

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



Кожин Сергей Александрович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

Научный руководитель:
Доктор технических наук, доцент
Шемякин Александр Владимирович

Рязань 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	9
1.1. Анализ состояния машинотракторного парка сельскохозяйственных предприятий	9
1.2. Анализ причин и факторов снижения ресурса автотракторных дизельных двигателей	19
1.3. Анализ способов повышения надежности и эффективности функционирования сельскохозяйственных агрегатов	25
1.4. Анализ выполненных исследований причин и факторов снижения ресурса и повышения эффективности функционирования автотракторных дизельных двигателей	32
1.5. Постановка цели и задач исследования	37
Заключение	38
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ В АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ Д - 240/243	39
2.1. Теоретические предпосылки к повышению эффективности функционирования автотракторных дизельных двигателей на основе модернизации системы питания	39
2.2. Конструктивно-технологическая схема устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях д-240/243	46
2.3. Обоснование параметров устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях Д-240/243	52
Выводы	70
3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ	71

3.1. Методика лабораторных исследований эффективности функционирования силового агрегата с устройством воздухоподготовки	71
3.2. Методика сравнительных исследований надежности автотракторных дизельных двигателей с предложенной системой воздухоподготовки	72
3.3. Методика проведения исследований в полевых условиях	74
3.4. Выводы	88
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	89
4.1. Результаты экспериментального обоснования параметров устройства воздухоподготовки	89
4.2. Результаты лабораторных исследований эффективности функционирования автотракторного дизельного двигателя с устройством воздухоподготовки	98
4.3. Результаты диагностики сравнительных исследований автотракторных дизельных двигателей	109
4.4. Результаты проведенных исследований в полевых условиях	119
4.5 Выводы	122
5. Экономический эффект от применения устройства воздухоподготовки автотракторных дизельных двигателей	123
5.1. Выводы	130
6. Заключение	131
7. Список литературы	132
8. Приложения	151

ВВЕДЕНИЕ

Тенденция развития рынка тракторной техники применяемой в агропромышленном комплексе обладает уверенным ростом начиная с 90-х годов XX века, и по сегодняшний день. В настоящее время на территории Российской Федерации показатель количества автотракторной техники с дизельным двигателем превышает 4,1 млн. шт., а в мире более 62 млн. единиц техники, и темпы роста сохраняются. Одновременно с этим повышается количество аварийных и резервных дизельных и бензиновых агрегатов, используемых в сфере сельского хозяйства. В сельском хозяйстве широко используют сельскохозяйственную технику и транспортные машины отечественного производства, с самыми распространенными автотракторными дизельными двигателями Д-240, Д-243. В силу больших экономических затрат постоянное обновление парка автомобилей и техники не представляется возможным.

Неэффективность сервисного обслуживания техники, нарушение интервалов технического обслуживания, и алгоритмов операций проводимых при техническом обслуживании приводят к тому, что 34-40% техники вышедшей из строя на 35...40% не исчерпали ресурс, заложенный в части ее агрегатной базы на заводе изготовителе. Исходя из этой статистики можно с уверенностью заявить, что значимость и актуальность проведения научной работы в области повышения ресурса и надежности основных нагруженных агрегатов, одновременно с эффективностью функционирования агрегатов, очень важное и перспективное направление, как с экономической, так и с научной точки зрения.

Одним из ключевых параметров эффективной функционирования и использования автотракторных дизельных двигателей является правильное образование топливно-воздушной смеси поступающей в цилиндры двигателя. От этого параметра зависит качество воспламенения топливной смеси, скорость и эффективность ее сгорания, полнота сгорания в рабочем объеме камеры сгорания двигателя. Внести кардинальные изменения в процессы происходящие в двигателе внутреннего сгорания практически невозможно, не усложнив конструкцию агрегата, но оптимизировать, и снизить потери движения

воздушных потоков методом реализации систем воздухоподготовки — решаемая задача.

Оптимизация движения воздушных потоков по сечениям воздушных магистралей, снизив тем самым влияние некачественного изготовления трубопроводов, каверн, технологических ступеней, образуемых на пути движения воздуха — это путь повышения эксплуатационных, экологических, и экономических показателей автотракторных дизельных двигателей. Недостатки впускной системы подробно описаны и решены различными конструктивным схемами безагрегатного динамического наддува и различными устройствами воздухоподготовки.[63].

Таким образом, обоснование параметров устройства воздухоподготовки автотракторных дизельных двигателей, повышающего показатели функционирования сельскохозяйственных агрегатов, является важной народно-хозяйственной задачей.

Степень разработанности темы исследования.

Вопросами повышения эффективности функционирования использования агрегатов, звеньев, технологических комплексов, в разные годы посвящали свои научные труды: Н.В. Бышов, Р.А. Макаров, А.Н. Мирошниченко, С.Н. Борячев, А.Р. Асоян, А. П. Иншаков, И.А. Успенский, И. И. Курбаков, А.А. Иванов, А.П. Банник, Л.В. Бармашов, А. Н. Кувшинов, А.В. Котин, Г.А. Борисов. Так же занимались схожими проблемами увеличения ресурса основных энергонагруженных деталей и агрегатов сельскохозяйственной техники, В.Н. Болтинский, Г.Д. Кокорев, В.Н. Гришко, М.Ю. Костенко, А.С. Зоробян, Н.Н. Киселев, А.В. Шемякин, А. В. Филин, Б.П. Загородских, Н.А. Щетинин, М.А. Захаров, В.И. Шнурбайн. А так же Blumenthal R., Buberts S., Kittelson D.B., Nakhjiri, M., Vistamehr A.

Работа выполнена по плану НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 годы по теме 3 "Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве" в рамках раздела 3.3. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной

техники за счет разработки новых конструкций, методов и средств технического обслуживания, ремонта и диагностирования» (подраздел 3.3.3. «Технология и техническое средство для повышения мощности двигателя внутреннего сгорания машин сельскохозяйственного назначения»). Повышение эффективности функционирования использования силовых агрегатов соответствует Указу Президента Российской Федерации №221-ФЗ от 19.07.2018 и Федеральному закону № 196-ФЗ от 26.07.2018 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Цель работы — повышение показателей функционирования сельскохозяйственных агрегатов путем обоснования параметров устройства воздухоподготовки.

Объект исследования – технологический процесс воздухоподготовки в двигателе мобильных сельскохозяйственных агрегатов.

Предмет исследования – закономерности воздухоподготовки в двигателе мобильных сельскохозяйственных агрегатов.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Методика обоснования параметров создания устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях.
2. Закономерность подачи воздуха в зависимости от параметров устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях.
3. Зависимости влияния устройства воздухоподготовки на износ клапанов и деталей цилиндропоршневой группы автотракторных дизельных двигателей.

Практическую значимость работы составляют: уточнение, теоретически и экспериментально обоснованных параметров устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях; конструктивно-технологическая схема устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях.

Методы исследования. Обоснование рациональных параметров устройства воздухоподготовки проводилось по известным и по разработанным оригинальным методикам, в том числе с использованием пакетов программ «Microsoft Office»,

«STATISTICA v5», «SolidWork V14». Экспериментальные исследования осуществлялись с использованием теории планирования эксперимента. Обработка результатов исследований проведена методами математической статистики в программе «MathCAD v14.0». Планирование натурных испытаний проводилось с использованием методики, основанной на государственных стандартах.

Положения, выносимые на защиту:

1. Конструктивно-технологическая схема устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях.
2. Теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные параметры устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях.
3. Оценка технико-экономического эффекта автотракторных дизельных двигателей, оборудованных устройством воздухоподготовки.

Достоверность результатов исследований. Данные подтверждены в ходе проведения лабораторных и полевых испытаний на дизельном двигателе Д-241/243 с использованием измерительного оборудования 1 класса точности.

Результаты теоретических исследований в высокой степени сходятся с результатами натурных испытаний (сходимость 96,5%). Данные, полученные в ходе выполнения работы согласуются, с опубликованными в независимых источниках по тематике исследования.

Реализация результатов исследований.

Устройством воздухоподготовки оснащены 12 автотракторных дизельных двигателей выполняющие работы в ИП КФХ Кочкина Е.В. (РФ, Рязанская обл. Чучковский район) и КФХ Семенов А.А. (РФ, Рязанская обл. Сасовский район) в период с 2017-2018 год.

Разработка рекомендована к внедрению Министерством сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области в хозяйствах Рязанской области, а так же на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения, №СД 15-7382 от 14.10.2016.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в постановке основных научных задач, являющихся предметом исследования, разработке идеи, теоретической модели устройства воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей. Постановке экспериментов, проведении испытаний, получении и обработке данных результатов, изложенных в диссертации и опубликованных в научных печатных изданиях.

Апробация работы.

Результаты диссертационного исследования обсуждены на научно-практических конференциях Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева (2015-2017 гг.), Воронежского ГАУ им. Императора Петра I. (2015-2018), Воронежской ГЛУ им. Г.Ф.Морозова. (2015-2018).

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ, получен патент на полезную модель №174143. Общий объем публикаций составляет 2,9 п.л., из которых 1,01 п.л. принадлежит лично соискателю.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 147 наименований, 5 приложений. Работа изложена на 168 страницах, включает 49 рисунков и 25 таблиц.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Анализ состояния машинотракторного парка сельскохозяйственных предприятий

В условиях современной экономической и политической обстановки, следует уделить внимание энергетической безопасности агропромышленного сектора России. Сельское хозяйство и транспортные работы в нем являются перспективным направлением развития энергосберегающих технологий и методик повышения качества работы двигателя внутреннего сгорания (далее ДВС). От рациональности использования топливных ресурсов энергетическими машинами и коэффициента полезного действия (далее КПД) механизмов, выполняющих производственные и транспортировочные процессы, зависит экономическая и продовольственная безопасности страны[4].

Важную роль играют не только квалифицированные кадры на местах, но и уровень технического совершенства производственного процесса. Сфера агропромышленного комплекса (далее АПК) и транспорта использует производственные и транспортировочные машины, оснащенные силовыми агрегатами работающими на дизельном топливе[10]. Соотношение использования ДВС по типам топлива в АПК представлено на рисунке 1.1.

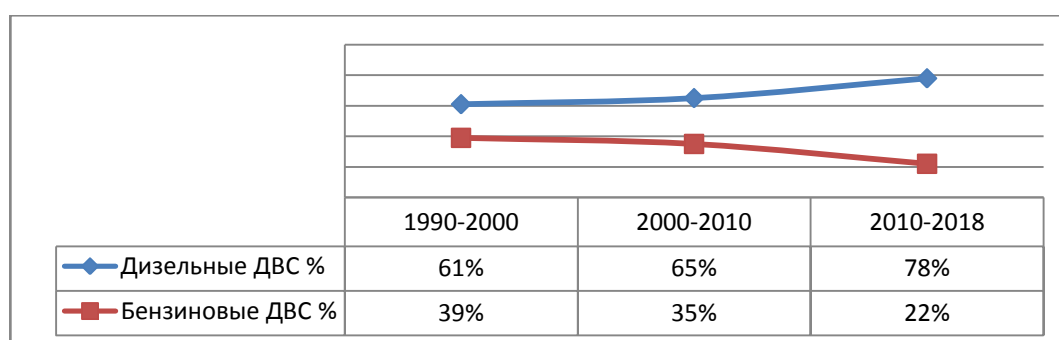


Рисунок 1.1. – Соотношения использования ДВС по типу топлива.

Именно ДВС позволяет производить работу по обработке полей, уборке, транспортировке и переработке урожая. Обеспечивает транспортную безопасность России, а значит, отвечает критериям национальной

безопасности[45]. Направления использования ДВС в АПК представлены на рисунке 1.2.

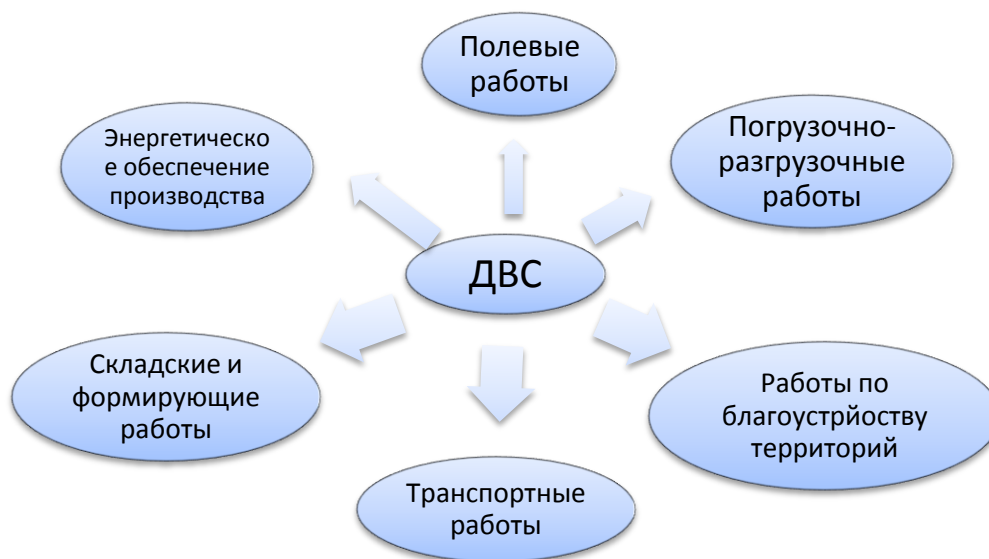


Рисунок 1.2. – Сферы применения ДВС в АПК.

Применение неэкономичных двигателей с низким КПД приводит к существенным экономическим потерям. В масштабе частного крестьянско-фермерского хозяйства это убытки, и неспособность к дальнейшему развитию фермерства или производства. В масштабе страны это серьезная брешь в ее внутренней экономической политике[25] и помеха в развитии приоритетных национальных проектов по восстановлению села, частного предпринимательства, крестьянско-фермерских хозяйств и кооперативов.

В России с каждым годом возрастает применение дизельных двигателей в АПК, это один из аспектов поддержки государством направления развития энергетической безопасности[28,102]. Применение ДВС с большим КПД — это рациональное и экономически обоснованное решение, имеющее положительное влияние на энергетическую безопасность государства.

На основании анализа информации, основной упор исследований следует сделать именно на данный тип энергетической машины, как наиболее перспективный и распространенный [35,66], и рассматривать его более подробно.

Не смотря на то, что дизельный двигатель имеет большую историю создания и модернизации, есть различные способы повышения качества его работы. Всю применяемую технику агропромышленного комплекса можно разделить на три группы по странам изготовления.

Данные анализа новой с.х. техники в России за последние 18 лет представлены на рисунке 1.3.

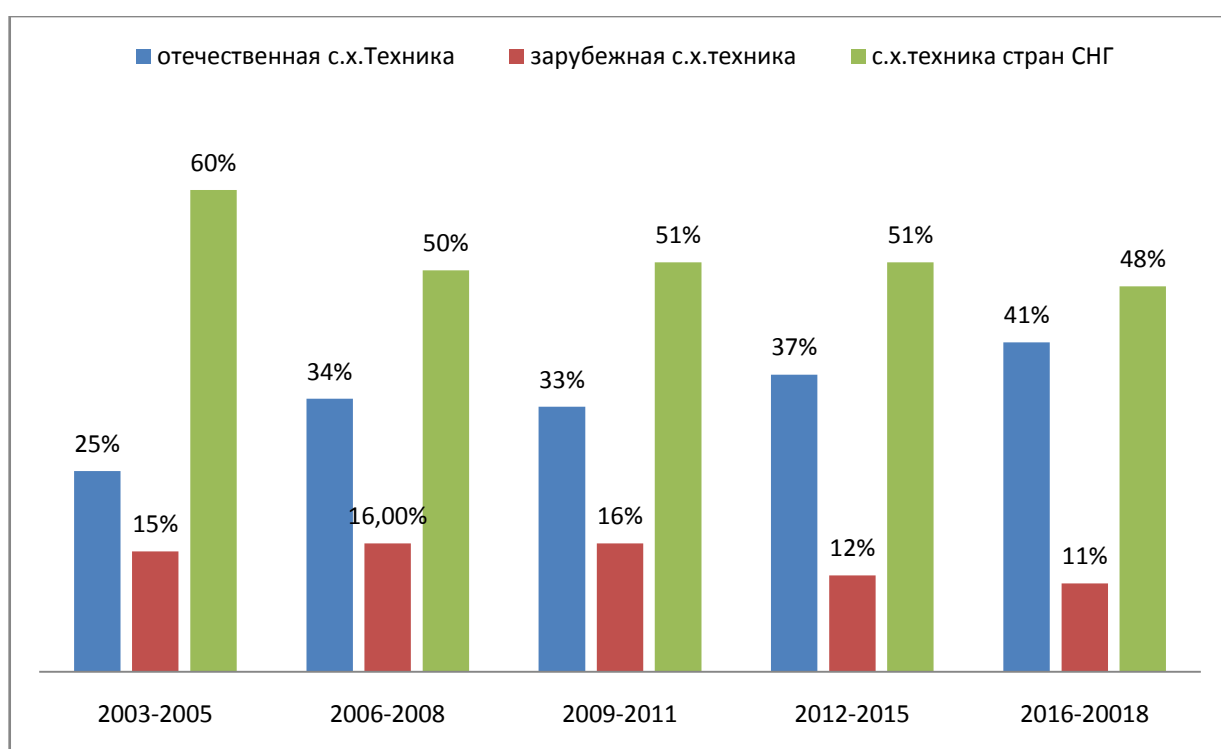


Рисунок 1.3. – Распределение сельскохозяйственной техники по странам происхождения.

Отечественная техника представлена продукцией заводов: АО «Петербургский тракторный завод», ООО «Владимирский моторно-тракторный завод», ГК «Балтиец», ОАО «КАМТЗ», ОАО «Волгоградский тракторный завод», ООО «Челябинский тракторный завод», ГК «Ростсельмаш» и другие.

Техника стран СНГ также широко используется в АПК России. Среди них известные и самые распространенные тракторы Минского тракторного завода, и Харьковского тракторного завода.[11,21]

Зарубежные производители видят в аграрном секторе России большой экономический потенциал, и стремятся утвердить позиции на рынке. Отчасти с этим связан факт открытия сборочных производств зарубежной техники на территории России. В аграрном секторе доминирующими зарубежными производителями считаются John Deere, New Holland, Case и Claas.

Парк техники применяемой в АПК России так же имеет отличия по возрасту эксплуатируемых энергетических машин. Часть из них произведена еще в СССР, и до сих пор активно эксплуатируется сельхоз товаропроизводителями[3]. Есть техника, сделанная в России, в период с 1990-2000 год, и современный парк тракторов и самоходных машин, произведенных в 2000-2018 годах. Причина столь старого парка машин АПК России имеет экономическое и техническое обоснование.

Современная новая техника доступна только крупным аграрным холдингам и группам компаний, которые имеют большие оборотные средства и финансовые возможности работы с системами кредитования и лизинга [22,38]. Так средний возраст техники эксплуатируемой большими корпорациями находится в интервале от 4-7 лет.

Сельхоз товаропроизводители среднего звена в большей степени предпочитают приобретать не новую, но «свежую» технику, и по возможности эксплуатируют ее продолжительно с большим количеством плановых и внеплановых работ по восстановлению эксплуатационных характеристик. Средний возраст техники таких предприятий от 8-15 лет. [36]

Индивидуальные предприниматели, малые, средние КФХ и кооперативы по причине меньших оборотных средств и худших технических условий оснащения производственных помещений с успехом работают на тракторах и комбайнах средний возраст которых находится в интервале 15-40 лет.[34]

Объяснить это можно сложным экономическим положением, в котором находятся предприятия такого рода, и малой заинтересованностью к ним финансовых организаций [54,78].

Большим техническим барьером приобретения новой зарубежной сельскохозяйственной техники являются присущие ей недостатки [104, 110] указанные на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4. – Сравнение достоинств и недостатков импортной и отечественной техники.

Имея высокоэффективные силовые установки, зарубежные производители не могут в должной степени укрепить позиции на рынке России по ряду критериев.

Зарубежная техника имеет развитую защиту от нештатных операций и режимов работы[26]. Что, позволяет сберегать производственные мощности и целостность узлов и агрегатов[29]. Обратной стороной является полная неспособность техники работать в режимах экстремальных нагрузок. Электронные блоки управления и система безопасности, блокируют систему, и выход из критической ситуации за счет опыта, мастерства и высокой квалификации оператора-водителя на грани предельной нагрузки агрегатов невозможен.

Такие системы эффективно работают в условиях приближенным к идеальным. Учитывая географические и национальные особенности крестьянско-фермерского труда в России, данные системы являются сложными в применении. В масштабах больших аграрных холдингов качество и размеры угодий позволяют работать по указанным схемам. Но с малыми и средними предприятиями ситуация обратная.[115]

Сложность, требование методического контроля, дорогостоящее обслуживание, затрудняет, а порой делает совершенно невозможным эксплуатацию технологичной зарубежной техники на полях и фермах в тех частях нашего государства, которые не являются образцово спроектированными, по ряду причин.[29,32]

В последние 4 года остро встал вопрос зависимости стоимости на технику и комплектующих от мировой политической ситуации [3]. Изменение отношений с ранее дружественными странами на неприязненные, сильно ударили по крестьянско-фермерским хозяйствам, и частным предприятиям эксплуатирующую технику импортных производителей.

Цены за ремонты, межсервисное обслуживание, запасные части и услуги возросли в 3...5 раз в сравнении с ранее имеющимися. Это повлекло, снижение прибыли, и резкое сокращение количества фермерских хозяйств имеющих в своем распоряжении дорогостоящую технику, взятую на условиях лизинга, в сравнении с докризисным периодом на 40%.[77,79]

Малые и средние предприятия аграрного сектора вынуждены прекращать деятельность. Предприниматели в АПК не способны выплачивать платежи за уже взятую технику. Резко снижается способность оплачивать обслуживание техники и поддержание ее в исправном техническом состоянии. Покупка новых навесных агрегатов и оборудования практически невозможна.

На основании анализа вышеприведенных фактов логичным выводом будет прогноз перспективы снижения покупки новой импортной техники и переход на отечественные аналоги. Рассматривать зарубежную технику следует в качестве модели улучшения характеристик существующей техники АПК работающей на предприятиях России.

Главные качества определяющие выгоду от производимых работ это затраты на эти работы. В этом случае при рассмотрении отечественных сельскохозяйственных машин остро встает вопрос топливной экономичности и повышения КПД работы силовой установки и увеличения срока службы уже имеющихся машин. Это основные определяющие параметры, влияющие на повышение выгоды от сельскохозяйственного производства.

Изучив большое количество научных трудов по сельскохозяйственным машинам, можно заметить, что основной упор научной деятельности сделан на улучшение технологий ремонта, повышения качества восстановительных работ при обслуживании сельскохозяйственной техники, активно применяемой в АПК но являющейся морально и технически устаревшей. [67, 89]

Все эти факторы подтверждают актуальность направления разработки темы диссертации на дизельные двигатели отечественных производителей как наиболее распространенные и востребованные.

Теперь необходимо верно определить вектор направления ведения исследований, нацелив результаты работы на востребованные и распространенные силовые установки.

Распределение с.х. техники по производителям среди предприятий АПК малого и среднего уровня представлено на рисунке 1.5.

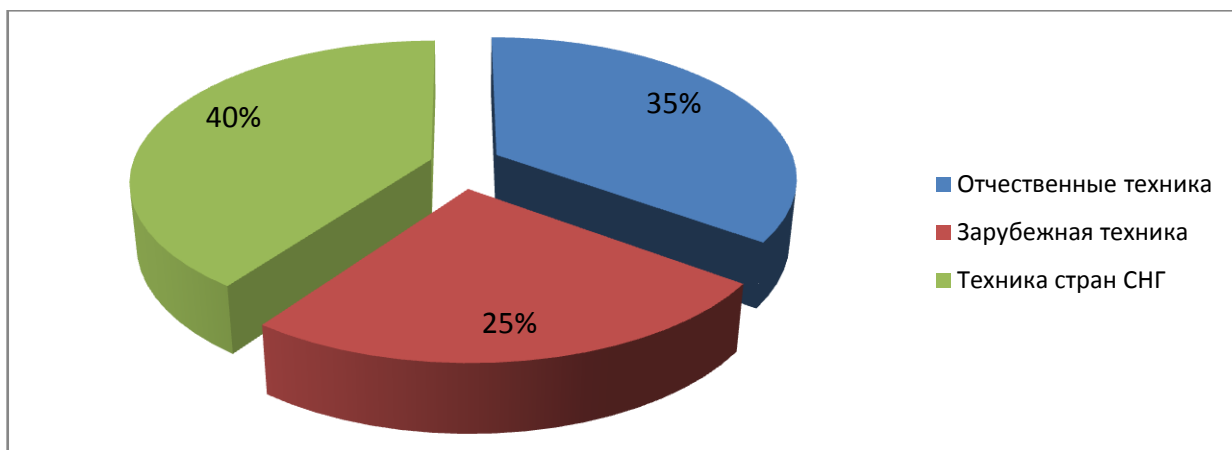


Рисунок 1.5. – Распределение производителей техники среди малых и средних предприятий.

Из представленной схемы можно сделать вывод, что 75% техники работающей на малых и средних сельхоз товаропроизводителей это распространенные машины, выпущенные на постсоветском пространстве.[92]

Как говорилось, техника, применяемая рассматриваемыми предприятиями, чаще имеет возраст более 10-15 лет. Собранные данные распределения сельскохозяйственной техники по возрасту представлены на рисунке 1.6.

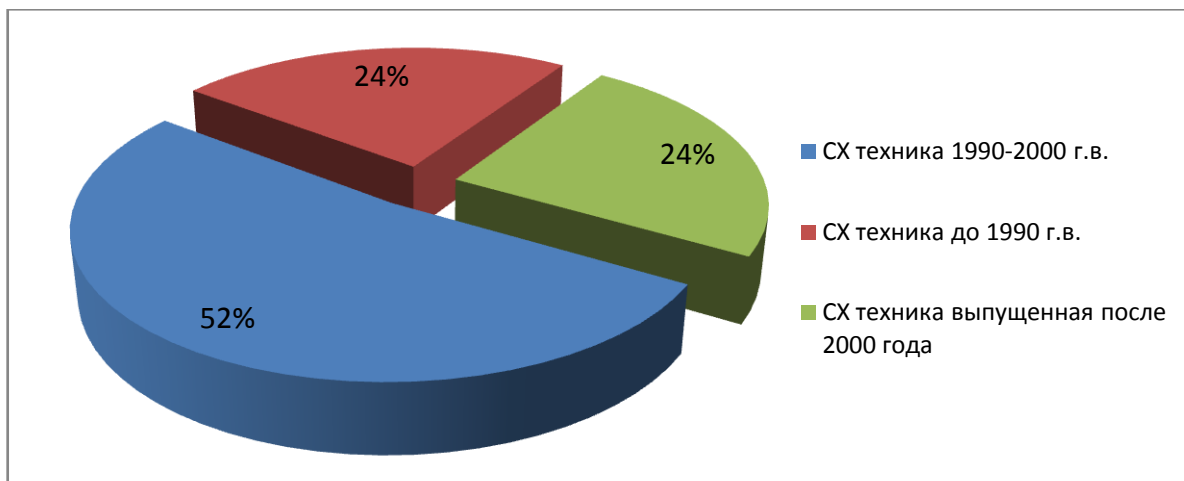


Рисунок 1.6. – Средний возраст техники малых и средних предприятий.

Среди предпринимателей и кооперативов аграрного назначения большую часть техники составляют трактора и машины, оснащенные двигателем семейства Д-241-Д-243 и его многочисленные модификации (75% от общего числа). А большую часть тракторов составляют машины тягового класса 0,9-1,4 (Т-40, МТЗ-80, ЮМЗ-6, ЛТЗ и прочие).[106,108]

Отчасти выбор дизельных машин этого класса подразумевает необходимость универсальности и замещаемости на всех видах работ[113]. Поскольку являясь максимально экономичными и удобными в обслуживании, данные трактора позволяют производить не только полевые работы, но и обеспечить качественные перевозки в рамках малого и среднего предприятия. Использование крупногабаритной техники более высокого тягового класса, нерентабельно и невыгодно, поскольку расстояния как правило в пределах 20 км, а грузы редко превышают 10 тонн[7,30].

Изучив подробно транспортные работы в АПК можно сделать вывод, что они являются неотъемлемой частью всего технологического процесса. В общем комплексе работ производимых в сельском хозяйстве, транспортные работы занимают 30-35% механизированных работ, 37-40% затрат труда. На осуществление транспортных работ затрачивается от 45-50% затрат энергии предприятия, в том числе и непосредственные расходы ГСМ.[33,43]

Таким образом рассматривая малые и средние предприятия мы обязаны учесть особенности труда и актуальность того или иного вида работ, как наиболее энергозатратных. Как уже говорилось ранее, применение отечественных тракторов в качестве транспортных единиц это постоянная практика, в большинстве малых и средних предприятиях АПК[72,101].

На фоне зарубежных аналогов данных машин резко выделяется ключевые проблемы:

- Топливной неэффективности в виде повышенного расхода топлива, особенно на изношенной технике.
- Сравнительно малые показатели надежности агрегатов, в частности отремонтированных.
- Более низкого КПД ДВС машин отечественных производителей в сравнении с современными ДВС устанавливаемые за импортной технике.

Эти проблемы являются актуальными на сегодняшний день при эксплуатации машин сельскохозяйственного назначения в области перевозки грузов[125]. Двигатель семейства Д-240/243 является наиболее применимым и

наиболее востребованным как энергетическая машина, а значит перспектива его модернизации будет актуальна и эффективна для предприятий.[118]

Улучшение потребительских показателей эффективности функционирования, в частности, мощности, крутящего момента, эластичности, снизив при всем этом экономические издержки, в виде расхода топлива, это важная задача, которую необходимо решить[128]. Не смотря на то, что решению этих вопросов посвящено множество научных трудов, проблема все еще имеет потенциал для разработки.

Решению вопросов повышения эксплуатационных качеств техники, и увеличения ресурса основных энергонагруженных деталей и агрегатов сельскохозяйственной и автотранспортной техники в разные годы занимались, и посвящали свои научные труды Н.В. Бышов, Р.А. Макаров, А.Н. Мирошниченко, С.Н.Борычев, А.Р. Асоян, В.Г. Кривов, В.Н.Степанов, И.А. Успенский, А. П. Иншаков, А.П. Банник, Л.В. Бармашов, Г.А. Борисов, В.Н. Болтинский, Г.Д. Кокорев, В.Н. Гришко, М.Ю. Костенко, А.С. Зоробян, Н.Н. Киселев, А.А. Матисов, А.В. Котин, Т.Д.Чернышев, В.В. Рогалев, А.В.Шемякин, А. В. Филин, Б.П. Загородских, А.Л. Струщенко, Н.А. Щетинин, Е.В. Лунин, В.И. Пикус, К.К. Френч, М.А. Захаров, В.И. Шнурбайн, И.К. Данилов, Б.П. Загородских [16,23,31,69,73,85,127], и многие другие на базе различных институтов, МГУ имени Н.П. Огарева, МГТУ имени Н. Э. Баумана, ТУ МАДИ, МГТУ МАМИ, ГОСНИТИ, Башкирский ГАУ, РГАТУ имени П.А.Костычева, и др.

Анализ работ ученых в этой области показал, что при эксплуатации техники в штатных режимах, вследствие износа, двигатель внутреннего сгорания начинает постепенно терять такие характеристики как тяговая способность, эластичность, мощность, снижается крутящий момент и ухудшается экологичность. Вследствие этого, работоспособность и производительность техники с требуемыми агрегатами снижается, приходится использовать иные режимы работы двигателя внутреннего сгорания, как правило, это повышенные обороты и движение на пониженных передачах, ради обеспечения производительности[9]. Как итог,

преждевременный полный износ двигателя, и необходимость проведения комплексных ремонтно-восстановительных работ.

Повышать эффективность работы двигателя внутреннего сгорания это первостепенная задача производителя силовых установок, и различных конструкторских бюро. За годы технического прогресса, которые преодолел двигатель внутреннего сгорания, способов повышения тягово-эксплуатационных характеристик было предложено достаточное количество, внедрены же единицы[38,68].

Для определения правильного вектора разработки указанных проблем в научной работе следует подробно рассмотреть основные пути повышения эффективности использования ДВС на машинах сельскохозяйственного назначения и разобрать причины и факторы снижения ресурса автотракторных дизельных двигателей[75]. Рассмотреть практику технологий и технических средств, применяемые мировыми производителями техники и внедренные в производство и сервис обслуживания ДВС.

1.2. Анализ причин и факторов снижения ресурса автотракторных дизельных двигателей

Большинство мобильных сельскохозяйственных агрегатов работают в тяжелых условиях на открытом воздухе, подвергаясь воздействию частиц пыли и грунта, а также значительным перегрузкам. Эти условия являются причинами постоянного изменения технического состояния машин и появления в них различных неисправностей[81].

Неисправности деталей машин выражаются в изменении их первоначальных форм, размеров, массы, структуры материала и его механических свойств, а также в изменении качества поверхности и в нарушении взаимного расположения деталей[90].

Основные факторы, определяющие скорость изнашивания машин, можно свести в три группы: конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Поскольку рассматриваемые нами машины эксплуатируются и изнашиваются в процессе непосредственной работы, то выделим эксплуатационные факторы и поговорим о них подробнее.

Эксплуатационным фактором можно считать: режим работы машины и характер чередования запусков и остановок, условия эксплуатации. При правильном их учете и использовании в процессе эксплуатации машины можно снизить изнашивание ее деталей, повысить надежность и долговечность[96].

Для лиц, эксплуатирующих машины, важно знать влияние эксплуатационных факторов на техническое состояние машин и их работоспособность.

Основная причина неисправностей механизмов — это износ сопрягаемых деталей. Процесс изнашивания сопровождается в основном изменением размеров и формы деталей, возникновением дополнительных динамических нагрузок и вибраций, усталостью рабочих поверхностей и концентрацией напряжений, вызванные нарушениями правильного положения деталей в сборочных единицах[109].

Нарушение взаимного расположения деталей проявляется в отсутствии центровки, соосности, параллельности и перпендикулярности осей и валов. Неисправности сопряжений в большинстве случаев происходят из-за нарушения посадок, регулировки и ослабления креплений. В подвижных соединениях нарушение посадок приводит к увеличению зазоров и появлению динамических нагрузок (ударов). Ослабление креплений приводит к увеличению динамических нагрузок, потере жесткости или к нарушению герметичности сопряжений.

Особенно большое значение имеют допускаемые в процессе эксплуатации отклонения от оптимального режима работы, в результате чего увеличиваются предусмотренные конструкцией машины давление и скорости в сочленениях машины, что ведет к усиленному износу и поломкам[112]. Машина работать в напряженных условиях, а тем более при перегрузках, не должна, так как это ведет к ненормальной работе двигателя, трансмиссии и ходовых частей.

Причинами, вызывающими ухудшение технического состояния машины и ухудшение ее эксплуатационных свойств, могут быть неквалифицированное управление машиной, неудовлетворительное ее обслуживание, воздействие окружающей среды и другие причины. Так, например, топливо, загрязненное механическими примесями, быстро засоряет фильтры, вызывает усиленный износ деталей топливного насоса и форсунок. Наличие механических примесей в смазке вызывает резко увеличенную скорость изнашивания смазываемого узла. Качество смазочных материалов, помимо отсутствия в них механических примесей, определяется маслянистостью, химической стабильностью и отсутствием кислот. Использование масел, которые могут вызвать коррозию, нежелательно для любых деталей[123].

Для увеличения сроков службы машин необходимы своевременная полноценная смазка и регулировка сопряжений; своевременная замена фильтрующих элементов в силовых агрегатах; применение технически верных сортов смазки и топлива, использование оптимальных режимов работы машин. Особенное значение для увеличения долговечности машины имеет правильный режим работы в начальный период после получения их с машиностроительного или ремонтного завода (обкатка), а также мастерство работы на них.

Сельскохозяйственные машины состоят из различных агрегатов, функционирующих как комплексное изделие[129]. Среди них: силовая установка, трансмиссия, тормозная система, гидронавесная система, кузов/кабина.

Каждая из перечисленных систем имеет большое значение при выполнении ряда технологических операций и работ, и исправность каждой из них в итоге определяет эффективность от работы самой машины. Но изначально, местом выработки полезной работы при наличии всех взаимосвязанных систем является силовая установка. Поскольку без нее работоспособность ни одной из вышеуказанных систем невозможна. Более того, системы силовой установки машин сельскохозяйственного назначения имеют определенные регламентные сроки обслуживания для поддержания ее в исправном состоянии, в отличие от остальных агрегатов. И прежде всего, от параметра исправности силовой

установки строится дальнейшее экономическое планирование расходов на топливо, масло и фильтра, при выполнении того или иного вида работ[70].

При совершении механической работы происходит износ двигателя. Даже если качество смазки и состояние всех подсистем в полном порядке, механический износ деталей присутствует всегда. Отличается только его интенсивность, и общая надежность агрегата. Из-за механического износа снижаются тяговые и эксплуатационные характеристики. Причем на практике, на сниженном пороге мощности и крутящего момента технику продолжают эксплуатировать[86].

Из всех систем силового агрегата выделяется система фильтрации и подготовки воздуха. Поскольку сельскохозяйственная техника работает практически всегда в условиях повышенной запыленности, и влияние качества фильтрации и воздухоподготовки имеет наибольшее значение на параметр ресурса, и показатели эффективности агрегата, среди прочих подсистем силового агрегата в реальных условиях работы.

Общий износ системы воздухоподготовки характеризуется следующими факторами :

- Механический износ деталей корпуса воздушного фильтра
- Нарушение герметичности впускного тракта
- Износ газораспределительного механизма

По проведенным исследованиям[116], среди 30 тракторов различного тягового класса применяемых в различных ИП и КФХ, 100% техники оснащены масляно-контактными системами фильтрации воздуха, представленными на рисунке 1.7.

