Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

КАФЕДРА «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Утверждаю:
Зав. кафедрой
_____ Ю.В. Родионов
(подпись, инициалы, фамилия)

_____ _____ _____
число месяц год

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

Совершенствование системы технического обслуживания автомобилей

Автор ВКР _____ ___Л.А. Никулина_____
подпись *инициалы, фамилия*

Направление подготовки 23.04.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
(наименование)

Группа ЭТМК-21М

Руководитель ВКР _____ _____ В.В. Лянденбурский__
подпись *дата* *инициалы, фамилия*

Пенза, 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Автомобильно-дорожный институт
Кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Согласовано:
Декан АДИ
_____ Ю.В. Родионов
(*подпись, инициалы, фамилия)*

_____ _____ _____
число месяц год

Утверждаю:
Зав. кафедрой
_____ Ю.В. Родионов
(*подпись, инициалы, фамилия)*

_____ _____ _____
число месяц год

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту гр. ЭТМК-

21М_____

Тема ВКР Совершенствование системы технического обслуживания автомобилей

_____

_____

_____

_____

утверждена приказом по ПГУАС № _____от _____ 2016 г.
число месяц год

ВКР представляется к защите июня 2017 года
число месяц год

Научный руководитель ВКР _____ Лянденбурский В.В.
подпись дата инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению Никулина Людмила Алексеевна
(Ф.И.О. студента)

Содержание

Аннотация……...6

Введение……..7

1. Исследовательский раздел…….10

1.1. Анализ существующих систем технического обслуживания и ремонта, методов определения периодичности ТО и методов группировки операций……10

1.1.1. Понятие о системе технического обслуживания и ремонта……...…10

1.1.2. Методы группировки операций ТО и Р……13

1.1.3. Анализ существующих систем ТО и ТР……...…22

1.1.4. Морфологический анализ методов группировки операции технического обслуживания автомобилей……29

1.2. Анализ динамических систем……..…...37

1.2.1. Динамическая система и ее математическая модель……37

1.2.2.Классификация динамических систем……..…41

1.2.3. Предельные множества динамической системы……...44

1.2.4. Автоколебательные системы……45

1.2.5. Фазовые портреты динамических систем……....53

1.2.6. Устойчивость фазовых траекторий……..55

1.3. Описание предлагаемой системы ТО и ТР……....58

1.3.1. Динамичная система……58

1.4. Выводы по исследовательскому разделу……....66

2. Конструкторский раздел……..67

2.1. Програмно-информационный комплекс……....67

2.1.1. Сигнализатор состояния автомобилей……...69

2.1.2. Программа оптимизации ТО и ТР……74

2.2. Эффективность применения динамичной системы……..…76

2.3. Выводы по конструкторскому разделу……91
3. Экономический раздел…….92
3.1. Исходные данные для расчета……92
3.2. Оценка экономической эффективности внедрения динамичной системы ТО и ТР……..…95
Заключение.....98
Список использованной литературы.....100

Аннотация

С целью минимизации трудовых и материальных затрат на проведение технического обслуживания и текущего ремонта предложен универсальный метод группировки операций ТО и ТР со встроенным диагностированием для выявления оптимальной периодичности группы операций, который позволит проводить группировку операций, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии.

Была разработана динамичная система ТО и ТР на основе встроенного диагностирования, при которой осуществляется непрерывный контроль над состоянием автомобиля.

Разработан программно-информационный комплекс, включающий блоки формирования баз данных по результатам диагностирования наличному подвижному составу АТП, справочные сведения об автомобилях, трудоемкости всех операций ТО и ТР, сигнализатор состояния автомобилей и программу оптимизации ТО и ТР.

Составлена схема технологического процесса.

Проведен анализ экономической эффективности элементов целевой функции динамичной системы ТО и ТР. Анализ результатов расчета показывает высокую экономическую эффективность внедрения динамичной системы ТО и ТР даже на небольших предприятиях, что подтверждает небольшим сроком окупаемости проекта.

