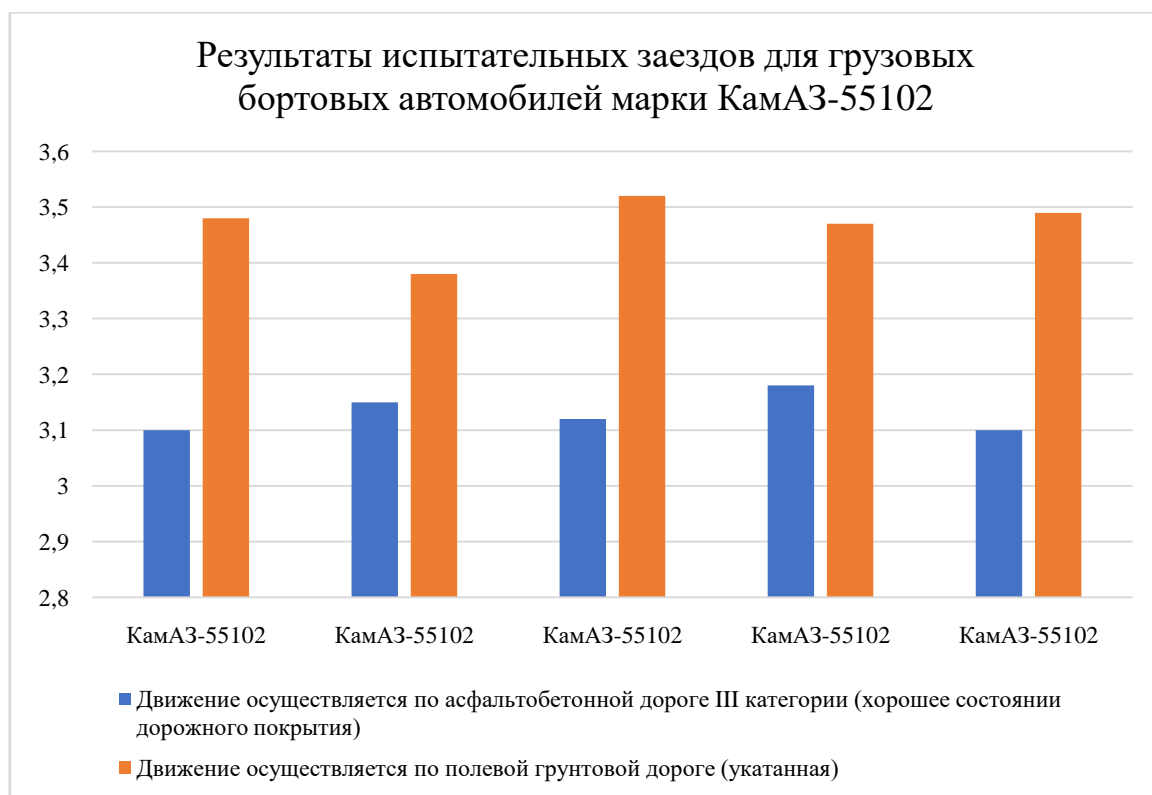


Рисунок 2.7 – Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102

Таблица 2.7 – Результаты испытательных заездов для грузовых бортовых автомобилей марки КамАЗ-55102

Марка автомобиля	Расход топлива автомобилем при движении по асфальтобетонной дороге III категории (хорошее состояние дорожного покрытия), л	Расход топлива автомобилем при движении по полевой грунтовой дороге (укатанная), л
КамАЗ-55102	3,1	4,030
	3,15	4,08
	3,09	4,035
	3,12	4,034
	3,1	4,04

Согласно испытательным заездам, было выявлено усредненное значение расхода топлива каждым автомобилем. Таким образом, автомобиль-самосвал марки КамАЗ-65111, при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием, на пробег равный 10 км расходует в среднем 2,2644 л; автомобиль-самосвал марки КамАЗ-65111, при движении по полевой грунтовой дороге (укатанной), на пробег равный 10 км расходует в среднем 3,463 л; грузовой бортовой автомобиль марки КамАЗ-55102, при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием, на пробег равный 10 км расходует в среднем 3,112 л; грузовой бортовой автомобиль марки КамАЗ-55102 при движении по полевой грунтовой дороге (укатанной), на пробег равный 10 км расходует в среднем 4,043 л. Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что расход топлива автомобилем-самосвалом, осуществляющим движение по грунтовой полевой дороге (укатанной), увеличивается в среднем на 30,%, а расход топлива грузовым бортовым автомобилем, осуществляющим движение по грунтовой полевой дороге (укатанной), увеличивается в среднем на 29,9%.

Значение поправочного коэффициента ϕ , указывающего на эксплуатацию автомобиля в сложных дорожных условиях (в т.ч. движение по пересеченной местности, полю, движение по дорогам со сложным планом), для автомобилей-самосвалов равно 30; для грузовых бортовых автомобилей – 29,9.

Так как масса перевозимого груза оказывает непосредственное влияние на объём транспортной работы, выполняемый автомобилем, то формулу (2.7) можно представить следующим образом (2.10):

$$W = G_{\text{гр}} + V * \rho * k * 0,001, \quad (2.10)$$

где, V – объём кузова автомобиля, м^3 ;

ρ – значение плотности перевозимого зерна, $\text{км}/\text{м}^3$;

k – значение коэффициента загрузки кузова автомобиля, $k \in [0,1]$.

Основываясь на рекомендациях для расчета нормативного потребления топлива для бортовых грузовых автомобилей (2.4), а также учитывая значение массы перевозимого груза (2.10) и значение поправочных коэффициентов, полученных в результате испытательных заездов, для расчета эксплуатационной

нормы расхода топлива грузовым бортовым автомобилем следует применять формулу (2.11):

$$Q_H = 0,01 \times (H_{san} \times S + 1,3 \times S_{гр} \times V \times \rho \times \kappa \times 0,001) \times (1 + 0,01 \times (\mu + \lambda + \varphi)) \quad (2.11)$$

Для расчета эксплуатационной нормы расхода топлива автомобилем-самосвалом, выполняющим работу при значении коэффициента загрузки равным 0,5 следует применять формулу (2.12):

$$Q_H = 0,01 \times H_{sanc} \times S \times (1 + 0,01 \times (\mu + \lambda + \varphi)) + H_z \times Z \quad (2.12)$$

Для расчета эксплуатационной нормы расхода топлива грузовым автомобилем, выполняющим работу с прицепом/полуприцепом, следует применять формулу (2.13):

$$Q_H = 0,01 \times ((H_s + 1,3 \times G_{гр}) \times S + 1,3 \times (S_{гр} \times (V + V_{пр}) \times \rho \times \kappa \times 0,001) \times (1 + 0,01 \times (\mu + \lambda + \varphi)) \quad (2.13)$$

2.4 Выводы по 2 главе

1 Во второй главе рассмотрены основные статьи расходов на организацию транспортных процессов в сельском хозяйстве. Вопрос экономии топлива крайне актуален, так как на топливные затраты приходится 30...40% всех затрат на организацию транспортных процессов.

2 В ходе анализа уравнения топливного баланса было выявлено, что наибольшая часть топливной энергии расходуется на преодоление механических, насосных, тепловых потерь в двигателе, а также на преодоление сопротивления качению.

3 Объем потребляемого топлива автомобилем в большей степени зависит от автомобильного двигателя и условий эксплуатации автомобиля. В результате анализа были выявлены следующие факторы, оказывающие влияние на значение потребления топлива автомобилем: масса перевозимого груза, продолжительный срок эксплуатации транспортного средства, эксплуатация транспортного средства после проведения капитального ремонта двигателя, а также эксплуатация

автомобиля в сложных дородных условиях (колейность, движение по полю/пересеченной местности, движение по дорогам со сложным планом).

4 Для определения доли влияния указанных выше факторов, влияющих на потребление топлива автомобилем, были проведены испытательные заезды. В ходе испытательных заездов были определены значения поправочных коэффициентов, которые необходимо учитывать при расчете эксплуатационных норм потребления топлива автомобилем. Так, было выявлено, что расход топлива автомобилем-самосвалом, срок эксплуатации которого более 8 лет, увеличивается в среднем на 9,66%, а расход топлива грузовым бортовым автомобилем, срок эксплуатации которого более 8 лет, в среднем увеличивается на 9,74%. При эксплуатации автомобиля после капитального ремонта двигателя следует учитывать, что потребление топлива возрастает примерно на 9,65%. При движении автомобиля-самосвала по грунтовой полевой дороге потребление топлива автомобилем возрастает на 30%, а при движении бортового грузового автомобиля потребление топлива увеличивается в среднем на 29,9%.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Решение транспортной задачи перевозки зерна с учетом наименьших топливных затрат

Нельзя недооценивать роль автотранспорта в современном сельскохозяйственном производстве. Порой решить существующие проблемы организации уборочной кампании можно только за счет применения новых методов. В сельском хозяйстве автомобильный транспорт выступает связующим звеном между всеми элементами технологической цепи производства.

Для решения задачи повышения эффективности организации транспортных процессов при внутрихозяйственных перевозках зерна предлагается использовать подход по составлению оптимального плана перевозки сельскохозяйственной продукции с учетом наименьших топливных затрат [40, 70, 72].

Организацию внутрихозяйственных перевозок зерна можно приставить с помощью теории графов (Рисунок 3.1). В нашем случае, при решении транспортной задачи, вершинами графа будут выступать пункты хранения или первичной переработки зерна, а также поля, с которых вывозится собранный урожай. В качестве ориентированного ребра, направленного из одной вершины в другую, выступает возможный путь транспортировки полученного урожая до пункта хранения или первичной переработки, т.е. путь из одной вершины в другую.

Таким образом, графом S называем пару (V, P) , где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество вершин графа, а $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество ребер, где каждое ребро p_i есть пара вершин (v_{i_1}, v_{i_2}) , где $v_{i_1}, v_{i_2} \in V$.

Так как в множестве ребер P все ребра являются ориентированными, то граф $S = (V, P)$ называется ориентированным.