С учетом того, что масляно-контактная система фильтрации воздуха достаточно эффективна по качеству фильтрации, стоит отметить, что в силу возраста техники, на 26 тракторах были обнаружены следующие неисправности:

- Нарушение герметичности воздушного фильтра.
- Деформация верхней и нижней части корпуса воздушного фильтра.
- Некачественное обслуживание системы фильтрации воздуха.

- Старение и деформация уплотнительных колец в корпусе воздушного фильтра.

Все эти факторы в совокупности говорят о том, что воздушные фильтры изнашиваются, и не справляются со своей задачей в полной мере. Поскольку вся техника более 50% рабочего времени используется для выполнения транспортных работ, следует отметить, что концентрация пыли на дорогах достаточно высокая[13,56]. Содержание твердых частиц в воздухе колеблется от 2 до 15 мг/куб. метр. За сезон эксплуатации в воздушный фильтр двигателя Д-241 попадает от 80 до 200 грамм пыли. В случае недостаточной фильтрации пыль оказывается в камере сгорания и в масле. Результатом становится ускоренный износ поршневой группы (до 5-8 раз быстрее установленного ресурса), а также потеря мощности и повышенный расход топлива.



Рисунок 1.7. – Воздушный фильтр применяемый на тракторах МТЗ.

По словам механизаторов, дополнительным фактом низкого качества обслуживания системы фильтрации воздуха является сложность процесса технического обслуживания, требующее много времени, связанная с промывкой деталей, просушкой, и заправкой свежим маслом.

В современном предприятии агропромышленного комплекса система фильтрации воздуха ДВС требует более быстрого и легкого обслуживания. Стоит задуматься о применении одноразовых фильтров бумажного типа, которые уже более 12 лет применяют на зарубежной технике.[29,87]

Смена такого фильтра предположительно занимает значительно меньше времени, и является более технологичным процессом. Поскольку одновременно с фильтрующим элементом производится замена единственного уплотнительного кольца[130], отвечающего за герметичность системы воздухоподготовки. Качество фильтрации воздуха бумажным фильтром идентичное, что и фильтрация воздуха масляно-контактной системой.

Качество подготовки воздуха во впускной системе является важным фактором влияющим на износ механической пары клапан-седло, а так же элементов цилиндропоршневой группы. Значит оказывает прямое влияние на надежность силового агрегата и машины в целом[39]. Но в отличие от системы фильтрации, воздухоподготовка влияет на коэффициент свежего заряда, и коэффициент наполнения цилиндров. А от этих факторов напрямую зависит качество работы силового агрегата и его эффективность функционирования.

Улучшение мощностной и тяговой характеристики двигателя при правильно установленных зазорах и углах обработки седел клапанов увеличивается на 2-4%. Изменением формы седла клапана, качества и формы канала впускной системы можно добиться общего увеличения мощностных и тяговых показателей силовой установки, или сместить показатели крутящего момента в любую зону требуемых оборотов двигателя.[57,58]

Например, при увеличении углов прилегания средней кромки впускного клапана, или увеличении самого клапана происходит снижение скорости потока, и увеличение тяговых показателей в зоне высоких оборотов двигателя[94].

Исследование путей повышения эффективности автотракторного дизельного двигателя, в частности акцентирование внимания на системах питания дизельных двигателей и подробное рассмотрение каждой из применяемых технологий позволяет сделать следующие выводы:

1. Для большинства эксплуатируемой в малых и средних предприятиях техники свойственны проблемы нарушения герметичности работы системы фильтрации воздуха, вследствие ее износа.

2. Работники предприятия аграрного сектора предпочли бы технологию фильтрации воздуха более простой в обслуживании конструкции с сухим фильтрующим элементом.

3. Для тракторов, имеющих в работе применение сухой системы фильтрации воздуха положительно скажется на качестве фильтрации и улучшит герметичность впускной системы.

4. Применение основ организации воздушного потока заимствованных из авиации и базирующихся на принципах аэродинамики во впускной системе способно обеспечить повышение эффективности эксплуатации мобильных сельскохозяйственных агрегатов .

1.3. Анализ способов повышения эффективности функционирования агрегатов тракторов и машин сельскохозяйственного назначения

Один из самых распространенных способов улучшения качества работы ДВС и повышения тягово-эксплуатационных показателей стало увеличение количества рабочего тела в цилиндрах принудительно[142,143]. Технология турбонаддува и турбонагнетания является востребованным и эффективным методом, применяемым всеми мировыми компаниями по производству сельскохозяйственной техники.[18] Пик развития и внедрения турбонаддува приходится на 1980-2010.

Принцип работы турбонаддува и нагнетания воздуха заключается в переходе во впускном коллекторе от разрежения к повышенному давлению в сравнении с атмосферным за счет лопаток нагнетателя приводимых в движение различными способами. Таким образом, увеличивается давление во впускной магистрали, в камеру сгорания поступает большее количество воздушной массы, соответственно выше коэффициент полезного действия двигателя при работе на столь насыщенной рабочим телом топливно-воздушной смеси[14,71].

Наддув применяется не только для повышения мощности и экономичности двигателя, но и для улучшения его экологических характеристик. Основные виды

увеличения количества рабочего тела (воздуха) изображены на рисунке 1.8. их можно разделить по следующим категориям:

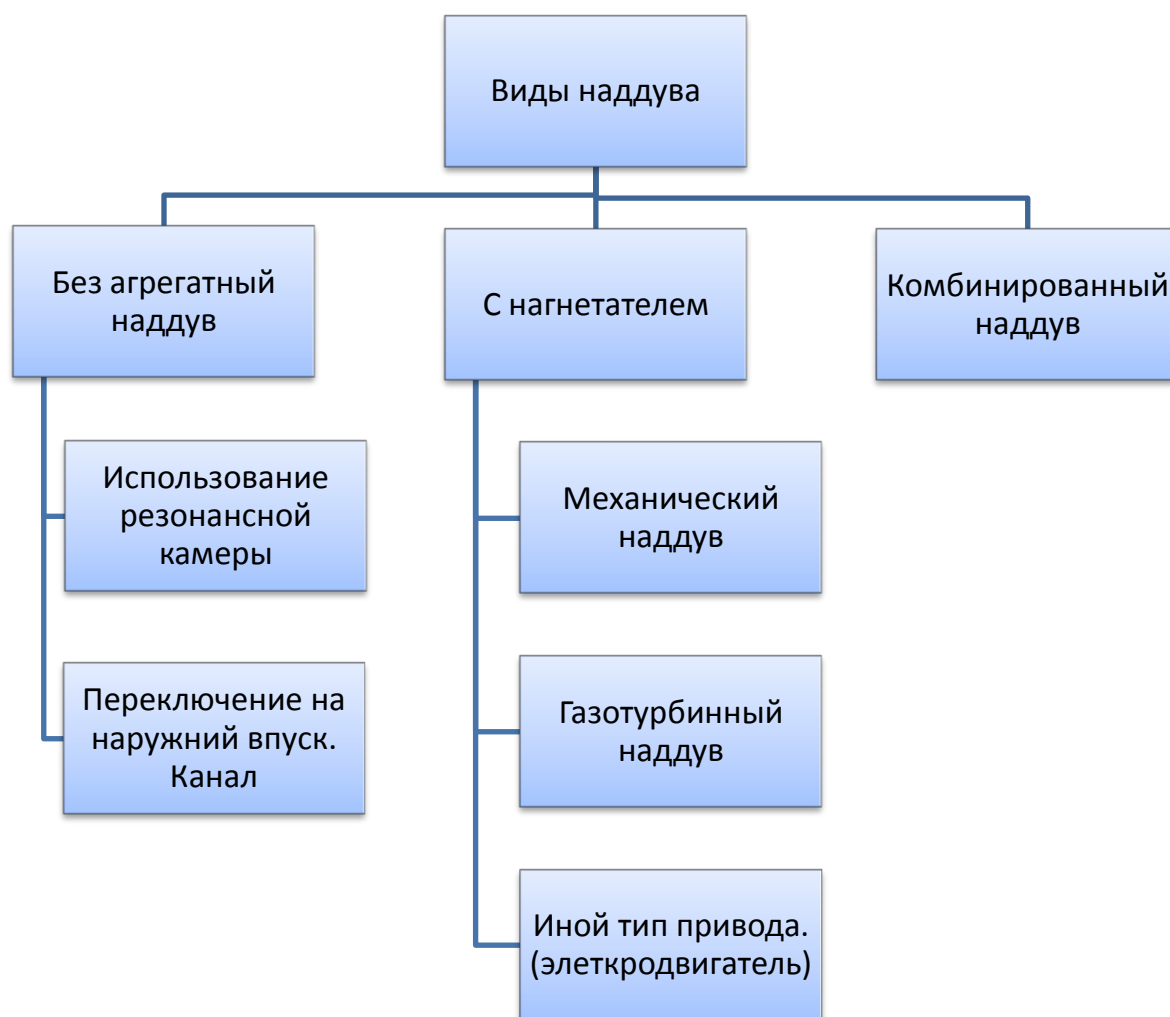


Рисунок 1.8. – Виды наддува в ДВС

Распределение применения видов нагнетателей, компрессоров, турбокомпрессоров представлено на рисунке 1.9

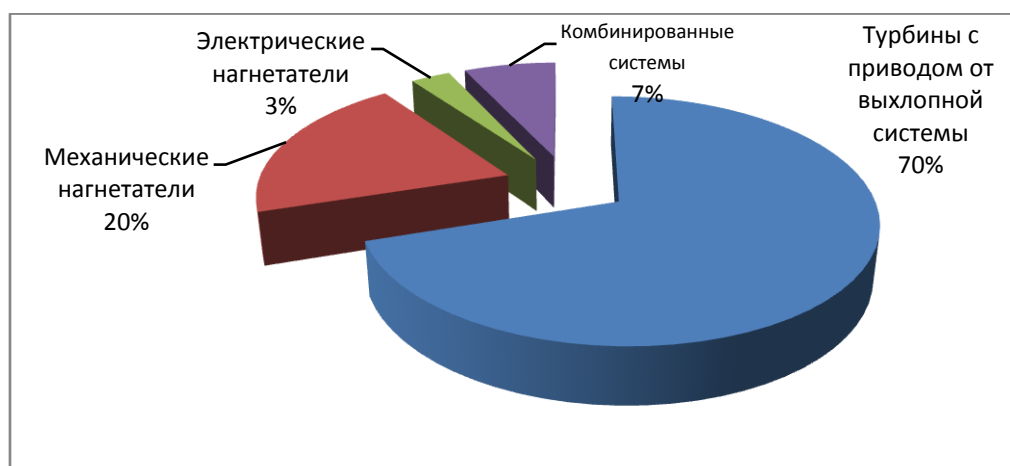


Рисунок 1.9. – Распределение видов нагнетателей в сельскохозяйственной

технике России.

При запуске двигателя во впускном коллекторе образуется разрежение порядка 0,3 кПа на холостом ходу. Вследствие работы двигателя выхлопные газы через систему клапанов попадают в выпускной коллектор, в котором и установлена турбина.

За счет энергии потока выхлопных газов приводится в движение рабочее колесо турбины которое раскручивает вал. На обратной стороне вала находится рабочее колесо компрессора. Именно рабочее колесо компрессора нагнетает воздух во впускном коллекторе повышая давление от 0,3 кПа (3×10^{-3} БАР) до 60-80 кПа. Соответственно за счет повышения давления во впускном коллекторе образуется дополнительное количество рабочего тела в цилиндре, и идет повышение мощности двигателя совместно с ростом крутящего момента[140]. Общая идея, изложенная выше конечно имеет ряд допусков и неточностей, но в целом обозначает принцип работы кратко и верно.[76,83]

Исходя из этого, сфера агропромышленного комплекса в меньшей степени использует механические нагнетатели, преимущество отдается турбинам с приводом от выхлопной системы.[27,91]

Существует практика установки простых турбин малого давления на двигатели обозначенные нами в конце главы 1.1. именно Д-240/243, но данная модернизация, добавляя крутящего момента и тяговых характеристик существенно снижает надежность и ресурс силовой установки.[84,111]

Даже созданный в заводских условиях двигатель Д-245, представляющий собой Д-241 с глобальными изменениями и повышением прочностных характеристик нагруженных деталей, имеет репутацию менее надежной техники в отличие от атмосферных ДВС.[117]

Увеличение давления воздуха на входе в двигатель это действенный метод, но не применимый в реальных условиях при обслуживании и переоснащении техники в рамках ИП или КФХ. Повышенное давление во впуске быстро выведет из строя технику конструктивно не предусматривающую подобную модернизацию.

По этой причине, западные производители широко применяют практику без агрегатного наддува относящуюся к направлениям воздухоподготовки, позволяющую улучшить характеристики двигателя не оборудуя его дополнительными энергозатратными системами[6,26]. Рассмотрим их более подробно.

Изучению волновых процессов происходящих во впускной системе двигателя внутреннего сгорания посвящено большое количество научных работ[2]. Различают три вида без агрегатного наддува, они представлены на рисунке 1.10.

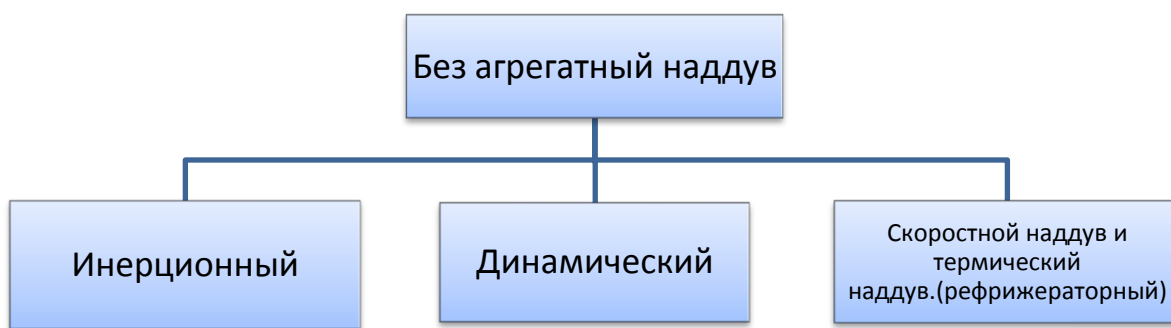


Рисунок 1.10. – Виды без агрегатного наддува.

По причине низких скоростей движения техники скоростной наддув не применяется в сельскохозяйственной технике. Аналогично не нашел применения наддув рефрижераторного типа, который подразумевает наличие и испарение в поступающем воздухе в цилиндры какой либо жидкости с низкой температурой кипения и большой теплотой парообразования. В агротехнологическом комплексе ни один из данных видов без агрегатного наддува не применяется.

Инерционный наддув — как способ увеличения давления во впускном коллекторе широко применяется импортными компаниями по производству двигателей. Идея инерционного наддува состоит в использовании поперечного волнового эффекта и резонансной камеры, с которой соединены трубы впускного коллектора. При закрытии впускного клапана образуется ударная волна, которая распространяется в воздушной среде со скоростью звука (343м/с). Задача точного

расчета сечения и конфигурации впускной трубы конкретного цилиндра под определенные обороты состоит в использовании обратной отраженной волны, и прохождении ее через открытый впускной клапан в цилиндры.

Для этого используются приемы расчета разности длин и диаметра впускного канала под обороты двигателя. При необходимости обеспечить явление волнового эффекта во всем рабочем диапазоне работы ДВС, возникает необходимость в сильном увеличении размеров впускного коллектора и внедрении функции изменения длин впускных каналов.[145,144]

Резонансный наддув. При определенной частоте вращения коленчатого вала, поршень своими продольными перемещениями, открытием и закрытием клапанов создает колебания воздушной среды, как во впускном коллекторе, так и в выпускном.[19,60] Данные колебания позволяют применить волновой эффект при организации наполнения цилиндров. Принцип работы похож на явление инерционного наддува, однако имеет другое техническое устройство изображенное на рисунке 1.11.

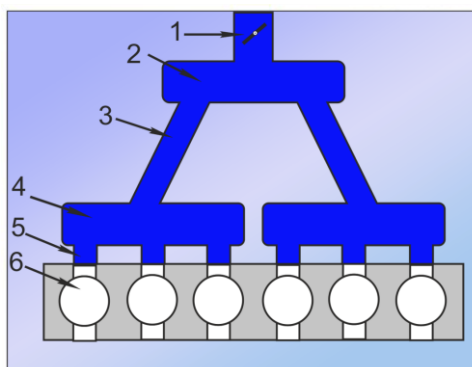


Рисунок 1.11. - Принцип организации резонансного наддува.

где

- 1 – воздушная заслонка
- 2 – резонансная камера
- 3 – резонансные трубки камер
- 4 – малая резонансная камера
- 5 – короткие резонансные трубки
- 6 – цилиндр двигателя

Для получения требуемого эффекта, ряд цилиндров объединен трубками малой длины, с меньшими общими резонансными камерами.[97] А резонансная камера уже связана с атмосферой. Использование подобной схемы позволяет предотвратить перекрытие процессов наддува в двух соседних по порядку работы цилиндрах. Для получения явления резонансного наддува требуется расчет длин трубок связывающих резонансную камеру и цилиндры, а так же расчет самой резонансной камеры, или камер.

Возникшая необходимость увеличения параметров наполнения цилиндров в более широком диапазоне частот привела к созданию системы резонансного наддува с изменяемой геометрией, и развитию комбинированных систем. Общий принцип работы системы изменяемой геометрии представлен на рисунке 1.12.

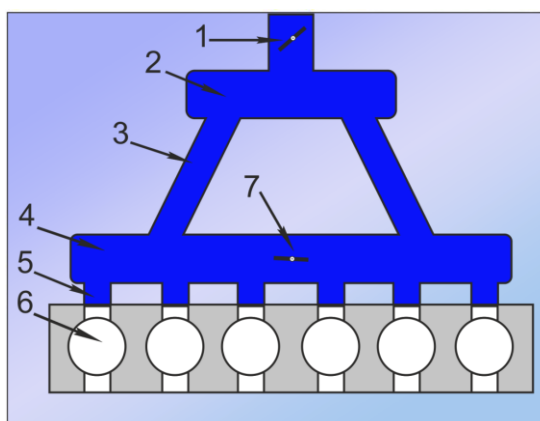


Рисунок 1.12. - Схема организации резонансного наддува изменяемой геометрии

Где

1 – воздушная заслонка

2 – резонансная камера

3 – резонансная трубка

4 – большая резонансная камера изменяемой геометрии

5 – малая резонансная трубка

6 – цилиндр двигателя

7 – заслонка изменяющая объемы камеры изменяемой геометрии.

Изменяемая геометрия достигается путем наличия заслонок, переключающих один вид наддува на другой. На высоких оборотах используется

явление инерционного наддува. Заслонка, разделяющая общий главный ресивер открыта. А при снижении оборотов до средних и малых частот заслонка закрывается, и главный ресивер делится на две камеры. Начинает работать принцип резонансного наддува[146,135].

Так же есть более сложные конструкции, применяющие энергию обратной волны воздушной массы для улучшенного наполнения следующего по циклу цилиндра, с подведением волнового эффекта к вновь открывшемуся впускному клапану. Данная система слабо применяется даже зарубежными производителями в виду большой сложности и наличия множественных исполнительных и управляющих механизмов. Она представлена на рисунке 1.13.

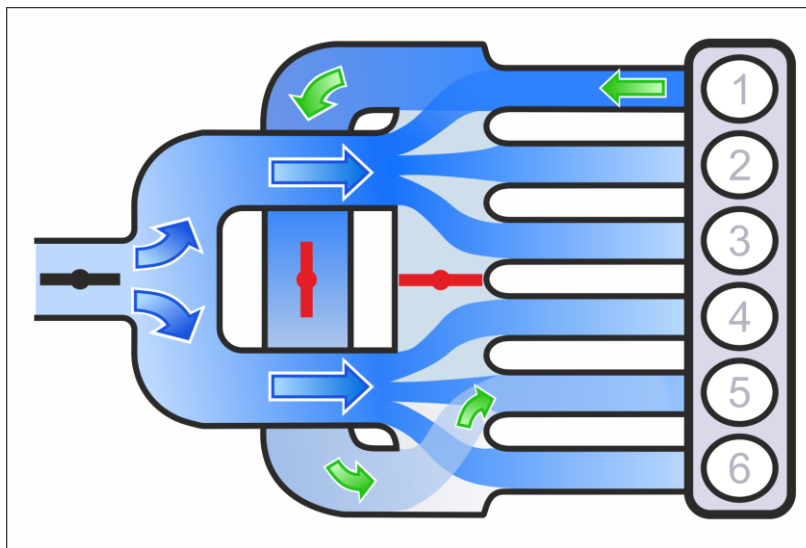


Рисунок 1.13. – Схема комбинированного наддува с применением инерционного и резонансного наддува одновременно.

Инерционный, резонансный и комбинированный наддув всегда обладает недостатками в виде хаотичных вихрей в зоне наличия заслонок, созданием обратной тяги при определенных оборотах коленчатого вала и большими габаритами. Разработать и создать подобную схему подачи воздуха в условиях малого предприятия или мастерской процесс невозможный, требующий специализированного оборудования и большой теоретической подготовки[127].

Применение безагрегатного наддува в работе двигателя внутреннего сгорания в АПК это эффективный и аргументированный процесс. Который не только способен улучшить качество работы двигателя, но и увеличить его

надежность. Данная технология имеет существенные недостатки, в виде сложности изготовления и расчета, и дороговизны переоборудования техники.

Надо понимать, что увеличение коэффициента наполнения цилиндра до величины 0,92-1,06 в широком диапазоне частот вращения коленчатого вала, позволяет форсировать дизель по энергетическим показателям, в случае увеличения одновременной цикловой подачи топлива. Или улучшить экономические показатели работы двигателя при сохранении цикловых величин показателей подачи топлива. При том, что системы воздухоподготовки дают преимущество по давлению во впускной системе от 5 до 20 миллибар[122].

По проведенным исследованиям вопроса надежности двигателей, оснащенных динамическим наддувом, наблюдается тенденция увеличения ресурса и долговечности деталей цилиндропоршневой группы, по причине работы в более оптимальном температурном режиме, за счет работы на более обедненной смеси.[61,116]

Системы воздухоподготовки, не смотря на недостатки, способны улучшить тягово-эксплуатационные, экономические и экологические показатели ДВС семейства Д-241/243.

1.4. Анализ выполненных исследований причин и факторов снижения ресурса и повышения эффективности функционирования автотракторных дизельных двигателей

По результатам произведенных исследований причин и факторов снижения ресурса можно сделать вывод, подразумевающий формирование в дельнейшем цели и задач исследования.

На предприятиях агропромышленного комплекса России широкое распространение имеют силовые агрегаты дизельного типа и достаточно морально устаревшей конструкции системы воздухоподготовки. Она сводится только к предварительной отчистке. Применяемые фильтрующие элементы масляно-контактного типа хорошо зарекомендовавшие себя на момент создания

данных агрегатов дошли до нашего времени со значительными деформациями и неисправностями, на технике находящейся в работе.

Имеющейся достаточно сложная процедура технического обслуживания и факторы износа деталей делают невозможной качественную фильтрацию воздуха поступающего в двигатель. И данные области исследований перспективны, поскольку усовершенствование системы подготовки воздуха и повышение эффективности ее функционирования положительно скажутся на увеличении ресурса и повышении надежности силового агрегата машин сельскохозяйственного комплекса[59,61].

Фактор обуславливающий перспективность направления исследований в области подготовки воздушной среды это большой износ существующих фильтрующих элементов, при не полном износе самой техники и ее агрегатов. Но невнимание к этому вопросу неизбежно приведет к росту отказов техники и снижения ее надежности.

Более качественная фильтрация воздуха позволит так же снизить износ и повысить надежность элементов силового агрегата, что положительно скажется на показателях машин эксплуатируемых на предприятиях АПК[40].

Существующие силовые агрегаты атмосферного типа, находящиеся в работе на предприятиях агропромышленного комплекса, имея консервативную конструкцию могут быть эффективно модернизированы, в частности системой подготовки воздуха.

Перспектива оснащения существующих машин системой турбонаддува приведет к кратковременному повышению эксплуатационных показателей, но неизбежно снизит надежность и ресурс силовых агрегатов, поэтому данный путь не имеет перспективы реализации.

Но системы без агрегатного наддува малой эффективности от 5-20 миллибар способствуют обеднению смеси и ее более эффективному и полному сгоранию. А из исследований износа двигателей при работе на обедненной смеси известно, что при работе на менее обогащенных топливно-воздушной смеси снижается износ цилиндропоршневой группы и смежных систем, отвечающих за

герметичность цилиндра[15]. Поскольку горение происходит при большем соответствии теоретически заданному температурному режиму заводом-изготовителем. В качестве подтверждения теории об увеличении показателей эффективности двигателя предлагается рассмотреть теоретическую эффективность безагрегатного наддува на примере методик предложенных разными авторами.

В методике расчета показателей эффективности силового агрегата по кпд компрессора В.В. Эфроса, М.С. Игнатова, и А.А. Гаврилова Владимирского государственного университета применяются следующие формулы и зависимости:

V_h - объем цилиндра.

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S \quad (1.1.)$$

Полный объем цилиндра

$$V_a = \frac{\varepsilon * V_h}{\varepsilon - 1} \quad (1.2)$$

Воздушный заряд

$$V_v = \eta_v * V_a \quad (1.3.)$$

Весовое количество воздуха в цилиндре

$$G_B = (\eta_v p_0 V_a) / R_b T_a \quad (1.4)$$

Где

T_a – температура воздуха с учетом нагрева от стенок цилиндра

R_b – газовая постоянная

p_0 – Окончательное заполнение цилиндра давлением по отношению к внешнему давлению

η_v – коэффициент наполнения

Время дозарядки объема цилиндра инерционным потоком

$$T_3 = v / 6n \quad (1.5)$$

v - угол поворота коленчатого вала

n – число оборотов коленчатого вала для одного цилиндра.

Коэффициент прироста мощности в силовой установке

$$\lambda_h = (G_b + G_d) / G_b \quad (1.6)$$

G_b – исходный воздушный заряд в цилиндре по весу

G_d - измененный параметр воздушного заряда в цилиндре

$$G_d = \rho_d * V_d \quad (1.7)$$

ρ_d – удельная плотность воздуха поступающего в цилиндры

V_d – дополнительный объем воздуха поступившего в цилиндры

$$\rho_d = p_0 / (R_b * T_a) \quad (1.8)$$

$$V_d = f_k * C_m * t_3 \quad (1.9)$$

f_k – Среднее проходное сечение клапана

C_m – средняя скорость наполнения инерционным потоком объема цилиндра

$$f_k = 0,5 \pi d_k h_k \sin 45^\circ \quad (1.10)$$

В среднем при подобном расчете средний коэффициент прироста мощности равнее 1,069-1,085

При этом дальнейший расчет параметров двигателя сводится к применению коэффициента прироста мощности в выражении мощности:

$$N_e^h = \lambda_h N \quad (1.11)$$

Механический коэффициент полезного действия растущий по мощности равен:

$$\eta_m^h = \frac{N_t^h}{N_e^h + N_e * \frac{1 - \eta_m}{\eta_m}} \quad (1.12)$$

Исходя из которых можно сделать вывод о зависимости параметров эффективности работы силовой установки от показателей давления на впуске. Следовательно, данный способ имеет предпосылки быть реализованным, но по возможности без недостатков присущих агрегатным системам наддува.

Безагрегатные системы воздухоподготовки рассмотрены в работах Л.А. Жолобова, Е.А. Суворова и И.С. Васильева Нижегородского сельскохозяйственной академии. Здесь достаточно полно рассматривается методика взаимодействия силовой установки и различных видов безагрегатных систем воздухоподготовки.

Значительное влияние на наполнение цилиндра обеспечивают различные виды наддува. Самый простой вид наддува заключается в использовании динамики поступающего воздуха[74]. Большой объем ресивера частично создает резонансные эффекты в определенном диапазоне частот вращения, которые приводят к улучшению наполнения. Однако они имеют, как следствие, динамические недостатки, например, отклонения в составе смеси при быстром изменении нагрузки. Почти идеальное протекание крутящего момента обеспечивает переключение впускной трубы, при котором, например, в зависимости от нагрузки двигателя, частоты вращения и положения дроссельной заслонки возможны вариации:

- длины пульсационной трубы;
- переключение между пульсационными трубами различной длины или диаметра;
- выборочное отключение отдельной трубы одного цилиндра при наличии большого их количества;
- переключение объема ресивера.

Рабочим веществом в процессе впуска является воздух, в данном случае рассматриваемый как идеальный газ. При резонансном наддуве группы цилиндров с одинаковым интервалом вспышек присоединяют короткими трубами к резонансным ресиверам, которые через резонансные трубы соединяются с атмосферой или же со сборным ресивером, действующим в качестве резонатора Гельмгольца. Он представляет собой сосуд сферической формы с открытой горловиной. Воздух в горловине является колеблющейся массой, а объем воздуха в сосуде играет роль упругого элемента[42,103]. Разумеется, такое разделение справедливо лишь приближенно, так как некоторая часть воздуха в полости обладает инерционным сопротивлением. Однако при достаточно большой величине отношения площади отверстия к площади сечения полости точность такого приближения вполне удовлетворительна. Основная часть кинетической энергии колебаний оказывается сосредоточенной в горловине резонатора, где колебательная скорость частиц воздуха имеет наибольшую величину. По

предложенной методике расчет резонатора приходит к итоговой формуле резонатора Гельмгольца (1.13).

$$F = \frac{C_0}{2\pi} * \sqrt{\frac{S}{V*L}} \quad (1.13)$$

где

F- частота, Гц

C₀ – скорость звука м/с

S – сечение отверстия см²

L – длинна трубы см.

V- объем резонатора см³

Теоретически возможный прирост мощности при применении безагрегатных систем воздухоподготовки колеблется в диапазоне 6-12%. Что подтверждает большое количество проанализированных работ в данной области.

На основании подобных заключений можно вполне точно и конкретно определить цель и задачи исследования.

1.5. Постановка цели и задач исследования

Основываясь на вышеуказанных факторах, причинах повышения износа агрегатов машин сельскохозяйственного назначения и рассмотрения различных методов повышения надежности и эффективности функционирования силовых агрегатов в агропромышленном комплексе формируется цель исследования.

Цель — повышение показателей функционирования сельскохозяйственных агрегатов путем обоснования параметров устройства подготовки воздуха.

Далее формируются задачи исследования:

1. Проведение анализа причин и факторов снижения показателей функционирования агрегатов.
2. Разработка конструктивно-технологической схемы устройства воздухоподготовки двигателя автотракторных дизельных двигателей.

3. Теоретическое обоснование и экспериментальное уточнение параметров устройства воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей.
4. Оценить технико-экономический эффект сельскохозяйственных агрегатов оборудованных предлагаемым устройством воздухоподготовки.

Заключение

В результате проведенного анализа причин и факторов снижения надежности сельскохозяйственных агрегатов обобщены виды износа сельскохозяйственных машин на основании ряда изученной техники работающей на предприятиях. Важным фактором снижения надежности и повышения износа техники является несовершенство системы воздухоподготовки, связанное с износом уплотнительных резинотехнических изделий, и деформации корпуса воздушного фильтра. Некачественная фильтрация воздуха приводит к повышенному износу цилиндропоршневой группы, и зоны прилегания клапанов, Отсутствие системы воздухоподготовки не позволяет в полной мере обеспечить качественное сгорание топливно-воздушной смеси, в необходимом температурного режиме.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ В АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ Д - 240/243

2.1. Теоретические предпосылки к повышению надежности и эффективности функционирования автотракторных дизельных двигателей на основе модернизации системы питания

В большинстве систем наддува двигателей техники сельскохозяйственного назначения используется одноступенчатый наддув. Основным исполнительным устройством является турбокомпрессор.

Турбокомпрессор — это компрессор (воздушный насос), который приводится в действие за счёт турбины. Турбина вращается благодаря использованию энергии потока отработавших газов. Компрессор, засасывая воздух через воздушный фильтр, сжимает его и подаёт его под давлением во впускной коллектор двигателя. Между компрессором и турбиной существует равновесие мощностей[12]. Чем больше энергии у отработавших газов, тем интенсивнее будет происходить вращение турбины.

В настоящее время существует множество фирм, занимающихся проектированием и изготовлением турбокомпрессоров для различных двигателей внутреннего сгорания. Наиболее крупные Garret, CZ, Cummins, Holset, Schwitzer, ММЗ, ДЗТ, БЗА и др.

К эксплуатационным недостаткам следует отнести высокую термическую нагрузку всех деталей турбины. Запредельно высокие температуры негативно сказываются на ресурсе подшипников вала, на который посажены крыльчатки. По той же причине высокие требования предъявляются к маслу и масляной магистрали, обеспечивающих смазку данных подшипников.

Недостатком можно назвать особенные условия работы в которых должны эксплуатироваться двигатели с системой турбонаддува[44]. В частности после работы двигателя под нагрузкой следует на определенное время давать силовой установке поработать в режиме холостого хода. Необходимо это для «остывания» турбины так как при работе по масляным каналам подводится масло в

подшипники, при мгновенной остановке масло перестает подводиться/отводиться к подшипникам, а нагрев агрегата продолжается еще какое то время. Без циркуляции масло начинает перегреваться и коксоваться в подшипниках и при последующем запуске разрушает их[139].

Как уже было сказано, существует система механических нагнетателей, лишенная части недостатков, присущих системам с приводом турбины от выхлопных газов.

В приведенной ниже таблице 2.1. указаны сравнительные характеристики двух разных типов нагнетания воздуха.

Таблица 2.1. Сравнение компрессора и турбокомпрессора

	Компрессор	Турбокомпрессор
Способ привода	От коленчатого вала	За счет энергии отработанных газов
Прибавка мощности на низких оборотах	Высокая	Низкая
Прибавка мощности на средних оборотах	Средняя	Средняя
Прибавка мощности на высоких оборотах	Низкая	Высокая
Задержка буста	Нет. Мощность компрессора пропорциональна мощности двигателя	Имеется незначительная задержка именуемая «турбоямой»
Расход мощности двигателя для собственного привода	До 30 %	Незначительное. Существенный расход мощности проявляется в больших турбинах за счет проявления противодавления на впускном коллекторе
Срок службы	Зависит от типа компрессора но в любом случае, негативно влияет на ресурс коленчатого вала.	Длительный. Может быть равен сроку службы двигателя при условии правильной эксплуатации.
Обслуживание	Каждые 10 000км.	Каждые 7 000 км.
Стоимость	Средняя. Зависит от вида компрессора	Высока. Зависит от типа двигателя.
1	2	3

Продолжение таблицы 2.1.

1	2	3
Сложность установки	Относительно не сложная. Допускает использование практически на любом двигателе	Сложная. За счет вмешательства в выхлопную систему, врезку в впускную систему, и большую термическую нагрузку узлов и агрегатов.
Расход топлива	Повышается	Понижается при той же скорости движения и оборотах
КПД в зависимости от увеличения мощности	Снижается	Повышается.

На основании приведенных данных можно понять существенные эксплуатационные отличия различных видов систем турбонагнетания и отметить преимущества и недостатки разных конструктивных схем[14].

Механический нагнетатель может приводиться в движение различными способами. Недостатком механического нагнетателя является слабая эффективность турбины на средних и высоких оборотах. Увеличенная скорость воздушного потока, проходящего через постоянное сечение при повышении оборотов, просто упирается в лопатки турбины, которая не в состоянии столь быстро реагировать на открытие дроссельной заслонки[95]. Так же очень серьезным недостатком механических нагнетателей является их повышенная чувствительность к чистоте всасываемого воздуха. Поскольку, как правило, нагнетание воздуха в классических нагнетателях достигается плотным смыканием главных лопаток нагнетателя, то наличие между ними частиц пыли, песка, или просто абразива ведет к повышенному износу механизма[104]. Вместе с тем падает и рабочее давление создаваемое нагнетателем.

Тем не менее, существующая практика установки турбин и турбонагнетателей на силовые установки, находящиеся в эксплуатации существует. Параметры системы турбонаддува определяются уравнениями секундного расхода воздуха через компрессор G_k , мощность затрачиваемая на привод компрессора N_k , а при расчете газотурбинного наддува определяется так

же секундный расход газа через турбину G_T и температура газа до турбины T_T .
Все уравнения приведены ниже.

$$G_k = G_t * \alpha * l_0 / 3600 \quad (2.1)$$

$$N_k = \frac{G_k}{\eta_{\text{к ад}}} \frac{k}{k-1} R (T_k - T_o) \quad (2.2.)$$

$$G_r = 0,98 * G_k + G_T / 3600 \quad (2.3.)$$

$$T_T = T_b \left(\frac{p_T}{p_b} \right)^{\frac{k_T-1}{k_T}} \quad (2.4)$$

G_T - часовой расход топлива (г/час)

α - коэффициент избытка воздуха

l_0 - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания (кг).

$\eta_{\text{к ад}}$ - адиабатный КПД компрессора

k - показатели адиабат для воздуха и газов перед турбиной

R – газовая постоянная воздуха (кДж/(кмоль*К))

p_T - среднее за цикл давление газа перед турбиной кПа.

После проведения ряда расчетов параметров двигателей с турбиной и без нее формируется следующая таблица.