Введение

Автомобиль является наиболее массовым и удобным видом транспорта, обладающий большой маневренностью, хорошей проходимостью и приспособленностью для работ в различных климатических условиях. Он является эффективным средством для перевозок грузов и пассажиров в основном на относительно небольшие расстояния.

Основными направлениями экономического развития России предусмотрено «…повышать эффективность использования автотранспортных средств, и в первую очередь, за счет широкого применения прицепов и полуприцепов, сокращения непроизводительных простоев…».

В осуществлении указанных задач значительная роль принадлежит производственно-технической службе АТП (автотранспортных предприятий). Задачи службы технической эксплуатации АТП заключаются в постоянном поддержании технической готовности подвижного состава, обеспечение его работоспособности в течение установленных сроков наработки.

Для выполнения указанных задач необходимо использовать средства технической диагностики, максимально совершенствовать технологию ТО, ТР, обеспечение оптимальной периодичности ТО и управление производством; создавать требуемые производственно-бытовые и санитарно-гигиенические условия труда персонала ремонтных баз.

Проведение перечисленных и других технических и организационных мероприятий способствует повышению производительности труда при проведении ТО и ремонтов подвижного состава, обеспечивает сокращение трудовых и материальных затрат.

Простой подвижного состава из-за технических неисправностей вызывает большие потери в народном хозяйстве. Следует также отметить, что из-за несвоевременного и некачественного ТО транспорта понижается эксплуатационный ресурс техники, повышается расход ГСМ и уровень загрязнения воздушной среды отработанными газами.

Любое усовершенствование технических процессов производства идет неразделимо с анализом выбранной системы и тактики, применимой для повышения производственных мощностей.

Рассматривая удобоваримый анализ эволюционных процессов мы для себя выделяем детерминированное описание, базирующееся на понятии динамичной системы (ДС).

ДС можно представлять как некоторый объект, состояние которого изменяется во времени в соответствии с заданным динамическим законом, т. е. как результат действия *детерминированного* оператора эволюции. Таким образом, понятие ДС является следствием определенной математической идеализации, при которой пренебрегают влиянием случайных возмущений, неизбежно присутствующих в любой реальной системе.

Теория ДС является самостоятельной, чисто математической дисциплиной, роль которой в современной теории нелинейных колебаний трудно переоценить. Дело в том, что многие результаты, касающиеся поведения нелинейных систем, сегодня получают на основе численного решения модельных уравнений. Компьютерные расчеты, хотя и достаточно точные, тем не менее содержат неизбежные численные погрешности, так же как результаты натурных экспериментов всегда ограничены ошибками измерений. Значимость численных расчетов существенно возрастает, если они анализируются с использованием строгих теорем и выводов теории динамических систем.

В качестве прибора встроенного диагностирования в нашей системе будет предложена система ВСД, состоящая из БСК с программным модулем адаптера.

Экономический анализ опыта развитых стран, где успешно решен производственный вопрос, убедительно свидетельствует о том, что одним из главных условий динамичного развития АТП является обеспечение пропорциональности и сбалансированности всех его составляющих: сферы производства, средств производства и обслуживания.

Цель данного дипломного проекта – обеспечить рациональную периодичность технического обслуживания систем автомобиля, подверженных встроенному диагностированию.

Объект исследования – автомобили КАМАЗ, используемые для транспортировки грузов.

1. Исследовательский раздел

1.1 Анализ существующих систем технического обслуживания и ремонта, методов определения периодичности ТО и методов группировки операций

1.1.1 Понятие о системе технического обслуживания и ремонта

При работе автомобилей различного типа, конструкции и наработки с начала эксплуатации из-за недостаточной их надежности за срок службы может возникнуть поток отказов и неисправностей 500-700 наименований. Для поддержания высокого уровня работоспособности, дорожной и экологической безопасности необходимо, чтобы большая часть отказов и неисправностей была предупреждена, т.е. работоспособность изделия была восстановлена до наступления неисправности или отказа.