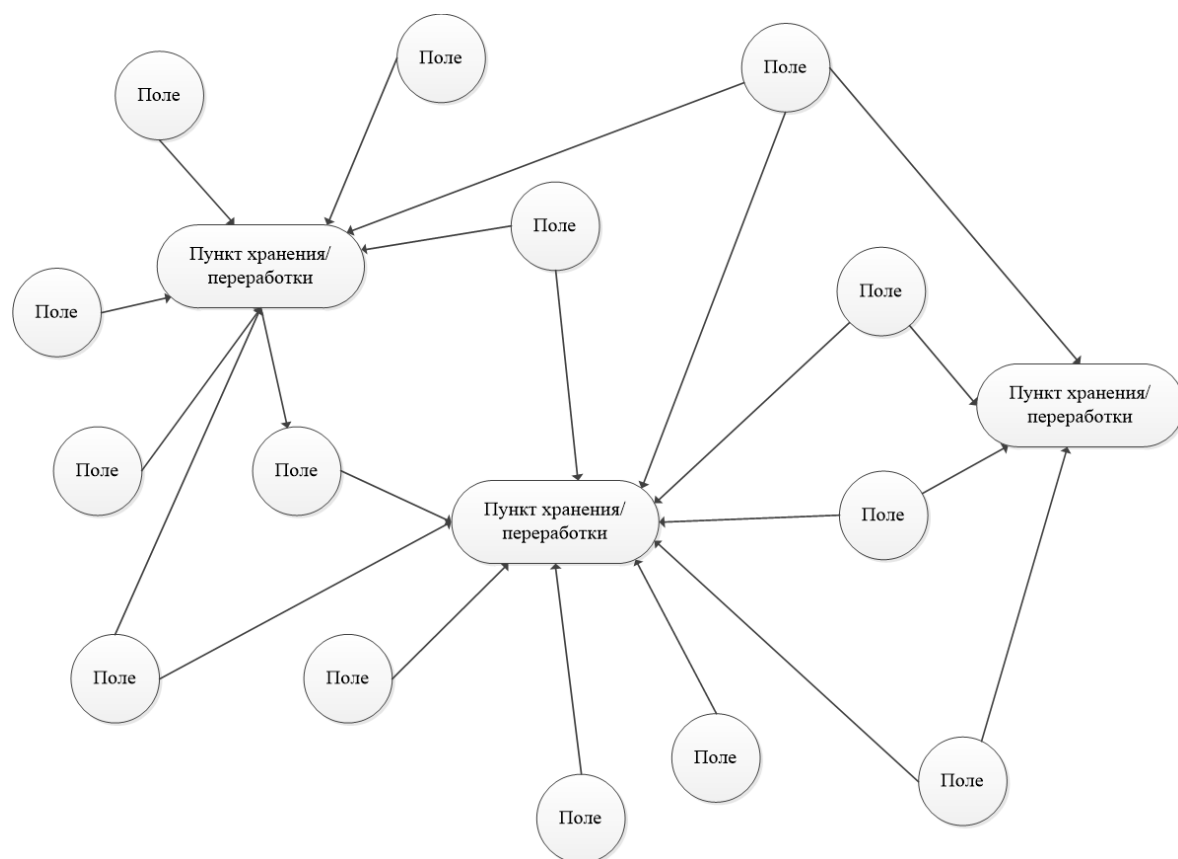


Рисунок 3.1 – Семантическая модель организации внутрихозяйственных перевозок зерна

Представив модель внутрихозяйственных перевозок зерна, сформулируем общую постановку транспортной задачи. Необходимо определить оптимальный план перевозок зерна из пунктов отправления, в нашем случае ими являются поля, в пункты назначения (пункты хранения/переработки). Под критерием оптимальности понимается минимальное значение топливных затрат на организации перевозки груза.

Обозначим через S_{ij} топливные затраты на перевозку груза из пункта отправления i (поле) в пункт назначения j (пункт хранения или переработки). Или, иначе говоря, S_{ij} – топливные затраты на одну езду с грузом. Обозначим через A_i запасы груза в i -м пункте отправления (объем собранного урожая зерновых), через B_j – потребности груза в j -м пункте назначения, а через X_j – количество единиц перевозимого груза из пункта отправления в пункт назначения.

Таким образом математическая модель для определения минимального значения функции будет выглядеть следующим образом (3.1):

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{ij} X_{ij} \quad (3.1)$$

Зададим условия для функции (3.2)- (3.4):

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = B_j \quad (j = 1, \dots, m) \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = A_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (3.4)$$

Условия (3.2) - (3.4) накладываются для обеспечения перевозки грузов в необходимых объемах в каждый пункт назначения (пункт хранения/переработки), вывоз полного объема грузов из пунктов отправления (полей), а также исключение обратных перевозок.

При этом, допустимым планом транспортной задачи, является любое неотрицательное решение $X_{ij} = \|x_{ij}\| \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$ систем (3.2) - (3.3).

План $X_{ij} = \|x_{ij}\| \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$, при котором значение функции (3.1) принимает минимальное значение, является оптимальным планом транспортной задачи.

В случае, если объемы груза (зерна) равны общей сумме потребностей в пунктах значения задача является сбалансированной (3.5), в противном случае – несбалансированной.

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{i=1}^m b_j \quad (3.5)$$

Данные транспортной задачи заносятся в таблицу (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Представление данных транспортной задачи

Пункты отправления	Пункты назначения					Объем собранного урожая
	B_1	...	B_j	...	B_n	
A_1	S_{11} X_{11}	...	S_{1j} X_{1j}	...	S_{1n} X_{1n}	a_1
...
A_i	S_{i1} X_{i1}	...	S_{ij} X_{ij}	...	S_{in} X_{in}	a_i
...
A_m	S_{m1} X_{m1}	...	S_{mj} X_{mj}	...	S_{mn} X_{mn}	a_m
Потребность	b_1	...	b_j	...	b_n	

Количество переменных X_{ij} равно mn , где m количество пунктов отправления (полей), а n - количество пунктов назначения (пункты хранения/переработки). При этом число уравнений в (3.2) и (3.3) равно сумме m и n . Число линейно независимых уравнений равно $m + n - 1$. Т.е. опорный план имеет не более $m + n - 1$ неизвестных отличенных от нуля.

Для решения транспортных задач необходимо определить опорный план. Опорный план представляет собой таблицу, аналогичную таблице 3.1, где на каждом шаге заполняется одна клетка, соответствующая условию задачи. Таблицу следует заполнять до тех пор, пока не будут целиком удовлетворены потребности пункта назначения j , или пока не будет обеспечен вывоз полного объема груза из пункта i .

Для решения вопроса совершенствования внутрихозяйственных перевозок зерна предлагается использовать метод минимального элемента. При

использовании данного метода выбор пунктов назначения и отправления ориентирован на объемы потребления топлива автомобилем, т.е. необходимо выбрать такой путь доставки груза, при котором будет затрачено наименьшее количество топлива автомобилем.

3.2 Цифровое решение для расчета топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

Для сокращения времени расчета топливных затрат на организацию внутрихозяйственных перевозок зерна и увеличения точности расчетов, была разработана программа «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна». Подана заявка на государственную регистрацию программы для ЭВМ.

Для расчетов потребления топлива автомобилями, в п. 2.3 работы были разработаны алгоритмы расчетов, реализуемые в программе ЭВМ. За теоретическую основу, разработанной программы, принимается математическая модель, описанная в пункте 3.1.

Анализируя вышеизложенное и существующие калькуляторы топливных затрат, программа расчета топливных затрат при перевозке зерновых культур должна включать в свой функционал следующие инструментальные средства:

- 1 Возможность добавления моделей транспортных средств с возможностью добавления их технических характеристик;
- 2 Возможность задания протяженности пробега автомобиля с грузом и без груза;
- 3 Возможность задания уровня загрузки кузова;
- 4 Выбора вида перевозимых зерновых культур;
- 5 Возможность указания количество ездов (рейсов);
- 6 Возможность добавления моделей прицепов/полуприцепов с возможностью добавления их технических характеристик;

7 Возможность задавать дополнительные условия, которые влияют на эксплуатационные нормы потребления топлива (значения влияния каждого условия на потребление топлива автомобилем определены в п. 2.3 данной работы).

Основываясь на необходимом количестве инструментальных средств, программа для расчета топливных затрат на внутрихозяйственных перевозках, будет иметь следующую структуру (рисунок 3.2)

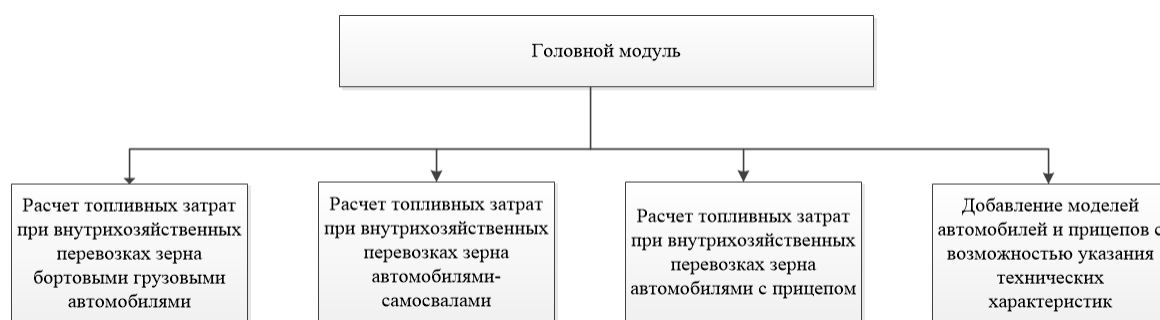


Рисунок 3.2 - Схематичное представление программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна»

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна на основании разработанных алгоритмов расчета реализован на ЭВМ. Программа реализована на языке платформе Node.js с применением фреймворков React.js, Electron.js. Node.js представляет собой программную платформу, основанную на движке V8, который позволяет компилировать JavaScript в код, понятный ЭВМ, превращая тем самым JavaScript в язык общего назначения. Одно из преимуществ платформы Node.js в том, что она добавляет возможность JavaScript взаимодействовать с различными устройствами ввода/вывода, а также подключать различные библиотеки и обращаться к ним. Фреймворк React.js представляет собой JavaScript-библиотеку для разработки пользовательских интерфейсов, а фреймворк Electron.js позволяет реализовать настольное приложение. Использование данных фреймворков позволяет легко реализовать экранные формы для ввода данных, быстро производить математические расчеты и выводить полученные результаты.

Программа «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» включает в себя следующий функционал:

1 Возможность добавления моделей транспортных средств и прицепов с возможностью добавления их технических характеристик.