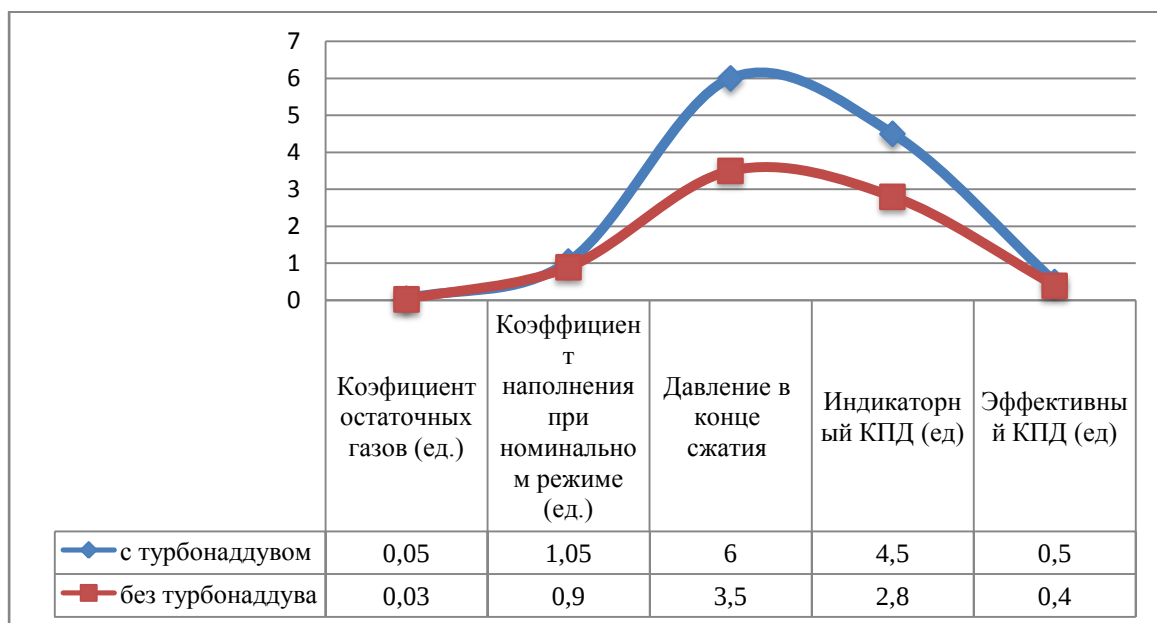


Рисунок 2.1. – Сравнительные параметры атмосферного и турбированного силового агрегата.

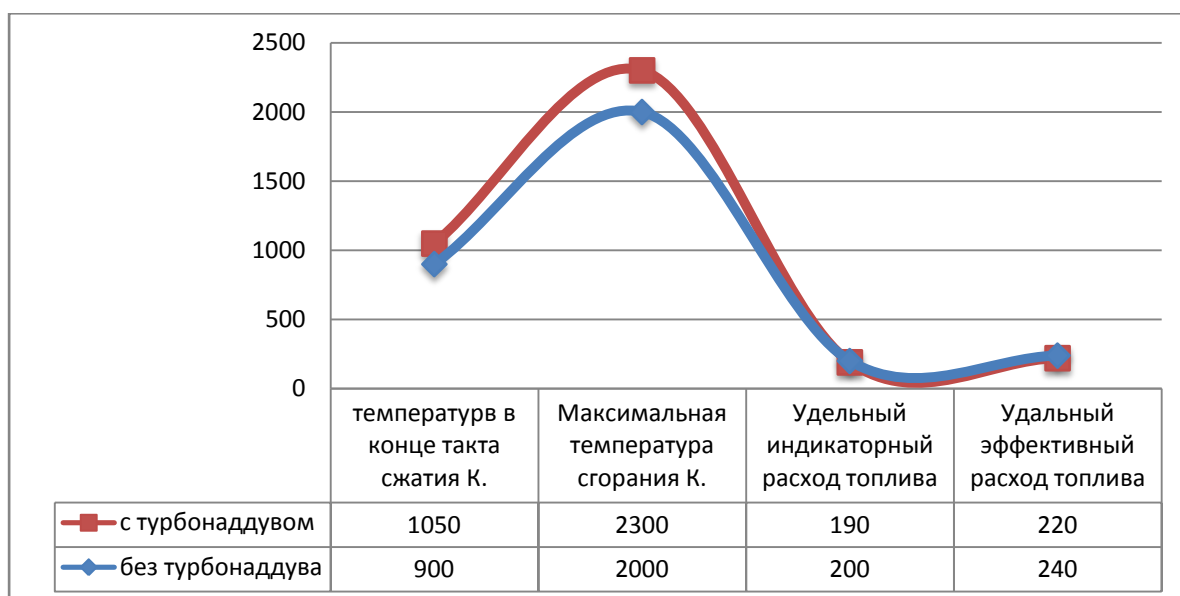


Рисунок 2.2. – Температурная и топливная диаграмма рассматриваемого агрегата

Исходя из данных следует сделать вывод, что увеличение давления на впуске за счет установки систем нагнетания воздуха приводит к положительным результатам топливной экономичности, и вывода силовой установки на более оптимальный температурный режим, который положительно сказывается на работе. На рисунке 2.3. сопоставлены данные по износу турбированных и атмосферных силовых установок при сравнительно равных условиях эксплуатации в хозяйствах.

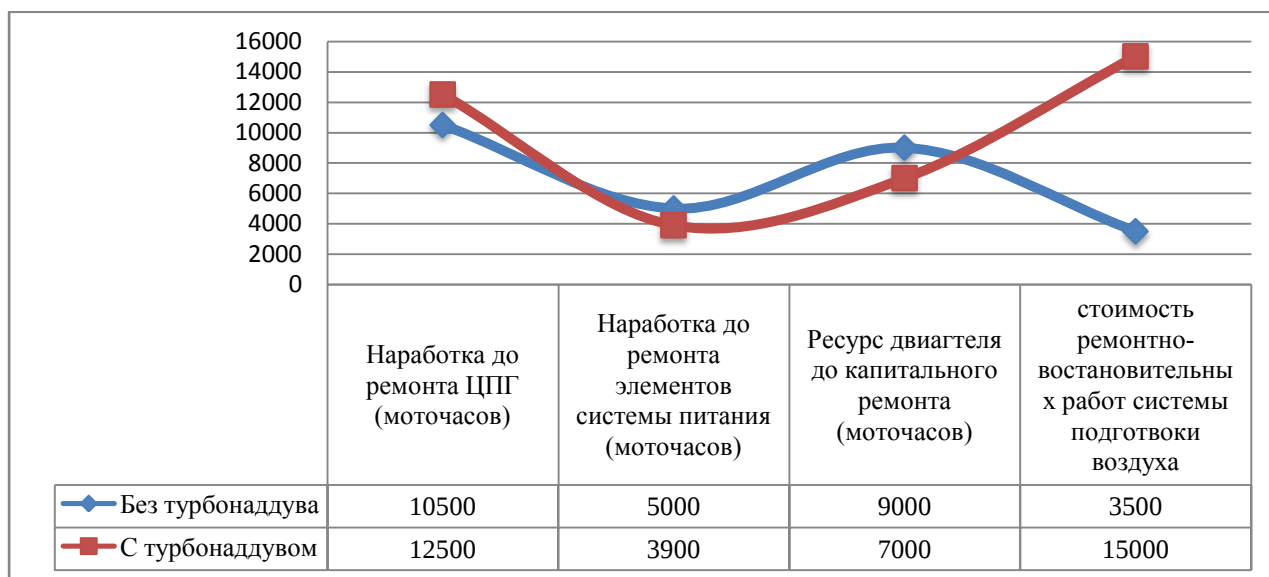


Рисунок 2.3. – сравнение атмосферного и турбированного мотора по показателям надежности и ресурса.

Исходя из представленных диаграмм следует:

- Двигатели с системами воздухоподготовки обладают некоторыми лучшими мощностными показателями, которые положительно влияют на эксплуатационные качества машин.
- Надежность турбированных двигателей ниже в сравнении с атмосферными. А стоимость и частота технического обслуживания выше.
- Состояние ЦПГ при работе с обедненными смесями сравнительно выше чем у атмосферных силовых установок. Главным объектом повышенного износа является система питания, а именно турбина или турбонагнетатель.

Но переоснащение существующей техники в хозяйствах системами принудительного турбонаддува не даст должного эффекта повышения эксплуатационных качеств техники[129]. Следует рассмотреть иной способ воздухоподготовки, соответствующий эффективности безагрегатного наддува, нашедшего применение на зарубежной технике.

Но прежде следует уделить внимание общему износу двигателей, и последствиям в виде снижения надежности[116].

Из-за ухудшения системы фильтрации воздуха в системе питания ДВС, существенным фактором снижения количества свежего заряда является износ седла клапана в зоне прилегания клапана. Казалось бы столь не существенный показатель как изменение кромки прилегания клапана имеет очень большое влияние на эксплуатационные показатели техники.

При правильном формировании углов кромок седла клапана можно существенно повысить наполняемость цилиндров воздушной или топливно-воздушной смесью[132]. Поскольку в этом месте максимально высокие скорости движения воздуха (более 250км/час) правильно построенные кромки организуют воздушный поток по принципу работы сопла, используемого в авиации и ракетостроении [5,17] это изображено на рисунке 2.4.

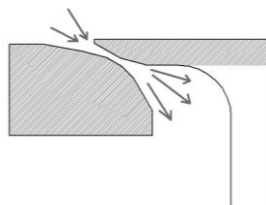


Рисунок 2.4. – Принцип работы трехкромочной фаски клапана.

При поднятии клапана относительно седла работают три кромки, организующие воздушный поток. Подобный способ обработки седел клапанов уже десятки лет применяется в дизельных двигателях зарубежных производителей[32]. Отечественная промышленность внедрила данную технологию формирования профиля седла только после 2006 года. Наглядная технология, рекомендуемая заводом изготовителем[119] для внедрения при проведении ремонтов техники представлена на рисунке 2.5.

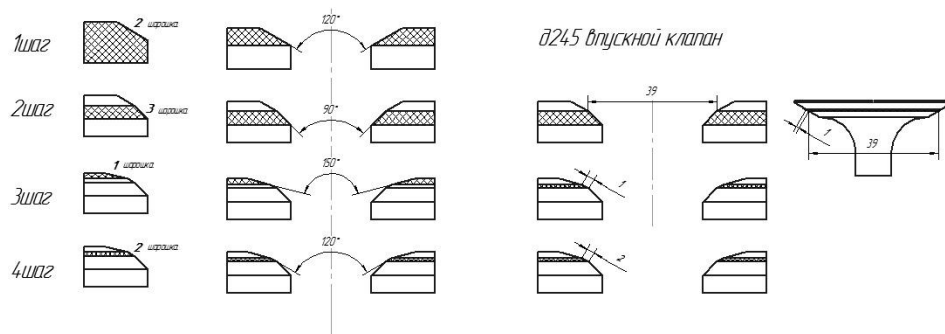


Рисунок 2.5. – Рекомендуемая технология обработки фаски клапана для двигателей д-241/243 на основе применения в двигателе Д-245.

Повышенный износ кромки полного прилегания со временем полностью изнашивает плоскость седла, и уже не способен на качественное пропускание воздуха в цилиндры. Фактор износа является одним из основных при торможении воздушной среды. Типовой износ клапана показан на рисунке 2.6.

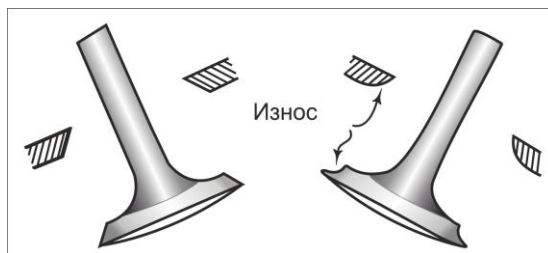


Рисунок 2.6.. – типовой износ кромки клапан и седла клапана в головке блока цилиндров.

Качество системы фильтрации влияет на наполняемость цилиндров, и износ механических пар трения в двигателе. Некачественная фильтрация воздуха не только преждевременно выводит из строя цилиндропоршневую группу, но и снижает эффективность наполнения цилиндров, ухудшая проходимость воздушных каналов.

Перспективной моделью является предлагаемая система воздухоподготовки сочетающая в себе высокую степень фильтрации воздуха и правильную организацию движения воздуха по системе каналов, позволяющую увеличить эксплуатационные качества техники.

2.2 Конструктивно-технологическая схема устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях Д-240/243

Классическая система подачи воздуха в приемную трубу двигателя внутреннего сгорания машин сельскохозяйственного назначения представлена на рисунке 2.7. и включает в себя[99,121]:

- Трубу забора воздуха.
- Корпус воздушного фильтра.
- Впускной трубопровод (соединяющий корпус фильтра и впускной коллектор).
- Воздушный фильтр.
- Впускной коллектор.

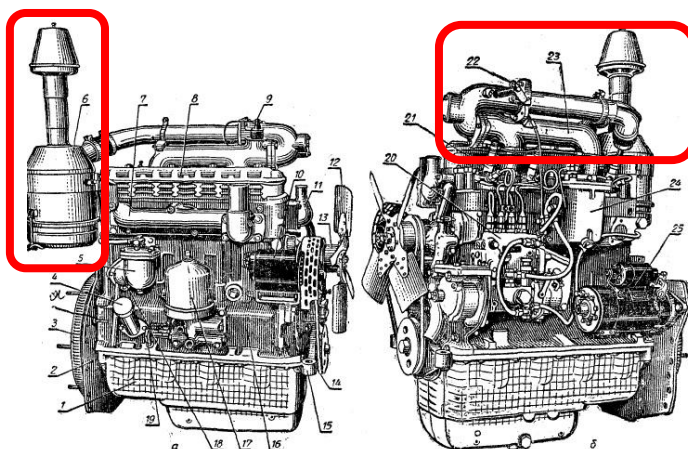


Рисунок 2.7. – Двигатель Д-241 общий вид.

Предлагаемая модернизация заключается в установке фильтрующего элемента кассетного типа с бумажным фильтрующим элементом, в пластиковом корпусе, широко распространенным в сельском хозяйстве и на транспорте.

Данное решение будет отвечать решению ряда задач, представленных в главе 1.5. и обеспечит быструю замену фильтрующего элемента с необходимым качеством герметичности системы питания.

Важно учитывать, что пропускная способность фильтра должна быть достаточной для полноценной работы силовой установки, и укладываться в существующие нормативы по обслуживанию серийной системы фильтрации воздуха двигателя Д-240/243. А именно замена фильтрующего элемента при достижении 1000 моточасов, или постоянном визуальном контроле каждые 300 моточасов работы.[119] В случае чрезмерной загрязненности фильтрующего полотна кассета подлежит замене.

Критерии, требуемые для создания альтернативной системы подачи воздуха в двигатель следующие:

- Габаритные размеры корпуса фильтра схожие со штатным фильтром Д-240/243.

- Отводящий воздух патрубок должен быть внутренним диаметром не менее 60мм во избежание наличия переходников. 60мм это критический диаметр, выбранный конструкторами д-240/243 для диаметра входной трубы двигателя.

- Исходя из параметров работы двигателя, в частности режима и выбора оборотов двигателя д-240/243, допускается применение воздушного фильтра АК2705-1109010 имеющего сертификат соответствия № RU C-RU.АЯ04.В.00845.

Данный фильтрующий элемент отвечает критерию соответствия по пропускной способности, поскольку применяется на дизельном двигателе CUMMINS ISF 2.8L. имеющем объем 2.8 литра. Предлагаемый корпус фильтра изображен на рисунке 2.2.

Метод подбора осуществляется по формуле сравнения объема воздуха проходящего через фильтра за единицу времени, формула 2.1.

$$(V_{д-240.1600})/2 =(V_{cummins.*2500})/2 \quad (2.5.)$$

где

$V_{д-240}$ – рабочий объем двигателя Д-240 (см³)

1600 – обороты соответствующие максимальному крутящему моменту двигателя Д-240. (об/мин)

$V_{cummins}$ – рабочий объем двигателя Cummins (см³)

2500 - обороты соответствующие максимальному крутящему моменту двигателя CUMMINS ISF 2.8L.



Рисунок 2.8 - Общий вид воздушного фильтра АК2705-1109010 в сборе.

Это позволит унифицировать систему фильтрации воздуха с современными аналогами, нашедшей широкое применение, схожей по своей пропускной способности и эффективности.

Применение модернизированного фильтрующего элемента, позволит улучшить характеристики двигателя сельскохозяйственной техники, за счет наличия системы безагрегатного наддува, размещаемой непосредственно в фильтрующем элементе предлагаемой системы подачи воздуха в ДВС.[138]

Из этого следует, что серийный фильтр двигателя Д-240, можно успешно заменить, на серийный фильтр от двигателя Cummins не ухудшив качество фильтрации воздуха, и не перегружая изменяемый фильтр избыточным воздушным потоком.

Замена серийного фильтрующего элемента с корпусом Д-240 на модифицированный, собранный в корпусе воздушного фильтра CUMMINS, не несет в себе отрицательных последствий для двигателя, поскольку пропускная способность фильтров идентичная, как и проходное сечение выходного патрубка, равное 60мм в диаметре.

Дальнейшее применение воздушного фильтра сухой конструкции позволит более оперативно проводить не только периодическую замену фильтрующего элемента, но и повысить тягово-эксплуатационные, экономические и экологические параметры работы двигателя, в совокупности с разработанным устройством.[86]

Важно понимать, что выбор системы фильтрации воздушного потока также, обусловлен необходимостью работы с воздушным потоком непосредственно после прохождения через фильтрующий элемент. Любые операции с воздушной средой до поступления в фильтр неработоспособны, так как нивелируются торможением потока и разделением его структуры в процессе прохождения фильтрующего элемента[62]. Предлагаемый фильтрующий элемент, подразумевающий техническую возможность размещения во внутренней полости устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей изображен на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9.- Фильтрующий элемент воздушного потока двигателя CUMMINS ISF 2.8L.

Удастся обосновать актуальность производимых работ по усовершенствованию системы подачи воздуха в двигатель Д-240 и математически рассчитать применение системы фильтрации воздуха оснащенной фильтрующим модулем АК2705-1109010 с сухим фильтром кассетного типа. Далее необходимо обосновать место размещения устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС и методику подбора параметров устройства в зависимости от характеристик двигателя.

Предлагаемая система питания, обозначенная на конструктивно-технологической схеме модернизации системы питания является общей схемой модернизации системы питания для дизельных двигателей семейства Д-240/243.

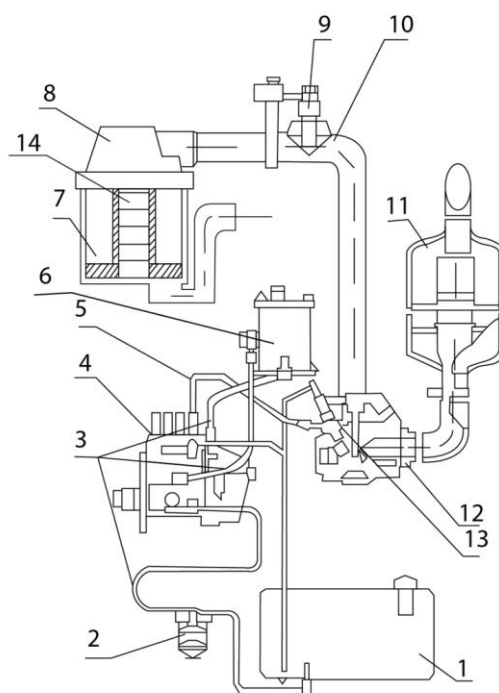


Рисунок 2.10 – конструктивно-технологическая схема измененной системы питания

где:

- 1 – топливный бак.
- 2 – топливный фильтр
- 3 – топливная магистраль
- 4 – Топливный насос высокого давления
- 5 – топливная магистраль высокого давления
- 6 – механический насос прокачки топливной системы
- 7 – воздушный фильтр сухого типа сменный, кассетный
- 8 – корпус воздушного фильтра сухого типа, сменного кассетного
- 9 – электрофакельный подогреватель
- 10 – впускной коллектор
- 11 – глушитель шума выхлопных газов
- 12 – выпускной коллектор

13 – форсунка

14 – устройство воздухоподготовки

организация воздушного потока из хаотичного в структурированный, подразумевает, что при применении устройства воздухоподготовки можно повысить давление, создаваемое во впускном коллекторе атмосферного двигателя в рамках эффективности системы динамического без агрегатного наддува[5].

Любая система, или структура, стоящая на пути воздушной среды, прежде чем ускорить поток, используя реорганизацию броуновского движения, в строго определенное, незначительно его тормозит.[1,8] Из-за этого происходит замедление движения воздуха, и образование волновых эффектов в системе подачи воздуха до этого устройства.

Одним из таких препятствий служит воздушный фильтр, имеющий определенное сопротивление. Из всех возможных мест размещения предлагаемого устройства, были рассмотрены следующие варианты:

1. Поточное размещение в полости впускного коллектора.
2. Внутренняя поверхность фильтрующего элемента воздушного фильтра.

Именно внутренняя полость воздушного фильтра оптимально подходит под обозначаемые задачи. И это отвечает следующим критериям:

- воздух после прохождения воздушного фильтра имеет максимально разрозненную структуру.
- наличие максимальных векторов отклонения, а соответственно скорость броуновского движения частиц воздушной среды максимальна именно на выходе воздуха из плоскости фильтрующей его.
- отсутствуют волновые явления, отсекаемые материалом фильтрующего элемента.
- при повышении давления воздуха во впускной системе после воздушного фильтра, время прохождения пути по впускной системе будет сокращаться, что приведет к снижению температуры воздуха при попадании его в цилиндры. С

учетом того, что стенки впускного коллектора при работе прогретого двигателя нагреваются до $55^{\circ}\text{--}65^{\circ}\text{C}$. [147]

Размещение устройства в полости впускного коллектора недопустимо, поскольку неизбежно возрастет сопротивление системы подачи воздуха в двигатель, за счет уменьшения сечения в без того малом диаметре впускной системы. В соответствии с технической литературой и методике расчета автотракторных двигателей критический диаметр впускной системы дизельного двигателя по объему не может быть менее 60 мм.

Таким образом, технически удастся обосновать место размещения устройства воздухоподготовки, во внутренней плоскости воздушного фильтра цилиндрической формы, предлагаемого ранее. Данный фильтр оснащенный устройством воздухоподготовки изображен на рисунке 2.11



Рисунок 2.11. - Устройство воздухоподготовки, размещенное в предлагаемом воздушном фильтре.

2.3. Обоснование параметров устройства воздухоподготовки в автотракторных дизельных двигателях Д-240/243

Обоснование параметров разработанного устройства строится на применении двух аэродинамических коэффициентов взятых последовательно, позволяющих снизить потери скорости потока при резком изменении сечения

системы. Следует перейти к расчетам эксплуатационных показателей техники на основании измененного параметра расхода воздуха.

Предлагаемая полезная модель относится к области машиностроения, а именно, к двигателестроению, может быть использовано в системах впуска двигателей внутреннего сгорания (Приложение Б). Устройство воздухоподготовки для мобильных сельскохозяйственных агрегатов представлено на рисунке 2.12.

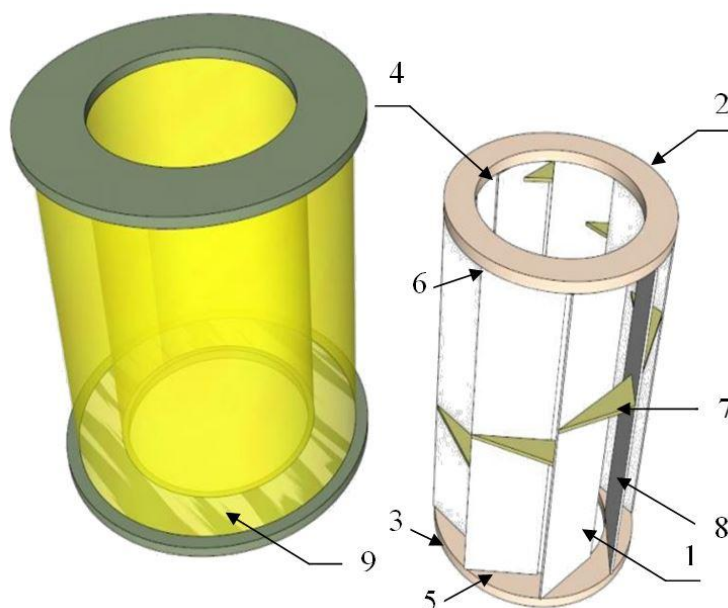


Рисунок 2.12. – Общий вид устройства воздухоподготовки

Включает следующие конструктивные элементы:

- 1 – вертикальные направляющие лопатки
- 2 - верхнее основание,
- 3 - нижнее основание,
- 4 - внутренние отверстия верхнего и нижнего оснований,
- 5 - нижние торцевые поверхности лопастей,
- 6 – верхние торцевые поверхности лопастей,
- 7 – соединительные элементы для придания жесткости конструкции.
- 8 - открытые промежутки между лопастями,
- 9 – воздушный фильтр.

Устройство воздухоподготовки, устанавливаемое в канале впуска воздуха двигателя внутреннего сгорания, содержит множество вертикальных направляющих лопаток 1, верхнее основание 2 и соразмерное ему нижнее

основание 3, выполненные в форме кольца. При этом лопасти 1 выполнены в виде пластин прямоугольной формы и установлены по касательной к внутренним отверстиям 4 верхнего 2 и нижнего 3 оснований. Они жестко закреплены нижними торцевыми поверхностями 5 на нижнем основании 3, а верхними торцевыми поверхностями 6 – на верхнем основании 2. Соседние лопасти 1 попарно соединены между собой посредством горизонтальных соединительных элементов 7 треугольной формы. Данные горизонтальные элементы необходимы для придания жесткости конструкции, и снижения деформации при работе. Лопасти 1 установлены с открытыми промежутками 8 на полную длину в продольной боковой части и образуют цилиндрическую форму по внешнему и внутреннему периметрам с установленными лопастями 1.

Верхнее основание 2 и нижнее основание 3 выполнены из неметаллического материала (например, оргстекло). Между основаниями 2, 3 вертикально установлены и закреплены лопасти 1, выполненные в виде пластин прямоугольной формы. Лопасти 1 установлены по касательной, проходящей через внутренние отверстия 4 верхнего 2 и нижнего 3 оснований. Угол расположения лопастей 1 рассчитывается в зависимости от типа двигателя, в котором применяется данное устройство (но суммарный угол лопастей не должен превышать 30° для одного проходного окна), и от высоты воздушного фильтра 9, в который устанавливается данное устройство. Помимо лопастей 1 от нижнего основания 3 к верхнему основанию 2, между парами соседних лопастей 1 устанавливают горизонтальные вспомогательные элементы 7 треугольной формы. Вспомогательные элементы 7 повышают жесткость конструкции, устраняют возникающие вибрации при прохождении воздушного потока. Все элементы данного устройства, имеющие простую геометрическую форму, изготовлены из неметаллических токонепроводящих материалов (текстолит, оргстекло), что позволяет избежать поверхностной ионизации воздуха от металлических поверхностей и не растерять накопленный вследствие вращения в молекулах заряд раньше, чем образуется топливо воздушная смесь, или ранее, чем смесь попадет в цилиндр (изготовленные из пластмассы впускные коллекторы доказали

свое преимущество в сравнении с металлическими). Крепление лопастей 1 к верхнему 2 и нижнему 3 основаниям, а также крепление горизонтальных вспомогательных элементов 7 производится путем сварки, пайки, или клеевого соединения, на материалы устойчивые к воздействию масла, бензина, и повышенных вибрационных и температурных нагрузок.

При создании формул определения параметров устройства воздухоподготовки ДВС применяются геометрические размеры и коэффициенты заимствованные из аэродинамики тел и авиационных расчетов турбореактивных двигателей.[5,20]

Параметры устройства:

- $L_{\text{устр.}}$ – высота устройства
- $D_{\text{устр.}}$ – выходной диаметр отверстия устройства
- $A_{\text{устр.}}$ – количество лопаток устройства
- $H_{\text{лопаток}}$ – толщина лопаток устройства
- β – угол установки лопаток. Определяется как тангенциальный от $D_{\text{устр.}}$

Параметры двигателя и исходных условий

- $D_{\text{критич.}}$ – критический диаметр самого узкого места впускной системы на участке от воздушного фильтра до предклапанной зоны

- $D_{\text{фильтр}}$ – внутренний диаметр фильтра
- i – Количество цилиндров
- V_h – объем цилиндра
- n – количество оборотов при достижении максимального крутящего момента ДВС

- $\tau_{\text{двс}}$ – количество тактов в двигателе.

Вычисляемые параметры для определения параметров устройства.

- $V_{\text{потока}}$ – скорость развиваемая воздухом во впускной системе.
- $S_{\text{критич.}}$ – площадь критического сечения впускного коллектора
- $S_{\text{внутр. устр.}}$ – общая площадь внутренней части устройства (сумма всех окон лопаток)

- $S_{\text{вн.фильтра}}$ – внутренняя площадь фильтрующего элемента ($S_{\text{вн.фильтра}} = S_{\text{наруж.устр}}$)
- $S_{\text{щели лопатки}}$ – площадь выходного отверстия образуемого сужением двух лопаток во внутренней плоскости устройства
- $S_{\text{внутр.устр.2}}$ – площадь выходного отверстия устройства до критического сужения
- $C_{\text{критич}}$ – длина окружности критического сечения впускной системы
- $C_{\text{устр.}}$ – длина окружности выходного отверстия устройства
- $C_{\text{фильтра}}$ – длина окружности внутренней части фильтра
- $H_{\text{лопаток}}$ – ширина окна образуемого двумя лопатками.

Двигатель Д-243 имеет заводские характеристики крутящего момента 258 Нм при оборотах 1600 об/мин. Поскольку двигатель 4х тактный, общим объемом 4,7 литра, то по формуле 2.1 используемой в расчете соответствия пропускной способности воздушного фильтра, Д-243 в минуту потребляет 3 760 л/мин воздуха. ($V_{\text{общ/мин.}} = 3760 \text{ л/мин}$. Или 62л/сек или 0.06267 М3/сек.)

С учетом минимального сечения круглой трубы впускной системы 60мм вычисляем площадь сечения по известной формуле площади круга (2.2.)

$$A = \pi r^2 \quad (2.2)$$

$$A = 0,002826 \text{ м}^2.$$

Теперь вычисляем скорость прохождения воздуха через минимальное сечение впускного коллектора при оборотах 1600 об/мин по формуле 2.3.

$$v_{\text{общ}} = \frac{V_{\text{общ/мин}}}{A} \quad (2.3)$$

$$v_{\text{общ}} = 22,17 \text{ м/сек.}$$

Следует произвести расчет вертикальной площади внутреннего цилиндра воздушного фильтра и посчитать коэффициент ускорения воздушного потока на входе в узкое сечение воздушного канала впускного коллектора.

$$\text{Высота } L_{\text{устр}} = 180 \text{ мм}$$

$$\text{Внутренний диаметр фильтра } D_{\text{фильтра}} = 100 \text{ мм}$$

Длина окружности $C_{\text{фильтра}}$ высчитываем по формуле 2.4

$$C_{\text{фильтр}} = 2 \pi r \quad (2.4.)$$

$$C_{\text{фильт}} = 31,4 \text{ см. (314 мм)}$$

Внутренняя площадь фильтра $S_{\text{фильтра}}$ вычисляем по формуле 2.5.

$$S_{\text{фильтра}} = C_{\text{фильт}} * L_{\text{устр}} \quad (2.5)$$

$$S_{\text{фильтра}} = 565,2 \text{ см}^2$$

Далее вследствие движения воздуха во впускной коллектор сечением 60 мм, и площадью $28,26 \text{ см}^2$ воздух испытывает резкое ускорение (в 20 раз).

Явление плавного изменения скорости воздушного потока в плоскости фильтра и предварительная подготовка к прохождению по сечению 60 мм, позволит оптимизировать движение воздушной среды во впускном коллекторе и снизить аэродинамические потери.[55,64] Для этого необходимо организовать систему щелевидных направленных ускорителей по всей внутренней плоскости фильтра. Придание вращения воздушному потоку, совместно с плавным многоступенчатым разгоном, с использованием аэродинамических коэффициентов обеспечивает меньший скоростной переход воздушного потока при попадании в критическое сечение воздушной магистрали системы питания.

Угол установки лопаток является одним из самых важных элементов устройства. Поскольку именно лопатки организуют вращательное движение воздушного потока, и при правильной установке не создают значительного сопротивления воздушному потоку.[97,100]

Из газодинамики известно, что лопатки, установленные под углом 30° , имеют максимальный КПД.[80,139] Именно поэтому, угол большинства применяемых в ракетостроении и авиации сопел в начальной своей стадии имеет угол стенок 15° . Которые в сумме дают вышеупомянутые 30° . Значит, угол схождения двух лопаток не должен превышать 30° это условие необходимо соблюсти, и оно является проверочным при определении выходного диаметра устройства $D_{\text{устр}}$.

При необходимости организации цилиндрического воздушного потока, лопатки принято устанавливать тангенциально к минимальному диаметру устройства разгоняющего воздушный поток.

Для обеспечения плавного разгона воздушной струи следует учитывать коэффициент ускорения воздушной струи 1.33, известный как коэффициент тягоусиления в газодинамике, используемый при проектировке турбореактивных двигателей. Данная величина считается оптимальной и допустимой при сужении сопла и возрастании скорости потока[24].

Толщину лопаток принимаем равной 2 мм, материал изготовления АБС-пластик. АБС пластик это — ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Она отлично сопротивляется вибра нагрузкам[6], присущим работе двигателя и позволяет создавать требуемую конфигурацию модели устройства методом 3D-моделирования и 3D-печати.

При изготовлении вертикальных лопаток высотой 180мм, меньшая толщина пластика при выплавке деформируется и не способна противостоять усадке без изменения формы. Поэтому величина толщины 2 мм получена опытным путем при изготовлении устройства.

При восьми лопатках установленных по окружности внутренней плоскости фильтрующего элемента за счет толщины лопаток, внутренняя и наружная плоскость устройства равномерно уменьшается на площадь торцевых площадей всех лопаток[114,133] вычисляемой по формуле площади прямоугольника.

Таким образом, наружная площадь прохождения воздуха $S_{\text{наруж. устр}}$ равна разнице общей наружной площади и разнице поперечных площадей лопаток.

$$S_{\text{наруж. устр}} = 536,4 \text{ см}^2$$

Учитывая количество лопаток равным 8, а коэффициент тягоусиления 1,33 , то внутренняя площадь устройства рассчитывается по следующей зависимости.

$$S_{\text{внутр. устр}} * 1,33$$
$$S_{\text{внутр. устр}} = 403,3 \text{ см}^2$$

Такую площадь прохождения воздушного потока надо обеспечить при соблюдении коэффициента тягоусиления.

При наличии восьми щелей, образованных лопатками, площадь одной щели $S_{\text{щели лопатки}}$ делится на общее количество окон образованных направляющими лопатками устройства воздухоподготовки.

$$S_{\text{щели лопатки}} = 50,4 \text{ см}^2$$

Исходя из полученного размера и учитывая, что высота устройства $L_{\text{устр}} = 18 \text{ см}$ значит ширина окна $H_{\text{лопаток}}$ одной щели образованной лопатками равна

$$H_{\text{лопаток}} = 2,8 \text{ см}.$$

Верхнее проходное сечение устройства в виде шайбы является опорой для вертикальных лопаток и служит еще одним сечением предварительного повышения скорости воздушного потока.

Для сохранения пропорции возрастания скорости воздушного потока требуется выдержать отношение, регулируемое коэффициентом 1.768 относительно площади минимального сечения впускного коллектора, а именно 60мм.

Для этого

$$S_{\text{внутр.устр.2}} = 49,96 \text{ см}^2$$

Вычисляем радиус проходного окна устройства по простой формуле получения радиуса от площади.

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (2.6.)$$

где

$$r = 3,9 \text{ см}$$

Внутренний диаметр выходного отверстия

$$D_{\text{устр}} = 7,8 \text{ см}.$$

Для обеспечения установки стабильного воздушного потока, вращающегося и имеющего дополнительную энергию[136] на основе эффекта Ранка, угол расположения лопаток должен быть тангенциальным к образующему радиусу внутреннего выходного окна устройства, и не быть более 30° . [41,143] Ширина окна при этом должна быть 2,8см. Данная модель создана в программе Solid Works.

Соотношение высоты устройства и подобранного воздушного фильтра под конкретную модель двигателя семейства Д-241 является важным параметром. Опытным путем было получено, что при уменьшении длины коллектора двигателя Д-241 незначительные улучшения в работе наблюдаются на высоких оборотах двигателя.[98] Для дизельного двигателя не оснащенного ресивером в классическом понимании, эту роль выполняет впускной коллектор и внутренняя полость воздушного фильтра. При увеличении общей длины впускного коллектора, улучшается тяговая способность двигателя в зоне низких и средних частот. При этом, внутренняя высота фильтра должна быть не ниже имеющейся в заводском исполнении.

Для повышения качества работы двигателя на высоких оборотах уменьшение длины впускного коллектора[124] должно сопровождаться увеличением критического сечения и изменениями параметра устройства.

Но поскольку высота фильтра АК2705-1109010 соответствует высоте фильтра двигателя Д-241 и впускной коллектор остался без изменений устройство воздухоподготовки выполненное в полную высоту фильтра логичное и технологически правильное решение.

Отчасти применение эффекта Ранка в разработанном устройстве, позволяет отнести его к той области техники, которая основана на изучении вихрей. Но в силу слабой изученности этого процесса все устройства работающие с вращением воздушных или жидкостных потоков не могут представлять собой правильную теоретическую модель без проведения натурных испытаний.[134,146] Любое математическое описание устройств такого рода всегда обозначается как теоретически-импирическое. Подразумевающее выявление оптимальных соотношений и параметров на практике. [24,107]

В результате консолидации теоретических расчетов и практических опытов устройство повышения тягово-эксплуатационных экономических и экологических показателей имеет параметры для обеспечения максимального эффекта при оборотах коленчатого вала двигателя Д-240/243 1600-1800об/мин.

Высота устройства - Н

Данный параметр определяется конструкцией системы питания двигателя. Для двигателя Д-243 аргументированно применение фильтра сухо отчистки воздуха, высота устройства 180мм занимает полностью внутреннюю полость фильтрующего элемента.