Поэтому поток отказов и неисправностей делится на две группы по применяемым стратегиям обеспечения работоспособности элементов конструкции. I стратегия - поддержание работоспособности — ТО: S = 200 - 300 объектов; II стратегия - восстановление работоспособности - ремонт: k = 300 - 400 объектов.

Определяют оптимальные периодичности профилактических операций l_{OS}. При этом практически каждая операция имеет свою, отличающуюся от других, оптимальную периодичность.

Выполнение набора профилактических операций обеспечивается соответствующей организацией работ с необходимыми трудоемкостью и затратами:

• планирование направления автомобиля на ТО;

• своевременное выделение постов, оборудования и персонала;

• подготовка необходимых материалов и запасных частей;

• рациональное использование водителей во время профилактики или ремонта и др.

Если автомобиль направлять на ТО строго в соответствии с оптимальной периодичностью каждой операции ТО (l_{OS}), то резко возрастет число обслуживании автомобиля.

В течение года число обслуживании

$$N_{\Gamma} = \frac{L_{\Gamma}}{l_{o1}} + \frac{L_{\Gamma}}{l_{o2}} + \ldots + \frac{L_{\Gamma}}{l_{os}} = L_{\Gamma} \sum_{s} \frac{1}{l_{os}}, \qquad (1.1)$$

где L_{Γ} - годовой пробег автомобиля; l_{OS} - оптимальная периодичность ТО.

Например, при s = 100 операций, изменении l_{OS} отдельных операций от 2 до 40 тыс. км и годовом пробеге автомобиля L_{Γ} = 50 тыс. км число обслуживании одного автомобиля за год N_{Γ} = 298. В результате время работы автомобиля на линии сокращается и существенно возрастают организационные затраты по планированию ТО.

Таким образом, при пооперационном выполнении ТО обеспечивается высокая эксплуатационная надежность автомобилей, но их производительность сокращается, а затраты на организацию ТО растут. Для устранения недостатков пооперационного проведения ТО поток требований на ТО упорядочивается системой ТО и ремонта.

Система ТО и Р регулируется комплексом взаимосвязанных положений и норм, определяющих порядок, организацию, содержание и нормативы проведения работ по обеспечению работоспособности парка автомобилей.

К системе ТО и ремонта автомобилей предъявляются следующие основные требования:

1) обеспечение заданных уровней эксплуатационной надежности автомобильного парка при рациональных материальных и трудовых затратах;

2) ресурсосберегающая и природоохранная направленность, обеспечение дорожной безопасности;

3) планово-нормативный характер, позволяющий:

• определять и рассчитывать программу работы и ресурсы, необходимые для обеспечения работоспособности автомобилей;

• планировать и организовывать ТО и ремонт на всех уровнях ИТС;

• нормативно обеспечивать хозяйственные отношения внутри предприятий и между ними;

4) конкретность, доступность и пригодность для руководства и принятия решений всеми звеньями ИТС автомобильного транспорта;

5) стабильность основных принципов и гибкость конкретных нормативов, учитывающие изменение условий эксплуатации, конструкции и надежности автомобилей, а также хозяйственного механизма;

6) учет разнообразия условий эксплуатации автомобилей;

7) объективная оценка и фиксация с помощью нормативов уровней эксплуатационной надежности и реализуемых показателей качества автомобилей, позволяющие сравнивать изделия, предъявлять требования к изготовителям и определять основные направления совершенствования ТЭА и конструкции автомобилей.

Вклад системы ТО и ремонта в эффективность технической эксплуатации автомобилей (см. гл. 1) составляет 25%. К главным факторам самой системы ТО и ремонта (100%) относятся:

• степень выполнения рекомендаций и нормативов - 29%;

• обоснованность нормативов - 26%;

• технология и организация ТО и ремонта - 17%;

• обеспечение рабочих мест и исполнителей рациональной нормативно-технологической документацией -11%;

• адаптация ИТС к изменению конструкции автомобилей, условиям эксплуатации - 9%; • прочие — 8%

1.1.2 Методы группировки операций ТО и Р

Основой системы являются ее структура и нормативы. Структура системы определяется видами (ступенями) соответствующих воздействий и их числом. Нормативы включают конкретные значения периодичности воздействий, трудоемкости, перечни операций и др.