Добавление транспортных средств в программу осуществляется с указанием следующих атрибутов (рисунок 3.3): название, снаряженная масса (кг), объем кузова (м^3), расход топлива автомобилем при движении со скоростью 60 км/ч (л/100 км). Также реализована возможность добавления сразу нескольких ТС или прицепов. Для добавления в базу нескольких элементов требуется нажать кнопку «Добавить строку». В случае, если строка добавлена автоматически, ее можно удалить, нажав кнопку «Удалить». Для добавления в базу программы новых элементов, необходимо нажать кнопку «Сохранить и выйти», указав при этом значения атрибутов. В качестве разделителя при вводе дробных значений для корректной работы программы необходимо использовать точку.

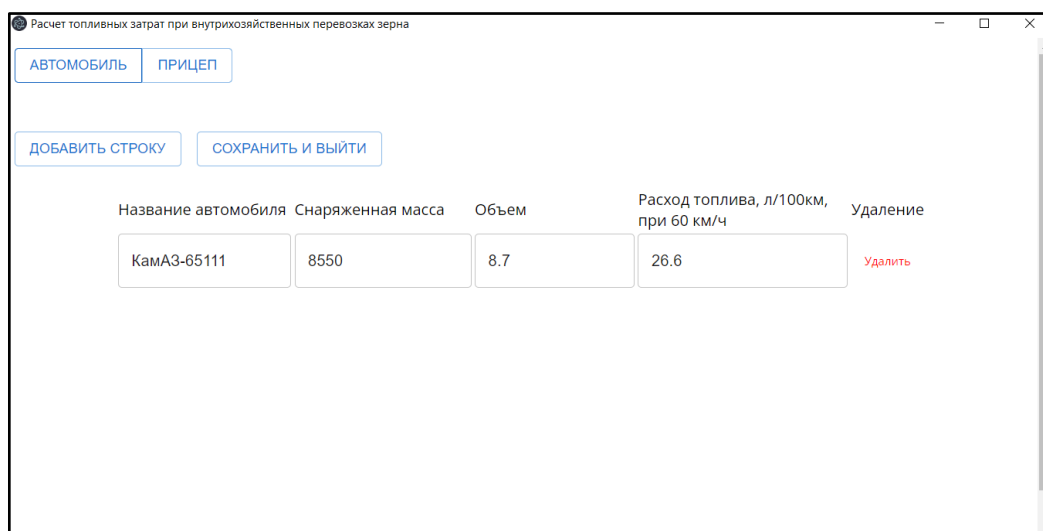


Рисунок 3.3 – Интерфейс программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для добавления транспортного средства

При добавлении прицепа/полуприцепа в программу необходимо задать следующие атрибуты (рисунок 3.4): название, снаряженная масса (кг), объем кузова (м^3).

Рисунок 3.4 – Интерфейс программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для добавления прицепа/полуприцепа

Интерфейсы программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для расчетов топливных затрат для грузовых бортовых автомобилей, автомобилей-самосвалов и автомобилей с прицепом представлены на рисунках 3.5-3.7 соответственно. Следует отметить, что расчет потребления топлива автомобилем-самосвалом необходимо производить в интерфейсе для автомобилей-самосвалов только при значении коэффициента загрузки равным 0,5.

Рисунок 3.5 – Интерфейс программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для расчета топливных затрат грузовыми бортовыми автомобилями

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

БОРТОВОЙ ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ-САМОСВАЛ ГРУЗОВОЙ С ПРИЦЕПОМ ДОБАВИТЬ

Расчет топливных затрат для бортовых-самосвалов

Выбор автомобиля Общий пробег автомобиля км

Количество поездок (рейсов) с грузом 0 км

Автомобиль после капитального ремонта? Автомобиль старше 8 лет? Движение в сложных дорожных условиях (колейность, движение по пересеченной местности, полю, движение по дорогам со сложным планом)

Выбран автомобиль:
 Название:
 Снаряженная масса: кг
 Грузоподъемность: кг
 Объем: м³
 Расход топлива, л/100км, при 60 км/ч:
 Расход топлива:NaN

Рисунок 3.6 – Интерфейс программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для расчета топливных затрат автомобилями-самосвалами

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

БОРТОВОЙ ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ-САМОСВАЛ ГРУЗОВОЙ С ПРИЦЕПОМ ДОБАВИТЬ

Расчет топливных затрат для грузовых автомобилей с прицепом

Выбор автомобиля Общий пробег автомобиля км

Вид перевозимых культур Коэффициент загрузки кузова 0 % Пробег автомобиля с грузом км

Выбор использования прицепа

Автомобиль после капитального ремонта? Автомобиль старше 8 лет? Движение в сложных дорожных условиях (колейность, движение по пересеченной местности, полю, движение по дорогам со сложным планом)

Выбран автомобиль:
 Название:
 Снаряженная масса: кг
 Грузоподъемность: кг
 Объем: м³
 Расход топлива, л/100км, при 60 км/ч:
 Расход топлива:NaN

Рисунок 3.7 – Интерфейс программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» для расчета топливных затрат автомобилей с прицепом

Для написания программы были созданы базы данных по зерновым сельскохозяйственным культурам, грузовым транспортным средствам и прицепах, представленные в таблице 3.2-3.4.

Таблица 3.2 – Информация по сельскохозяйственным зерновым культурам

№ п/п	Наименование культуры	Плотность, кг/м ³
1	пшеница	780
2	ячмень	600
3	зерно проса(пшено)	780
4	льняное семя	720
5	овес	432
6	рожь	720

В таблицах 3.3-3.4 представлены технические характеристики грузовых автомобилей, заявленные соответствующим марке транспортного средства заводом производителем.

Таблица 3.3 – Технические характеристики транспортных средств, которые могут быть задействованы на внутрихозяйственных перевозках зерна

№ п/п	Транспортное средство	Снаряженная масса, кг	Объем кузова, м ³	Расход топлива, л/100км, при 60 км/ч
1	2	3	4	5
1	Автомобиль ГАЗ-3309	3680	5,0	14,5
2	Автомобиль ГАЗ-САЗ-4509	4450	5,0	15,4
3	Автомобиль ЗИЛ-ММЗ-45063	5500	6,0	26
4	Автомобиль КамАЗ-55102	8480	10,1	31
5	Автомобиль КАМАЗ 65115	10550	10	26

6	Автомобиль КАМАЗ 45143-6012-50	10700	15,2	26
7	Автомобиль КАМАЗ 65222	14350	12	40
8	Автомобиль МАЗ 5516	13500	15,4	38
9	Автомобиль МАЗ 5551	7580	5,5	23,21

Таблица 3.4 – Технические характеристики прицепов

№ п/п	Название	Снаряженная масса, кг	Объем кузова, м ³
1	Прицеп самосвальный Нефаз-8560-02	5260	15
2	Прицеп самосвальный ТЗА-8551М4-10	5395	20

3.3 Выводы по 3 главе

1 В данной главе представлен алгоритм решения транспортной задачи при организации внутрихозяйственных перевозок зерна. Решение транспортной задачи предлагается реализовать, основываясь на теории графов, где в качестве вершин графа выступают пункты отправления (поля) и пункты назначения (пункты хранения и переработки зерна), а в качестве ориентированных ребер выступают возможные пути доставки урожая. Для решения вопроса совершенствования внутрихозяйственных перевозок зерна предлагается использовать метод минимального элемента, где под критерием оптимальности понимается минимальное значение топливных затрат на организации перевозки груза.

2 Продемонстрирован процесс разработки программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна». Данная программа позволяет реализовать расчет эксплуатационных норм потребления топлива автомобилями при организации внутрихозяйственных перевозок зерна. В программе реализована возможность добавления новых единиц подвижного состава в случае увеличения

автопарка сельскохозяйственного производителя. Программа является портативной и может быть развёрнута на любом ПК без установки, работает с любыми операционными системами. За счет своей портативности может быть использована на месте, в случае изменения условий организации транспортных процессов.

4 Экспериментальные исследования разработанных научных положений

4.1 Расчет оптимальной структуры транспортных потоков

Экспериментальные исследования разработанных научных положений производились в ООО «Силумин» при оказании транспортных услуг сельскохозяйственному предприятию ООО «Аграрий» Касимовского района Рязанской области. Сельскохозяйственное предприятие ООО «Аграрий» является одним из лидеров Рязанского региона по производству зерновых и зернобобовых культур. Предприятие обладает большим механизированным парком грузовых транспортных средств, зерноуборочных комбайнов, тракторов, а также механического оборудования и иных сельскохозяйственных машин [41, 42, 43]. Однако, несмотря на значительный размер автопарка, порой предприятию приходится заключать договора на перевозку со сторонними организациями. Данная проблема возникает ввиду изношенного подвижного состава с большим значением пробега и, как следствие, частым поломкам.

Предприятие обладает широка разветвленной сетью зернохранилищ и значительными размерами посевных площадей.

На предприятии при проведении уборочных работ зерновых культур применяется перевалочная технология уборки. Выгрузка собранного урожая зерна осуществляется непрерывно в автомобильные прицепы, буксируемые трактором, затем трактор доставляет полученный урожай к месту перегрузки, где урожай перегружают в конечное транспортное средство, которое доставит собранный урожай до зернохранилища [62]. Среди основных достоинств использования данной технологии можно назвать увеличение производительности комбайнов и транспортных средств, а также снижение антропогенного воздействия тяжеловесными транспортными средствами на почвы. К тому же при применении

данной технологии кузов транспортной средства всегда загружен на 100 %, т.к. нет прямой зависимости от объема бункера комбайна.

Часто, при уборке сельскохозяйственных культур не прорабатываются точные пути следования транспортных средств грузом и без груза. Водитель транспортного средства в данном случае самостоятельно определяет маршрут движения. Порой такое поведение нарушает основное правило транспортной логистики, которое заключается в определении оптимального маршрута, где в качестве критерия оптимальности подразумевается минимальное время, затрачиваемое на перевозку, или минимальные затраты, или иной критерий, характерный для предприятия.

Для нахождения оптимального маршрута движения транспортного средства с грузом и без груза при проведении уборки зерновых культур, предполагается использовать технико-математические методы, в частности, описанные в главе 2 данной работы. Расчеты выполняются с применением специальной цифровой программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» и ЭВМ.

Эффективность рассматриваемой задачи совершенствования внутрихозяйственных перевозок зерна оценивается за счет снижения топливных затрат, в частности, и общих затрат на возделывание в целом. Применение данного решения осуществляется на основании рационального управления транспортными потоками при внутрихозяйственных перевозках зерна в период проведения уборочной кампании [101].