Внутренний диаметр выходного отверстия D.

$$D = 2 * \sqrt{\frac{1,768 * 3,14 * 0,5 D_{\text{крит.}}}{\pi}}$$

Площадь устройства $S_{\text{устр}}$

$$S_{\text{устр}} = 1,768 * S_{\text{критич.}}$$

$$S_{\text{критич.}} = \pi r^2$$

Где r- критический радиус впускного коллектора $r = 0,5 D_{\text{критич}}$

Количество лопаток при скоростях движения воздушного потока в системе до 25м/с не менее 8 (данные подтверждены опытным путем).

Внутренняя площадь суммы окон всех лопаток должна быть

$$S_{\text{устр.внутр.}} = \frac{S_{\text{наруж.}} - LHA}{1,33} - LHA$$

Где L – внутренняя высота фильтра

H – толщина лопаток

A- количество лопаток.

$$S_{\text{устр.внутр.}} = 565,2 \text{ см}^2$$

Угол установки лопаток β – производится тангенциально относительно образующего $D_{\text{выход.устр.}}$. Ширина лопаток подбирается таким образом, что бы площадь их внутренних щелевидных окон равнялась $S_{\text{устр.внутр.}} - LHA$

где

L – внутренняя высота фильтра

H – толщина лопаток выбирается с учетом технологии изготовления, но не менее 2мм для пластика.

A- количество лопаток.

Параметры устройства:

- $L_{\text{устр.}} - 18 \text{ см}$

- $D_{\text{устр.}} - 7,8\text{см}$
- $A_{\text{устр.}} - 8$
- $H_{\text{лопаток}} - 0,2\text{см}$
- β – угол установки лопаток. Определяется как тангенциальный от $D_{\text{устр}}$

но не более 30° .

Параметры двигателя и исходных условий.

- $D_{\text{критич.}} - 6\text{см.}$
- $D_{\text{фильтр}} - 10\text{см}$
- $i - 4$
- $V_h - 1,175$
- $n - 1600$
- $\tau_{\text{двс}} - 4$

Вычисляемые параметры для определения параметров устройства.

- $V_{\text{потока}} - 22,17\text{м/сек.}$
- $S_{\text{критич.}} - 28,26\text{см}^2$
- $S_{\text{внутр. устр.}} - 403,3\text{ см}^2$
- $S_{\text{вн.фильтра}} - 565,2 = S_{\text{наруж.устр.}}$
- $S_{\text{щели лопатки}} - 50,4\text{см}^2$
- $S_{\text{внутр.устр.2}} - 49,96\text{ см}^2$
- $C_{\text{критич}} - 18,84\text{ см}^2$
- $C_{\text{устр.}} - 24,492\text{ см}^2$
- $C_{\text{фильтра}} - 31,4\text{ см}^2$
- $H_{\text{лопаток}} - 2,8\text{ см}^2$

Постоянные коэффициенты зависящие от скорости потока воздуха во впускной системе. При скорости потока менее 100км/час коэффициенты не меняются.

1,33 – коэффициент тягоусиления в эжекторе.

1,768 – коэффициент возрастания скорости потока.

Разработанное таким образом устройство представленное на рисунке 2.13. являет собой набор геометрических параметров, существенно улучшающих показатели коэффициента избытка воздуха.

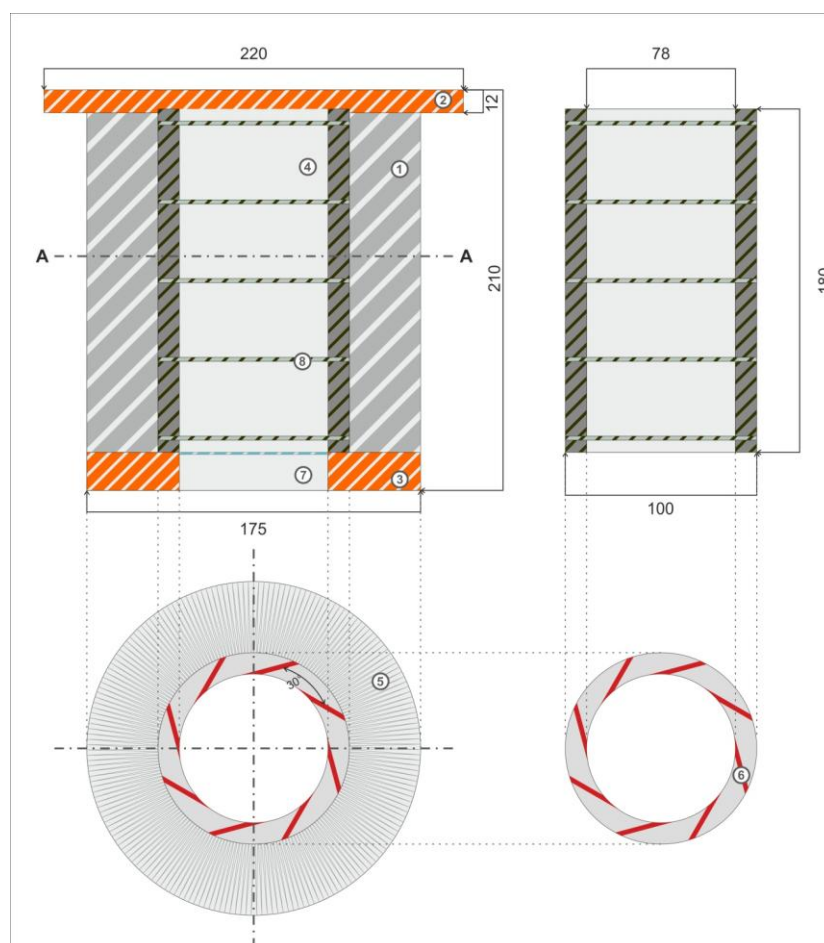


Рисунок 2.13. – Устройство воздухоподготовки для мобильных сельскохозяйственных агрегатов.

В процессе разработки были изготовлены и опробованы различные параметры высоты устройства и количества лопаток. Однако оптимальными являются вышеуказанные характеристики, которые основываются на параметрах двигателя, технических условиях определенных для устройства и технологичностью изготовления. Рассмотрим последовательно параметры работы двигателя и влияние коэффициента избытка воздуха на итоговую мощность и эффективность работы.

Вследствие невозможности изменить глобальные процессы, происходящие в двигателе внутреннего сгорания, работа направлена на оптимизацию существующих параметров. Одним из таких параметров, влияющих на

повышение мощности и крутящего момента и является выбранный критерий оптимизации, а именно, значение расхода воздуха двигателем за единицу времени.

Следует рассмотреть все математические зависимости, описываемые при расчете ДВС, в которых фигурируют параметры пропускной способности впускной системы. Необходимо выявить математические зависимости параметров создаваемого устройства, на ключевые факторы, состоящие в формулах описания процессов происходящих в ДВС, и придти к итоговой формуле или формулам учитывающие измененные параметры впускной системы и выходные данные тягово-эксплуатационных показателей ДВС.[1] Для подтверждения данных произведем подробный расчет влияния указанного коэффициента на итоговую мощность.

Индикаторный КПД. Формула индикаторного КПД для дизельного двигателя выглядит следующим образом:

$$\eta_i = \frac{p_i R_\mu M_1 T_k}{p_k \eta_v H u} \quad (4.3)$$

Где p_i - действительное среднее индикаторное давление определяется по формуле

$$p_i = \phi_n p_{ip} \quad (4.4)$$

где

ϕ_n – коэффициент полноты индикаторной диаграммы $\phi_n = 0,9422$ МПа (табличное значение)

p_{ip} - среднее расчетное индикаторное давление (табличное значение)

Определение количества свежего заряда. Данная величина определяется формулой

$$M_1 = \alpha L_0 \quad (4.6)$$

При применении устройства воздухоподготовки эта величина определяется опытным путем.

Коэффициентом наполнения η_v является величина отношения действительного количества свежего заряда к тому количеству, которое могло бы теоретически заполнить рабочий объем при условиях окружающей среды на

впуске. На практике, при расчете двигателя д-241 В. В. Эфросом рекомендуется применять формулу

$$\eta_v = \xi_{доз} * \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * \frac{p_a}{p_k} * \frac{T_k}{T_k + \Delta T} * \left(1 - \frac{\xi p_r}{\varepsilon p_a}\right) \quad (4.9)$$

где

$\xi_{доз}$ - коэффициент дозаряда.

ε - степень сжатия двигателя.

p_a - давление в конце впуска (мПа.)

p_k - давление на впуске. (для атмосферных моторов принимается $p_k = p_0$, где p_0 = давление окружающей среды) мПа

T_k - температура свежего заряда на впуске (К)

ΔT – подогрев свежего заряда на впуске. (принимается по табличным значениям 10К).

ξ - отношения теплоемкостей.

p_r – параметр остаточных газов.

Коэффициент дозаряда. К концу такта впуска давление в цилиндре обычно ниже, чем во впускном трубопроводе. Из-за этого впускной клапан закрывают позднее. Дозаряд — дополнительное поступление заряда в такте сжатия. А коэффициент дозаряда — отношение количества свежего заряда в цилиндре после закрытия клапана к его количеству в момент нахождения поршня в НМТ (нижней мертвой точке). Величина этого коэффициента всегда принимается по опытным данным. На нее влияет длина впускного трубопровода, частоты вращения коленчатого вала, угла запаздывания закрытия впускного клапана. При применении динамического или инерционного без агрегатного наддува, улучшении качества изготовления впускной системы, и прочих манипуляциях, нацеленных на оптимизацию движения воздуха по системе данный коэффициент может быть равен $\xi_{доз} = 1,11 - 1,2$.

Рациональное согласование всех факторов носит название «настройки впускной системы». При отсутствии настройки впуска величина $\xi_{доз} = 1,0 - 1,05$. По опытным данным, полученным из справочной литературы, коэффициент дозаряда для двигателя серийного двигателя д-240 равен 1,02. В то же время,

применение настроенной системы впуска различной конструкции позволяет увеличить данную величину до 1,035 при оптимизации сечений каналов впускного трубопровода, и 1,08 при установке систем динамического наддува.

Исходя из того, что по эффективности работы повышения давления во впускной системе установка устройства воздухоподготовки равна эффективности настроенной системы впуска в их предельных величинах примем коэффициент дозаряда с учетом потерь и погрешностей $\xi_{доz} = 1,035$

Параметры рабочей смеси в конце впуска. При открытии впускного клапана свежая порция воздуха попадает в цилиндр двигателя, и частично смешивается с продуктами горения, оставшимися в цилиндре после такта выпуска.

Смесь свежего заряда с продуктами сгорания называется рабочей смесью.

Параметр рабочей смеси определяют масса M , температура T , давление p . Они зависят от следующих величин:

- Подогрева свежего заряда на впуске от нагретых деталей двигателя;
- Параметров остаточных газов;
- Степени сжатия;
- Гидравлических сопротивлений на впуске и выпуске;
- Возможности продувки надпоршневого объема в момент перекрытия клапанов;
- Плотности заряда перед впускными клапанами, для повышения которого используется механический агрегатный или без агрегатный наддув.

Давление рабочей смеси. В конце такта впуска давление p_a главный фактор, определяющий объем и количество рабочего тела, поступившего в цилиндр. Эта величина зависит от давления во впускном коллекторе на участке от воздушного фильтра до впускного клапана.

Величина p_a определяется произведением коэффициента суммарных потерь при впуске и давлению окружающей среды. Данная формула считается эмпирическим уравнением.

$$p_a = \xi_{вн} p_k \quad (4.10)$$

p_a - давление в конце впуска;

p_k - давление на впуске;

$\xi_{вн}$ – коэффициент, учитывающий суммарные потери давления при впуске;

Давление на впуске в двигателях без наддува определяется как равное давлению окружающей среды, $p_k = 0,1 \text{ МПа}$ (табличное значение).

Поскольку коэффициент α находится на уровне коэффициента динамического и инерционного наддува для двигателя Д-240, в качестве величины $\xi_{вн}$ берем коэффициент 0,891 (табличное значение), применяемый при расчете эффективности без агрегатного наддува. Серийный двигатель Д-240 имеет коэффициент сопротивления впускной системы на уровне 0,82.

До начала такта впуска в рабочем объеме цилиндра всегда присутствует определенное количество остаточных газов. Это продукты сгорания, оставшиеся от предыдущего цикла. Для определения давления остаточных газов используем формулу

$$p_r = \xi_{вып} * p_0 \quad (4.11)$$

Где

p_0 – атмосферное давление.

$\xi_{вып}$ - коэффициент сопротивления выпускной системы.

По табличным данным для двигателя Д-240 коэффициент $\xi_{вып} = 1,11$

Температура остаточных газов не существенно влияет на наполнение цилиндров свежим зарядом и допускает применение на основании опытных данных по табличным величинам. Поскольку в требуемых формулах данное значение не приводится, на стадии расчета впуска этим можно пренебречь.

Итоговые вычисления и сравнение результатов с теоретическим расчетом двигателя внутреннего сгорания Д-241 оснащенного устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических характеристик.

Далее переходим к расчету индикаторного КПД по формуле

$$\eta_i = \frac{p_i R_{\mu} M_1 T_k}{P_k \eta_v H_u} \quad (4.12)$$

где

p_i - действительное среднее индикаторное давление (МПа)

R_μ – газовая постоянная кДж/(кмоль*К)

H_u – низшая теплота сгорания топлива МДж/кг

M_1 – количество свежего заряда

T_k - температура на впуске К

P_k – давление на впуске мПа

η_v – коэффициент наполнения

Индикаторный КПД для двигателя Д-240 по справочным источникам и на основании типовых расчетов 0,4001. С применением устройства воздухоподготовки для мобильных сельскохозяйственных агрегатов индикаторный КПД увеличивается.

Для определения среднее эффективного давления p_e используем уравнение:

$$p_e = p_i * \eta_M \quad (4.13)$$

Величина среднеэффективного давления играет важную роль в итоговой формуле

$$N_e = \frac{p_e i V_h n}{30 \tau_d} \quad (4.14)$$

где

N_e - эффективная мощность кВт;

n – частота вращения коленчатого вала об/мин;

p_e – среднее эффективное давление МПа;

$i V_h$ - рабочий объем цилиндров см³;

τ – тактность двигателя ед.;

i – количество цилиндров ед.;

Теперь произведем расчет удельного эффективного расхода топлива.

Для определения величины g_e применим формулу

$$g_e = \frac{3600}{H_u * \eta_e} \quad (4.15)$$

где

H_u – низшая теплота сгорания топлива

η_e - эффективный КПД определяемый по формуле

$$\eta_e = \eta_i \eta_M \text{ где}$$

η_i — коэффициент наполнения

$\eta_M = 0,8513$ (По табличным данным Д-241)

Формула удельного эффективного расхода топлива

$$g_e = \frac{3600}{\eta_i \eta_e}$$

Табличное значение удельного эффективного расхода топлива 249 г/ кВт*ч.

Последняя величина принимаемая в расчетах это эффективный крутящий момент. Поскольку двигатель Д-243 развивает максимальный крутящий момент при 1600 оборотов в минуту необходимо рассчитать показатель эффективной мощности под данный режим работы.

$$N_e = \frac{p_e i V_h n}{30 \tau_d}$$

Уравнение эффективного крутящего момента принимает вид

$$M_{k e} = \frac{9550 * N_e}{n}$$

Уравнения эффективного крутящего момента и эффективной мощности являет собой итоговые формулы определения эффективности функционирования силового агрегата на основании изменившегося параметра расхода воздуха при сохранении цикловой подачи топлива.

Выводы

1. Выявлены теоретические предпосылки, свидетельствующие о том, что увеличение количества воздуха, подводимого в двигатель положительно сказывается на эффективности функционирования силового агрегата.

2. Разработана конструктивно-технологическая схема оснащения устройством воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей, устанавливаемое в канале впуска, которая содержит множество вертикальных направляющих лопаток, при этом лопатки выполнены в виде пластин прямоугольной формы и установлены по касательной к внутренним отверстиям верхнего и нижнего оснований верхнее основание и соразмерное ему нижнее основание, выполненные в форме кольца. При этом лопатки выполнены в виде пластин прямоугольной формы и жестко закреплены нижними торцевыми поверхностями на основаниях.

3. Приведены теоретические расчеты устройства воздухоподготовки и обоснованы его параметры. Установлены внутренний диаметр основания устройства 78мм, высота устройства 180мм, количество лопаток 8, угол схождения лопаток 30°градусов.

4. Произведено теоретическое моделирование влияния устройства воздухоподготовки на эффективность работы двигателя д-240/243, в результате которого определены увеличения эффективного крутящего момента, эффективного КПД, эффективная мощность, индикаторный КПД, коэффициент наполнения за счет увеличения коэффициента наполнения.

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ

3.1. Методика лабораторных исследований эффективности функционирования силового агрегата с устройством воздухоподготовки

Проведение практических исследований, лабораторных и натурных, важный и необходимый этап подготовки научной работы. Они необходимы для проверки всех основных положений имеющегося теоретического анализа и подробного раскрытия влияния устройства воздухоподготовки на улучшение существующих характеристик и снижение экономических издержек при эксплуатации автотракторных дизельных двигателей семейства Д-240/243.[21]. При проведении лабораторных и натурных испытаний полученные данные будут использованы для корректного построения математической модели влияния устройства воздухоподготовки на параметры эффективности функционирования автотракторного дизельного двигателя.[58]

Для проведения экспериментальных исследований был выбран трактор МТЗ-80.1 оснащенный атмосферным двигателем Д-241. Данный трактор оснащен самым распространенным типом двигателя среди малых и средних предприятий аграрного сектора, и является наиболее популярным, в том числе и на самоходных машинах. Выбор агрегатируемого оборудования обоснован возможностями предприятия, на базе которого проводились исследования[113]. Поскольку проведение натурных испытаний можно совместить с актуальными по сезону выполняемыми работами.

За основу методики проведения экспериментальных исследований были взяты стандартные методики из ГОСТ 24055-80 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения».[45] Так же ГОСТ 23728-88 «Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки»[49] и ГОСТ 23729-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки специализированных машин».[50] Дополнительно рассматривались и были использованы ГОСТ 18509-

88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний»[46], ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний»[53], и ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.»[47] При проведении лабораторных испытаний двигателя подвергаемого модернизации Д-241 оснащенным устройством воздухоподготовки, установленном на опытном тракторе МТЗ-80 учитывались положения ГОСТ 18509-80 «Двигатели тракторные и комбайновые. Методика стендовых испытаний».

На основании изученного материала, предлагаемая методика испытаний объединяет в себе основные положения и методы измерения численных показателей работы техники, и являет собой методику проведения лабораторных и натурных испытаний.

В рамках подготовки методики проведения эксперимента разработан алгоритм лабораторных и натурных испытаний, позволяющий с высокой точностью производить снятие параметров расхода топлива и воздуха на предлагаемой технике, и обеспечить высокую степень повторения условий, в которых проводятся испытания. Составлена схема проведения лабораторных и натурных испытаний и выбраны соответствующие условия работы техники, с минимальными отличиями при проведении эксперимента.

Лабораторные и натурные испытания проводились в крестьянско-фермерском хозяйстве ИП Кочкина Е.В. и ИП Семенов А.А. Чучковского и Сасовского района Рязанской области, в период с 2017-2018 годы.

3.2. Методика сравнительных исследований надежности автотракторных дизельных двигателей с предложенной системой воздухоподготовки

Исследования модернизированной техники с устройством воздухоподготовки важная часть проводимых исследований. В силу значимости параметров надежности техники данные методы испытаний были выделены в

самостоятельную часть испытаний. Поскольку параметр надежности комплексный параметр следует дать ему определение.

Методика сравнительных исследований надежности агрегатов с предложенной системой воздухоподготовки базируется на ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия и определения[52]. И ГОСТ 23435-79 Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров[49].

Для проведения долгосрочных испытаний устройства воздухоподготовки использовались две группы тракторов, в первой группе 2 трактора МТЗ-80 и 1 трактор МТЗ-82 с двигателями Д-241/243 (экспериментальная группа). Во второй группе трактора МТЗ-80 с двигателями Д-243 и 1 трактор МТЗ-80 с двигателем Д-241. (контрольная группа). Методика испытаний заключалась в сравнении динамики снижения параметров силовой установки вследствие износа, стимулируемым низким качеством фильтрации воздуха серийными воздушными фильтрами, имеющими типовые неисправности.

Две группы тракторов проходили диагностику по следующим параметрам.

Компрессия — для определения износа цилиндропоршневой группы.

Полный вакуум и остаточный вакуум — определение этих параметров необходимо для диагностики качества и плотности прилегания колец к стенкам цилиндров и герметичность запирающего механизма ГБЦ.

Эндоскопия — визуальный осмотр цилиндропоршневой группы через отверстие монтажа топливной форсунки

Стетоскопия ГБЦ на предмет повышения звука в зоне прилегания клапанов. Явление выявления стука клапанов.

По всем измеряемым параметрам составляются сводные таблицы, записываются данные о наработке в моточасах и фиксируются персональные данные техники. Три трактора из первой группы оснащаются устройством воздухоподготовки и фильтрующим элементом предлагаемой конструкции, и эксплуатируются в штатном режиме. Три трактора из второй группы продолжают использоваться в штатном режиме эксплуатации

Спустя 12 месяцев производится диагностика двигателя, с целью выявления снижения показателей, основанных как на некачественной фильтрации воздуха серийными воздушными фильтрами, так и работой модернизированной техники в условиях повышенной температуры в камере сгорания и как следствие более правильном тепловом режиме пар трения[61].

Диагностическое оборудование, применяемое в ходе экспериментов представлено в главе 3.3. за исключением стетоскопа. Он представлен на рисунке 3.1



Рисунок 3.1. – Технический мембранный стетоскоп.

Общие диагностические таблицы представлены в главе 3.3.

Так же производится изучение загрязненности камеры сгорания посредством эндоскопии. Данные так же приведены в таблицах.

3.3 Методика проведения исследований в полевых условиях

При проведении лабораторных испытаний ставились следующие задачи:

1. Проведение опытов с целью определение оптимальных параметров устройства воздухоподготовки для мобильных сельскохозяйственных агрегатов.
2. Определение параметров расхода воздуха двигателя Д-241 в различных режимах работы.

3. Выделение критерия влияющего на показатели коэффициента полезного действия ДВС, и подтверждение теоретических расчетов параметров опытного двигателя.

При проведении натурных испытаний главными задачами ставились:

1. Проведение полноценного эксперимента в условиях реально выполняемых работ с фиксацией расхода топлива и расхода воздуха.

2. Определение эффективности устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей в условиях реально производимых работ.

3. Получение величин, позволяющих произвести расчет экономической эффективности устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС в условиях имеющегося КФХ.

Исходя из поставленных задач экспериментальных исследований, лабораторных и натурных испытаний составлена принципиальная схема-алгоритм проведения лабораторных и натурных испытаний. Она представлена на рисунке 3.3. Алгоритм проведения представляет собой следующую последовательность действий:

1. Сбор и анализ исходных данных силовой установки Д-241 используемой при проведении лабораторных и полевых испытаний.

2. Подготовка экспериментальных образцов устройства с целью получения величин эффективности устройства повышения тягово-эксплуатационных экономических и экологических показателей ДВС в количестве 25 единиц для корректного проведения полноценного 4х факторного эксперимента.

3. Оснащение дизельного двигателя оборудованием сбора информации по расходу топлива и расходу воздуха за единицу времени.

4. Проведение лабораторных опытов с различными конфигурациями устройства с целью получения максимального параметра расхода воздуха в одинаковых условиях.

5. Обработка полученных данных в программе «статистика» и выявление оптимальной конфигурации технических характеристик устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей.

6. Подготовка к проведению полевых испытаний устройства воздухоподготовки с оснащением техники приборами контроля параметра расхода топлива и расхода воздуха за единицу времени.

7. Проведение измерения интенсивности снижения ресурса модернизированной и не модернизированной техники методом диагностики.

8. Проведение полноценных полевых испытаний при выполнении одной из технологических операций связанной со значительными затратами расхода топлива техникой.

9. Обработка результатов расхода топлива и воздуха за единицу времени с полноценных полевых испытаний.

10. Сравнение результатов натурных испытаний и теоретических расчетов. Подготовка полученных величин к обработке изменившихся показателей работы транспортной единицы к расчету экономического обоснования и эффективности от применения устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС.

Разработанная программа исследований изображена на рисунке 3.2

Пошаговый алгоритм проведения научных исследований и последовательность проведения испытаний представлена на рисунке 3.3.



Рисунок 3.2. – Программа проведения научных исследований.

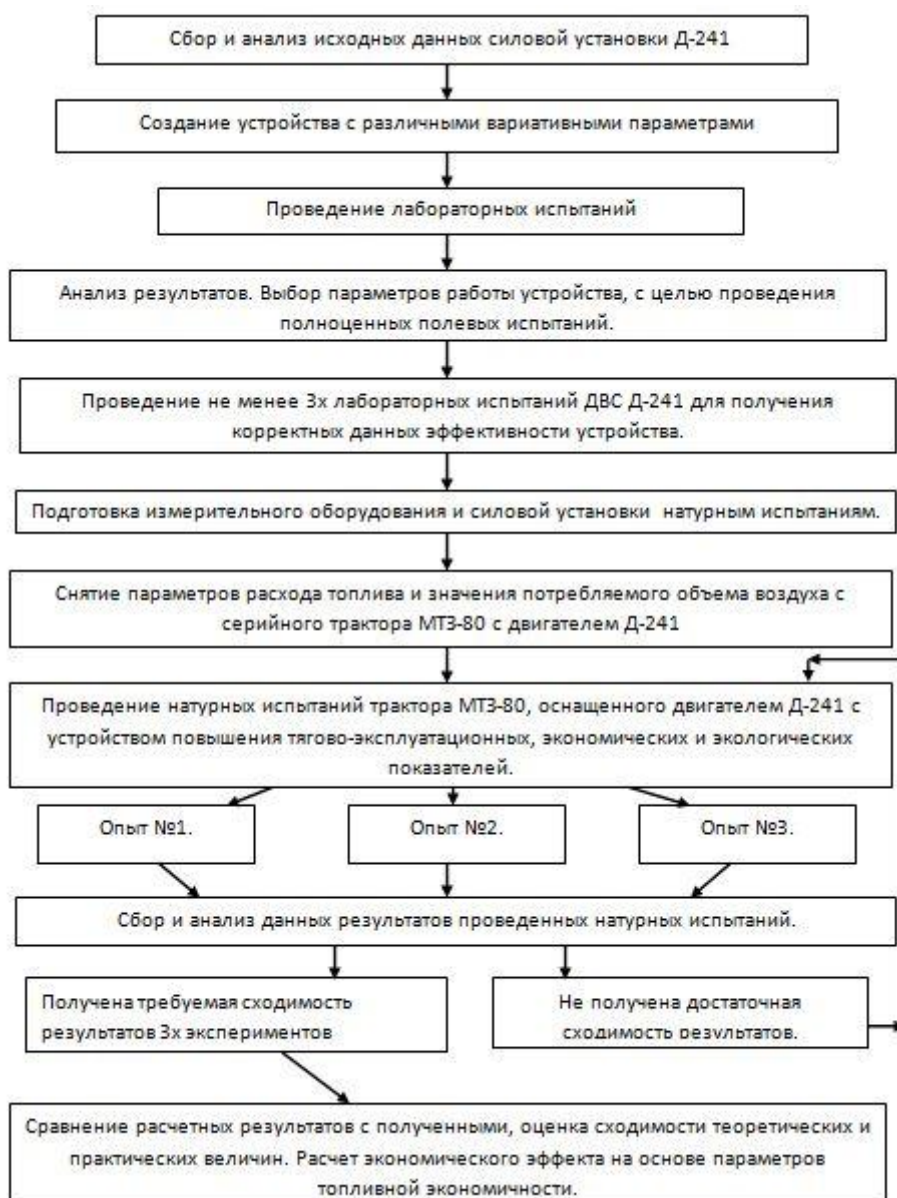


Рисунок 3.3. – Общая схема и порядок проведения лабораторных и натурных испытаний.

При сборе и анализе данных о силовой установке, на которой будут производиться дальнейшие опыты особое внимание уделяется техническому состоянию двигателя. Поскольку все опыты проводятся с двигателем, находящимся в работе, следует подробно изучить не только его технические характеристики но и степень износа главных узлов играющих важную роль в определении результатов экспериментов трактора МТЗ-80.[71]

Для оценки технического состояния опытного трактора необходимо произвести комплексную диагностику силовой установки, а именно износ

цилиндропоршневой группы, состояние камер сгорания и герметичность клапанов. Предполагаемый алгоритм диагностики подробно изображен на рисунке 3.4.

Диагностика выполняется согласно общей методике точной диагностики износа цилиндропоршневой группы. Помимо снятия параметров герметичности камеры сгорания осуществлялся визуальный осмотр цилиндров изнутри методикой технической эндоскопии. Данные технической эндоскопии приведены в таблице в разделе примечания. Технический эндоскоп изображен на рисунке 3.5.

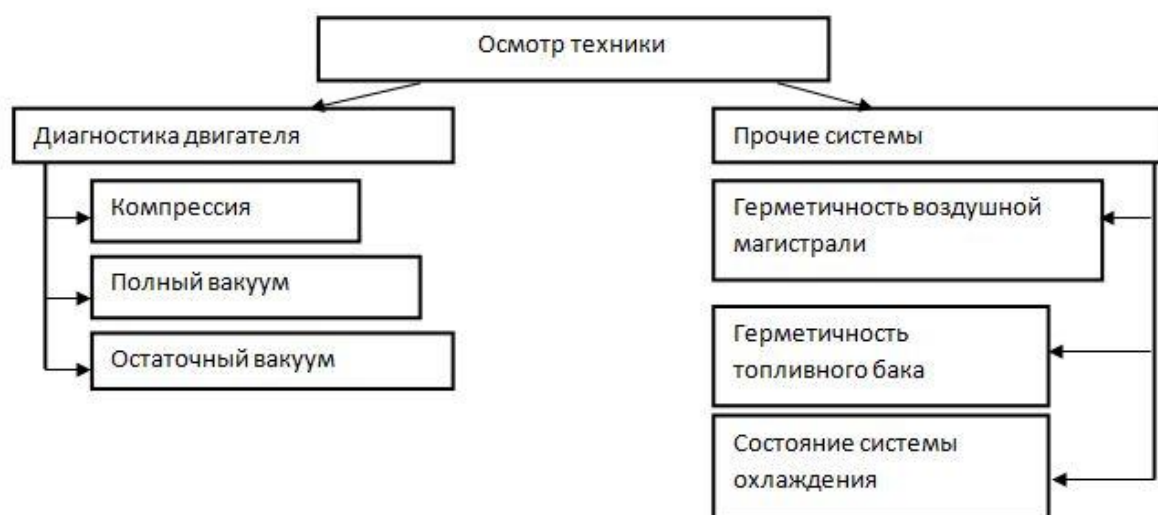


Рисунок 3.4. – Обзор параметров подлежащих диагностике



Рисунок 3.5. – Общий вид технического эндоскопа для диагностики ЦПГ.

Диагностика двигателя производилась техническим высокоточным компрессометром Likota, изображенном на рисунке 3.6. представляющим собой манометр с гибким шлангом высокого давления, оснащенный системой быстрого разъема соединения и кнопкой сброса. Показания манометра от 0 до 70 кг/см².

Для удобства использования высокоточный компрессометр был соединен с двигателем через переходник, устанавливаемый на место форсунки двигателя.



Рисунок 3.6. – Общий вид компрессометра Likota.

Параметры полного и остаточного вакуума в цилиндрах двигателя Д-241 определялись прибором АГЦ.

АГЦ — анализатор герметичности цилиндров представлен на рисунке 3.7.

Определение параметров полного и остаточного вакуума позволяет говорить о качестве и плотности прилегания колец к стенкам цилиндров и герметичность запирания механизма ГБЦ.



Рисунок 3.7. – Общий вид прибора АГЦ-2.

Рабочие параметры топливной системы были взяты на основании произведенного обслуживания ТНВД с проверкой настройки механизма на стенде. Замена форсунок производилась менее чем 1000 моточасов назад, к моменту начала эксперимента. Левая сторона двигателя с ТНВД представлена на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8. – Общий вид на топливное оборудование опытного трактора.

На основании указанных измерений составляется общая таблица параметров, в которую вносятся измеряемые величины, таблица 3.1. На основании этой таблицы дается заключение, о техническом состоянии данного двигателя, и дальнейшей возможности проведения опытных экспериментов с целью получения наиболее выгодных конфигураций устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС.

Таким образом, еще до начала непосредственного начала экспериментов надо дать точную техническую оценку опытного двигателя и подтвердить, что данный ДВС соответствует критерию технически исправного и не изношенного, а значит на него распространяются все табличные характеристики и параметры рекомендованные заводом изготовителем как эталонные.

Далее следует обратить внимание на измерение параметров расхода топлива и расхода воздуха за единицу времени. Для этого была использована тарированная канистра прошедшая апробацию по объему, в Рязанском ЦСМ, от которой запитывается опытный двигатель. К тарированной емкости, представленной на рисунке 3.9. подсоединяется как прямой шланг подачи топлива в двигатель, так и обратный шланг оттока неиспользованного топлива.

Метод измерений израсходованного топлива производится следующим образом. Канистра имеет метку абсолютно соответствующую 20 литрам по объему. Так же на канистру нанесены метки соответствия литража с шагом в 20

мл. Она устанавливается на трактор горизонтально и фиксируется во избежание опрокидывания. Заливается полная канистра до отметки 20 литров, затем система прокачивается и трактор прогревается до рабочей температуры. После этого мотор останавливается, и заливается топливо до отметки 20 литров.



Рисунок 3.9. – Тарированная канистра/бак для топлива.

Таким образом, момент начала эксперимента это полная канистра до уровня 20 литров дизельного топлива. Снятие показателей израсходованного топлива производится методом заправки мерной емкостью тарированной канистры, до уровня начала эксперимента. Величина топлива, требуемая для заправки канистры до отметки, соответствующей началу эксперимента и есть затраченное топливо в ходе эксперимента измеряемое в миллилитрах и при необходимости переводимое в килограммы.

Но наиболее важным параметром во всех исследованиях является прибор учета воздуха поступающего в двигатель во время работы.

Для измерения этой величины использовался прибор прошедший проверку в РЦСМ и обладающий первым классом точности измерений. Измерительный прибор СГ-ЭКвз-р 0535/1,6 представлен на рисунке 3.10.

Данный прибор устанавливается на капот трактора, имеет внутренний диаметр 100 мм. Согласно технологии проведения измерений перед началом измерений должна быть прямолинейная труба длиной не менее 5 диаметров

критического сечения прибора. А позади него прямолинейный участок должен быть не менее 3х диаметров критического сечения прибора. Соответственно единственное место удобное для установки это капот трактора МТЗ-80.

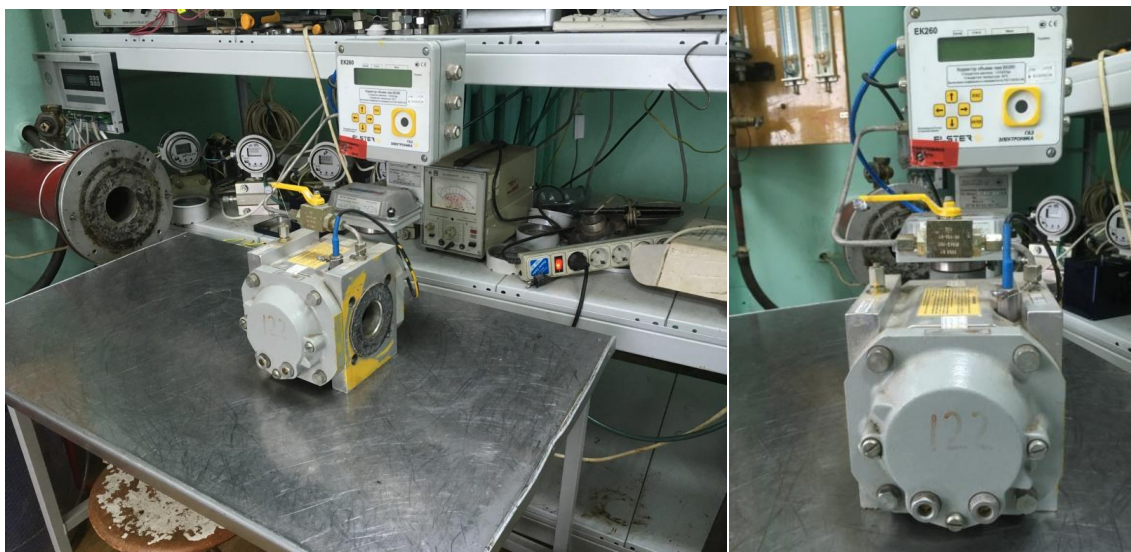


Рисунок 3.10. – Общий вид измерительного прибора СГ-ЭКвз-р 0535/1,6 до установки на трактор

Таким образом, в общей сложности в момент проведения лабораторных и полевых испытаний снимается большое количество параметров, актуальных и значимых для проводимой работы[93]. Все приборы имеют достаточную точность для верного подсчета выходных данных двигателя определенных в главе 2.

Предлагаемая система питания, обозначенная на конструктивно-технологической схеме модернизации системы питания, является общей схемой модернизации системы питания для дизельных двигателей семейства Д-240/243.

При предложении научной гипотезы о работоспособности устройства воздухоподготовки мобильных сельскохозяйственных агрегатов основные геометрические параметры устройства основывались на некоторых коэффициентах, заимствованных из аэродинамики и расчетов реактивных двигателей и сопел. Изменению подвергались такие величины как количество лопаток устройства и диаметр выходного отверстия устройства, влияющий на ускорения воздушного потока на выходе из устройства при переходе к критическому сечению впускной системы[82].

Для выявления параметров устройства необходимо изготовить 24 устройства воздухоподготовки, и произвести опыты по измерению часового расхода воздуха на одних и тех же оборотах двигателя.

С каждым изготовленным образцом необходимо произвести не менее трех измерений, для обеспечения корректности показаний и сходимости результатов. Таким образом, на уровне проведения экспериментальных опытов поиска параметров устройства воздухоподготовки, надо в общей сложности произвести 75 экспериментов с фиксацией параметров расхода воздуха в одних и тех же условиях работы силовой установки.