Расчеты и экспериментальные исследования производились на основании данных полученного урожая пшеницы с поля не далеко от села Кислово Касимовского района Рязанской области в 2021 году.

Площадь поля составляет 485 га (рисунок 4.1), урожайность пшеницы составляет 25,8 ц/га. Уборка пшеницы с поля осуществляется зерноуборочными комбайнами ACROS 580 в количестве 9 единиц. Суточная производительность 1 единицы зерноуборочного комбайна составила 18 га за смену.

Продолжительность сбора урожая зерноуборочными комбайнами вычисляется по формуле (4.1):

$$t_y = \frac{S}{p_k * n_k}, \quad (4.1)$$

где t_y – продолжительность (в днях) уборки урожая;

S – площадь поля, га;

p_k – производительность зерноуборочного комбайна, га/смену;

n_k – количество зерноуборочных комбайнов, задействованных в уборке.

Таким образом, согласно расчетам, продолжительность сбора урожая составляет 3 дня. Масса собранного урожая составит 12 513 т (4.2).

$$m = S * k * 100, \quad (4.2)$$

где k – урожайность, ц/га;

m – масса, кг.

Плотность пшеницы на момент сбора урожая составляет 780 кг/м^3 . Т.е. существует потребность в перевозке $16042,3 \text{ м}^3$ зерна (4.3)

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.2)$$

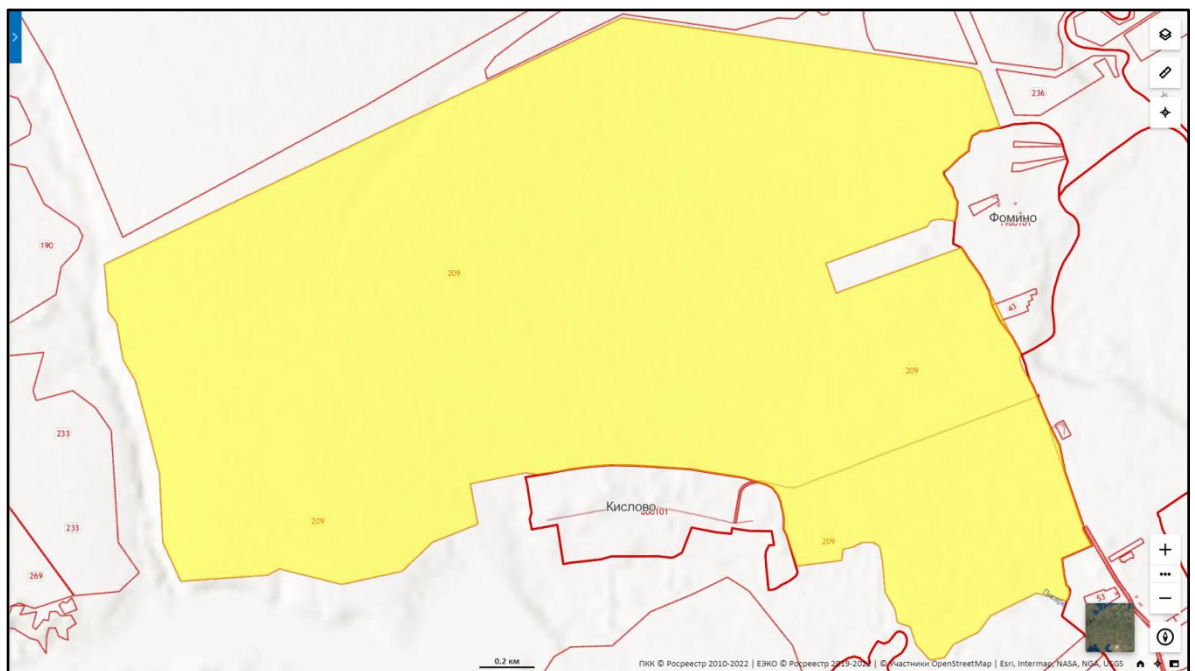


Рисунок 4.1 – Месторасположение поля экспериментального исследования

Во избежание намокания зерна, в связи с погодными условиями, необходимо организовать перевозку собранного урожая с минимальными затратами на топливо.

Организовать доставку собранного урожая можно по двум возможным маршрутам (рисунок 4.2). Маршрут № 1 имеет протяженность 17,1 км имеет асфальтобетонное покрытие в хорошем эксплуатационном состоянии. Маршрут № 2 имеет протяженность 13,8 км, но не имеет дорожного покрытия, дорога пролегает по краю поля, тип покрытия – грунтовый, укатанный.

При проведении эксперимента на первый взгляд трудно оценить, при выборе какого пути автомобиль израсходует меньшее количество топлива [5]. Для выбора оптимального пути, на основании минимального затраченного объема топлива, использовалась программа «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна». Так как в короткие сроки необходимо перевезти значительный объем урожая пшеницы, то для организации перевозки предполагалось использовать грузовые автомобили в составе автопоезда, при этом возможный объем перевозки считался одним из основных критериев выбора подвижного состава.



Рисунок 4.2 – Возможные пути доставки собранного урожая зерновых до пункта хранения

В составе автопарка ООО «Силумин» транспортными средствами с наибольшим объемом кузова являются автомобили моделей КАМАЗ 45143-6012-50, КАМАЗ 65222, МАЗ 5516, информация по техническим характеристикам транспортных средств приведена ранее в таблице 3.3. Также стоит отметить, что транспортные средства моделей КАМАЗ 65222, МАЗ 5516 эксплуатируется более 8 лет и имеют пробег более 150 тыс. км. Самосвальные прицепы, стоящие на балансе предприятия имеют объемы кузова 15 м³ и 20 м³, информация по моделям самосвальных прицепов представлена в таблице 3.4.

Произведем расчеты потребления топлива автомобилями с прицепами при движении с грузом и без груза по двум возможным маршрутам. Результат работы программы представлен на рисунке 4.3 и в таблице 4.1.

Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна

БОРТОВОЙ ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ-САМОСВАЛ ГРУЗОВОЙ С ПРИЦЕПОМ ДОБАВИТЬ

Расчет топливных затрат для грузовых автомобилей с прицепом

Выбор автомобиля: КАМАЗ 45143-6012-50

Общий пробег автомобиля: 17,1 км

Вид перевозимых культур: пшеница

Коэффициент загрузки кузова: 1 %

Пробег автомобиля с грузом: 17,1 км

Выбор использования прицепа: Нефаз-8560-02

Автомобиль после капитального ремонта? Автомобиль старше 8 лет? Движение в сложных дорожных условиях (колейность, движение по пересеченной местности, полю, движение по дорогам со сложным планом)

Выбран автомобиль:
Название: КАМАЗ 45143-6012-50
Снаряженная масса: 10700 кг
Грузоподъемность: 11700 кг
Объем: 15.2 м³
Расход топлива, л/100км, при 60 км/ч: 26
Расход топлива: **10.852**

Рисунок 4.3 – Результат работы программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» при расчете потребления топлива автомобилем модели КАМАЗ 45143-6012-50 с самосвальным прицепом Нефаз-8560-02 при перевозке пшеницы по маршруту №1

Таблица 4.1. Эксплуатационные нормы потребления топлива автомобилями предприятия, полученные по результатам работы программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна», л

Транспортное средство с прицепом	Маршрут № 1		Маршрут № 2	
	с грузом	без груза	с грузом	Без груза
1	2	3	4	5
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом Нефаз-8560-02	10, 852	5,615	11,385	5,891
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10	11,749	5,645	12,326	5,923
КАМАЗ 65222 с прицепом Нефаз-8560-02	13,960	8,009	14,339	9,049
КАМАЗ 65222 с прицепом ТЗА-8551М4-10	14,947	8,039	15,352	9,083
МАЗ 5516 с прицепом Нефаз-8560-02	14,232	8,434	14,618	6,663
МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10	15,219	8,467	15,632	8,697

При этом отношение перевезенного объема пшеницы к израсходованному топливу будет следующее (таблица 4.2):

На основании анализа полученных расчетов можно сделать вывод, что наиболее приоритетными для перевозки урожая пшеницы с данного поля являются транспортные средства модели КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10, а наиболее приоритетным маршрутом является маршрут №1. Однако, для проверки корректности расчетов разработанной программы

экспериментальные замеры топлива производились на двух автомобильных сцепках: КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 и МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10.

Таблица 4.2 – Отношение перевезенного объема пшеницы к израсходованному топливу при перевозке по маршрутам № 1 и №2, л/м³

Транспортное средство с прицепом	Перевезенный объем пшеницы, м ³	Маршрут № 1	Маршрут № 2
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом Нефаз-8560-02	30,2	0,36	0,376
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10	35,2	0,333	0,35
КАМАЗ 65222 с прицепом Нефаз-8560-02	27	0,517	0,53
КАМАЗ 65222 с прицепом ТЗА-8551М4-10	32	0,467	0,479
МАЗ 5516 с прицепом Нефаз-8560-02	30,4	0,468	0,480
МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10	35,4	0,429	0,441

4.2 Транспортировка урожая зерна к месту хранения

Как отмечалось выше, в п. 4.1 для проверки корректности расчетов разработанной программы были произведены замеры потребления топлива автомобилями КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 и МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 за каждую езду с грузом и без. Для измерения объема расхода топлива автомобилями применялся дифференциальный расходомер топлива DFM100D.

Результаты реальных значений потребления топлива автомобилями, участвующих в эксперименте за 1 рабочую смену представлены в таблице 4.3 и на рисунках 4.4 – 4.7.

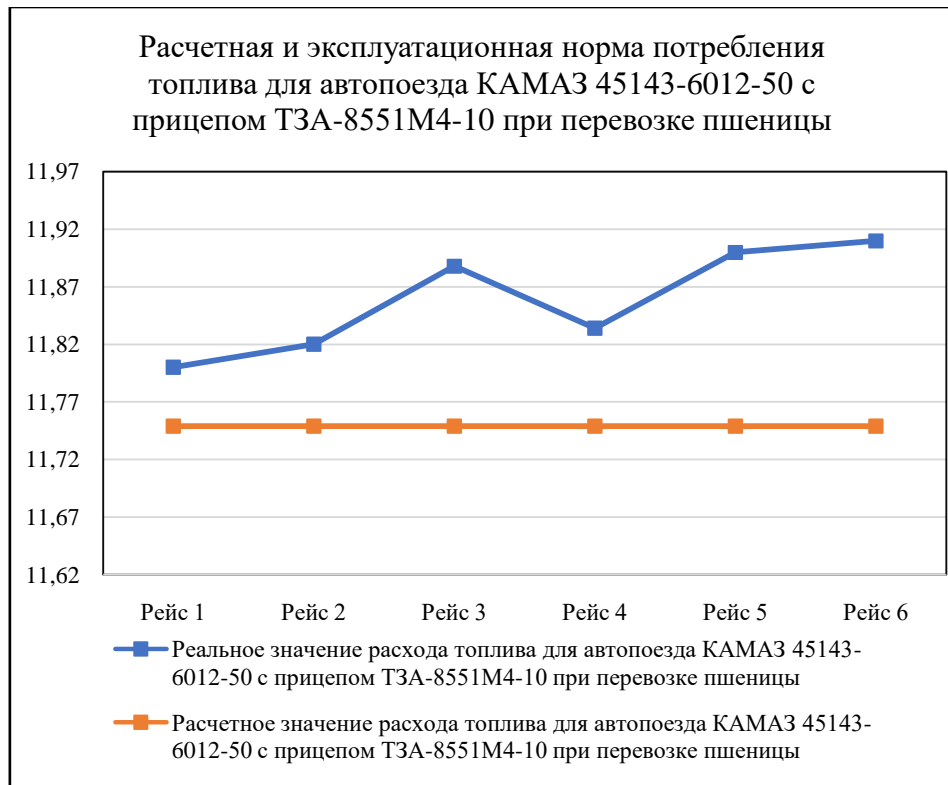


Рисунок 4.4 – Расчетная и эксплуатационная норма потребления топлива для автопоезда КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при перевозке пшеницы

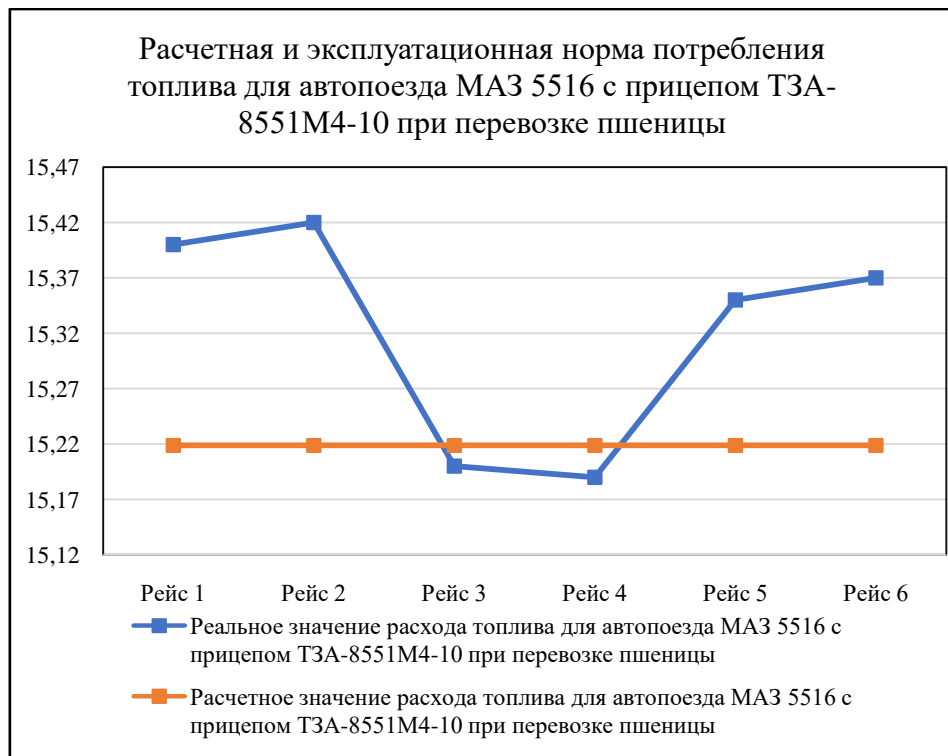


Рисунок 4.5 – Расчетная и эксплуатационная норма потребления топлива для автопоезда МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М 4-10 при перевозке пшеницы

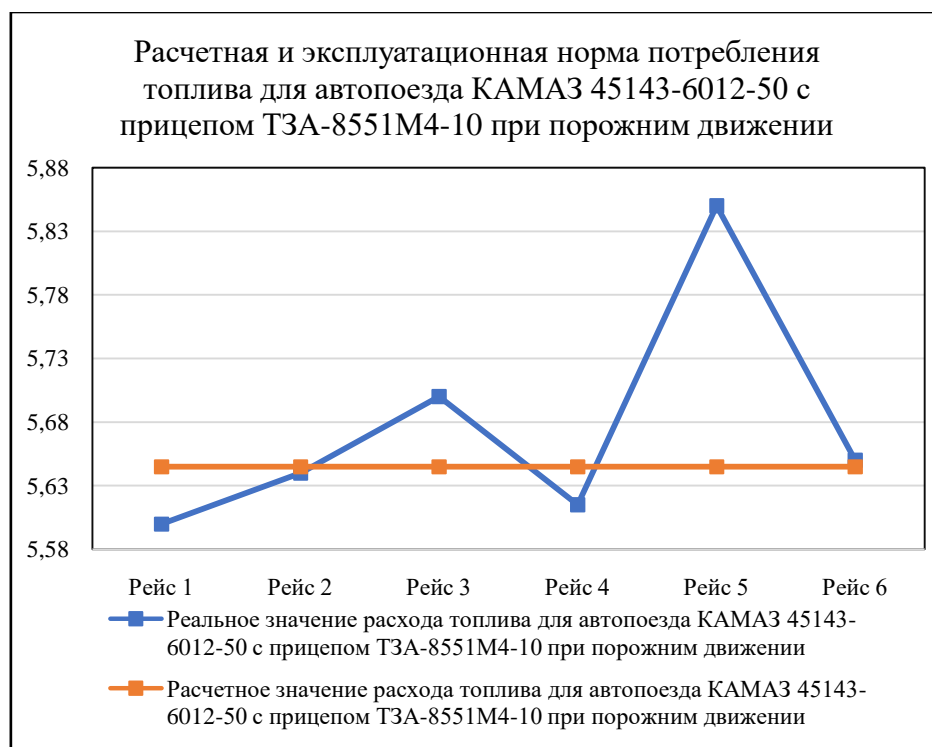


Рисунок 4.4 – Расчетная и эксплуатационная норма потребления топлива для автопоезда КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движении

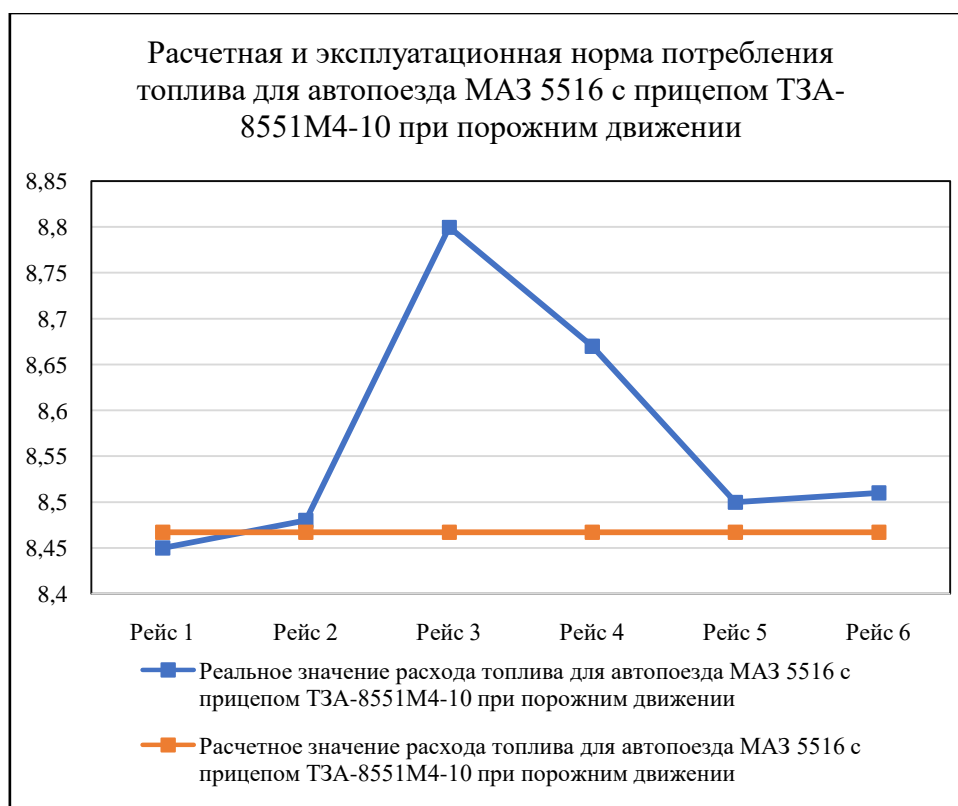


Рисунок 4.5 – Расчетная и эксплуатационная норма потребления топлива для автопоезда МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движении

Таблица 4.3 – Результаты замеров потребления топлива автосцепками КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 и МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при движении с грузом и без груза

Транспортное средство с прицепом	Рейс 1		Рейс № 2		Рейс № 3		Рейс № 4		Рейс № 5		Рейс № 6	
	с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10	11,8	5,6	11,82	5,64	11,888	5,7	11,834	5,615	11,9	5,85	11,91	5,65
МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10	15,4	8,45	15,42	8,48	15,2	8,8	15,19	8,67	15,35	8,5	15,37	8,51

4.3 Выводы по 4 главе

1 Применение цифрового решения в виде компьютерной программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» позволяет спрогнозировать объемы топливных затрат автопарком предприятия.

2 На основании расчетных значений затрат топлива, полученных с помощью компьютерной программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна», можно определить состав транспортного парка, необходимого для уборки урожая в каждом конкретном случае.

3 Применение программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна» позволяет на основании расчетных значений потребления топлива автомобилем или автопоездом выбрать оптимальный маршрут движения автомобиля с грузом и без, когда под критерием оптимальности выбирается значение топливных затрат на организацию перевозки.