Алгоритм проведения лабораторных испытаний заключается в установке поочередно каждого из разработанных устройств, на прогретый двигатель, обнуление показаний счетчика газа, и запуск двигателя на следующих режимах работы:

1. Холостой ход двигателя не менее 1 минуты.
2. 1600 оборотов в минуту в течение 15 минут.
3. Холостой ход двигателя не менее 1 минуты.

Результаты расхода воздуха необходимо пересчитать в расход воздуха в килограммах в час и занести в таблицу результатов лабораторных испытаний, в которой отмечены все параметры конкретного устройства, которое проходило испытания.

Если габариты устройства превышают внутренние габариты полости воздушного фильтра, значит, данный опыт не был проведен ввиду невозможности его реализации. Поскольку ни при каких обстоятельствах устройство воздухоподготовки не может превышать размеры фильтрующего элемента.

На основании проведенных опытов, формируется таблица и строится график эффективности параметров устройства в программе «Статистика».

Данные расхода воздуха полученные в результате проведения лабораторных опытов могут быть обработаны согласно методике математического расчета процесса впуска представленные в главе 2, и послужить основой для

теоретического расчета эффективности устройства воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей.

Для проведения полноценных натурных испытаний, используется трактор МТЗ-80.1 оснащенный двигателем внутреннего сгорания Д-241. Поскольку задача натурных испытаний это подтверждение сходимости математической части работы, и всех предыдущих видов испытаний, доказывающих повышение эффективности показателей, необходимо производить натурные испытания под нагрузкой, в реальных условиях выполнения работ.

Для обеспечения нагрузки, трактор МТЗ-80.1 был оборудован транспортным агрегатом 2ПТС-4, для выполнения транспортно-полевых работ, изображенной на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11. – транспортный агрегат 2 ПТС-4 +трактор МТЗ-80.1.

В качестве нагрузки было принято решение использовать 45% грузоподъемности данной телеги в соответствии с техническими характеристиками и требованиями ПДД[119]. Для корректной работы тормозной системы и обеспечения безопасности дорожного движения, вес тягача не должен

быть меньше веса прицепа с грузом не оборудованным тормозной системой.[121] Применяемый прицеп 2 ПТС-4 старой модификации и не оснащен рабочей тормозной системой, следовательно, на транспортных работах без нарушения ПДД использоваться с полной грузоподъемностью не имеет возможности. Учитывая собственный вес прицепного устройства 1800 кг, вес балласта в ней должен быть 1800 кг.

Для корректного проведения опыта, прицеп загружается весом в 1800 кг, на элеваторе, и взвешивается на весах. Полная масса прицепа и груза составляет 3600 кг., что соответствует технической характеристики веса трактора МТЗ-80, равной 3650 кг, по паспортным данным, указанным в приложении.

В соответствии с техническими характеристиками, давление в колесах телеги и трактора доводится до требуемого, и выравнивается по осям. Для шин трактора МТЗ-80 рекомендованное давление при выполнении общих работ 1.4. кгс/см². Для прицепа 2ПТС-4 3.5 кгс/см².

Условия движения трактора. Для проведения эксперимента выбирается участок дороги, не имеющий серьезных дефектов покрытия, и поворотов, требующих снижения скорости при прохождении. Тестовый участок выбран между деревнями Пертово и пос. Луговой Чучковского района. Длина участка для измерений расхода топлива составляет 7.0. км в один конец, соответственно, 14 км общая длина пути проходимого трактором с прицепом во время проведения одного опыта. Маршрут изображен на рисунке 3.12. Даная дорога относится к дороге 3 класса, имеет асфальтовое покрытие, и является практически прямолинейной. Без серьезных ям и неровностей, соответствующая по качеству покрытия ГОСТ Р 50597-93.

Трактор с прицепом начинает и заканчивает движение с одного и того же места, во избежание влияния уклона дорожного полотна на наполнение бака топливом. На окончаниях участка имеются широкие перекрестки, позволяющие безопасно выполнить разворот, без нарушения действующих ПДД допускающих разворот на перекрестке.

остановки, с применением рабочей тормозной системы. Трактор глушится, и производятся замеры затраченного топлива методом наполнения тарированного временного топливного бака мерной емкостью имеющей точность показаний на уровне 5 миллилитров. Так же измеряется давление в шинах. Последнее необходимо для обнаружения проколов колес, и возможного увеличения трения качения при потере давления в колесе.

При нарушении режима движения трактора, или наличии неисправностей опыт считается выполненным некорректно, трактор с прицепом возвращается на исходную позицию после устранения поломки или причины нарушения режима движения.

Данный опыт производится 6 раз. Три опыта на серийном тракторе, не оборудованном устройством воздухоподготовки, а три раза после оборудования двигателя вышеуказанным устройством. Все опыты проводятся в один день, для корректности соблюдения метеорологических условий.[71,93] Данные заносятся в общую таблицу для удобства анализа и восприятия.

3.4 Выводы

Для производимых теоретических, практических исследований разработана методика проведения лабораторных экспериментов по поиску параметров устройства воздухоподготовки. На основании общепринятой методики определения износа агрегатов количество опытных единиц техники принято в количестве 6 единиц, из которых три оснащены устройством воздухоподготовки, а три нет. Предложена методика диагностирования двигателя на основании ГОСТ 27.002-89.

На основании общепринятой методики измерения расхода топлива ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.» разработана программа проведения полевых испытаний с получением числовых значений расхода топлива.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Результаты экспериментального обоснования параметров устройства воздухоподготовки

После произведенных лабораторных и натурных испытаний устройства воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей, в соответствии с представленной в главе 3 методикой и алгоритмами испытаний были получены численные показатели влияния разрабатываемого устройства на характеристики двигателя.

Поскольку двигатель Д-241 применяется на сельскохозяйственной технике в условиях запыленности окружающей среды, важно не только улучшить тягово-эксплуатационные качества техники, но и сохранить на требуемом уровне качество фильтрации воздуха в условиях реального выполнения производственных операций. Помимо этого, фильтрующий элемент должен не повышать частоту обслуживания системы питания техники, во избежание негативных факторов ухудшающих производственный процесс. Таким образом, подобранный фильтрующий элемент должен отвечать критериям пропускной способности, быть доступным для покупки и приобретения предприятиями, быть распространенным и иметь необходимую математическую составляющую подбора.

Как уже говорилось в главе 2, экспериментальными оборотами работы двигателя Д-241 в АПК являются обороты, соответствующие максимальному крутящему моменту рассматриваемого двигателя. Для двигателя Д-240/243 такой величиной являются обороты 1600 об/мин.

Превышение оборотов двигателя выше этой величины не дает существенной прибавки в крутящем моменте, но существенно повышает напряженность деталей, снижает ресурс двигателя, и повышает расход топлива. Таким образом, все процессы, происходящие в двигателе Д-241 следует рассматривать именно с точки зрения оборотов 1600 об/мин.

При оборотах 1600 об/мин, двигатель потребляет в минуту следующий объем воздуха, рассчитываемый по формуле 2.1. для дизельного двигателя Д-241:

$$V_{д-241} = (V_{двиг.1600})/2 \quad (3.1)$$

$$V_{д-241} = (4,7 \cdot 1600)/2 = 3760 \text{ л/мин.}$$

где

$V_{д-241}$ – объем потребляемого воздуха в минуту при оборотах 1600 об/мин.

$V_{двиг}$ – рабочий объем двигателя Д-241.

Для предлагаемого фильтрующего элемента предлагается использовать воздушный фильтр АК2705-1109010 применяемый для двигателей семейства Cummins Горьковским Автомобильным Заводом. Пропускная способность фильтра при работе на двигателе Cummins рассчитывается по аналогичной формуле 2.1. но только обороты максимального крутящего момента для указанных двигателей находятся на отметке 2600 об/мин. Соответственно имея объем двигателя Cummins 2.8 литра, преобразовав формулу 3.1. получаем:

$$V_{cummins} = (2,8 \cdot 2600)/2 = 3640 \text{ л/мин.} \quad (3.2.)$$

Таким образом, объем потребляемого воздуха в режимах максимальных показателей тяговой способности двигателя Д-241 с масляно-контактной системой фильтрации и двигателя Cummins с сухой системой фильтрации практически идентичны. Исходя из равенства составленного в формуле 2.1.

Из этого следует, что применение предлагаемой сухой системы фильтрации воздуха для двигателя Д-241 допустимо, и не понесет за собой негативных последствий при работе техники в полевых условиях и на транспортных работах.

Применение воздушного фильтра АК2705-1109010 полностью оправданно, и имеет под собой математическое обоснование проходимости потока воздуха через плоскость фильтрации за единицу времени. Следовательно, и равную наработку до технического обслуживания. Теперь следует подтвердить параметры разработанного устройства, и подробно рассмотреть проводимые экспериментальные опыты.

При проведении лабораторных исследований главной задачей стояло оперативное проведение экспериментов, и получение величин при различных вариативных параметрах устройства.

Объектом испытаний выступал двигатель Д-241 1988 года выпуска, серийный номер № 5687588 наработка моточасов на момент начала испытаний 8322, техническое обслуживание проводилось в соответствие с регламентом подготовки техники к весенне-полевым работам.

Результаты проводимых измерений технического состояния двигателя опытного трактора №1 представлены в таблице 4.1.. На данной машине производились измерения количества израсходованного воздуха и топлива по описанной методике.

Таблица 4.1. – результаты комплексной диагностики двигателя Д-241.

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	36	0,9	0,15		Незначительный шум ГБЦ
2	35	0,89	0,14	Задиры на стенках	Незначительный шум ГБЦ
3	35,5	0,89	0,15	Незначительные трещины седла клапана выпуска.	Повышенный шум ГБЦ
4	36	0,9	0,15		Незначительный шум ГБЦ

По результатам осмотра, двигатель Д-241 признается технически исправным, явных поломок и дефектов не обнаружено. Имеются избыточные загрязнения камеры сгорания, и днища поршней. Все клапана герметичны, на цилиндрах присутствует хон. Поршневые кольца не имеют поломок, и не являются залегшими в своих посадочных местах.

Система охлаждения, оснащенная термостатом не имеет дефектов, полностью герметична. Термостат открывается при температуре 85-87 градусов. В системе питания залит тосол.

Система питания прошла капитальный ремонт осенью 2017 года, с заменой форсунок двигателя и ремонтом ТНВД. Все фильтра чистые, обслуженные в

начале весеннего полевого сезона. 100% герметичность системы питания во всех соединениях.

Воздушная составляющая системы питания проверена на герметичность мыльным раствором на заглушенном двигателе, с подачей воздуха под давлением в 1 атм в воздушную магистраль системы питания. Утечек не обнаружено.

Таким образом, силовую установку, а именно опытный двигатель Д-241 можно признать технически исправной, и пригодной для проведения экспериментальных, лабораторных и полевых испытаний.

Выполнен первый пункт плана лабораторных испытаний, а именно оценка технического состояния силовой установки, и определение возможности проведения всех дальнейших исследований.

Поскольку второй этап проведения лабораторных опытов необходим для определения эффективности научной идеи на практике. Для измерений расхода воздуха за единицу времени применялся газовый счетчик СГ-ЭКвз-р 0535/1,6 1 класса точности, диапазон измерений до 80 м³/час.

Опыт №1.1. Двигатель Д-241, не оснащенный предлагаемой системой питания, соответствующий серийной спецификации, запускается и прогревается до рабочей температуры. Прогретый до рабочей температуры двигатель глушится, и записываются показатели расхода воздуха для определения начальной точки измерений. Двигатель запускается и работает в режиме холостого хода, что соответствует 650-700 об/мин в течение 1 минуты. Затем обороты поднимаются до отметки 1600 об/мин, и в таком режиме двигатель работает не менее 15 минут. Спустя 15 минут, двигатель переводится в режим холостого хода, и работает не менее 1 минуты в этом режиме. Двигатель глушится, показания расхода воздуха являются разницей показаний расхода воздуха на момент окончания эксперимента и момента его начала.

Все данные фиксируются в таблицу, подобный опыт проводится не менее трех раз для корректности показаний оборудования. Данные представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. – Результаты опытов с серийной системой питания.

№ опыта	Расход воздуха за эксперимент кг/час	Расход воздуха за 1 час .кг/час
№1	44,7 кг/час	178,8 кг/час
№2	44,3 кг/час	177,2 кг/час
№3	44,5 кг/час	178 кг/час
Средние значения	44,5 кг/час	178 кг/час

Опыты по определению параметров устройства воздухоподготовки проводится по методике проведения опыта 1.1. отличием в каждом опыте являются изменяемые параметры самого устройства.

Все данные предлагаемых 24 конфигураций устройства заносятся в общую таблицу данных, и обрабатываются в программе «Статистика». Данные проведения всех опытов, и результатов обработки указаны в таблице 4.3.(Приложение А)

Таблица 4.3. – Схема проведения четырехфакторного эксперимента.

Уровень варьирования факторов опыта		Факторы				Критерий оптимизации
		Коэффициент расчета выходного сечения X_1	Коэффициент расчета площади первой ступени X_2	Количество лопаток устройства X_3	Высота устройства мм. X_4	Величина расхода воздуха кг/час. Y
Верхний уровень (+1)		2,206	1,768	10	225	
Основной уровень (0)		1,768	1,33	8	180	
Нижний уровень (- 1)		1,33	1,1	4	135	
Интервал варьирования		0,876	0,668	6	90	
План опытов	№ опыта					
	1	+1	+1	0	0	181,5
	2	+1	-1	0	0	180,5
	3	-1	+1	0	0	182
	4	-1	-1	0	0	179,5
	5	0	0	+1	+1	188,5
	6	0	0	+1	-1	186
	7	0	0	-1	+1	180,5
	8	0	0	-1	-1	183,5
	9	0	0	0	0	195,5
	10	+1	0	0	+1	185
	11	+1	0	0	-1	182,5
	12	-1	0	0	+1	183,5
	13	-1	0	0	-1	181,5
	14	0	+1	+1	0	191,5
	15	0	+1	-1	0	186,5
	16	0	-1	+1	0	185,5
	17	0	-1	-1	0	184,5
	18	+1	0	+1	0	191,5
	19	+1	0	-1	0	186,5
	20	-1	0	+1	0	186,5
	21	-1	0	-1	0	183,5
	22	0	+1	0	+1	190,5
	23	0	+1	0	-1	189,5
	24	0	-1	0	+1	190

Числовые значения варьирования факторов подробно представлены в приложении. На основании проведенных экспериментов была построена функция, позволяющая наглядно выделить параметры устройства воздухоподготовки, в совокупности позволяющих получить значения потребляемого двигателем воздуха за единицу времени. Полученные графики представлены на рисунках 4.1., 4.2., 4.3., и 4.4.

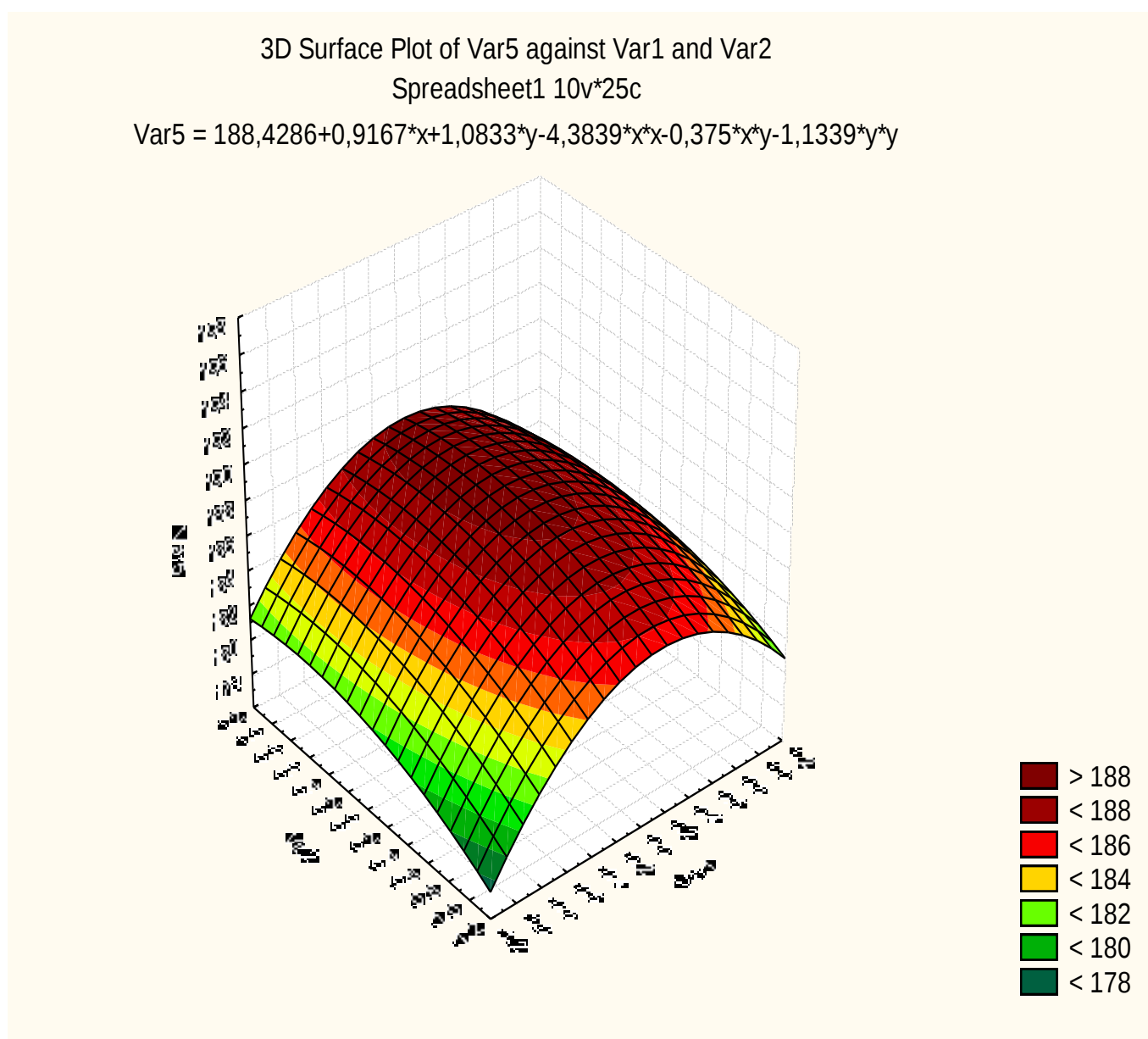


Рисунок 4.1. График эффективность устройства воздухоподготовки.

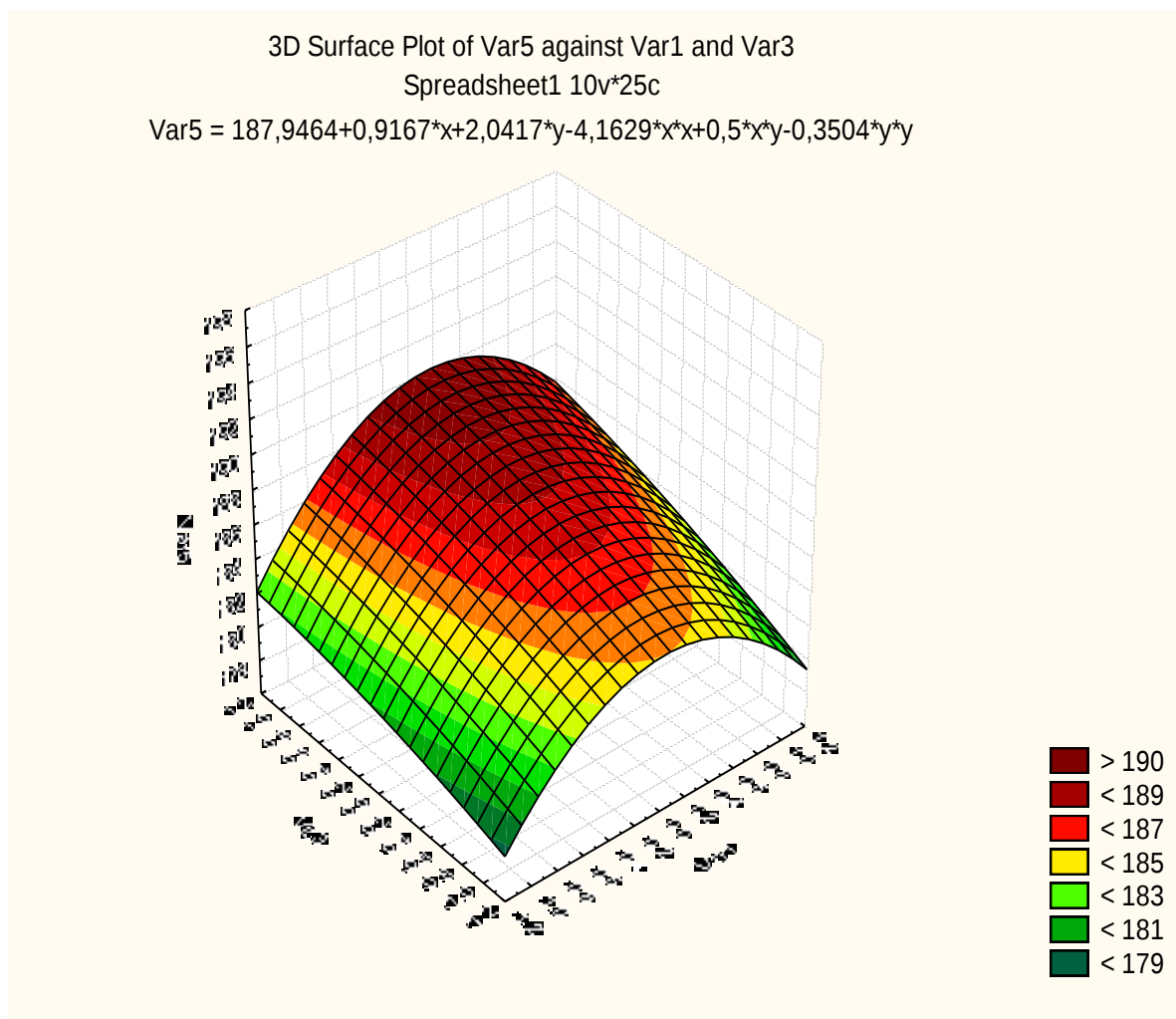


Рисунок 4.2. График эффективность устройства воздухоподготовки

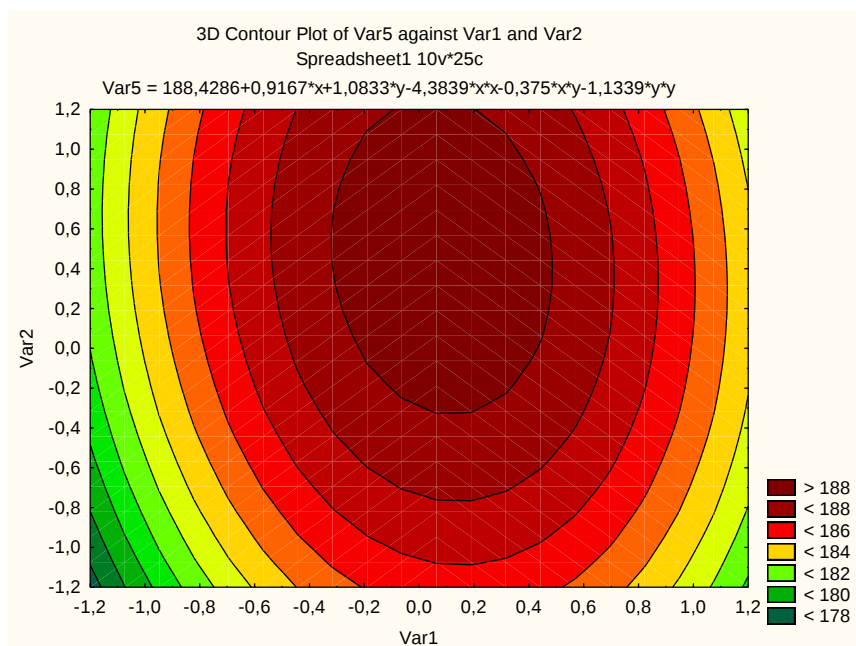


Рисунок 4.3. График эффективность устройства воздухоподготовки.

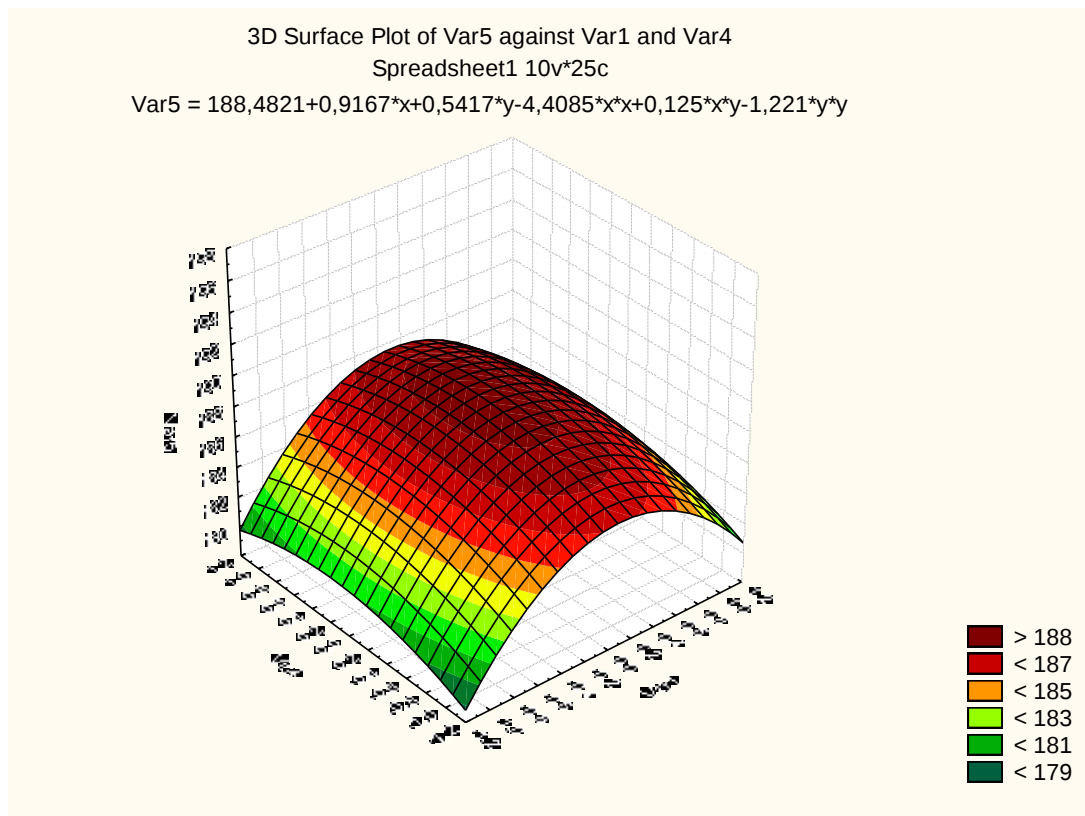


Рисунок 4.4. График эффективность устройства воздухоподготовки.

Model is: $v_5 = b_0 + b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2 + b_3 \cdot v_3 \cdot v_3 + b_4 \cdot v_2 \cdot v_4 + b_5 \cdot v_1 \cdot v_2 + b_6 \cdot v_1 \cdot v_3 + b_7 \cdot v_1 \dots$

Dependent variable: Var5

Independent variables: 4

Loss function: least squares

Final value: 197,27083333

Proportion of variance accounted for: ,51295963 R = ,716212

Данный выбор интервалов измеряемых величин обусловлен различными коэффициентами взятыми из аэродинамики при проектировании устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС. Только правильная последовательность коэффициентов способна дать эффективность снижения сопротивления воздушного потока при уменьшении сечения прохода воздушной смеси. Высший коэффициент применимый для высоких скоростей движения воздушной массы получен методом сложения разницы применимых коэффициентов, но не дает существенных результатов.

Количество лопаток в устройстве повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей начинается с 4, затем 8 и возрастает до 10. Не смотря на незначительное улучшение работы устройства при 10 лопатках, сложность изготовления 10 лопастного устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС значительно выше, чем при создании устройства в 8 лопатками. Именно по этой причине выбранное число лопаток 8. Это позволяет, получая значения эффективности сохранить устройство технологичным и выгодным в производстве.

Высота устройства ограничивается вертикальной полостью воздушного фильтра, предлагаемого в работе. И максимальная эффективность могла бы достигаться за счет большей высотой самого фильтрующего элемента, но возвращаясь к вопросам технологичности применения предлагаемой схемы, высота внутренней полости фильтра и устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей принята 180 мм. При меньшем значении высоты устройства существенно снижается эффективность работы, и падает параметр давления. Устройство изображено на рисунке 4.5.

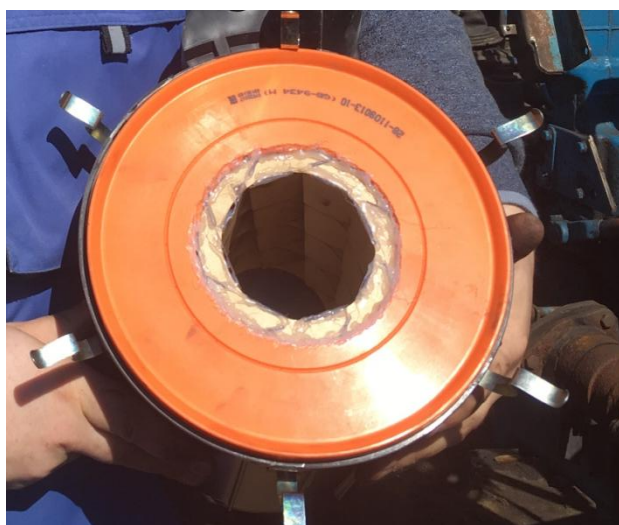


Рисунок 4.5. – Устройство повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС.

Исходя из полученных результатов лабораторных экспериментов, следует сделать следующие выводы:

1. Устройство воздухоподготовки повышает скорость прохождения воздуха через впускную систему в сравнении с серийной системой питания двигателя Д-241.

2. Параметры устройства, полученные опытным путем, сходятся с математической гипотезой создания устройства описанной в главе 2, и подтверждены многочисленными опытами, и обработкой полученных результатов в программе «Статистика» сходимость теоретических и практических размеров устройства 96%.

3. Наибольшее из полученных значений критерия оптимизации, то есть величины потребляемого двигателем воздуха 195,5 кг/час.

4.2 Результаты лабораторных исследований эффективности функционирования автотракторного дизельного двигателя с устройством воздухоподготовки

По результатам лабораторных испытаний, проведенным с двигателем Д-243 трактора МТЗ-80 были получены следующие данные:

- За 60 минут работы в режиме 1600 об/мин. Двигатель потратил 8 литров топлива величина G_T . Плотность топлива 0,84кг/литр.

- Определяемый прибором расход воздуха G_B за 60 минут составил 195,5 кг.воздуха.

- Значение $l_0 = 14,452 \frac{\text{кг возд}}{\text{кг топл}}$

Значит

$$\frac{G_B}{G_T l_0} = \frac{195,5}{8 \cdot 14,452} = \frac{195,5}{115,616} = 1,6909 \quad (4.1)$$

Данный коэффициент избытка воздуха получен опытным путем на двигателе, оборудованном устройством повышения тягово-эксплуатационных экономических и экологических характеристик ДВС. В пересчете в процентах, величина коэффициента избытка воздуха при применении устройства повышения

тягово-эксплуатационных экономических и экологических показателей увеличивается на

$$\left(\frac{1,6909}{1,54} - 1\right) * 100 = 9,79\%. \quad (4.2)$$

Коэффициент α увеличился на 9,79%.

Дополнительный параметр, который снимался с двигателя во время испытаний это давление во впускном коллекторе. Данные измерялись техническим вакуумметром подключенным в магистраль забора воздуха двигателя Д-240 через штуцер. Сбор данных производился в трех режимах работы. Холостой ход, средние обороты и высоки обороты. Данные занесены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 Результаты измерения разрежения во впускном коллекторе

Режим работы	Без устройства	С устройством	Разница в кПа	Разница в %.
800 об/мин.	0,31-0,32 кПа	0,35 кПа	3 кПа (30 миллибар)	9,3%
1600 об/мин.	0,66-0,67 кПа	0,73 кПа	6 кПа (60 миллибар)	9,2%
2100 об/мин.	0,85-0,86 кПа	0,91 кПа	5 кПа (50 миллибар)	5,8%

Исходя из полученных результатов можно уверенно заявить, что предлагаемая технология позволяет оборудовать серийный двигатель Д-240 системой по эффективности равноценной без агрегатному наддуву резонансному или динамическому.

Для подтверждения данных произведем подробный расчет влияния указанного коэффициента на итоговую мощность.

Индикаторный КПД.

Формула индикаторного КПД для дизельного двигателя выглядит следующим образом:

$$\eta_i = \frac{p_i R_\mu M_1 T_k}{p_k \eta_v H_u} \quad (4.3)$$

Где p_i - действительное среднее индикаторное давление определяется по формуле

$$p_i = \phi_n p_{ip} \quad (4.4)$$

В которой

ϕ_n – коэффициент полноты индикаторной диаграммы $\phi_n = 0,9422$ МПа

p_{ip} - среднее расчетное индикаторное давление приведено в табличных значениях типовых расчетов двигателя Д-243 $p_{ip} = 0,8039$ МПа

Следовательно по формуле 4.4.

$$p_i = \phi_n p_{ip} = 0,94 * 0,8039 = 0,7575 \text{ МПа}$$

Значение $R_\mu = 8,315$ кДж/(кмоль*К)

Значение $H_u = 42,5$ МДж/кг

Определение количества свежего заряда

Данная величина определяется формулой

$$M_1 = \alpha L_0 \quad (4.6)$$

В случае измерения коэффициента на опытном моторе до модернизации $\alpha = 1,54$. Значит

$$M_1 = 1,54 * 0,499 = 0,76846 \frac{\text{к моль св.зар.}}{\text{кг топл.}}$$

При применении устройства воздухоподготовки, на основании опытных данных коэффициент $\alpha = 1,6909$. Значит

$$M_1 = 1,6909 * 0,499 = 0,84376 \frac{\text{к моль св.зар.}}{\text{кг топл.}}$$

Данная величина говорит об увеличении количества свежего заряда, что существенно увеличивает выходные параметры мощности мотора. Пересчитаем в процентах.

$$\left(\frac{0,84376}{0,76846} - 1 \right) * 100 = 9,79\%$$

Получение увеличения количества свежего заряда на 9,79% это важное достижение практических опытов с применением разработанного устройства. Теперь рассчитаем величину η_v – коэффициент наполнения.

Коэффициентом наполнения является величина отношения действительного количества свежего заряда к тому количеству, которое могло бы теоретически заполнить рабочий объем при условиях окружающей среды на впуске.

На практике, при расчете двигателя д-241 рекомендуется применять формулу

$$\eta_v = \xi_{доз} * \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * \frac{p_a}{P_k} * \frac{T_k}{T_k + \Delta T} * \left(1 - \frac{\xi p_r}{\varepsilon p_a}\right) \quad (4.9)$$

Где

$\xi_{доз}$ - коэффициент дозаряда (табличное значение 1,035).

ε - степень сжатия двигателя (табличное значение 16)

p_a - давление в конце впуска (расчетное значение 0,111)

P_k - давление на впуске. (для атмосферных моторов принимается $p_k = p_0$, где p_0 = давление окружающей среды (табличное значение 0,1)

T_k - температура свежего заряда на впуске (табличное значение 298)

ΔT – подогрев свежего заряда на впуске. (принимается по табличным значениям 10К).

ξ - отношения теплоемкостей (табличное значение 1)

p_r – параметр остаточных газов (расчетное значение)

Приступаем к разбору составляющих формулы коэффициента наполнения η_v .

Коэффициент дозаряда.

Дозаряд — дополнительное поступление заряда в такте сжатия. А коэффициент дозаряда — отношение количества свежего заряда в цилиндре после закрытия клапана к его количеству в момент нахождения поршня в НМТ (нижней мертвой точке). При применении динамического или инерционного без агрегатного наддува, улучшении качества изготовления впускной системы, и прочих манипуляциях нацеленных на оптимизацию движения воздуха по системе данный коэффициент может быть равен $\xi_{доз} = 1,11 - 1,2$.

Коэффициент дозаряда для двигателя серийного двигателя д-240 равен 1,02. В то же время, применение настроенной системы впуска различной конструкции позволяет увеличить данную величину до 1,035 при оптимизации сечений каналов впускного трубопровода, и 1,08 при установке систем динамического наддува.

Исходя из того, что по эффективности работы повышения давления во впускной системе установка устройства повышения тягово-эксплуатационных,

экономических и экологических показателей равна эффективности настроенной системы впуска в их предельных величинах примем коэффициент дозаряда с учетом потерь и погрешностей $\xi_{доz} = 1,035$

Параметры рабочей смеси в конце впуска.

Параметр рабочей смеси определяют масса M , температура T , давление p . Они зависят от следующих величин:

- Подогрева свежего заряда на впуске от нагретых деталей двигателя;
- Параметров остаточных газов;
- Степени сжатия;
- Гидравлических сопротивлений на впуске и выпуске;
- Возможности продувки надпоршневого объема в момент перекрытия клапанов;
- Плотности заряда перед впускными клапанами, для повышения которого используется механический агрегатный или без агрегатный наддув.

Давление рабочей смеси. В конце такта впуска давление p_a главный фактор, определяющий объем и количество рабочего тела поступившего в цилиндр. Эта величина зависит от давления во впускном коллекторе на участке от воздушного фильтра до впускного клапана.

Величина p_a определяется уравнением

$$p_a = \xi_{вп} p_k \quad (4.10)$$

где

p_a - давление в конце впуска Па

p_k - давление на впуске Па;

$\xi_{вп}$ – коэффициент, учитывающий суммарные потери давления при впуске;

Давление на впуске в двигателях без наддува определяется как равное давлению окружающей среды, $p_k = 0,1 \text{ МПа}$.