4 Значения топливных затрат автомобилями, полученные в рамках экспериментальных заездов, приближены к значениям, полученным расчетным путем с помощью разработанной программы. Более подробный анализ полученных результатов эксперимента приведен во главе 5 данной работы.

5 Анализ эффективности цифрового решения

5.1 Анализ результатов экспериментальных заездов

Эксперименты по определению эксплуатационных норм потребления топлива автомобилями при выполнении транспортной работы и при порожним движении, проведенные в ходе выполнения данной работы, подтвердили эффективность разработанного цифрового решения в виде компьютерной программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна».

Для оценки результатов эксперимента произведен расчёт статистических значений.

Среднее арифметическое значение результатов эксперимента (5.1) [16, 98]:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{n}, \quad (5.1)$$

где Y_i – результаты отдельного эксперимента;

i – порядковый номер эксперимента, $i = 1, 2, 3, \dots, n$;

n – число проведенных экспериментов.

Таким образом, среднее арифметическое значение результатов топливных затрат для перевозки пшеницы автомобилем КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 составляет 11,859, а значение топливный затрат для данного автопоезда при порожним движении составляет 5,675. Среднее арифметическое значение результатов топливных затрат для перевозки пшеницы автомобилем МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 составляет 15,322, а значение топливный затрат при порожним движении составляет 8,568.

Среднее квадратичное отклонение (5.2) [25, 26]:

$$S = \sqrt{\sum (Y_i - \bar{Y})^2 / (n - 1)}, \quad (5.2)$$

Среднее квадратическое отклонение для описанных выше результатов составляет, соответственно:

- для расхода топлива автомобилем КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при перевозке пшеницы $-0,0423$;
- для расхода топлива автомобилем КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движении $-0,08398$;
- для расхода топлива автомобилем МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при перевозке пшеницы $-0,09227$;
- для расхода топлива автомобилем МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движении $-0,12509$.

Стоит отметить, что отличие расчетной величины топливных затрат от реальных значений, полученных в результате эксперимента, возникает в следствие воздействия иных факторов, описанных в пункте 2.1. Так как во время проведения эксперимента климатические характеристики оставались практически неизменными, то причиной увеличения или снижения топливных затрат в сравнении с расчетными значениями зависит от человеческого фактора. Среди таких факторов может быть неправильный выбор скоростного режима, движение транспортного средства на передаче, не соответствующей текущим условиям, непредвиденные торможения или ускорения и т.д.

Проведем сопоставление фактического значения топливных затрат к прогнозным показателям. Результаты сопоставления представлены в таблице 5.1. В качестве абсолютного фактического значения используется среднее арифметическое значение.

Таким образом, расчетные значения, полученные с помощью цифрового решения в виде разработанной программы, отличаются от реальных значений в среднем на $0,9 - 1,2\%$.

В результате определения оптимальных маршрутов для транспортировки зерна на внутривозвездных перевозках, основываясь на расчетных прогнозах потребления топлива автомобилями, задействованными при перевозке зерновых культур, во время уборочной кампании на сельскохозяйственном предприятии

ООО «Аграрий» Касимовского района Рязанской области при оказании транспортных услуг ООО «Силумин», удалось сократить топливные затраты на 24 252 руб.

Таблица 5.1 – Сопоставление фактического и расчетного расхода топлива транспортными средствами, участвующими в эксперименте

Транспортное средство с прицепом	Эксплуатационная норма расхода топлива		Абсолютное отклонение, л	Относительное отклонение, %
	Расчетное значение	Фактическое значение		
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при перевозке пшеницы	11,749	11,859	-0,11	100,9
МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при перевозке пшеницы	15,219	15,322	-0,103	100,67
КАМАЗ 45143-6012-50 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движением	5,645	5,675	-0,03	100,53
МАЗ 5516 с прицепом ТЗА-8551М4-10 при порожним движением	8,467	8,568	-0,101	101,2

5.2 Выводы по 5 главе

1 На основании экспериментальных значений доказана корректность расчетов топливных затрат, выполненных с помощью цифрового решения в виде разработанной программы «Расчет топливных затрат при внутрихозяйственных перевозках зерна».

2 Расчетные значения, полученные с помощью цифрового решения в виде разработанной программы, отличаются от реальных значений, полученных на экспериментальных заездах, в среднем на 0,9 - 1,2%.

3 За счет выбора оптимального маршрута, где в качестве критерия оптимальности принимался наименьший объем топлива, расходуемый автомобилем, на предприятии удалось сократить топливные затраты на 24 252 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Анализ работ по исследованию внутрихозяйственных перевозок зерна показал, что при проведении уборочной кампании транспортные перевозки характеризуются большими объемами перевозок в кратчайшие сроки. Поэтому тема совершенствования хозяйственных перевозок зерна крайне актуальна, так как требует оптимизировать применяющиеся технологии транспортных процессов для повышения эффективности производства с минимальными вложениями денежных средств.

2 В результате анализа основных затрат на возделывание зерновых культур было выявлено, что транспортные затраты составляют от 30 до 50% всех затрат на возделывание, при этом на топливные затраты приходится 30...40% всех затрат на организацию транспортных процессов.

3 Объем потребляемого топлива автомобилем в большей степени зависит от технического состояния его двигателя и условий эксплуатации. В результате анализа были выявлены следующие факторы, оказывающие влияние на значение потребления топлива автомобилем: масса перевозимого груза, срок эксплуатации транспортного средства, эксплуатация транспортного средства после проведения капитального ремонта двигателя и в сложных дорожных условиях (колейность, движение по полю/пересеченной местности и другие).

4 При испытательных заездах по определению влияния выявленных факторов, было установлено, что при эксплуатации автомобиля более 8 лет (или 150 тыс. км пробега) расход топлива автомобилем увеличивается приблизительно на 10%; уровень потребления топлива автомобилем, на котором произведен капитальный ремонт двигателя, увеличивается в среднем на 9,65%; при движении автомобиля по грунтовым дорогам потребление топлива возрастает на 30%.

5 Разработанное цифровое решение позволяет определить оптимальный маршрут внутрихозяйственных перевозок зерна. За счет перераспределения транспортных потоков удалось сократить топливные затраты на 24 252 руб.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Сельскохозяйственным предприятиям рекомендуется использовать разработанное цифровое решение в виде компьютерной программы по оптимизации маршрута перевозок.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении совершенствования внутрихозяйственных перевозок на сельскохозяйственных предприятиях во взаимосвязи транспортных средств и зерноуборочных комбайнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонькин, Ф.Н. Текущий ремонт автомобилей [Текст] / Ф.Н. Авдонькин. - М: Транспорт, 1978. - 269 с.
2. Алгоритм расчета допускаемых режимов работы энергетических и технико-экономических показателей МТА и его реализация в среде MAPLE [Текст] / Н.Г. Очиров, В.А. Эвиев, Б.И. Беляева, С.Д. Хулхачиева // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – Т. 4. – № 40. – С. 76-84.
3. Алгоритм расчета математической модели эксплуатационных показателей МТА в среде MAPLE [Текст] / Н.Г. Очиров, В.А. Эвиев, Б.И. Беляева, С.Д. Хулхачиева // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – Т. 3. – № 39. – С. 55-63.
4. Алмазов И.В. Результаты исследований расхода топлива транспортными средствами на перевозках рулонов сена / И.В. Алмазов, А.И. Ряднов, А.В. Федоров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2020. - Т. 13. - № 4 (67). - С. 115-121.
5. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований устойчивости движения тракторного поезда / А.В. Бортник, И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.А. Голиков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. –2020. – № 164. - С. 222 – 231.
6. Анализ современного состояния и перспективы развития техники для внутрихозяйственных перевозок / И.А. Успенский, А.А. Симдянкин, И.А. Юхин, О.В. Филюшин // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2016. - С. 202- 207.
7. Аникин, Н. В. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции [Текст] / Н. В. Аникин, Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Перспективные направления развития

автотранспортного комплекса: II Международная научно-производственная конференция - Пенза: Изд-во ПГУАС, 2009. - С. 111-113.

8. Астахов, И.В. Топливные системы и экономичность дизелей / И.В. Астахов, Л.Н. Голубков, В.Н. Трусков. – М.: Машиностроение. – 1990. – 288 с. – Текст непосредственный.

9. Безносюк Р.В. Вероятность равномерной загрузки транспортного средства / Безносюк Р.В., Рембалович Г.К., Чернышев А.Д. // Международный технико-экономический журнал. - 2019. - № 3. - С. 16-21.

10. Белю Л.П. Анализ факторов, влияющих на производственный процесс внутрирайонной перевозки сельскохозяйственных грузов [Текст] / Л.П. Белю, Д.С. Рябчиков, Е.В. Горин и др. // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса: Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань: РГАТУ, 2019 – С. 54-62.

11. Белю Л.П. Влияние окружающей среды на транспортные перевозки сельхозпродукции [Текст] / Л.П. Белю // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Материалы Международной научно-практической конференции – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.Л. Огарева, 2018. – С. 473-478.
https://ops.fhwa.dot.gov/weather/q1_roadimpact.htm

12. Белю Л.П. Использование сетевого планирования при грузоперевозках сельскохозяйственной продукции [Текст] / Л.П. Белю // Актуальные вопросы применения инженерной науки: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции – Рязань: . – РГАТУ, 2019 – С. 219-224.

13. Белю Л.П. Оценка повреждения яблок в таре на автомобильных перевозках агропромышленного комплекса: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Белю Л.П. - Рязань, 2020. - 152 с.

14. Белю Л.П. Современные проблемы рационального использования автомобильного транспорта в сельском хозяйстве [Текст] / Л.П. Белю // Принципы

и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России – Рязань: РГАТУ, 2017 – С. 26-30.

15. Белю Л.П., Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / Симдянкин А.А., И.А. Успенский, Л.П. Белю, И.А. Юхин, О.В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – №2 С.346 – 356.

16. Берикашвили, В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы: учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Юрайт, 2022. - 164 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/493106> (дата обращения: 24.02.2022).

17. Большаков Н.А. Повышение эффективности сельскохозяйственных перевозок / Большаков Н.А., Дидманидзе О.Н. // Международный технико-экономический журнал. - 2021. - № 3. - С. 104-111.

18. Бышов Н.В. Методика комплексной оценки эффективности использования транспорта в сельскохозяйственном производстве / Н.В. Бышов, А.И. Ряднов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2019. - № 1 (41). - С. 104-108.