Поскольку коэффициент α находится на уровне коэффициента динамического и инерционного наддува для двигателя д-240, в качестве величины

ξ_{en} берем коэффициент 0,891 применяемый при расчете эффективности без агрегатного наддува. Серийный двигатель Д-240 имеет коэффициент сопротивления впускной системы на уровне 0,82. В таком случае уравнение (2.20) принимает вид:

$$p_a = 0,891 * 0,10 = 0,0891 \text{ МПа}$$

В формуле 4.9 фигурирует величина p_r — давление остаточных газов. Для определения давления остаточных газов используем формулу

$$p_r = \xi_{вып} * p_0 \quad (4.11)$$

Где

p_0 — атмосферное давление.

$\xi_{вып}$ - коэффициент сопротивления выпускной системы.

По табличным данным для двигателя Д-240 коэффициент $\xi_{вып} = 1,11$

Следовательно

$$p_r = 1,11 * 0,10 = 0,1110 \text{ МПа.}$$

Итоговые вычисления и сравнение результатов с теоретическим расчетом двигателя оснащенного устройством воздухоподготовки.

Коэффициент наполнения

$$p_r = 0,1110 \text{ МПа}$$

$$p_a = 0,0891 \text{ МПа}$$

$$p_k = 0,1 \text{ МПа.}$$

$$\xi_{доз} = 1,035.$$

$$\varepsilon = 16$$

$$T_k = T_0 = 298 \text{ К}$$

$$\Delta T_k = 10 \text{ К}$$

$$\xi = 1$$

$$\eta_v = 1,035 * \frac{16}{16 - 1} * \frac{0,0891}{0,1} * \frac{298}{298 + 10} * \left(1 - \frac{1 * 0,111}{16 * 0,0891}\right)$$

$$= 1,035 * 1,066 * 0,891 * 0,9675 * 0,9221 = 0,877$$

При сравнении коэффициента наполнения с типовыми расчетами и заводскими таблицами, для серийного двигателя Д-243 $\eta_v = 0,79$

Таким образом, первый результат изменившихся параметров работы двигателя это увеличение коэффициента наполнения цилиндров с 0,79 на 0,087 до величины 0,877. Что в расчете в процентах соответствует:

$$\left(\frac{0,877}{0,79} - 1 \right) * 100 = 11,012\%$$

Далее переходим к расчету индикаторного КПД по формуле

$$\eta_i = \frac{p_i R_\mu M_1 T_k}{P_k \eta_v H_u} \quad (4.12)$$

Где

$$p_i = 0,7575 \text{ МПа}$$

$$R_\mu = 8,315 \text{ кДж/(кмоль*К)}$$

$$H_u = 42,5 \text{ МДж/кг}$$

$$M_1 = 0,84376 \frac{\text{к моль св. зар.}}{\text{кг топл.}}$$

$$T_k = 298 \text{ К}$$

$$P_k = 0,1 \text{ МПа}$$

$$\eta_v = 0,877$$

$$\eta_i = \frac{p_i R_\mu M_1 T_k}{P_k \eta_v H_u} = \frac{0,7575 * 8,315 * 0,84376 * 298}{0,1 * 0,877 * 42500} = \frac{1583,74}{3727,25} = 0,42491$$

Индикаторный КПД для двигателя Д-240 по справочным источникам и на основании типовых расчетов 0,4001. С применением устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС индикаторный КПД увеличивается на 0,02481, в пересчете в проценты составляет

$$\left(\frac{0,42491}{0,4001} - 1 \right) * 100 = 6,2\%$$

Для определения среднее эффективного давления p_e используем уравнение:

$$p_e = p_i * \eta_M \quad (4.13)$$

$$p_i = 0,7575 \text{ МПа}$$

η_M механический КПД по данным таблиц $\eta_M = 0.897$ (по данным таблиц)

$$p_e = p_i * \eta_M = 0,7575 * 0,897 = 0,6794 \text{ МПа}$$

Величина среднеэффективного давления играет важную роль в формуле

$$N_e = \frac{p_e i V_h n}{30 \tau_d} \quad (4.14)$$

Где N_e - эффективная мощность;

n – частота вращения коленчатого вала;

p_e – среднее эффективное давление;

$i V_h$ - рабочий объем цилиндров;

τ – тактность двигателя;

i – количество цилиндров;

$$N_e = \frac{p_e i V_h n}{30 \tau_d} = \frac{0,6794 * 4500 * 2100}{30 * 4} = 53\,502 \text{ Вт}$$

Для серийного двигателя Д-241 эффективная мощность имеет значение 51 кВт. Значит теоретическое изменение эффективной мощности при применении устройства воздухоподготовки увеличивает эту величину на 6.173 кВт (8.39 л.с) что в пересчете в проценты:

$$\left(\frac{53,502}{51} - 1 \right) * 100 = 4,9\%$$

Таким образом применение устройства воздухоподготовки на основании увеличения средне эффективного давления позволяет получить повышение мощности двигателя на 10,2% за счет увеличения коэффициента избытка воздуха.

Теперь произведем расчет удельного эффективного расхода топлива.

Для определения величины g_e применим формулу

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \quad (4.15)$$

Где

$$H_u = 42,5 \text{ МДж/кг}$$

η_e - эффективный КПД определяемый по формуле

$$\eta_e = \eta_i \eta_M$$

где

$$\eta_i = 0,42491$$

$$\eta_M = 0,897 \text{ (По табличным данным Д-241)}$$

$$\eta_e = 0,42491 * 0,897 = 0,3811$$

В сравнении с серийным двигателем Д-241 эффективный КПД которого 0,3604 при применении устройства воздухоподготовки эффективный КПД изменяется на 0,1373 единицы. Что в пересчете составит

$$\left(\frac{0,3811}{0,3604} - 1 \right) * 100 = 5,74\%$$

Формула удельного эффективного расхода топлива

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} = \frac{3600}{42,5 * 0,3811} = \frac{3600}{17,34} = 207 \text{ г/ кВт*ч.}$$

Табличное значение удельного эффективного расхода топлива 235 г/ кВт*ч. Снижение данного показателя на 28 грамм соответствует снижению расхода топлива на

$$\left(\frac{207 \text{ г/ кВт * ч.}}{235 \text{ г/ кВт * ч.}} - 1 \right) * 100 = -11,9\%$$

Последняя величина принимаемая в расчетах это эффективный крутящий момент. Поскольку двигатель Д-243 развивает максимальный крутящий момент при 1600 оборотов в минуту необходимо рассчитать показатель эффективной мощности под данный режим работы.

$$N_e = \frac{p_e i V_h n}{30 \tau_d} = \frac{0,6794 * 4500 * 1600}{30 * 4} = 40,764 \text{ кВт}$$

$$M_{k e} = \frac{9550 * N_e}{n} = \frac{9550 * 40,764}{1600} = 243,3 \text{ Нм}$$

Для серийного двигателя д-241 показатель эффективного крутящего момента при оборотах 1600 об/мин. Равен 240 Нм. В пересчете в проценты увеличение крутящего момента составляет

$$\left(\frac{243,3}{238} - 1\right) * 100 = 2,2\%$$

Все полученные в результате расчетов величины занесем в итоговую таблицу 4.5. для удобства сравнения.

Таблица 4.5. – Результаты сравнительных расчетов на базе проведенных лабораторных испытаний серийного и модернизированного двигателя Д-243.

Показатель	Серийный двигатель д- 241	Двигатель Д-243 оснащенный устройством	Разница в единицах	Разница в %
M_{ke} эффективный крутящий момент	238 Нм	243,3 Нм	5,3 Нм	2,2%
η_e эффективный КПД	0,3604	0,3811	0,1231	5,74%
g_e удельный эф. расход топлива	235 г/ кВт*ч.	207 г/ кВт*ч	28 г	-11,9%
N_e эффективная мощность	51 кВт	53,507 кВт	6,173	10,2%
η_i индикаторный КПД	0,4001	0,42491	0,02481	6,2%
η_v коэффициент наполнения	0,79	0,877	0,087	11,012%
α коэф.избытка воздуха	1,54	1,6909	0,1509	9,79%

Далее построим диаграмму показателей серийного и модернизированного двигателя по значению удельного эффективного расхода топлива и мощности.

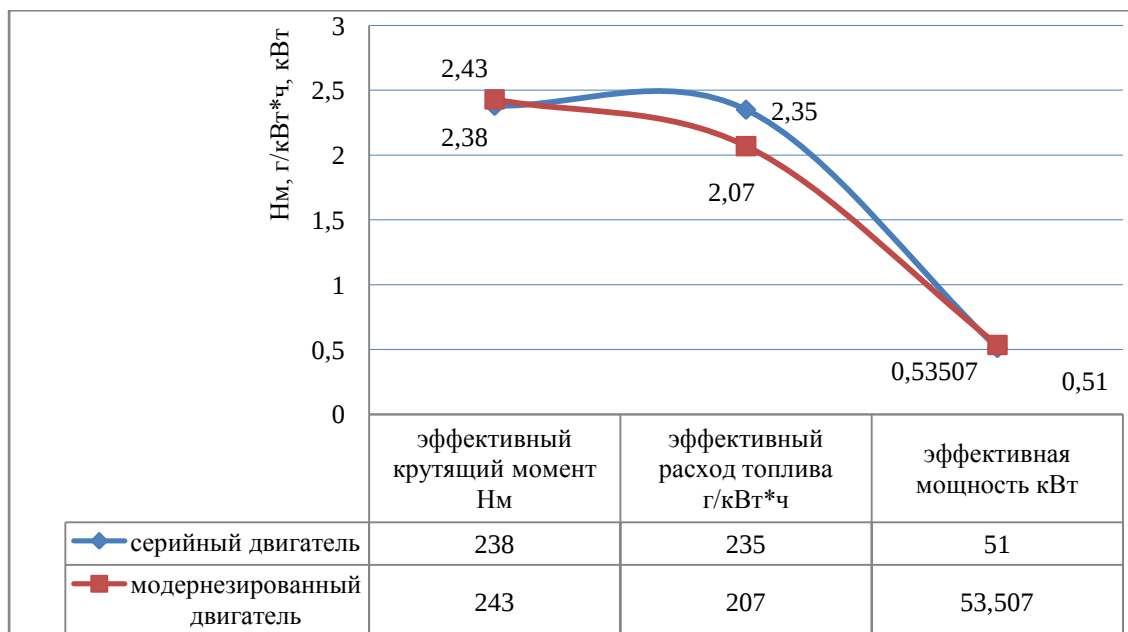


Рисунок 4.6. – Диаграмма характеристик серийного и модернизированного силового агрегата.

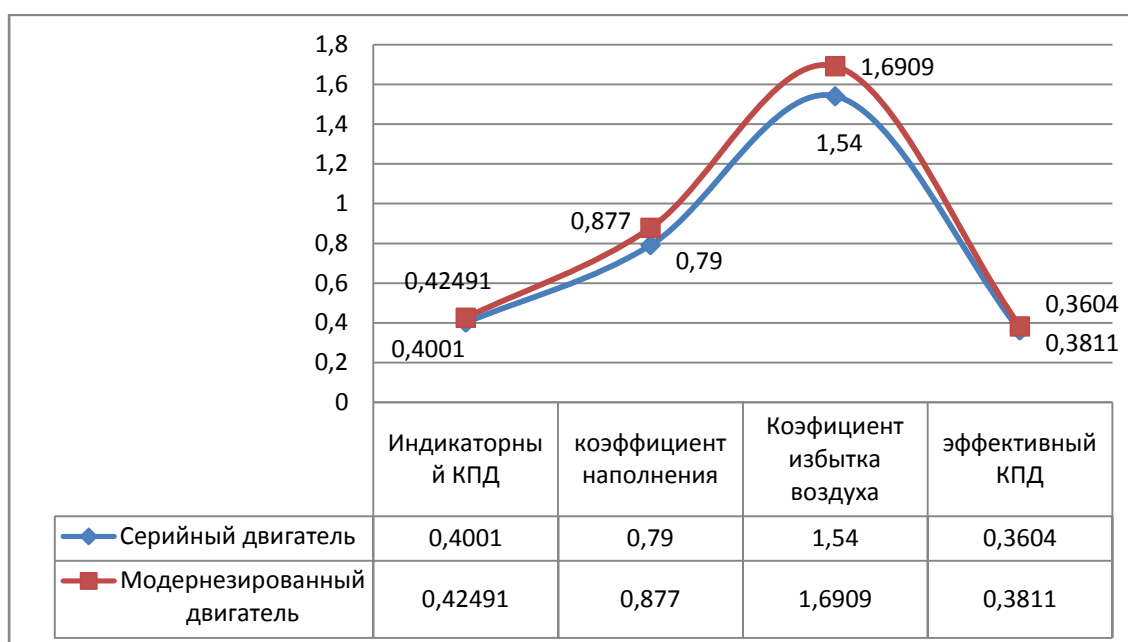


Рисунок 4.7. – диаграмма сравнительных параметров силовых установок.

Произведенная работа позволяет использовать полученные данные в ходе проведения лабораторных экспериментов для теоретического вычисления энергетической эффективности двигателя и его топливной экономичности по признанной методике расчета дизельного ДВС. И получить численные величины увеличения тягово-эксплуатационных характеристик, экономического и экологического эффекта. Далее следует подтвердить

результаты полученных теоретических величин на практике, в ходе проведения натурных испытаний.

4.3 Результаты диагностики сравнительных исследований автотракторных дизельных двигателей

Результаты проводимых измерений технического состояния двигателя опытных тракторов №2, №3, №4, №5, №6 представлены в таблицах 4.6.- 4.16. На данной технике производились сравнительные испытания надежности и снижения износа при изменении системы воздухоподготовки. Трактора №1, №2, №3 относились к экспериментальной группе, трактора №4, №5, №6 к контрольной группе.

Таблица 4.6 – исходные данные по трактору №2

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35,1	0,88	0,15	Имеются задиры на стенках цилиндра	Незначительный шум ГБЦ
2	35	0,85	0,14	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
3	35,4	0,89	0,15	Загрязненность камеры сгорания средняя	Повышенный шум в ГБЦ
4	35,1	0,87	0,15	Имеются задиры на стенках цилиндра	Незначительный шум ГБЦ

Таблица 4.7 – исходные данные по трактору №3

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35,2	0,87	0,15	Деформация днища поршня посторонними предметами	Незначительны й шум ГБЦ
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6
2	35,1	0,87	0,14	Загрязненность камеры сгорания сильная	Повышенный шум в ГБЦ
3	36	0,89	0,15	Загрязненность камеры сгорания сильная	Незначительны й шум ГБЦ
4	36	0,88	0,16	Незначительные трещины на седле выпускного клапана	Повышенный шум в ГБЦ

Таблица 4.8 – исходные данные по трактору №4

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	36	0,9	0,15	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
2	35,5	0,89	0,13	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
3	35,5	0,87	0,15	Задиры на стенках цилиндра	Повышенный шум в ГБЦ
4	36	0,91	0,16	Загрязненн ость камеры сгорания сильная	Незначи тельный шум ГБЦ

Таблица 4.9 – исходные данные по трактору №5

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	34,8	0,84	0,14	Трещины в седла впускного клапана	Повышенный шум ГБЦ
2	35	0,88	0,13	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительны й шум ГБЦ
3	35,1	0,88	0,14	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительны й шум ГБЦ
4	34,9	0,86	0,13	Задиры на стенках цилиндра, деформированные тарелки клапанов посторонними предметами	Повышенный шум ГБЦ

Таблица 4.10 – исходные данные по трактору №6

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	эндоскопия	Стетоскопия
1	36	0,9	0,16	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
2	35	0,88	0,14	Загрязненность камеры сгорания	Незначительный шум ГБЦ
3	35,5	0,89	0,14	Загрязненность камеры сгорания сильная	Повышенный шум ГБЦ
4	36	0,9	0,14	Загрязненность камеры сгорания сильная	Незначительный шум ГБЦ

После произведенных измерений техника под номерами №1, №2, №3 была оборудована предлагаемой системой воздухоподготовки, записаны показатели счетчиков моточасов для оценки износа силовых установок после долгосрочных испытаний.

Спустя 12 месяцев на всех тракторах было произведено диагностирование, данные которой представлены в таблице.

Таблица 4.11 – результаты диагностики по трактору №1

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35,9	0,9	0,15		Незначительный шум ГБЦ
2	35	0,89	0,14	Задиры на стенках	Незначительный шум ГБЦ
3	35,3	0,88	0,14	Незначительные трещины седла клапана выпуска.	Повышенный шум ГБЦ
4	35,9	0,89	0,15		Незначительный шум ГБЦ

Таблица 4.12 – результаты диагностики по трактору №2

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35	0,87	0,14	Имеются задиры на стенках цилиндра	Незначительный шум ГБЦ
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6
2	35	0,84	0,14	Загрязненность камеры сгорания незначительная	Незначительный шум ГБЦ
3	35,2	0,89	0,14	Загрязненность камеры сгорания незначительная	Повышенный шум в ГБЦ
4	35	0,87	0,15	Имеются задиры на стенках цилиндра	Незначительный шум ГБЦ

Таблица 4.13. – результаты диагностики по трактору №3

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35	0,79	0,15	Деформация днища поршня посторонними предметами	Незначительны й шум ГБЦ
2	35,7	0,86	0,14	Загрязненность камеры сгорания незначительная	Повышенный шум в ГБЦ
3	35	0,89	0,15	Загрязненность камеры сгорания незначительная	Незначительны й шум ГБЦ
4	35,9	0,89	0,15	Незначительные трещины на седле выпускного клапана	Повышенный шум в ГБЦ

Таблица 4.14. – результаты диагностики по трактору №4

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	35	0,84	0,12	Загрязненность камеры сгорания сильная. Трещина седла впускного клапана	Повышенный шум ГБЦ
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 4.14.

1	2	3	4	5	6
2	34,9	0,82	0,11	Загрязненность камеры сгорания сильная	Средний шум ГБЦ
3	35	0,81	0,12	Задиры на стенках цилиндра	Повышенный шум в ГБЦ
4	35,5	0,84	0,13	Загрязненность камеры сгорания сильная	Средний шум ГБЦ

Таблица 4.15. – результаты диагностики по трактору №5

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	Эндоскопия	Стетоскопия
1	33,9	0,8	0,12	Трещины в седла впускного клапана	Повышенный шум ГБЦ
2	34	0,82	0,11	Загрязненность камеры сгорания сильная	Повышенный шум ГБЦ
3	34	0,82	0,12	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
4	34	0,81	0,11	Задиры на стенках цилиндра, деформированные тарелки клапанов посторонними предметами.	Повышенный шум ГБЦ

Таблица 4.16 – результаты диагностики по трактору №6

№ цилиндра	Компрессия Атм.	Полный вакуум	Остаточный вакуум	эндоскопия	Стетоскопия
1	35	0,85	0,14	Загрязненность камеры сгорания средняя	Повышенный шум ГБЦ
2	33,9	0,84	0,13	Загрязненность камеры сгорания средняя	Незначительный шум ГБЦ
3	34,9	0,82	0,13	Загрязненность камеры сгорания сильная	Повышенный шум ГБЦ
4	35,5	0,86	0,13	Загрязненность камеры сгорания сильная	Повышенный шум ГБЦ

Для удобного анализа полученных данных построим диаграммы, рисунок 4.8.- 4.10. по каждому трактору, основываясь на средних значениях и сравним динамику износа силовых установок. используя среднеарифметические показатели для каждого трактора. Следует отметить что общая средняя наработка тракторов оснащенных устройством воздухоподготовки составила 875 моточасов, а не модернизированных тракторов 715 моточасов за 12 месяцев.

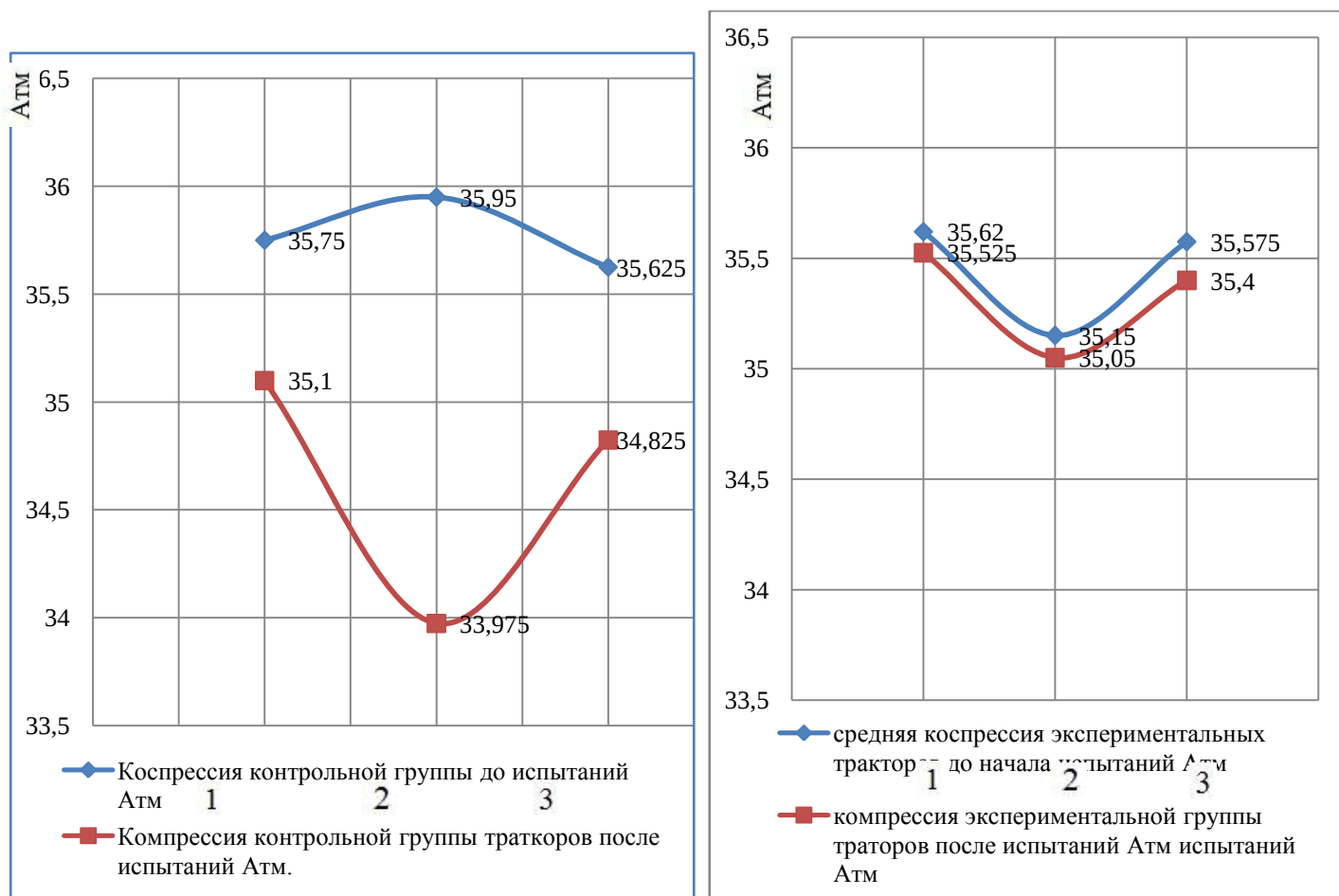


Рисунок 4.8 – Диаграммы компрессии контрольной и экспериментальной группы тракторов до начала и после.

Интенсивность износа по времени работы можно вычислить следующим образом. Находим среднее арифметическое значение компрессии $f1.1$ до начала испытаний и после завершения испытаний $f1.2$ и аналогичные значения $\beta 2.1$ до начала испытаний и после завершения испытаний $\beta 2.2$, по тракторам №1-№3 и по тракторам №4-№6.

$$f1.1 = \frac{35,625 + 35,15 + 35,575}{3} = 35,45 \text{ атм}$$

$$f1.2 = \frac{35,525 + 35,05 + 35,4}{3} = 35,325 \text{ атм.}$$

$$\beta 2.1 = \frac{35,75 + 35,95 + 35,625}{3} = 35,775 \text{ атм.}$$

$$\beta_{2.2} = \frac{35,1 + 33,975 + 34,825}{3} = 34,633 \text{ атм.}$$

Потеря компрессии за пройденное количество моточасов в первой опытной группе составила

$$\frac{f_{1.1} - f_{1.2}}{T} = \frac{35,45 - 35,325}{875} = 0,00014286 \text{ атм/моточас}$$

Где

T- наработка в моточасах

$$\frac{\beta_{2.1} - \beta_{2.2}}{T} = \frac{35,775 - 34,633}{715} = 0,0015972 \text{ атм/моточас}$$

Для удобства вычислений представим данные как интенсивность износа за 1000 моточасов.

Для модернизированных двигателей износ измеряемый по компрессии составил

0,14286 атм/1000 моточасов

Для серийных опытных двигателей

1,5972 атм/1000 моточасов

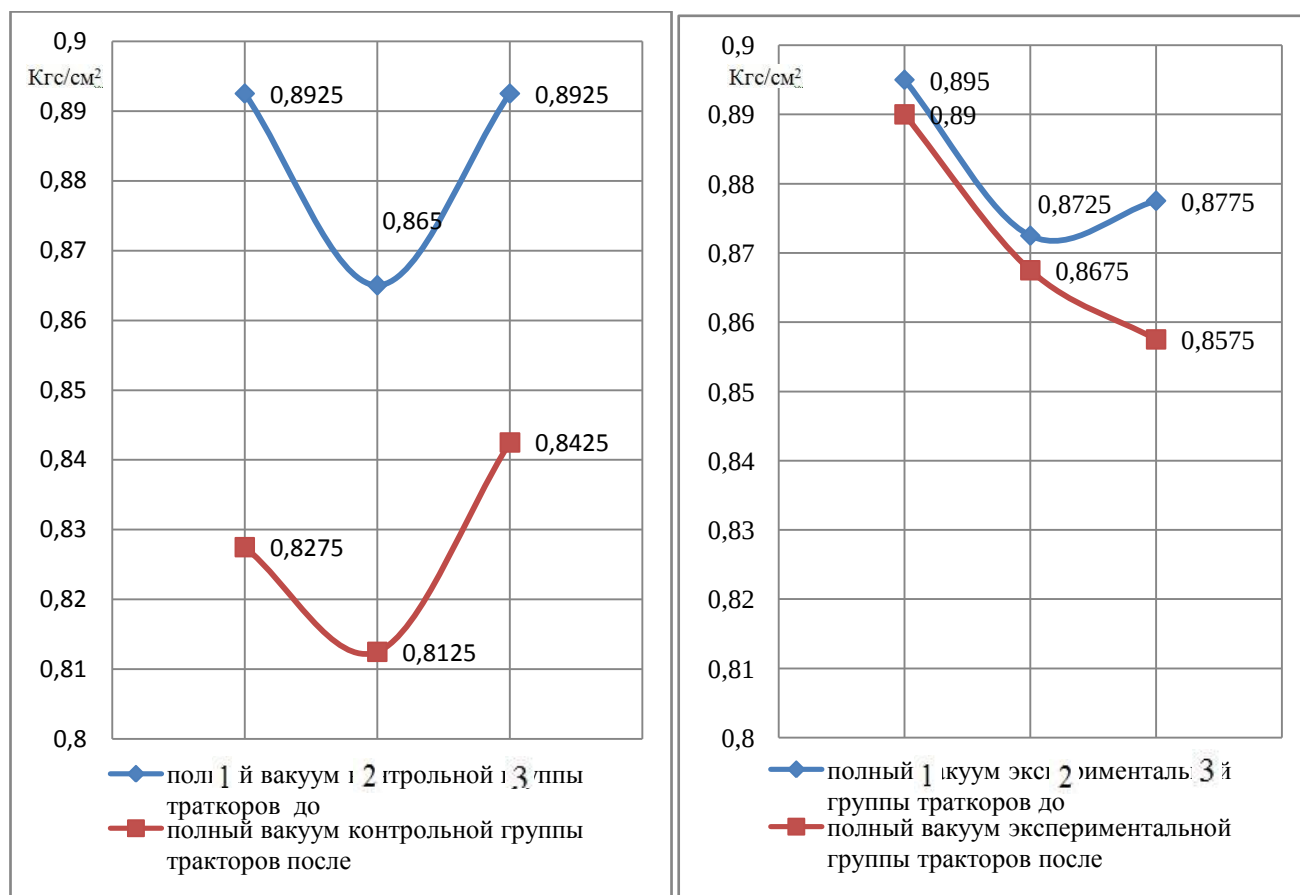


Рисунок 4.9 – Диаграмма значений параметра полного вакуума экспериментальной группы тракторов и контрольной группы тракторов до начала испытаний и после

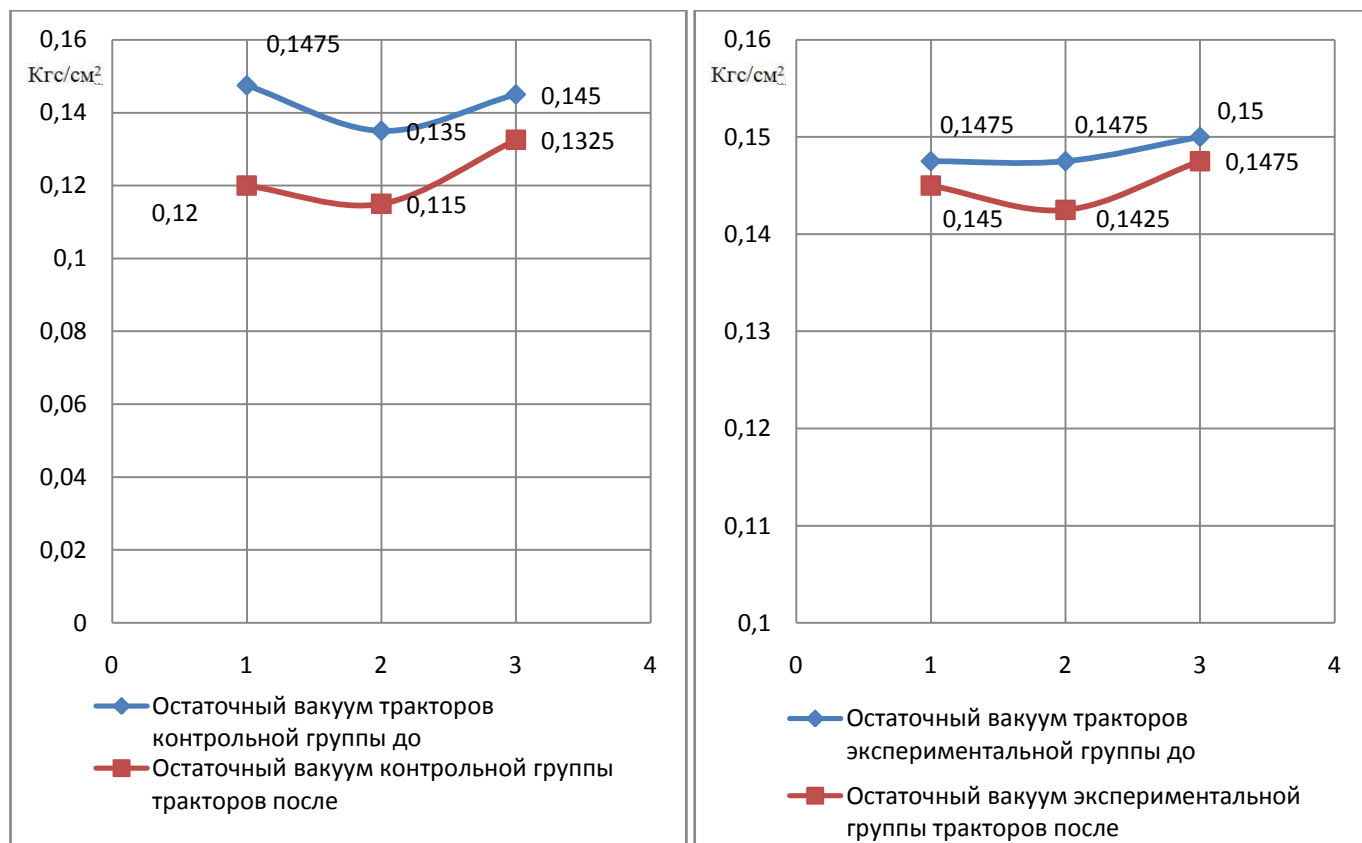


Рисунок 4.10. – Диаграмма остаточного вакуума контрольной группы тракторов до и после эксперимента и экспериментальной группы тракторов до и после завершения эксперимента

Интенсивность снижения параметра полного вакуума для модернизированного двигателя производим методом нахождения среднего арифметического.

Средний полный вакуум для модернизированного двигателя при начале эксперимента.

$$(0,895+0,8725+0,8825)/3=0,88333 \text{ кгс/см}^2$$

Средний полный вакуум для модернизированного двигателя на окончание эксперимента

$$(0,89+0,8675+0,8575)/3=0,8716 \text{ кгс/см}^2$$

Таким образом потеря значения полного вакуума при наработке 875 моточасов

$$0,88333-0,8716=0,01166 \text{ кгс/см}^2$$

Интенсивность потери значения полного вакуума для модернизированного двигателя

$0,01166/875=0,0000133$ единиц/моточас или $0,0133 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000$ моточасов.

Для серийного двигателя аналогично вычисляем среднее арифметические значения потери значения полного вакуума.

$$(0,8925+0,865+0,8925)/3=0,8833 \text{ кгс/см}^2$$

$$(0,8275+0,8125+0,8425)/3=0,8275 \text{ кгс/см}^2$$

Потеря вакуума при наработке 715 моточасов

$$0,8833-0,8275=0,0558 \text{ кгс/см}^2$$

$0,0558/715=0,000078$ единиц/моточас или $0,078 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000$ моточасов

Для остаточного вакуума применяем аналогичный способ подсчета.

$$(0,1475+0,1475+0,15)/3=0,1483 \text{ кгс/см}^2$$

$$(0,145+0,1425+0,1475)/3=0,145 \text{ кгс/см}^2$$

Снижение показателя остаточного вакуума для модернизированного двигателя

$0,1483-0,145=0,0033 \text{ кгс/см}^2 \cdot 875$ моточасов или $0,0000037 \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{моточас}$ или $0,0037 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000$ моточасов.

Для серийного двигателя

$$(0,1475+0,135+0,145)/3=0,1425 \text{ кгс/см}^2$$

$$(0,12+0,115+0,1325)/3=0,1225 \text{ кгс/см}^2$$

Снижение показателя остаточного вакуума для серийного двигателя составило

$0,1425-0,1225=0,02 \text{ кгс/см}^2 \cdot 715$ моточасов или $0,0000279 \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{моточас}$ или $0,0279 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000$ моточасов..

Разница снижения полного вакуума для серийного и модернизированного двигателя составила

$0,000078-0,0000133=0,0000647 \text{ кгс/см}^2$ моточас или $0,0647 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000$ моточасов.

Разница снижения остаточного вакуума для серийного и модернизированного двигателя составила

$$0,0279-0,0037=0,0242 \text{ кгс/см}^2 \cdot 1000 \text{ моточасов}$$

Занесем данные в таблицу 4.17

Таблица 4.17. – Обобщенные данные по интенсивности износа серийного и модернизированного двигателя.

Значение	Серийный двигатель (715 моточасов)	Модернизированный двигатель (875 моточасов)
Компрессия		
Значение до эксперимента	37,775	35,45
Значение после эксперимента	34,63	35,325
Разница до-после за Атм/наработанный моточас	1,145	0,125
Разница серийный – модернизированный Атм/1000 моточасов	1,4585	
Полный вакуум		
Значение до эксперимента	0,8833	0,8833
Значение после эксперимента	0,8275	0,8716
Разница до-после за Ед/наработанный моточас	0,0558	0,0117
Ед/1000 моточасов	0,078	0,0133
Разница серийный – модернизированный ед/1000 моточасов	0,0647	
Остаточный вакуум		
Значение до эксперимента	0,1425	0,1483
Значение после эксперимента	0,1225	0,145
Разница до-после за Ед/наработанный моточас	0,02	0,0033
Разница до-после Ед/1000 моточасов	0,0279	0,0037
Разница серийный – модернизированный ед/1000 моточасов	0,0242	

Дополнительно были отмечены параметры, полученные с помощью технического эндоскопа, как более чистые камеры сгорания и днища поршней на тракторах оборудованных системой воздухоподготовки и сухими фильтрующими элементами предлагаемой конструкции.

Стетоскопия позволяет диагностировать значительное повышение шумов в области головки блока цилиндра на тракторах, имеющих серийную систему питания с масляно-контактным фильтрующим элементом.

На представленных графиках 4.8, 4.9, 4.10 видно сниженную интенсивность износа модернизированных тракторов, и высокую интенсивность износа серийной техники не прошедшей модернизацию.

4.4 Результаты проведенных исследований в полевых условиях.

Поскольку натурные испытания являются самыми важными во всем исследовании, подтверждающими не только верность расчетов улучшения тягово-эксплуатационных показателей работы двигателя Д-241, но и обозначающие предполагаемую экономическую эффективность от применения предлагаемого устройства воздухоподготовки. Качество проведения испытаний и точность снимаемых параметров с двигателя во время проведения натурных испытаний очень важны. Данные всех измерений, включая состояние давления в шинах и атмосферные условия, представлены в таблице 4.18 (Приложение Г).

Таблица 4.18. – контрольные параметры серийного трактора, на измерительной дистанции натурных испытаний.

№ эксперимента	Расход топлива по заправке	Пройденная дистанция км.	Давление в шинах МПа.	Атмосферное давление мм.рт.ст.
1.1.	8,8	14,2	0,2	745
1.2.	8,7	14,2	0,2	745
1.3.	8,9	14,2	0,2	743
1.4.	20	34,5	0,2	741

Затем, следовало оборудовать трактор МТЗ-80 оснащенного двигателем Д-241 устройством воздухоподготовки, и натурные испытания повторялись в полном объеме. Данные измерений можно считать объективными, поскольку в условиях имеющегося крестьянско-фермерского хозяйства произвести измерения в большем объеме или более качественно не представляется возможным.