19. Бышов, Н.В. Некоторые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах [Электронный ресурс] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский и др. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/29.pdf>.

20. Бышов, Н.В. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК [Электронный ресурс] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков, С.Н. Кулик. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/09.pdf>, 1,688 у.п.л. – IDA [article ID]: 1221608009. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-123-009>

21. Ведрученко, В.Р. Влияние свойств разноразных топлив для дизелей на характеристики топливоподачи / В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, П.В. Литвинов. – Текст непосредственный // Вестник СибАДИ. – Омск. – 2016. – выпуск 2(48) – с. 44 – 49.

22. Волченкова, В.А. Вопросы транспортировки сельскохозяйственной продукции на послеуборочном этапе[Текст] / В.А. Волченкова, В.А. Шафоростов, И.А. Успенский, И.А. Юхин // В сборнике: Актуальные вопросы применения инженерной науки: материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань: Изд-во ФГБОУ ВО РГТУ, 2019. – С. 227-231.

23. Выбор транспортного средства для перевозки рулонов сена по затратам на топливо-смазочные материалы / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, И.В. Алмазов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2019. - № 1 (53). - С. 364-371.

24. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливopодающих систем дизелей: учебное пособие / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора. – Москва: Легион-автодата, 2013. – 292 с. – Текст непосредственный.

25. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. — 11-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2022. - 406 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488572>

26. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - Москва: Юрайт, 2022. - 479 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488573>

27. Голубев И.Г. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники / П.И. Бурак, И.Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2019. – №10. – С. 2-5.

28. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. - М.: Стандартинформ, 2020. – 28 с.

29. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки (издание официальное). – Москва: Издательство Стандартинформ, 2018 – 15 с.

30. ГОСТ Р 59120-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. - М.: Стандартинформ, 2021. – 23 с.
31. Гурвич, И.Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей [Текст] / И.Б. Гурвич, П.Э.Сыркин, В.И. Чумак. - М: Транспорт, 1994. - 144с.
32. Джабборов, Н.И. Методика оценки энергетической эффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве: Монография [Текст] / Н.И. Джабборов, В.А. Эвиев, Д.С. Федькин. – Санкт-Петербург:– Элиста: Калмыцкий гос. ун-т им. Б. Б. Городовикова, 2016. - 94 с.
33. Джабборов, Н.И. Методика расчета энергоэффективности машинно-тракторных агрегатов [Текст] / Н.И. Джабборов, В.А. Эвиев, Н.Г.Очиров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 367-374.
34. Джабборов, Н.И. Оценка энергоэффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве [Текст] / Н.И. Джабборов, В.А. Эвиев, Н.Г. Очиров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 317-322.
35. Дидманидзе О.Н. Способы повышения мощности двигателей тракторов [Текст] / Дидманидзе О.Н., Девянин С.Н., Гузалов А.С.// В сборнике Чтения академика В.Н. Болтинского. Семинар: сборник статей. 2020. С. 233-239.
36. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 26 с.
37. Дорогочинская, В.А. Присадки к топливам и смазочным материалам. Учебное пособие [Текст] / В.А. Дорогочинская, А.М. Данилов, Б.П. Тонконогов - М: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2017. - 290 с.
38. Ерохин, М.Н Детали машин и основы конструирования: Учебное пособие [Текст] / М.Н. Ерохин, А.В. Карп, Е.И. Соболев и др. - М: Колосс, 2005. - 462 с.

39. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Е. Левшин. – Москва: Колос, 2005. – 320 с.

40. Зацепин А.Н. Применение инновационных методов оптимизации грузоперевозок агропродукции на примере картофеля / А.Н. Зацепин, В.А. Эвиев, П.П. Гамаюнов // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань, 2020. С. 252-257.

41. Зернов В.Н. Кто решает, какие тракторы нужны сельхозпроизводителю? / В.Н. Зернов, С.Н. Петухов, А.Г. Пономарев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 1. С. 136-148.

42. Измайлов, А.Ю. Автотранспорт для перевозки сельскохозяйственных грузов [Текст] / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – №2. – С. 19-23.

43. Измайлов, А.Ю. Интенсивные машинные технологии и новая техника для производства продукции растениеводства и животноводства [Текст] / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Сб.: Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур – Тверь: Материалы Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 11-18.

44. Измайлов, А.Ю. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции [Текст] / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 7. – С. 2-6.

45. Измайлов, А.Ю. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования [Текст] / А.Ю. Измайлов, В.А. Макаров // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 6. – С. 3-9.

46. Измайлов, А.Ю. Модернизация технологий транспортирования селекционного урожая [Текст] / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, Р.К. Курбанов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 2. – С. 6-8.

47. Измайлов, А.Ю. Развитие интенсивных машинных технологий и техники нового поколения для производства основных групп продовольствия [Текст] / А.Ю. Измайлов, Ю.А. Иванов, Ю.Х. Шогенов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 2 (26). – С. 20-31.

48. Измайлов, А.Ю. Развитие транспортной и погрузочно-разгрузочной техники в сельском хозяйстве [Текст] / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, А.Ю. Васильев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 2 . – С. 14-18.

49. Измайлов, А.Ю. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции [Текст] / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 5. – С. 2-5.

50. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса [Текст] / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, В.М. Бейлис, Ю.С. Ценч // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. – Москва: Издательство ФНАЦ ВИМ, 2019.

51. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Часть 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу: монография / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, В.М. Бейлис, Ю.С. Ценч - Москва: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2019. – 228 с. - ISBN 978-5-94600-040-6.

52. Инновационная техника для транспортировки продукции растениеводства [Текст] / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков, и др. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 55 – летию института механики и энергетики. 16 – 19 октября 2012 г., Саранск. – Саранск: Мордовский ГУ, 2012. – С. 223 – 227.

53. Инновационное технологическое обеспечение производства овощных культур: монография / А.С. Дорохов, А.В. Сибирев, А.Г. Аксенов [и др.]. – Москва: ООО "Цифровичок", 2022. – 318 с. - ISBN 978-5-91587-257-7

54. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства [Текст] / И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. Г. Селиванов, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // Техника и оборудование для села. – 2013. - №7. – С. 6 – 8.

55. Инновационные решения в технологиях и технике внутрихозяйственной перевозки плодоовощной продукции растениеводства.[Текст]/ Юхин И.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Булатов Е.П., Тужиков И.В., Пименов А.Б.// Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства. Сборник докладов Международной научно-технической конференции – Москва, 2011- С. 395-403.

56. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в растениеводстве [Текст] / Г. К. Рембалович, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, и др. // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства. Материалы Международной научно-технической конференции: Сборник научных трудов ГНУ ВИМ Россельхозакадемии – Москва: Издательство ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – Том 2. – С. 455 – 460.

57. Иншаков, А.П. Основы расчета и испытания автотракторных двигателей. Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.П. Иншаков - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. - 212 с.

58. К вопросу создания экологически безопасных всесезонных автомобилей сельскохозяйственного назначения [Текст] / З.А. Годжаев, А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, М.Л. Крюков // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 3. – С. 48-52.

59. Коновалов, В.В. Обеспечение чистоты дизельного топлива при заправке сельскохозяйственной и транспортной техники: автореф. дис. ... канд.

техн. наук: 20.05.2003 / В.В. Коновалов. – Москва, 2013. – 20 с. – Место защиты: Московский. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина.

60. Киселев И.А. Анализ способов и технологий хранения сельскохозяйственной техники / И.А. Киселев // Новая наука: стратегии и векторы развития. – 2016. – № 118-2. – С. 180-182.

61. Колосов, А.А. Способ и устройство для контроля и прогнозирования процесса обкатки двигателя внутреннего сгорания: дис.канд. техн. наук: 05.20.03 [Текст]/ Колосов Александр Анатольевич. – Рязань, 2004. – 130с.

62. Колупаев, С.В. Анализ процесса выгрузки сельскохозяйственной продукции из усовершенствованного кузова тракторного прицепа / С.В. Колупаев, И.А. Юхин, И.А. Успенский и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ. – 2015. – №08(112). – С.778–801. –URL:<http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/58.pdf>.

63. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года [Текст] / Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всероссийский науч.-исследовательский ин-т механизации сельского хоз-ва (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии), М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. Бюджетное науч. учреждение "Российский науч.-исследовательский ин-т информ. и технико-экономических исслед. по инженерно-техническому обеспечению агропром. комплекса" (ФГБНУ "Росинформагротех") ; [разраб.: А. Ю. Измайлов и др.]. - Москва : ВИМ, 2013. - 87 с.

64. Концепция создания семейства многоцелевых агрегатов к перспективным энергосредствам для зерновых, пропашных и кормовых культур. Методологические основы проектирования технологического процесса работы инновационных рабочих органов для уборки овощных культур [Текст] / А.Г. Пономарев, А.Г. Аксенов, А.В. Еремченко и др. // Отчет о НИР (Федеральное агентство научных организаций).

65. Крагельский, И.В. Узлы трения машин: Справочник [Текст] / И.В. Крагельский, Н.М. Михин. – М: Машиностроение, 1984. – 280 с.

66. Кудрявцев, К. Я. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / К. Я. Кудрявцев, А. М. Прудников. — 2-е изд. — Москва: Юрайт, 2021. — 140 с. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/474784>
67. Лаборатория топливных систем МГТУ им. Баумана. Текст: электронный // О программном комплексе «Впрыск». – МГТУ им. Баумана.– URL: <http://www.energy.bmstu.ru/e02/inject/i03rus.htm/>
68. Лебедев, А.Т. Улучшение показателей эффективности использования энергетических средств с дизельными двигателями модернизацией распылителей форсунок. Текст: электронный / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, Х.Л. Губжоков, А.Л. Болотоков / Наука в центральной России – № 5(35). – 2018. – с. 71-77. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36296207>.– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
69. Модель цифрового сельского хозяйства / Астахова Т.Н., Колбанев М.О., Романова А.А., Шамин А.А. // International Journal of Open Information Technologies. - 2019. - Т. 7. - № 12. С. 63-69. Метод комплексной оценки качества выполнения технологических операций энергоресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля / Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А. // Агроинженерия. - 2022. - Т. 24. - № 1. - С. 12-16.
70. Морозова Е.А. Технологии получения данных о внутрихозяйственном движении сельскохозяйственной продукции / Е.А. Морозова, П.П. Гамаюнов, В.А. Эвиев // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: материалы Международной студенческой научно-практической конференции. –Рязань, 2020. С. 299-303.
71. О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»: Распоряжение от 14.03.08 N АМ-23-р Министерство Транспорта Российской Федерации. // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76009/
72. Обоснование выбора оптимального маршрута транспортировки зерна при внутрихозяйственных перевозках [Текст] / А.С. Степашкина, Н. В. Лимаренко, И.А. Успенский и др. // Вестник РГАТУ. – 2022. – №1. – С.141-150.

73. Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях / А.Ю. Измайлов, В.Ф. Рожин, Е.П. Шилова [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2018. - Т. 12. - № 1. - С. 4-9.

74. Основы разработки автоматизированных машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки овощных культур и картофеля с цифровыми системами управления / Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. и др. // Инженерные технологии и системы. - 2022. - Т. 32. - № 1. - С. 145-173.

75. Пат. РФ № 105233, МПК51 В 60 Р 1/28 Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции / Успенский И.А., Булатов Е.П., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д., Юхин И.А. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева - № 2010119314; – Заявл. 13.05.2010; Оpubл. 10.06.2011; Бюл. № 16. – 2 с. : ил.

76. Пат. РФ № 161488, RU, МПК В60R 9/00; В60Р 1/00. Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства / Филюшин О.В., Голиков А.А., Успенский И.А., Юхин И.А. и др. – Оpubл. 20.04.2016; Бюл. № 11.

77. Пат. РФ № RU 194128 U1. Самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции. / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Рябчиков Д.С., Юхин И.А., Безносюк Р.В., Голиков А.А., Горин Е.В., Зацепин А.Н., Морозова Е.А., Кондауров Д.А. – Оpubл. 28.11.2019.

78. Патент №2636569 Российская Федерация, МПК В65D 85/34; В65D 81/05. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции: № 2016120142: заявл. 24.05.2016: опубл. 23.11.2017 / Юхин И.А., Голиков А.А., Симдянкин А.А. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО РГАТУ. – 5 с.

79. Повышение эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при выполнении энергоемких процессов (на

примере картофеля): монография / С.Н. Борычев, Д.Н. Бышов, Н.В. Бышов [и др.]. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2015. – 402 с. – ISBN 978-5-98660-256-1

80. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности МТА с упруго закрепленными рабочими органами [Текст] / Д.С. Гапич, В.А. Эвиев, Р.А. Косульников, С.А. Чумаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 312-318.

81. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности МТА с упруго закрепленными рабочими органами / Д.С. Гапич, В.А. Эвиев, Р.А. Косульников, С.А. Чумаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2018. - № 1 (49). - С. 312-318

82. Проблемы и перспективы транспортной техники на селе / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №03(107). С. 443 – 458. – IDA [article ID]: 1071503031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/31.pdf>, 1 у.п.л.

83. Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса / А.Ю. Измайлов, А.А. Артюшин, Н.Е. Евтюшенков [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2016. - № 2. - С. 5-10.

84. Результаты полевых испытаний модернизированных транспортных средств [Текст] / И.А. Юхин, И.А. Успенский, Д.С. Рябчиков, Н.М. Воронкин // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 7. – С. 14-16.

85. Рябчиков, Д.С. Анализ используемых транспортных средств для перевозки сельскохозяйственной продукции [Текст] / Д.С. Рябчиков, М.М. Ляшин, П.В. Ефимов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 1 (10). – С. 212-214.

86. Ряднов А.И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур / Ряднов А.И. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 349-356.

87. Ряднов А.И. Снижение травмирования зерна при уборке зерновых культур / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, К.В. Соколов // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. - Воронеж, 2021. С. 168-173.

88. Ряднов, А.И. Выбор транспортного средства для перевозки рулонов сена по затратам на топливо-смазочные материалы [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, И.В. Алмазов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. –2019. – № 1 (53). – С. 364-371.

89. Ряднов, А.И. Использование грузоподъемности транспортных средств на перевозке рулонов сена [Текст] / А.И. Ряднов, И.В. Алмазов // Сб.: Современное научное знание в условиях системных изменений: материалы Первой национальной научно-практической конференции. Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Тарский филиал, 2016. – С. 227-230.

90. Ряднов, А.И. Обоснование высоты бокового борта грузовой платформы для перевозки рулонов сена [Текст] / А.И. Ряднов, И.В. Алмазов // Научное обозрение. – 2016. – № 9. – С. 98-102.

91. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А.А. Усольцев, А.А. Панова, И.А. Юхин, А.А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2021. – Т. 13. - № 3. – С. 106-112.

92. Снижение травмируемости сельскохозяйственной продукции при перевозке транспортными средствами с самосвальными кузовами [Текст] /А.А. Полункин, О.В. Филюшин, И.А. Успенский, и др. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов

международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф.Х. Бурумкулова. – Саранск: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», 2016. – С. 376-382.

93. Совершенствование транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при перевозке сельскохозяйственных грузов / В.А. Шафоростов, И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.А. Голиков // Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовноисполнительной системы: сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола. – Рязань, 2017. - С. 282-290.

94. Совершенствование транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при перевозке сельскохозяйственных грузов / Шафоростов В.А. [и др.] // Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовно-исполнительной системы: сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола. – Рязань: Академия ФСИН России, 2017. - С. 282-290.

95. Современные технологии и техника для сельского хозяйства - тенденции выставки Agritechnika 2019 / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, А.С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28-40.

96. Степашкина, А.С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств за счет увеличения номинального объема кузова при выполнении зерноуборочных работ [Текст] // Вестник РГАТУ. – 2021. - №2 – С. 122-127.

97. Стратегия развития интеллектуальных транспортных систем / Рембалович Г.К., Андреев К.П., Аникин Н.В. и др. // В сборнике: актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2020. С. 147-152.

98. Татарников О. В. Линейная алгебра и линейное программирование. Практикум: учебное пособие для вузов / Л. Г. Бирюкова, Р. В. Сагитов; под общей редакцией О. В. Татарникова. — Москва: Юрайт, 2021. - 53 с. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/471976>

99. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 2062 – 2077. – IDA [article ID]: 1011407136. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/136.pdf>.

100. Уменьшение энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля) / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, О.В. Филюшин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). С. 375 – 398. – IDA [article ID]: 1201606025. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/25.pdf>, 1,5 у.п.л.

101. Универсальные транспортные средства для выполнения транспортно-погрузочных работ при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). С. 1231 – 1242. – IDA [article ID]: 0931309084. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/84.pdf>.

102. Федеральная служба государственной статистики «Росстат» – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 21.01.2022). Цифровизация сельского хозяйства в контексте повышения конкурентоспособности отечественного АПК / Айтпаева А.А. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. - 2019. - № 3. - С. 56-63.

103. Федоренко, В.Ф. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по материалам международной выставки «Agritechnica-2015», научно аналитический обзор): Монография [Текст] / В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольпяпин, Н.П. Мишуров. – Москва: Издательство Росинформагротех, 2016. – 220 с.

104. Byshov N V, Borychev S N, Kashirin D E, Kokorev G D, Kostenko M Y, Rembalovich G K, Simdyankin A A, Uspensky I A, Shemyakin A V, Yukhin I A, Danilov I K, Ryadnov A I and Kosul'nikov R A 2018 ARPN Journ. of Engin. and Applied Scien. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation 10 3502-3508.

105. Causes of fruit bruising on transport trucks / O'Brien M., Claypool L.L., ect. – Hilgardia, 1963. - №6. - vol. 35. - p. 113-124.

106. I A Uspenskiy, G K Rembalovich, I A Yukhin, D S Ryabchikov and A S Stepashkina. Development and testing of a conveyor for detecting various types of vehicles when transporting agricultural products from the field. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 832 (2020) 012059 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/832/1/012059

107. Improving the method of freight vehicles' traffic modeling: Совершенствование методики моделирования грузового движения [Текст] / Е. В. Горин, Е.А. Морозова, А.Н. Зацепин, Д.С. Рябчиков // Transportation Research Procedia. – 2018. – С. 213-219.

108. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex / N V Byshov, S N Borychev, I A Uspensky [идр.] // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012145 - doi:10.1088/1755-1315/341/1/012145

109. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. / N.V. Byshov, S.N. Borychev, A.A. Simdyankin [идр.] // ACM International Conference Proceeding Series. 2018. - pp. 176-179.

110. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S N Borychev, I A Uspensky, A Yukhin [и др.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 965 (2022) 012048 doi:10.1088/1755-1315/965/1/012048.

111. N V Byshov, S N Borychev, I A Uspensky, I A Yukhin, A A Golikov, O V Filyushin. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex. Conference on Innovations in Agricultural and Rural development: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012145 - doi:10.1088/1755-1315/341/1/012145

112. N.V. Byshov, S.N. Borychev, A.A. Simdyankin, I.A. Yukhin, A.A. Golikov. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. (2018) ACM International Conference Proceeding Series, pp. 176-179.

113. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N V Byshov, S N Borychev, D E Kashirin [и др.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - VOL. 13, № 10, MAY 2018 – pp. 3502-3508.

ПРИЛОЖЕНИЕ



«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ФГБОУ ВО РГАТУ
А.В. Шемякин

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) в лице научного руководителя работы д.т.н., профессора Успенского Ивана Алексеевича и представитель ООО «Силумин» в лице генерального директора Сеницина Павла Сергеевича, составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Степашкиной Алены Сергеевны на тему: «Совершенствование внутрихозяйственных перевозок зерна», выполненной на кафедре «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО РГАТУ внедрены в производственную деятельность ООО «Силумин».

Внедрение полученных результатов при оказании транспортных услуг ООО «Силумин» сельскохозяйственному предприятию ООО «Аграрий» с учетом рекомендаций ФГБОУ ВО РГАТУ по перевозке насыпного груза в виде зернопродукции позволило предприятию получить технико-экономический эффект от применения программы ЭВМ по определению оптимального маршрута движения транспортных средств при перевозке зерна равный 24 252 рубля.

В научно-исследовательской работе принимали участие:

д.т.н, профессор И.А. Успенский

к.т.н. Д.С.Рябчиков

соискатель А.С. Степашкина

Представитель ФГБОУ ВО РГАТУ
Научный руководитель работы

Генеральный директор ООО
«Силумин»



д.т.н., проф И.А.Успенский

М.П. «14» июня 2022 г.



П.В. Сеницин

М.П. «14» июня 2022 г.