При проведении натурных испытаний были получены численные величины расхода топлива и расхода воздуха, которые занесены в таблицу 4.19. и являются подтверждением эффективности устройства воздухоподготовки.

В сравнении с расчетными показателями расход топлива на практике снизился на 11.6 %, в теории же данный параметр снизился на 12%.

$$\left(\frac{12}{11,6} - 1\right) * 100 = 3,44\%$$

Расхождение теоретического и практического значения расхода топлива 3.44%.

Таблица 4.19 – результаты проведения натурных испытаний трактора МТЗ-80 оснащенного устройством воздухоподготовки

№ эксперимента	Расход топлива по заправке л.	Пройденная дистанция км.	Давление в шинах МПа	Атмосферное давление мм.рт.ст.
1.2.1	7,8	14,2	0,2	743
1.2.2.	7,8	14,2	0,2	743
1.2.3.	7,75	14,2	0,2	747
1.2.4.	20	41,9	0,2	747

Исходя из проведенных натурных испытаний, содержащих в себе экспериментальные опыты, лабораторные испытания, и натурные испытания, были получены численные показатели расхода воздуха и расхода топлива как в режиме работы двигателя без нагрузки, так и под нагрузкой, в виде тракторного прицепа 2 ПТС-4 с грузом массой 1800 кг.

Таблица 4.20. – сводная таблица результатов

Параметр.	Серийный двигатель	Модернизированный двигатель	Разница в единицах	Разница в %
Средний расход топлива по заправке	8,8	7,78	1,02	-11,5
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 4.20

1	2	3	4	5
Средний расход топлива по баку	8,8	7,77	1,03	-11,7
Средний расход воздуха	178	195,5	17,5	9,55
Давление в шинах	0,2	0,2	-	-
Атмосферное давление	743,5	745	1,5	0,27

В рамках подготовки данной работы удалось произвести полноценные натурные исследования в условиях реально выполняемых работ, с фиксацией параметров работы двигателя Д-241. Данные представлены так же на рисунке 4.11

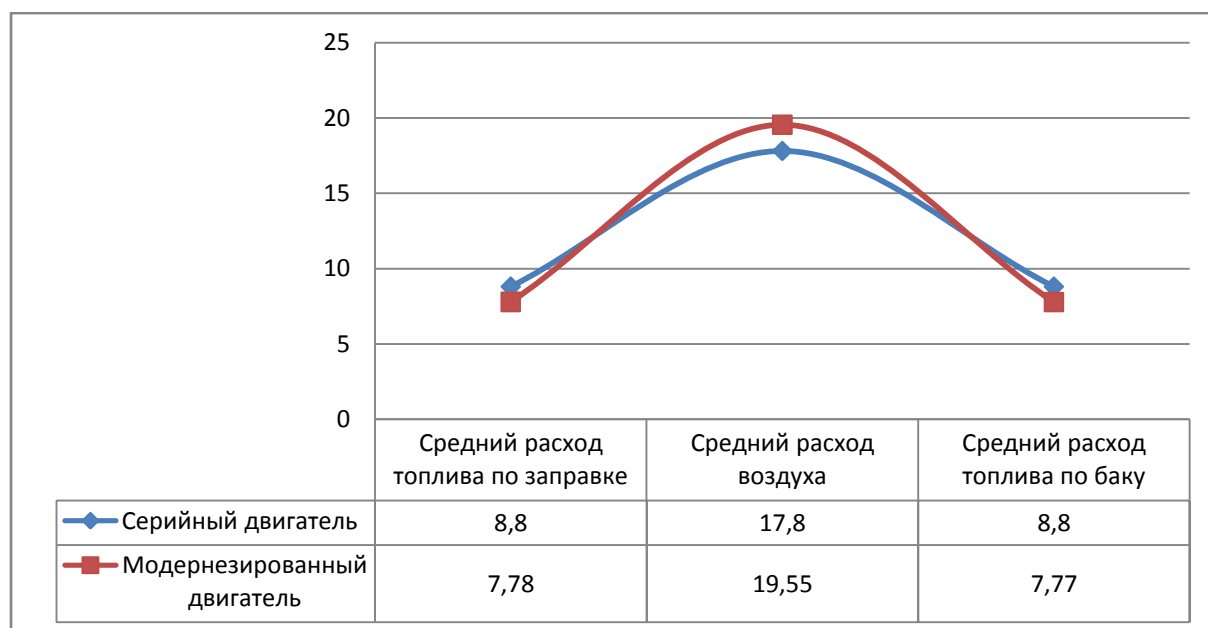


Рисунок 4.11.— Диаграмма сравнения основных показателей серийного и модернизированного двигателя.

Удалось получить сходимость теоретических расчетов тягово-эксплуатационных, экономических и экологических параметров на уровне 96,5%. Определена эффективность устройства в условии производимых транспортных работ.

4.5 Выводы.

1. На основе экспериментальных исследований установлены рациональные значения параметров устройства воздухоподготовки, количество лопаток 8, первый коэффициент изменения площади сечений 1,768, второй коэффициент изменения площади сечения 1,33. высота устройства 180 мм.

2. На основании материалов теоретических исследований с учетом данных эксперимента выполнен расчет теоретических эксплуатационных показателей. В двигателе, оборудованном устройством воздухоподготовки в сравнении с серийным двигателем повышается коэффициент избытка воздуха на 0,1509, коэффициент наполнения на 0,087, индикаторный КПД на 0,02481, эффективная мощность на 6,173 кВт, эффективный КПД на 0,1231, эффективный крутящий момент на 5,3 Нм, и снижается показатель удельного эффективного расхода топлива на 28г/ кВт*ч.

3. Зафиксированное снижение интенсивности износа при проведении долгосрочных испытаний показали разницу в интенсивности снижении компрессии на 1,4585 Атм/1000 моточасов в сравнении с серийным, снижение параметра остаточного вакуума на 0,0647 ед/1000 моточасов, снижение значения остаточного вакуума изменилось на 0,0242 ед/1000 моточасов.

4. Натурные исследования мобильного сельскохозяйственного агрегата оборудованного устройством воздухоподготовки использовавшегося на транспортных работах в КФХ Кочика Е.В. и КФХ Семенов А.А. Чучковского и Сасовского района Рязанской области показали снижение расхода топлива на 11.6%. Теоретический параметр снижения расхода топлива был аналогичен с учетом погрешности измерений имеется сходимость на уровне 96,5%, расчетных и экспериментальных данных.

5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Совокупность имеющихся параметров работы серийного и модернизированного двигателя, а так же данные о транспортных затратах в рамках малого КФХ, позволяет произвести оценку экономической эффективности внедрения этой разработки, согласно методике, имеющей обоснование в типовых расчетах эффективности модернизации и расчета окупаемости передовых инженерно-технических разработок при внедрении в транспортные и технологические процессы в АПК[27,70].

Оценка экономического эффекта внедрения разработки проводилось в ценах 2018 года.

Для обоснования инженерного решения без стоимостной оценки определяется экономическая эффективность капитальных вложений по минимуму приведённых затрат.

$$C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min \quad (5.1)$$

где C — текущие эксплуатационные затраты, руб.;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K — капитальные вложения, руб.

В нашем случае капитальные вложения – это денежные средства, которые направлены на модернизацию действующих основных фондов. Если рассматривать их по назначению, то они необходимы для интенсификации производства.

В сумму капитальных вложений нами было включены затраты на изготовление и установку устройства.

Затраты на модернизацию определялись по формуле:

$$K_v = Z_{o.d.} + Z_{п.д.} + Z_{п.р.} + Z_{o.п.}, \quad (5.2)$$

где $Z_{o.d.}$ — затраты на изготовление оригинальных деталей (устройства), руб.;

$Z_{п.д.}$ — цена покупных деталей, изделий, агрегатов, по прейскуранту, руб.;

$Z_{п.р.}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкций, руб.;

$Z_{о.п.}$ – общепроизводственные (цеховые расходы) на модернизацию, руб.

Затраты на изготовление оригинальных деталей:

$$Z_{о.д.} = C_m + C_{п.р.}, \quad (5.3)$$

где C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.;

$C_{п.р.}$ – заработная плата, рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, с учётом дополнительной зарплаты и отчислений на социальные нужды, руб.;

Стоимость материалов заготовок для изготовления оригинальных деталей:

$$C_m = C_1 * Q_3 \quad (5.4)$$

где C_1 – цена единицы материала заготовок, руб.;

Q_3 – количество материала, $см^3$.

Таблица 5.1 - Затраты на материалы для изготовления устройства

Наименование материала	ед.изм.	Количес тво	Цена за единицу, руб.	Сумма затрат, руб.
АВС-пластик	$см^3$	230	10	2300

Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции:

$$C_{п.р.1} = t_1 * C_r * K_t * K_{соц}, \quad (5.5)$$

где t_1 – количество времени, затрачиваемого на изготовление устройства, час.;

C_r – часовая ставка рабочих, руб.;

K_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, ($K_t = 1,125$);

$K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий доплаты на социальные нужды ($K_{соц} = 1,26$).

Таблица 5.2 - Затраты на работу по изготовлению и установку устройства

Наименование операций	Количество времени, затрачиваемого на изготовление устройства, час.	Тарифная ставка, руб./час.	K_t	$K_{соц}$	Сумма затрат, руб.
Изготовление устройства	20	106	1,125	1,26	3005,1

Т. О. затраты на изготовление оригинальных деталей (устройства).

Механизм установки заключается в замене серийного корпуса воздушного фильтра на измененный. Для обслуживания старой системы фильтрации воздуха необходимо открутить единственный стягивающий хомут фиксирующий корпус воздушного фильтра на двигателе. Подобную операцию надо произвести при установке модернизированной системы фильтрации воздуха. Больших затрат не требуется. Следовательно $Z_{п.р}=0$, поскольку эта операция серийная, не выходящая за рамки методики проведения технического обслуживания системы фильтрации воздуха двигателя Д-240/243. Исходя из этого $Z_{п.д}=0$, поскольку не требует специализированных навыков и временных затрат на установку измененного воздушного фильтра оснащенного устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей.

Общепроизводственные (цеховые) накладные расходы на модернизацию конструкции:

$$Z_{о.п.} = C_{п.р.} * R_{о.п.} / 100, \quad (5.6)$$

где $C_{п.р.}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении устройства, руб.;

$R_{о.п.}$ – процент общепроизводственных расходов ($R_{о.п.} = 62 \%$).

$$Z_{о.п.} = 3005,1 * 62 / 100 = 1863,2$$

Общая сумма капитальных вложений на модернизацию вычисляется исходя из формулы (5.2):

$$K_b = 5305,1 + 0 + 0 + 1863,2 = 7168,3,$$

Для проведения экономической оценки эффективности внедрения модернизированного воздушного фильтра оснащенного устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей трактора, рассмотрим в таблице 3 основные параметры трактора тягового класса 14 кН.

Таблица 5.3 – Параметры трактора тягового класса 14 кН

Параметры	Трактор-прототип (исходный вариант)	Модернизированный трактор
Нормативная мощность двигателя, кВт	60	60
Часовой расход топлива при максимальном крутящем моменте, кг/ч	6,4	5,1
Стоимость дизельного топлива, руб./кг	51,9	51,9
Сезонная наработка, ч	67,5	67,5
Коэффициент использования трактора	0,8	0,8

В общем виде эффективность внедрения новых технических средств определяется зависимостью

$$\Xi = \left[\Pi_1 \frac{B_2}{B_1} \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(I'_1 - I'_2) - E_H * (K'_2 - K'_1)}{P_2 + E_H} - \Pi_2 \right] * A. \quad (5.7)$$

где Π_1 , Π_2 – приведённые затраты в существующем (индекс 1) и проектном (индекс 2) вариантах;

B_1 , – годовые объёмы работ;

P_1 , P_2 – доли отчислений от балансовой стоимости средств на восстановление;

I'_1, I'_2 – эксплуатационные затраты (расходы на эксплуатацию изделий у потребителя);

K'_1, K'_2 – капитальные вложения в соответствующих вариантах;

A – количество обслуживаемых средств.

Эксплуатационные издержки определяются по формуле

$$I' = C_{\pi} + T + A + P + \Pi. \text{ (руб.)} \quad (5.8)$$

где C_{π} – заработная плата исполнителей;

T – затраты на топливо и смазочные материалы;

A – амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств;

P – затраты на ремонт и техническое обслуживание;

Π – прочие прямые затраты (стоимость вспомогательных материалов, затраты средств на переоборудование, хранение и пр.).

Зарботная плата исполнителей определяется по формуле

$$C_{\pi} = \Sigma L * C_{\text{ч}} * K_o * T_{\text{г}}, \text{ руб.} \quad (5.9)$$

где L – количество исполнителей, чел.;

$C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, руб. (часовая тарифная ставка тракториста 230,09 руб./ч);

K_o – коэффициент увеличения оплаты труда по тарифу;

$T_{\text{г}}$ – годовая нормативная наработка, ч.

$$C_{\text{ч}} = M_{\text{рот}} * K_{\text{т}} * K_{\text{у}} / (t_{\text{рдн}} * t_{\text{рч}}), \text{ руб.}, \quad (5.10)$$

где $M_{\text{рот}}$ – минимальный размер оплаты труда;

$K_{\text{т}}$ – тарифный коэффициент, $K_{\text{т}} = 2,02$;

$K_{\text{у}}$ – коэффициент условий труда, $K_{\text{у}} = 1,8$;

$t_{\text{рдн}}$ – среднее расчётное количество рабочих дней в месяце, $t_{\text{рдн}} = 25,2$ дн.;

$t_{\text{рч}}$ – среднее количество рабочих часов в рабочем дне, $t_{\text{рч}} = 7$ ч.

Коэффициент $K_o = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$ рассчитываем при использовании трактора в производстве:

K_1 – коэффициент доплат за продукцию ($K_1 = 1,25 \dots 1,50$);

K_2 – коэффициент, учитывающий надбавку за классность ($K_2 = 1,1 \dots 1,2$);

K_3 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($K_3 = 1,15$);

K_4 – коэффициент, учитывающий начисления на социальные нужды ($K_4 = 1,26$);

K_5 – коэффициент, учитывающий оплату отпусков ($K_5 = 1,06 \dots 1,1$).

Тогда коэффициент увеличения оплаты труда исполнителя будет равен

$$K_0 = 1,37 * 1,15 * 1,15 * 1,26 * 1,08 = 2,47$$

$$C_{\pi} = 3 * 230,09 * 2,47 * 67,5 = 115085,27 \text{ руб.}$$

Затраты на топливо и смазочные материалы определяются по формуле

$$T = Z_T + Z_M \quad (5.11)$$

Затраты на дизельное топливо определяются по формуле

$$Z_T = G_T * K_{\text{и}} * C_T * T_{\text{г}}, \text{ руб.} \quad (5.12)$$

где G_T – часовой расход топлива при номинальной мощности, кг/ч;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования трактора;

C_T – цена 1 кг дизельного топлива, руб.;

$T_{\text{г}}$ – годовая нормативная наработка, ч.

$$Z_{T1} = (6,4 * 0,8 * 51,9 * 67,5) * 3 = 53809,92 \text{ руб.}$$

$$Z_{T2} = (5,1 * 0,8 * 51,9 * 67,5) * 3 = 42879,78 \text{ руб.}$$

Затраты на моторное масло определяются по формуле

$$Z_M = G_T * T_{\text{г}} * N * C_M, \text{ руб.}, \quad (5.13)$$

где N – норма расхода масла от расхода топлива (0,6 %);

C_M – цена моторного масла, руб.

$$Z_{M1} = (6,4 * 0,8 * 0,6 * 94,79) * 3 = 873,58 \text{ руб.}$$

$$Z_{M2} = (5,1 * 0,8 * 0,6 * 94,79) * 3 = 696,14 \text{ руб.}$$

Затраты на топливо и смазочные материалы составят:

$$T_1 = 53809,92 + 873,58 = 54683,5 \text{ руб.}$$

$$T_2 = 42879,78 + 696,14 = 43575,92 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления, приходящиеся на работу трактора

$$A = B * a / 100, \text{ руб.} \quad (5.14)$$

где B – остаточная балансовая стоимость трактора в базовом варианте, руб.;

a – норма амортизационных отчислений ($a = 12,5 \%$).

$$A_1 = 44000 * 12,5 / 100 = 5500 \text{ руб.}$$

$$A_2 = 51168,3 * 12,5 / 100 = 6396,04 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и ТО, приходящиеся на работу трактора

$$P = B * p / 100, \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

где p – нормативы затрат денежных средств на ремонт, ТО и хранение трактора ($p = 10 \%$).

$$P_1 = 44000 * 10 / 100 = 4400 \text{ руб.}$$

$$P_2 = 51168,3 * 10 / 100 = 5116,83 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные издержки составят:

$$И'_1 = 115085,27 + 54683,5 + 5500 + 4400 = 179668,77 \text{ руб.}$$

$$И'_2 = 115085,27 + 43575,92 + 6396,04 + 5116,83 = 170174,06 \text{ руб.}$$

Сезонная экономия определяется по формуле

$$\mathcal{E}_r = (И_1 - И_2), \quad (5.16)$$

где $И_1$ – эксплуатационные затраты в базовом варианте, руб.;

$И_2$ – эксплуатационные затраты в проектном варианте, руб.

$$\mathcal{E}_r = (179668,77 - 170174,06) = 9494,71 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определяется по формуле

$$T = \Delta KB / \mathcal{E}_r, \quad (5.17)$$

где T – срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет;

ΔKB – дополнительные капитальные вложения, руб.;

$\mathcal{E}_r$ – годовая экономия, руб.

$$T = 7168,3 / 9494,71 = 0,75 \text{ сезона}$$

Результаты расчёта экономической эффективности сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Экономическая эффективность модернизированного трактора

Показатель	МТЗ - 80	МТЗ -80 М
Балансовая стоимость трактора, руб.	44000	51168,3
Дополнительные затраты, руб.	-	7168,3
Расход топлива, кг/ч	6,4	5,1
Сезонная экономия топлива, кг	-	263,25
Эксплуатационные издержки, тыс. руб.	179,67	170,17
Сезонная экономия, руб.	-	9494,71
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, сезон		0,75

5.1. Выводы

Экономический эффект от использования устройства воздухоподготовки на мобильном сельскохозяйственном агрегате МТЗ-80 + прицеп 2-ПТС4 на транспортных работах при существующей сезонной наработке в исследуемом хозяйстве (при транспортировке зерна с поля на элеватор и склад) в размере 67,5 моточаса, составил 9494,71 рублей. Срок окупаемости переоборудования мобильного сельскохозяйственного агрегата составил 0,75 сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного анализа причин и факторов снижения надежности автотракторных дизельных двигателей обобщены виды износа сельскохозяйственных машин. Фактором повышения надежности и снижением износа техники является совершенствование системы воздухоподготовки.

2. Разработана конструктивно-технологическая схема оснащения устройством воздухоподготовки для автотракторных дизельных двигателей, устанавливаемое в канале впуска, содержащая вертикальные направляющие лопасти, выполненные в виде пластин прямоугольной формы и установленные по касательной к цилиндрической поверхности, образованной верхним и нижним основаниями в форме кольца.

3. На основе теоретических исследований определены значения параметров устройства воздухоподготовки. Диаметр основания устройства 78 мм, высота устройства 180 мм, количество лопастей 8, угол схождения лопастей 300°, первый коэффициент изменения площади сечений 1,768, второй коэффициент изменения площади сечения 1,33.

4. Экономический эффект от использования устройства воздухоподготовки в дизельном двигателе трактора МТЗ-80 + прицеп 2-ПТС4 на транспортных работах в размере 67,5 моточаса, составил 9494,71 рублей за один зерноуборочный сезон.

Рекомендации производству:

Устройство воздухоподготовки рекомендуется использовать в отраслях сельского хозяйства, где большую часть производимой работы осуществляет двигатель внутреннего сгорания. Снижение эксплуатационных затрат будет приносить дополнительный доход в виде экономии энергетических ресурсов.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

В перспективе научных исследований этой области следует рассмотреть создание устройства воздухоподготовки для мобильных сельскохозяйственных агрегатов оснащенных системой турбонаддува.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев Л. Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы МТА. Л. [Текст] / Л. Е. Агеев // Колос, 1978.
2. Агуреев И. Е. Анализ и синтез динамических характеристик многоцилиндровых поршневых двигателей внутреннего сгорания : дис. ... канд. техн. наук [Текст] / И. Е. Агуреев. – Тула, 2003. – 305 с.
3. Актуальные проблемы социально-экономического развития и правового обеспечения АПК [Текст] / Сборник научных трудов по материалам 73-й науч.-практ. студ. конф. – ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет, Экономический факультет, Учебно-консультационный информационный центр, 2009.
4. Алексеев В. А. Проблемы внедрения энергосберегающих технологий в АПК [Текст] / Алексеев В.А., Артемьев В.С., Васильев А.А. // Стратегия устойчивого развития регионов России, 2015. – № 28. – С. 7-12.
5. Алтунин К. Н. Пути создания перспективных форсунок для двигателей и энергоустановок наземного, воздушного, аэрокосмического и космического применения [Текст] / Алтунин К.В., Демиденко В.П., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. // В сборнике: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики "АНТЭ-2015". Международная науч.-практ. конф. : Материалы конференции . Министерство образования и науки РФ Российский фонд фундаментальных исследований Министерство образования и науки Республики Татарстан Академия наук Республики Татарстан Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ) Лаборатория МФТП (КНИТУ-КАИ), 2015. – С. 568-573.
6. Андреева Е. В. О развитии нанотехнологий в агроинженерной сфере АПК [Текст] / Андреева Е.В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал, 2010. – № 4. – С. 976.
7. Андреева Е. В. Пути экономии топлива при эксплуатации МТА [Текст] / Андреева Е.В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал, 2004. – № 4. – С. 988.

8. Андреева Е.В. Альтернативные топлива для дизельных автомобилей [Текст] / Е.В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал. 2007. – № 3. – С. 739
9. Антонов В.И. Динамика параметров турбокомпрессоров и экономичности дизелей в процессе эксплуатации [Текст] / В.И. Антонов // Совершенствование методов использования техники в полеводстве: сб науч. трудов. – Зеленоград: ВНИПТИМЭСХ, 1990. – С.46-51.
10. Антышев Н. М. Роль ВИМ в тракторизации сельского хозяйства страны [Текст] / Антышев Н.М., Шевцов В.Г. // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2010. – № 4. – С. 16-21.
11. Асканова О. В. Отечественное сельхозмашиностроение: угрозы и возможности государственной политики [Текст] / О. В. Асканова, А. В. Карпенко // Экономика и предпринимательство, 2017. – № 3-1 (80-1). – С. 125-133.
12. Асоян А. Р. Совершенствование эксплуатационно-ремонтного цикла силового агрегата автомобиля на основе восстановительно-упрочняющих технологий с учетом технического состояния/ Денисов А.С., Асоян А.Р.// Грузовик. 2014. № 8. С. 32-33.
13. Асоян А.Р. Причины отказов турбокомпрессоров и рекомендации по ремонту узлов уплотнения/ Никитин Д.А., Межецкий Г.Д., Денисов А.С., Асоян А.Р., Никитин П.Д., Чекмарев В.В.// Аграрный научный журнал. 2017. № 10. С. 50-54.
14. Асоян А.Р. Анализ состояния вопроса долговечности турбокомпрессоров / Орлов Н.В., Асоян А.Р., Видинеев А.А., Гейцман В.А.// В сборнике: Роль опорного вуза в развитии транспортно-энергетического комплекса саратовской области (трансэнергоком-2018) Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 114-117.
15. Асоян А.Р. Применение экологически чистого топлива в двигателях внутреннего сгорания / Асоян А.Р., Орлов Н.В., Лебедев И.А., Асоян И.А.// Грузовик. 2018. № 5. С. 24-25.
16. Асоян А.Р. Разработка аппаратного комплекса для применения экологически чистого топлива в двигателях внутреннего сгорания / Асоян А.Р., Орлов Н.В., Лебедев И.А., Асоян И.А.// В сборнике: Проблемы технической

эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта Сборник научных трудов по материалам 75-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. 2017. С. 7-10.

17. Аэродинамика (2-е издание) [Текст] / Голубев А.Г., Епихин А.С., Калугин В.Т., Луценко А., Москаленко В.О., Столярова Е.Г., Хлупнов А.И., Чернуха П.А. // – Москва, 2017.

18. Байков Б.П. Турбокомпрессоры для наддува дизелей [Текст] / Б.П. Байков, В.Г. Бордуков, П.В. Иванов и др. – Л.: Машиностроение, 1975. – 199 с.

19. Баширов Р.М. Основы теории и расчета автотракторных двигателей [Текст] / Р.М. Баширов. – Уфа: БГАУ, 2008. – 304 с.

20. Бобарика И. О. Повышение адекватности численного моделирования аэродинамики элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах маха [Текст] / Бобарика И.О., Гусев И.Н. // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2014. – № 2 (85). – С. 33-38.

21. Бондарева Г. И. Исследование проблемы эффективной эксплуатации отечественной и зарубежной техники в АПК [Текст] / Г. И. Бондарева, Б. Н. Орлов // Наука, техника и образование. – 2016. – № 7 (25). – С. 53-55.

22. Борзов В.Н. Лизинг как способ обновления технической базы производства сельскохозяйственных предприятий [Текст] / Борзов В.Н. // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление, 2012. – № 7 (26). – С. 100-106.

23. Борычев С. Н. Анализ способов применения биологических видов топлива в дизельных двигателях [Текст] / Борычев С.Н., Шемякин А.В., Терентьев В.В., Иванов А.А. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017. – № 3 (35). – С. 84-88.

24. Буй В. Т. О влиянии размера модели на её аэродинамические характеристики в аэродинамической трубе малых скоростей [Текст] / Буй В.Т., Лапыгин В.И. // Математическое моделирование, 2015. – Т. 27. – № 5. – С. 28-38.

25. Буклагина Г. В. Прогресс механизации сельского хозяйства [Текст] / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК: Реферативный журнал, 2001. – № 3. – С. 667.
26. Буклагина Г. В. Тракторы ближнего зарубежья, их соответствие требованиям российского сельского хозяйства [Текст] / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК: Реферативный журнал, 2004. – № 2. – С. 373.
27. Буклагина Г.В. Опыт модернизации тракторов МТЗ в Батыревской сельхозтехнике Чувашской Республики [Текст] / Буклагина Г.В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал, 2002. № 2. С. 391.
28. Бынов Н. В. Перспективы технической эксплуатации мобильных средств сельскохозяйственного производства [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Аникин Н.В., Борисов Г.А., Голиков А.А., Кирюшин И.Н., Кокорев Г.Д., Колупаев С.В., Костенко М.Ю., Кравченко А.М., Латышенок М.Б., Полищук С.Д., Рембалович Г.К., Симдянкин А.А., Тимохин С.В., Успенский И.А., Шемякин А.В., Юхин И.А. // – Рязань, 2015.
29. Бышов Н. В. Зарубежные транспортные средства для современного сельскохозяйственного производства [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Колчин Н.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2012. – № 4 (16). – С. 84-87.
30. Бышов Н. В. Использование знергонасыщенных тракторов в рязанской области [Текст] / Бышов Н.В., Дрожжин К.Н. // Земледелие, 2004. – № 4. – С. 40-41.
31. Бышов Н. В. Методика анализа энергетических затрат [Текст] / Бышов Н.В., Успенский И.А. // В сборнике: совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве. Сборник научных трудов 11-й научно-практической конференции ВУЗов Поволжья и Юго-Нечерноземной зоны РФ, 2000. – С. 195-200.

32. Бышов Н. В. Основные требования к техническому уровню тракторов, транспортных средств и прицепов на долгосрочную перспективу [Текст] / Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Аникин Н.В., Колупаев С.В., Жуков К.А. // В сборнике: Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции Доклады Международной науч.-практ. конф. Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет", Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, 2013. – С. 200-202.

33. Бышов Н. В. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции [Текст] / Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д., Юхин И.А., Жуков К.А., Булатов Е.П. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 78. – С. 227-238.

34. Бышов Н. В. Проблемы и перспективы транспортной техники на селе [Текст] / Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Шафоростов В.А., Байдин Д.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2015. – № 107. – С. 443-458.

35. Бышов Н. В. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК [Текст] / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, С. Н. Кулик // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016. – № 123. – С. 142-168.

36. Бышов Н. В. Пути научного обеспечения развития АПК [Текст] / Бышов Н.В., Крючков М.М., Крючков (мл.) М.М. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2010. – № 4. – С. 3-5.

37. Володин В.М. Эксплуатационные испытания трактора "БЕЛАРУСЬ" МТЗ 1021. 3. (ФРГ) [Текст] / Володин В.М. // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал, 2009. – № 4. – С. 1214.
38. Воронин Б. А. Государственная политика в аграрной сфере Российской федерации [Текст] / Воронин Б.А., Фатеева Н.Б. // Аграрный вестник Урала, 2014. – № 7 (125). – С. 84-87.
39. Вышинский В. В. Расчётные исследования эффективности воздушных фильтров судовых газотурбинных двигателей [Текст] / Вышинский В.В., Наливайко А.Г. // Труды Московского физико-технического института, 2014. – Т. 6. – № 1 (21). – С. 81-91.
40. Гайдаенко Э. В. Теоретические основы эффективности развития организаций аграрного сектора [Текст] / Э. В. Гайдаенко // Научное обозрение, 2016. – № 11. – С. 245-249.
41. Ганиев Ф.И. Аэродинамические коэффициенты демпфирования самолета [Текст] / Ганиев Ф.И., Ганиев Ш.Ф. // Авиацонная промышленность, 2008. – № 3. – С. 3-5.
42. Глаговский С. А., К выбору математической модели процесса наполнения автомобильного двигателя с неразветвленной впускной системой [Текст] / Глаговский С. А. и др. // Изв. вузов. Машиностроение, 1971. – № 9. – С. 101-106.
43. Глотко А. В. Проблема экономической эффективности в АПК [Текст] / А. В. Глотко // Сборник научных трудов по материалам международной науч. – практ. конф., 2006. – Т. 5. – № 1. – С. 56-58.
44. Городилов В. П. Определение нормативной производительности тракторов [Текст] / Городилов В.П., Корепанов Ю.Г., Скурыгин И.Н. // В сборнике: Материалы Юбилейной научной конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 50-летию института в 4-х частях. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; под редакцией В. Г. Медведева, 1995. – С. 8-9.

45. ГОСТ 18509-80 «Двигатели тракторные и комбайновые. Методика стендовых испытаний».
46. ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний».
47. ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний».
48. ГОСТ 23435-79 «Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров».
49. ГОСТ 23728-88 «Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки»
50. ГОСТ 23729-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки специализированных машин».
51. ГОСТ 24055-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения.»
52. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия и определения».
53. ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний».
54. Груздов А. А. Современные задачи исследования экономических проблем АПК [Текст] / А. А. Груздов // Новая наука: Теоретический и практический взгляд, 2016. – № 11-1. – С. 61-63.
55. Гулевич С. П. Методы определения аэродинамических коэффициентов беспилотных летательных аппаратов по материалам натурных экспериментов [Текст] / Гулевич С.П., Веселов Ю.Г. // Проблемы безопасности полетов, 2009. – № 10. – С. 46-56.
56. Гуревич В.М. Свойства поднимаемой машинами пыли [Текст] / В.М. Гуревич, В.И. Бондаренко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, №2, 1976. – С.44

57. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей. 3-е изд. перераб. и доп. [Текст] / под ред. А.С. Орлина // М.: Машиностроение, 1971. – 400 с.

58. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов. /Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др. // Машиностроение, 1983. – 372 с

59. Джерихов В.Б Анализ и оценка токсичности поршневых двигателей внутреннего сгорания [Текст]/ Джерихов В.Б., Марусин А.В. В сборнике: АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ Материалы 71-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 93-96.

60. Джерихов В.Б способ воспламенения очень бедных бензовоздушных смесей в автомобильных двигателях внутреннего сгорания с непосредственным впрыском [Текст]/ Джерихов В.Б., Марусин А.В., // В сборнике: Технические науки: интеграция науки и практики сборник материалов международного научного е-симпозиума . под ред. доц. Н.Ф. Сириной. 2015. С. 104.

61. Джерихов В.Б., Традиционные и альтернативные автомобильные топлива [Текст]/ Джерихов В.Б., Марусин А.В. Учебное пособие // Санкт-Петербург, 2016.С.15

62. Живлюк Г. Е. Состояние и перспективы совершенствования систем топливоподачи COMMON RAIL [Текст] / Живлюк Г.Е., Петров А.П. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2016. – № 1 (35). – С. 108-123.

63. Жудро М.М. Современные тенденции и проблемы эффективности использования аграрной техники [Текст] / Жудро М.М. // Сборник научных трудов «Проблемы экономики», 2010. – № 1 (10). – С. 54-62.

64. Закиров М.А. Об аэродинамических коэффициентах некоторых сложных тел в свободномолекулярном потоке [Текст] / Закиров М.А. // Ученые записки ЦАГИ, 1975. – Т. VI. № 4. – С. 82-85.

65. Зорин А. И. Научно-технический прогресс и ресурсосбережение в техническом (агроинженерном) сервисе [Текст] / А. И. Зорин // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в современных условиях Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – С. 81-89.

66. Зюзюков А. В. Экономический рост АПК России: основные направления и проблемы ускорения [Текст] / А. В. Зюзюков // В сборнике: Современные политэкономические проблемы экономического роста материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях, 2010. – С. 148-150.

67. Иванов, А. А. Влияние применения метанола-рапсовой эмульсии на эффективные и экологические показатели работы дизеля Д-242 / А.А Иванов, М.В. Никифоров, Е.В. Копаев // Улучшение эксплуатационных показателей и технический сервис автомобилей, тракторов и двигателей: сборник научных трудов Международной науднотехнической конференции кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис» Института технических систем, сервиса и энергетики. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2015. – С. 94-97.

68. Иванов, А.А. Анализ способов применения биологических видов топлива в дизельных двигателях / Шемякин А.В., Иванов, А.А. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3 (35). – С. 125–130.

69. Иванов, А.А. Двухтопливная система питания дизельного двигателя / А.А. Иванов // Международный технико-экономический журнал. – 2017. - №3. – С. 69-73.

70. Иванов, А.А. Экономическая эффективность использования метанола-рапсовой эмульсии как альтернативного топлива для дизеля Д-242 с точки зрения экологической безопасности / А.А. Иванов, В.С. Андрощук // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - СПб. : Изд-во СПбГАУ, 2017. – С. 160-162.

71. Иванов, А.А. Экспериментальные характеристики дизеля Д-242 при работе на метаноле-рапсовой эмульсии / Горбатенков А.И., Иванов А.А. // Известия Международной академии аграрного образования. Т. 4. -2013 - № 16 - С. 66-69.
72. Измайлов А. Ю. Перспективы развития транспортного обслуживания агропромышленного комплекса России на период до 2020 года [Текст] / Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С. // – Москва, 2013.
73. Иншаков А. П. Выбор средств технического диагностирования двигателей.[Текст]/ Иншаков А.П., Кувшинов А.Н., Курбаков И.И., Байков Д.В.// Сельский механизатор. 2015. № 8. С. 32-33.
74. Иншаков А. П. Определение неисправностей газотурбинного наддува двигателя.[Текст]/ Иншаков А.П., Кувшинов А.Н., Курбаков И.И., Курбакова М.С., Ладиков С.А. //Сельский механизатор. 2018. № 1. С. 34-35.
75. Иншаков А. П. Способ диагностирования системы воздухоподачи тракторного дизеля.[Текст]/ Иншаков А.П., Курбаков И.И., Кувшинов А.Н. //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 67-71.
76. Иншаков А. П. Сравнительный расчет тепловой характеристики и мощности дизельного двигателя д-245, работающего по газодизельному циклу относительно стандартного ДВС.[Текст]/ Иншаков А.П., Ветчинников М.Н., Беляев О.А., Карпов В.И.// В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С.А. Лапшина. Сер. "Лапшинские чтения" Редколлегия: Д.В. Бочкарев (отв. Секретарь) [и др.]. 2017. С. 422-426.
77. Иовлев Г. А. Импортозамещение на рынке сельскохозяйственной техники [Текст] / Г. А. Иовлев // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 9. – С. 68-73.

78. Иовлев Г. А. Роль государства в восстановлении тракторного и сельскохозяйственного машиностроения [Текст] / Г. А. Иовлев // Аграрный вестник Урала, 2017. – № 2 (156). – С. 13.

79. Иода Е. В. Использование аграрного лизинга в формировании системы эффективного управления [Текст] / Иода Е.В., Корнева Ж.В. // Экономика и управление, 2006. – № 4. – С. 135-140.

80. Калугин В. Т. Выбор аэродинамической компоновки аппарата-зонда, обтекаемого турбулентным закрученным потоком газа [Текст] / Калугин В.Т., Стрижак С.В. // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – № 10. – С. 14.

81. Канарчук Е. А., Влияние режимов работы на износ двигателей [Текст] / Е. А. Канарчук, В. Е. Канарчук // Киев, 1970. – С.75-76.

82. Кашин В. М. Методика уточнения аэродинамических характеристик управляемых летательных аппаратов по данным летных испытаний с оценкой точности результатов [Текст] / Кашин В.М., Новиков В.Г., Тимошин Ю.Н. // Оборонная техника, 2017. – № 10. – С. 13-17.

83. Кирилин А. В. Применение вихревых технологий в двигателестроении [Текст] / Кирилин А.В., Кожин С.А., Шемякин А.В. // В сборнике: инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России. Материалы национальной науч.-практ. конф. Министерство сельского хозяйства РФ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева", 2016. – С. 79-83.

84. Кожин С. А. Применение вихревых технологий повышения тягово-эксплуатационных, и экономических показателей двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Кожин С.А. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы, 2017. – № 3 (15). – С. 31-37.

85. Кожин С. А. Проблема развития современного двигателестроения в направлении поиска дополнительных мощностных ресурсов двигателя

внутреннего сгорания [Текст] / Кожин С.А., Шемякин А.В., Кузин Е.Г. // В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Министерство сельского хозяйства РФ; Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – С. 106-110.

86. Кожин С.А. Альтернативный способ повышения мощности и крутящего момента в двигателе внутреннего сгорания [Текст] / С.А. Кожин А. В. Шемякин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, 2016. – № 1 (2). – С. 177-183.

87. Конструкция тракторов и автомобилей [Текст] / Поливаев О.И., Костиков О.М., Ворохобин А.В., Ведринский О.С. // Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж, 2014.

88. Кузнецов В. В. Аграрная наука в решении социально-экономических проблем регионального АПК [Текст] / В. В. Кузнецов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 15. – № 6. – С. 2-3.

89. Ларионова Т.П. К вопросу о техническом перевооружении предприятий [Текст] / Ларионова Т.П. // Актуальные проблемы экономики современной России, 2016. – № 3. – С. 82-87.

90. Лезин П.П., Эффективность проведения ремонта сельскохозяйственной техники с учетом ее качества и надежности [Текст]/ Лезин П.П., Сенин П.В., Бурланков С.П. В сборнике: Обеспечение надежности машин при эксплуатации и ремонте Сборник материалов всероссийской научно-технической конференции. //1998. С. 60-63.

91. Ленин И. М. Теория автомобильных двигателей [Текст] / И. М. Ленин // Машгиз, 1958. – 272 с.

92. Лиходедова Н. Н. Организационно-экономические проблемы технического переоснащения предприятий АПК : автореф. дисс. ... канд. эконом. наук : [Текст] / В. П. Горячкина. – Московский государственный агроинженерный университет им. Москва, 2004.

93. Лопарев А. А. Курсовая устойчивость движения тракторов МТЗ-80 И МТЗ-80ГК [Текст] / Лопарев А.А., Фасхутдинов М.Х. // В книге: улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. Материалы VI Международной науч.-практ. конф. "Наука-Технология-Ресурсосбережение". Сборник научных трудов, 2013. – С. 97-99.

94. Математическое моделирование процессов в автомобилях и их двигателях при проектировании и модернизации [Текст] / Мурог И.А., Драгунов Г.Д. // Челябинское высшее военное автомобильное командно-инженерное училище имени Главного маршала бронетанковых войск П.А. Ротмистрова. – Челябинск, 2010.

95. Нарусланов Р. В. Улучшение топливно-экологических показателей трактора МТЗ-80 при работе на частичных нагрузочных режимах при низкотемпературных условиях эксплуатации путем подогрева воздушного заряда : автореф. дис. ... канд. техн. наук. [Текст] / Р. В. Нарусланов. – Санкт-Петербург, 1994.

96. Нехорошев Д. Д. Обоснование использования энергомичных силовых агрегатов повышающих эффективную работу колесного трактора МТЗ-80 [Текст] / Нехорошев Д.Д., Нехорошев Д.А., Балакшин А.С. // В сборнике: аграрная наука - основа успешного развития АПК и сохранения экосистем. Материалы Международной науч.-практ. конф., 2012. – С. 172-173.

97. Офосу-Ахенкора А. К. Влияние завихривания потока во впускном трубопроводе на движение заряда в цилиндре карбюраторного двигателя [Текст] / А. К. Офосу-Ахенкора // – Волгоград, 1991.

98. Патент на изобретение RUS 2413854. Дизельный двигатель, работающий на газообразном топливе [Текст] / Ерофеев М.Н., Ивановский В.С., Варламов В.Н., Лешаков И.А., Воробьев А.П., Карцев С.В., Пестов Д.А., Филонов

В.С., Колесов А.А.; Заявлено 13.07.2009.

99. Патент на полезную модель RUS 113788 Система контроля состояния фильтра двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Синицин П.С., Кокорев Г.Д., Карцев Е.А., Рублев К.М., Юхин И.А., Меркушкин А.Н. модель RUS 113788; заявлено 14.07.2011.

100. Петошин В.И. Аэродинамические характеристики моделей пассажирских и транспортных самолетов при их гармонических колебаниях по углу тангажа на больших углах атаки [Текст] / Петошин В.И., Часовников Е.А. // Теплофизика и аэромеханика, 2011. – Т. 18. – № 3. – С. 373-383.

101. Пискачев И. А. Перевозка грузов в сельском хозяйстве [Текст] / Пискачев И.А., Терентьев В.В., Шемякин А.В. // В сборнике: инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России. Материалы национальной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева", 2016. – С. 175-178.

102. Полухин А.А. Организационно-экономические аспекты технической модернизации сельского хозяйства [Текст] / Полухин А.А. // Техника и оборудование для села, 2011. – № 9. – С. 8-11.

103. Пуков Р. В. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки [Текст] / Пуков Р.В., Кожин С.А. // В сборнике: совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса. Материалы Национальной науч.-практ. конф., 2017. – С. 165-169.

104. Рабинович А.Ш., Исследование причин отказов сельскохозяйственной техники [Текст]/ Рабинович А.Ш., Лезин П.П., Сенин П.В.//Техника в сельском хозяйстве. 1978. № 2. С. 66-69.

105. Рабинович А.Ш., повышение надежности отремонтированной техники [Текст]/Рабинович А.Ш., Лезин П.П., Сенин П.В.//Техника в сельском хозяйстве. 1980. № 12. С. 30-31.

106. Репетов А.Н. Формирование тракторного парка по энергозатратам [Текст] / Репетов А.Н. // В сборнике: совершенствование технологий и средств механизации в АПК. Материалы науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской работы за 2001 год, 2003. – С. 3-6.

107. Рындин В.В. Исследование нестационарного течения газа во впускном трубопроводе и неравномерности наполнения многоцилиндрового двигателя : дис. ... канд. техн. наук [Текст] / В. В. Рындин. 1977г. – 163с.

108. Сенин П. В. Анализ состояния машинно-тракторного парка и перспективы развития ремонтно-обслуживающей базы АПК республики Мордовия.[Текст]/ Сенин П.В., Ионов П.А. В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы.// Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Институт механики и энергетики; Ответственный за выпуск: Столяров А. В. . 2016. С. 17-26.

109. Сенин П.В. Повышение надежности мобильной сельскохозяйственной техники при ее необезличенном ремонте[Текст]/ Сенин П.В. диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук // Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. Саранск, 2000

110. Сенин П.В. Анализ состояния машинотракторного парка и перспективы развития ремонтно-обслуживающей базы АПК республики Мордовия[Текст] / П.В.Сенин., П.А. Ионов //в сборнике : Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы сборник научных трудов научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф.Х.Бурумкулова. Институт механики и энергетики; Ответственный за выпуск: Столяров А.В. .2016. С. 17-26.

111. Сенин П.В., Методы оценки технического состояния турбокомпрессоров[Текст] / Сенин П.В., Власкин В.В., Понизяйкин С.А. В сборнике: Повышение эффективности функционирования механических и

энергетических систем сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию образования Института механики и энергетики.// 2007. С. 24-26.

112. Сергеев Н.В. Силовые агрегаты: конспект лекций [Текст] / Сергеев Н.В. // – зерноград, 2015.

113. Сеницин А.А. Отечественные производители тракторов [Текст] / Сеницин А.А. // Вестник НГИЭИ, 2014. – № 6 (37). – С. 95-108.

114. Скоробогатова М.В. Аналитический и численный способы решения задач оптимизации формы низколетящего крыла для увеличения его аэродинамического качества [Текст] / Скоробогатова М.В., Леонид В.А. // Технические науки - от теории к практике, 2017. – № 3 (63). – С. 126-135.

115. Снимщикова И. В. Состояние и тенденции развития отечественного и мирового рынка сельскохозяйственной техники в условиях глобализации [Текст] / И. В. Снимщикова, К. А. Семенов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2014. – № 101. – С. 1516-1527.

116. Соломкин А. П. Влияние фактора старения на показатели надежности сельскохозяйственной техники [Текст] / Соломкин А.П., Мяло О.В., Прокопов С.П. // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 1. – С. 61-63.

117. Сравнительные хозяйственные испытания трактора МТЗ-80 с прицепом 2ПТС-4 [Текст] / Темнюк И.Д., Щитов А.С. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2006. – № 8. – С. 31-32.

118. Субарева А.К. Анализ рынка материально-технической базы сельского хозяйства [Текст] / А. К. Субарева, М. С. Арбузова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. – № 2. – С. 124-129.

119. Трактор МТЗ-80 и его модификации [Текст] / Ксенович И.П., Амелеченко П.А., Степанюк Н.П. // – Москва, 1991.

120. Тракторы "БЕЛАРУСЬ" МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л [Текст] / Ксенович И.П. // Руководство по эксплуатации и уходу. – Минск, 1973.

121. Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 [Текст] / Ксенович И.П., Кустанович С.Л., Степанюк П.Н., Хиловец П.Г. // – Москва, 1983.
122. Транспортная энергетика. Тепловой расчет дизельного двигателя автомобиля [Текст] / Белокуров В.П., Енин Д.В., Зеликов В.А. // Методические указания для практических занятий студентов очной и заочной форм обучения специальности 190702 - Организация и безопасность движения. – Воронеж, 2005.
123. Управление работоспособностью техники с учетом условий аграрного производства [Текст] / И. Г., Галиев, А. А. Мухаметшин, И. Р. Исхаков, А. Р. Шамсутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. – Т. 5. – № 3 (17). – С. 86-88.
124. Уханов Д. А. Результаты исследований трактора МТЗ-80 при работе дизеля Д-240 на динамическом режиме холостого хода [Текст] / Уханов Д.А., Тимохин С.В. // В сборнике: Материалы XXXXVI науч.-техн. конф. молодых ученых и студентов инженерного факультета. Конференция посвящена 50-летию ПГСХА и 200-летию Пензенской губернии, 2001. – С. 50-52.
125. Хамичев Б. Б. Энергосбережение в сельскохозяйственном производстве [Текст] / Хамчиев Б.Б., Сафронов Н.С., Лившиц И.Л. // – Москва, 2014.
126. Храпов М. Ю. Диагностика современного автомобиля [Текст] / Храпов Ю.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Полищук С.Д., Костенко М.Ю., Шемякин А.В., Юхин И.А., Колупаев С.В., Сеницин П.С., Салтан В.В., Филюшин О.В., Шафоростов В.А., Гусаров С.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016. – № 118. – С. 1001-1025.
127. Шемякин А. В. Практический опыт и результат работы устройства вихревого действия на двигателе внутреннего сгорания [Текст] / Шемякин А.В., Кожин С.А., Кирилин А.В. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2016. – № 3 (31). – С. 71-76.

128. Эфендиев А.М.О., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии . [Текст] / Эфендиев А.М.О., Кожевников А.А. // Саратов, 2015.С 121-122.
129. Юданова А.В. Ремонт сельскохозяйственных машин в условиях мастерских сельских товаропроизводителей [Текст] / А. В. Юданова // Инженерно-техническое обеспечение АПК: Реферативный журнал, 2001. – № 4. – С. 1203.
130. Blumenthal R. Traktoren: Technisches Handbuch. / Blumenthal R. // Berlin: VEB Verlag Technik, 1981. – 376 с.
131. Buberts S. Regelungsverhalten von viertakt. Dieselmotoren mit Abgasturboan-flodung. / Buberts S. // – Mash. neu bautechnik, 1971, 20, № 5. (нем.)
132. Chiranis Nicholas. P. Bleeding. Air manifold gives more miles per gallon. / Chiranis Nicholas. P. Bleeding // "Prod Engng", 1966. – 37. – № 3. – P. 60-61.
133. Hiroshi K., Gengo K., Takashige I. Development of Light-Duty Commercial CNG Vehicles. / Hiroshi K., Gengo K., Takashige I. // NGV 98 International Conference. 26-28 May 1998. – Cologne, Germany. – P. 90-96.
134. Hughes J.S., Swanson B.G. Microstructure. / Hughes J.S., Swanson B.G. // 1985. – V4. – №2. –P. 183-189
135. James C.A. comparison of the Bader-Deuflhard and the Cash-Karp Runge-Kutta integrators for the GRI-MECH 3.0 model based on the chemical kinetics code kintecus. / C. James. T. Ianni // Vast Technologies Development, Inc., US, 1999. – P. 84-91/
136. Jennifer C. Reitz. MODELING SPRAY Atomization With The Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor Hybrid Model / C. Jennifer, R. Beale // Engine Research Center, University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin, USA, 2001. – P. 98-105
137. Jung O.J. The Development of Performance Analysis Code for Pre-Conceptual Design of VTOL UAV / Jung O.J. // KASA, 2004.
138. Karim G.A. The Dual Fuel Engine of the Compression Ignition Type-Prospects, Problems and Solutions / Karim G.A. // A Review, SAE

Technical Paper Series, N831073, 1983, June 22-23. – P.71.79.

139. Klein V. Estimations of Aircraft Aerodynamic Parameters from Flight Data . Klein V. //Prog. Aerospace Sci. – 1989. – V.26. – P.1-77.

140. Meijer R. J. The Philips Stirling engine / R.J. Meijer // De ingenieur. 1969. – №19. – P. 81-93.

141. Nakhjiri, M. Physical modeling of automotive turbocharger compressor: Analytical approach and validation / M. Nakhjiri, P. F. Pelz, B. Matyschok, A. Horn, L. Däubler // SAE International, Commercial Vehicle Engineering Congress, Chicago, IL, USA, 2011.

142. SAE J1826 Turbocharger gas stand test code. // – USA : SAE International, 1995. – P. 12.

143. Sorenson S .C., Mikkelsen S.E. Performance and Emissions of a 0.273 Liter Direct Injection Diesel Engine Fueled with Neat Dimethyl Ether / Sorenson S .C., Mikkelsen S.E. // SAE Paper 950064. International Congress and Exposition. Detroit. Michigan, 1995. – 1 lp.

144. Vistamehr A. Analysis of automotive turbocharger nonlinear vibrations in-cluding bifurcation : a thesis master of science / A. Vistamehr // – Texas A&M University, 2009. – 100 p.

145. Willard W. Pulkrabek. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine / Willard W. Pulkrabek // Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey, 2003. – P. 111-119.

146. Yoshio Sato, Akira Nodo, Takashi Sakamoto and Yuichi Goto. Performance and Emission Characteristics of a Dimethyl Ether Fueled Compression Ignition Engine Heavy Duty Vehicles / Yoshio Sato, Akira Nodo, Takashi Sakamoto and Yuichi Goto // SAE Paper 2000-01-1839. – 9 p.

147. Zoby E.V. Approximate Heating Analysis for Winward Symmetry Plane of Shuttle-like Bodies at Large Angle of Attack / Zoby E.V. // AIAA Paper. – 1982. – V.82. – P.229-247.

ПРИЛОЖЕНИЯ

.

Приложение «А»

Таблица проведения четырехфакторного эксперимента со значениями.

Уровень варьирования факторов опыта		Факторы				Критерий оптимизации
		Коэффициент расчета выходного сечения X_1	Коэффициент расчета площади первой ступени X_2	Количество лопаток устройства X_3	Высота устройства мм. X_4	Величина расхода воздуха кг/час. Y
Верхний уровень (+1)		2.206	1,768	10	225	
Основной уровень (0)		1,768	1,33	8	180	
Нижний уровень (-1)		1,33	1,1	4	135	
Интервал варьирования		0,876	0,668	6	90	
План Опытов	№ опыта					
	1	2,206	1,768	8	180	181,5
	2	2,206	1,1	8	180	180,5
	3	1,33	1,768	8	180	182
	4	1,33	1,1	8	180	179,5
	5	1,768	1,33	10	225	188,5
	6	1,768	1,33	10	135	186
	7	1,768	1,33	4	225	180,5
	8	1,768	1,33	4	135	183,5
	9	1,768	1,33	8	180	195,5
	10	2,206	1,33	8	225	185
	11	2,206	1,33	8	135	182,5
	12	1,33	1,33	8	225	183,5
	13	1,33	1,33	8	135	181,5
	14	1,768	1,768	10	180	191,5
	15	1,768	1,768	4	180	186,5
	16	1,768	1,1	10	180	185,5
	17	1,768	1,1	4	180	184,5
	18	2,206	1,33	10	180	191,5
	19	2,206	1,33	4	180	186,5
	20	1,33	1,33	10	180	186,5
	21	1,33	1,33	4	180	183,5
	22	1,768	1,768	8	225	190,5
	23	1,768	1,768	8	135	189,5
	24	1,768	1,1	8	225	190
	25	1,768	1,1	8	135	188,5

Приложение «Б»
Патент на полезную модель.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 174143

Устройство завихрения воздуха для двигателя внутреннего сгорания

Патентообладатель: **Кожин Сергей Александрович (RU)**

Авторы: **Кожин Сергей Александрович (RU), Шемякин Александр Владимирович (RU), Бышов Николай Владимирович (RU), Лунин Евгений Васильевич (RU), Кирилин Александр Васильевич (RU)**

Заявка № 2016148532

Приоритет полезной модели 09 декабря 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 04 октября 2017 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 09 декабря 2026 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



Приложение В



ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ул. Есенина, д.9, Рязань, 390006. Тел. (4912) 93-91-89, факс: (4912) 21-06-69
e-mail: mshp@ryazagro.ru [http:// www.ryazagro.ru](http://www.ryazagro.ru)

14.10.2016 № СР/3-7382

На № _____ от _____

В федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Рязанский государственный
агротехнологический университет
имени П.А Костычева»
(ФГБОУ ВО РГАТУ),

доценту, заведующему
кафедрой ОТП и БЖД
д.т.н., доценту

А.В. Шемякину

Уважаемый Александр Владимирович !

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области рассмотрело рекомендации по внедрению энергосберегающей технологии повышения эксплуатационных показателей сельскохозяйственных машин, на основе применения устройства вихревого действия для атмосферных двигателей внутреннего сгорания, разработанной в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, д.т.н., доцентом Шемякиным А.В. и аспирантом Кожиним С.А.

В условиях реализации приоритетного национального проекта и в соответствии с указом Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года., автором рекомендаций выбрана весьма актуальная тема работы. Повышение эксплуатационных качеств колесных машин, таких как мощность, крутящий момент и коэффициент полезного действия (КПД), в сочетании с понижением расхода топлива, актуально и жизненно важно как для сельскохозяйственных предприятий, потребителей продукции отечественного АПК, так и для транспортной системы России в целом.

В соответствии с поставленной целью автору удалось решить следующие задачи:

- проанализировать научно-теоретическое состояние вопроса применения вихревых технологий в двигателестроении, и создать перспективный вектор развития данных технологий в АПК;
- установить возможность снижения эксплуатационных затрат на содержание автотранспортного парка в виде снижения расхода топлива на 15-17 %;
- разработать и внедрить устройство вихревого действия в рамках проведения эксперимента, и применить данное устройство на полевых испытаниях с получением положительных результатов в условиях фермерских хозяйств Чучковского района Рязанской области;
- выявить перспективные направления научных исследований, направленных на дальнейшую модернизацию транспортных средств используемых в АПК.

На основе проведенных исследований представлены практические рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство научно-обоснованных технических решений, с применением устройства вихревого действия для двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственных машин.

Основные положения и результаты работы представляют значительный практический и научный интерес для АПК.

Вышеуказанные технические и технологические решения рекомендуются к внедрению в хозяйствах Рязанской области, а также на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения.



**Заместитель Председателя
Правительства Рязанской области**



С.А. Дудукин

О.В. Колова
(4912) 21-05-92

Приложение «Г»

Акты производственных испытаний.

УТВЕРЖДАЮ

Директор «Крестьянского
фермерского

хозяйства Кочкина Е.В.»

Кочкина Кочкина Е.В.

«29» апреля 2018

УТВЕРЖДАЮ

Директор «Крестьянского
фермерского

Хозяйства Семенов А.А.

Семенов Семенов А.А.

«28» апреля 2018

АКТ

Полевых испытаний

устройства повышения тягово-эксплуатационных,

экономических и экологических показателей ДВС

от «28» апреля 2018г.

Комиссия в составе директора «КФХ Кочкина Е.В.» Кочкина Екатерина Викторовна, главный механик Губочкин Виктор Григорьевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Кочкина Е.В.», директор «КФХ Семенов А.А.» Семенов Анатолий Александрович и главный инженер «КФХ Семенов А.А.» Шанин Евгений Анатольевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Семенов А.А.», доктор технических наук Шемякин Александр Владимирович, и аспирант Кожин Сергей Александрович, со стороны Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», составили настоящий акт о том, в «КФХ Кочкина Е.В.» провели повторные испытания трактора МТЗ-80.1. с двигателем Д-243 оснащенного модернизированной системой питания, с устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС, разработанной в рамках ведения научно-исследовательской деятельности в ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А.Костычева.

Испытания проводились в апреле 2018 года, для подтверждения показателей расхода воздуха и расхода топлива трактора МТЗ-80.1. 1989 г.в. регистрационный номер 5863 РМ 62, номер двигателя 896371 при выполнении транспортных работ в сцепке с прицепом 2-ПТС4, государственный номер 3725 РМ 62.

Для определения параметров работы двигателя предварительно была проведена экспертиза технического состояния двигателя опытного трактора, Измерения расхода топлива производились методом отключения топливных баков, и переход всей системы подачи топлива в двигатель на тарированную канистру, прошедшую апробацию в центре стандартизации и метрологии.

Для измерения израсходованного топлива использовалась так же мерная заправочная емкость, позволяющая с высокой точностью определить объем заливаемого топлива в канистру до установленной метки, соответственно данный объем топлива можно считать затраченным на проведение тестового заезда.

В качестве места проведения измерений был выбран прямолинейный участок дороги соединяющий д.Пертово и пос. Луговой Чучковского района Рязанской области.

Испытания состояли из четырех заездов три из которых состояли из однократного движения техники в обе стороны, остановки, и заправки мерного топливного бака до отметки соответствующей началу испытаний, и один заезд производился на полном баке 20 литров, до полной остановки трактора и вырабатывания всего топлива. В рамках проведения четвертого заезда трактор двигался циклично по заданному мерному участку многократно проходя дистанцию в обе стороны.

До и после заездов проводились измерения давления в шинах трактора и прицепа, во избежание проколов, и некорректности измерений. Заправка топливом на первых трех измерениях производилась на одном и том же месте, после полной остановки трактора, помеченном на асфальте условной отметкой.

Водителем был назначен аспирант Кожин С.А. имеющий стаж работы на технике подобного класса. Все заезды производились согласно приложенной инструкции, и предписывали строгое соблюдение однородности процедуры страгивания с места, движения и остановки. Оптимальные обороты двигателя 1600 об/мин поддерживались 93% времени испытательных заездов.

Результаты произведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты натурных испытаний серийного и модернизированного трактора МТЗ-80.1.

Параметр.	Серийный двигатель	Модернизированный двигатель	Разница в единицах	Разница в %
Средний расход топлива по заправке	8,7	7,68	1,02	-11,5
Средний расход топлива по баку	8,8	7,69	1,11	-12
Средний расход воздуха	178	195,5	17,5	9,55
Давление в шинах	0,2	0,2	-	-

По результатам испытаний, и сравнения трактора оснащенного устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС с этим же трактором прошедшим полный цикл испытаний но не оснащенный разработанным устройством следует отметить:

1. Возросшую топливную экономичность техники при выполнении транспортных работ. На 11,5%, по сравнению с тем же трактором не оборудованным устройством.
2. Увеличение расхода воздуха двигателем на 9,5%
3. Пониженную дымность при режимах движения внатяг, и при начале движения с места.

На испытаниях комиссия присутствовала в полном составе, и все нижеподписавшиеся согласны с результатами испытаний, признают их верными, и проведенными корректно.

Директора «КФХ Кочкина Е.В.»

Кочкина Е.В.

Главный механик «КФХ Кочкина Е.В.»

Губочкин В.Г.

Директор «КФХ Семенов А.А.»

Семенов А.А.

Главный инженер «КФХ Семенов А.А.»

Шанин Е.А.

Доктор технических наук

Шемякин А.В.

Аспирант РГАТУ

Кожин С.А.



М.П.

УТВЕРЖДАЮ
Директор «Крестьянского
фермерского
хозяйства Семенов А.А.»
Семенов А.А.
«__» _____ 2017

УТВЕРЖДАЮ
Директор «Крестьянского
фермерского
Хозяйства Кочкина Е.В.»
Кочкина Е.В.
«__» _____ 2017

АКТ

проведения натурных испытаний

устройства повышения тягово-эксплуатационных,
экономических и экологических показателей ДВС

от «15» мая 2017г.

Комиссия в составе директора «КФХ Семенов А.А.» Семенов Анатолий Александрович и главный инженер «КФХ Семенов А.А.» Шанин Евгений Анатольевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Семенов А.А.», директор «КФХ Кочкина Е.В.» Кочкина Екатерина Викторовна, главный механик Губочкин Виктор Григорьевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Кочкина Е.В.», доктор технических наук Шемякин Александр Владимирович, и аспирант Кожин Сергей Александрович, со стороны Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», составили настоящий акт о том, в «КФХ Кочкина Е.В.» провели испытания трактора МТЗ-80.1. с двигателем Д-241 оснащенного модернизированной системой питания, с устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС, разработанной в рамках ведения научно-исследовательской деятельности в ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А.Костычева.

Испытания проводились в мае 2017 года с 10 по 15 мая, с целью определить показатели расхода воздуха и расхода топлива трактора МТЗ-80.1. 1990 г.в. регистрационный номер 5727 РМ 62, номер двигателя 924542 при

выполнении транспортных работ в сцепке с прицепом 2-ПТС4, государственный номер 3725 РМ 62.

Для определения параметров работы двигателя предварительно была проведена экспертиза технического состояния двигателя опытного трактора, Измерения расхода топлива производились методом отключения топливных баков, и переход всей системы подачи топлива в двигатель на тарированную канистру, прошедшую апробацию в центре стандартизации и метрологии с нанесением меток определяющих уровень топлива с высокой точностью.

Для измерения израсходованного топлива использовалась так же мерная заправочная емкость, позволяющая с высокой точностью определить объем заливаемого топлива в канистру до установленной метки, соответственно данный объем топлива можно считать затраченным на проведение тестового заезда.

Для определения количества израсходованного воздуха трактор оборудовался счетчиком газа СГ-ЭКвз-р0535/1,6 , первого класса точности так же прошедший поверку в центре стандартизации и метрологии.

В качестве места проведения измерений был выбран прямолинейный участок дороги соединяющий д.Пертово и пос. Луговой Чучковского района Рязанской области.

Испытания состояли из четырех заездов три из которых состояли из однократного движения техники в обе стороны, остановки, и заправки мерного топливного бака до отметки соответствующей началу испытаний, и один заезд производился на полном баке 20 литров, до полной остановки трактора и выработки всего топлива. В рамках проведения четвертого заезда трактор двигался циклично по заданному мерному участку многократно проходя дистанцию в обе стороны.

До и после заездов проводились измерения давления в шинах трактора и прицепа, во избежание проколов, и некорректности измерений. Заправка

топливом на первых трех измерениях производилась на одном и том же месте, после полной остановки трактора, помеченном на асфальте условной отметкой.

Для измерений расхода топлива использовалось стандартное дизельное топливо, купленное на АЗС.

Водителем был назначен механизатор КФХ «Семенов А.А.», имеющий стаж работы на технике подобного класса более 15 лет. Все заезды производились согласно приложенной инструкции, и предписывали строгое соблюдение однородности процедуры начала движения с места и остановки. Оптимальные обороты двигателя 1600 об/мин поддерживались 90% времени испытательных заездов.

Результаты произведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты натурных испытаний серийного и модернизированного трактора МТЗ-80.1.

Параметр.	Серийный двигатель	Модернизированный двигатель	Разница в единицах	Разница в %
Средний расход топлива по заправке	8,8	7,78	1,02	-11,5
Средний расход топлива по баку	8,8	7,77	1,03	-11,7
Средний расход воздуха	178	195,5	17,5	9,55
Давление в шинах	0,2	0,2	-	-

По результатам испытаний, и сравнения трактора оснащенного устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС с этим же трактором прошедшим полный цикл испытаний но не оснащенный разработанным устройством следует отметить:

1. Возросшую топливную экономичность техники при выполнении транспортных работ. На 11%, по сравнению с тем же трактором не оборудованным устройством.

2. Увеличение расхода воздуха двигателем на 9%

3. Уменьшение открытия ручного газа для достижения оптимальных оборотов двигателя.

4. Пониженную дымность при режимах движения внатяг, и при страгивании с места.

На испытаниях комиссия присутствовала в полном составе, и все нижеподписавшиеся согласны с результатами испытаний, признают их верными, и проведенными корректно.

Директор «КФХ Семенов А.А.»

Семенов А.А.



Главный инженер «КФХ Семенов А.А.»

Шанин Е.А.



Директора «КФХ Кочкина Е.В.»

Кочкина Е.В.



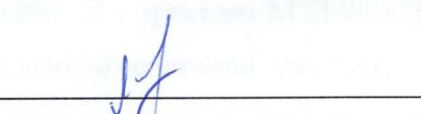
Главный механик «КФХ Кочкина Е.В.»

Губочкин В.Г.



Доктор технических наук

Шемякин А.В.



Аспирант РГАТУ

Кожин С.А.



Приложение Д

УТВЕРЖДАЮ

Директор крестьянского фермерского
хозяйства

Кочкина Екатерина Викторовна

Кочкина Кочкина Е.В.

«3» мая 2018

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, директор «КФХ Кочкина Е.В.» Кочкина Екатерина Викторовна, главный механик «КФХ Кочкина Е.В.» Губочкин Виктор Григорьевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Кочкина Е.В.», доктор технических наук Шемякин Александр Владимирович, и аспирант Кожин Сергей Александрович, со стороны Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», составили настоящий акт о том, что в хозяйстве была испытана и активно применяется модернизированная впускная система с сухим фильтрующим элементом воздуха кассетного типа, с размещенным в полости сменной кассеты устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей двигателя внутреннего сгорания на дизельных двигателях Д-240, Д-241, и Д-243 соответственно на двух тракторах МТЗ-80.1. и одном тракторе МТЗ-82.

Переоснащение техники применяемой в хозяйстве для выполнения транспортных работ было произведено весной 2017 года при подготовке техники к полевым работам. В частности трактора МТЗ-80.1 в период уборочной применяются на транспортных работах, в сцепке с прицепом 2-ПТС4, а трактор МТЗ-82 агрегируется с двумя телегами 2ПТС-4.

Применение модернизированной системы фильтрации воздуха с применением сухого воздушного фильтра кассетного типа позволило улучшить качество фильтрации воздуха, поскольку значительно снизилась степень износа двигателя к периоду постановки техники на хранение по окончанию уборочного сезона. Данный параметр отмечен главным механиком хозяйства Губочкиным В.Г., поскольку при прочих равных условиях эксплуатации, в предыдущих рабочих сезонах значение компрессии двигателя было значительно ниже.

Дополнительным эффектом стоит признать снижение расхода топлива при применении вставки в воздушный фильтр именуемой «устройство повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических

показателей ДВС» разрабатываемой в рамках ведения научной деятельности Кожиным С.А.

При установке данного устройства, механизаторами отмечена возросшая тяговая способность силовых установок техники, более не требуется понижения передачи при движении с грузом. На тех подъемах, и дорогах по которым производится перевозка зерна с поля уже на протяжении 7 лет. Снижена дымность под нагрузкой, и присутствует экономический эффект в виде снижения расхода на топливо при выполнении транспортных работ.

За летний полевой сезон 2017 года, за всеми тракторами велся пристальный учет расхода топлива, среди тракторов три трактора были оснащены предлагаемым устройством, и один трактор МТЗ-80.1 не был оснащен устройством и использовался как сравнительный(серийный). При тех же объемах перевозок за уборочную, что и в прошлом году, на транспортных работах на ГСМ было затрачено меньше средств. На тракторах МТЗ-80.1 экономия в сравнении с предыдущим сезоном, и имеющимся не модернизированным трактором в КФХ в среднем составила 11.1.% и 11.5% соответственно. Для трактора МТЗ-82 экономия топлива составила 10.5% в сравнении с сезоном 2016 года.

Сменная часть воздушного фильтра кассетного типа в виде устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей успешно переставлялась в новый фильтр при проведении технического обслуживания системы питания. Принцип смены воздушного фильтра кассетного типа вместо обслуживания старой масляно-контактной системы фильтрации воздуха существенно повысил скорость проведения данной операции, и упростил работу механикам. Теперь на обслуживание системы питания затрачивается в шесть раз меньше времени. При этом частота обслуживания системы питания не изменилась. Фильтр не теряет пропускной способности к наработке в 1000 моточасов.

Не смотря на стоимость фильтрующих элементов, и их одноразовый принцип использования, возросшая топливная экономичность и скорость проводимого обслуживания системы питания полностью перекрывает расходы, затрачиваемые на первичную модернизацию, и закупку новых воздушных фильтров, и устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей ДВС.

Общая топливная экономичность и эффективность от использования технологий предлагаемых Кожиным С.А. окупилась за 2 месяца работы техники на при выполнении работ в преддверие и во время уборочной на транспортных работ. Экономия топлива за один сезон подготовительных и уборочных работ составила 14530 рублей на одной единице техники оснащенной устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей.

На данный момент мы заинтересованы в переоснащении воздушными фильтрами сухого типа с кассетным фильтрующим элементом всей оставшейся техники, среди которых один трактор МТЗ-80.1, и 2 комбайна СК-5М «Нива», а так же автомобиль ГАЗ-3309 с дизельным двигателем Д-245.

Механики и механизаторы хозяйства отмечают ответственный и технически грамотный подход Кожина С.А. при обслуживании и подготовке техники к полевому сезону. Поскольку не оставаясь в стороне от производственного процесса Кожин С.А. оказал существенную помощь в обслуживании техники, повысив техническую грамотность механизаторов и механиков.

Весь коллектив КФХ Кочкина Е.В. с будет рад дальнейшим научным изысканиям Кожина С.А. на почве явлений топливной экономичности и энергосбережения.

Директор «КФХ Кочкина Е.В.»

Кочкина Е.В.

Кочкина

главный механик «КФХ Кочкина Е.В.»

Губочкин В.Г.

Губочкин

Доктор технических наук

Шемякин А.В.

Шемякин

Аспирант

Кожин С.А.

Кожин



М.П.

УТВЕРЖДАЮ

Директор «Крестьянского фермерского
хозяйства Семенов А.А.»


Семенов Анатолий Александрович

«10» апреля 2018

АКТ ВНЕДРЕНИЯ.

Мы, нижеподписавшиеся, директор «КФХ Семенов А.А.» Семенов Анатолий Александрович и главный инженер «КФХ Семенов А.А.» Шанин Евгений Анатольевич, со стороны крестьянского фермерского хозяйства «Семенов А.А.», доктор технических наук Шемякин Александр Владимирович, и аспирант Кожин Сергей Александрович, со стороны Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», составили настоящий акт о том, что начиная с лета 2017 года, в КФХ Семенов А.А. успешно внедрена модернизированная впускная система с устройством повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей, и сухим фильтрующим элементом воздуха кассетного типа, на дизельных двигателях Д-240, Д-241, на двух тракторах МТЗ-80.1.

Начиная с весеннего полевого сезона и до окончания осенних полевых работ, техника оснащенная измененной системой фильтрации воздуха эксплуатировалась на уровне с техникой, не оснащенной данным устройством.

В хозяйстве работают 4 трактора три МТЗ-80.1. и один трактор ЮМЗ-6АКЛ. Измененная система питания была предоставлена Кожиным С.А. в рамках ведения научно деятельности на безвозмездной основе, сроком на один сезон. Система состоит из измененного корпуса фильтра воздушного, сухого фильтрующего элемента, и устройства повышения тягово-эксплуатационных, экономических и экологических показателей. Фильтр воздушные являясь сменной деталью при прохождении технического обслуживания размещали внутри разработанное Кожиным С.А. устройство, которое переставлялось в новый воздушный фильтр при прохождении технического обслуживания.

Трактор оснащенный модернизированной системой питания за месяц обеспечил экономию топлива на уровне 12 % в сравнении с трактором не оснащенным предлагаемой технологией.

Финансовая окупаемость оборудования исходя из экономии полученной на технике составила 0,8 уборочного сезона, при установке на технику на коммерческой основе. Топливная экономия топлива за одну уборочную составила 263 литров на единицу техники, что с учетом рыночной цены на дизельное топливо составляет 10 520р.

Дополнительный эффект отмечен в виде улучшения тяговой характеристики, особенно при движении с грузом по дорогам с сильными уклонами и подъемами. Визуально механизаторами отмечено уменьшение черного дыма из выхлопной трубы при работе под нагрузкой.

Разработка Кожина С.А. позволяет заменить морально устаревшие конструкции фильтров воздуха двигателя на современные технологичные фильтрующие установки. Дополнительно при внедрении технологии удалось снизить временные затраты на обслуживание техники.

Все эти факторы подтверждают успешность внедрения разработки Кожина С.А., весеннее-осенний рабочий сезон 2018-2019 года запланировано произвести большее оснащение техники предлагаемым устройством, поскольку имея высокую степень эффективности разработка отмечается чрезвычайно быстрой окупаемостью вложенных затрат. Положительно сказывается на комфорте работы с техникой.

Дополнительно хотелось бы отметить высокую техническую грамотность и ответственность подхода Кожина С.А. в осуществлении технических операций по подготовке техники к сезону и ее переоснащению передовой разработкой.

Директор КФХ

Семенов А.А.

главный инженер «КФХ Семенов А.А.»



«20» апреля 2018

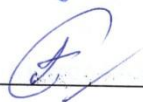
Доктор технических наук

Шемякин А.В.

Аспирант

Кожин С.А.





«00» апреля 2018