Перечень выполняемых операций, их периодичность и трудоемкость составляют режимы технического обслуживания.

На структуру системы ТО и ремонта влияют уровни надежности и качества автомобилей; цели, которые поставлены перед автомобильным транспортом и ТЭА; условия эксплуатации; имеющиеся ресурсы; организационно-технические ограничения. Укрупненная блок-схема формирования структуры системы ТО и ремонта приведена на рис. 1.1.

Отдельные элементы структуры системы ТО и ремонта эксплуатируемого в настоящее время автомобильного транспорта влияют на затраты по обеспечению работоспособности (без организационно-планировочных затрат) следующим образом: обоснованность перечня профилактических операций и их периодичностей -80-87%; число ступеней (видов) ТО и кратность их периодичиостей - 13—20%. Таким образом, главными факторами, определяющими эффективность системы ТО и ремонта, являются правильно определенные перечни (что делать) и периодичность (когда делать) профилактических операций, затем количество видов ТО и их кратность (как организовать выполнение совокупности профилактических операций).

Сложность при определении структуры системы ТО состоит в том, что ТО включает в себя 8—10 видов работ (смазочные, крепежные, регулировочные, диагностические и др.) и более 200-300 конкретных объектов обслуживания, т.е. агрегатов, механизмов, соединений, деталей, требующих предупредительных воздействий. Каждый узел, механизм, соединение, как отмечалось ранее, может иметь свою оптимальную периодичность ТО. Если следовать этим периодичностям, то автомобиль в целом практически ежедневно необходимо направлять на техническое обслуживание различных соединений, механизмов, агрегатов, что вызовет большие сложности с организацией работ и значительные потери рабочего времени, особенно на подготовительно-заключительных операциях. При этом объектом воздействий будет не автомобиль как транспортное средство, а его составные элементы.

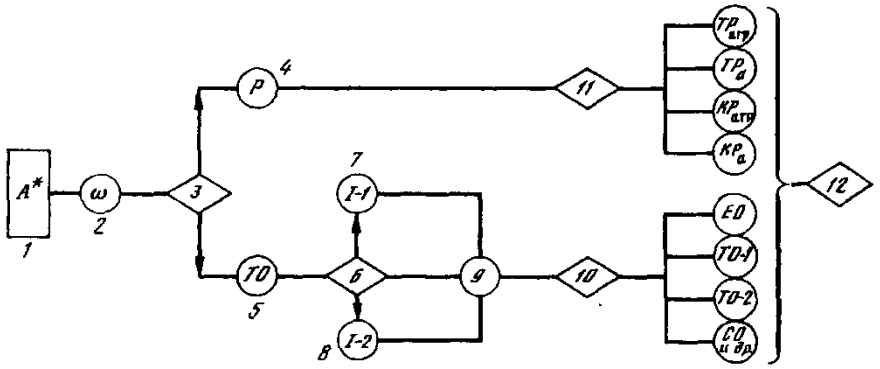

Рис. 1.1 Схема формирования структуры системы ТО и ремонта автомобилей

1 - работающий парк автомобилей; 2 - поток отказов, образующихся при работе автомобилей (500-700 наименований); 3 - разделение потока по видам стратегий обеспечения работоспособности; 4 - стратегия II - восстановление работоспособности - ремонт (k = 300+400); 5 - I - поддержание работоспособности — техническое обслуживание (s = 200+300); 6 — разделение ТО по тактике поддержания работоспособности; 7 – тактика l -1 - профилактика по наработке, 8 -l-2 - по техническому состоянию; 9 - поток профилактических операций со своими

оптимальными периодичностями ls; 10 - группировка операций ТО (виды обслуживания); 11 - группировка операций по видам ремонта; 12 - система ТО и Р: виды ТО и Р (текущий и капитальный ремонт агрегатов и автомобилей), нормативы, организация и технология

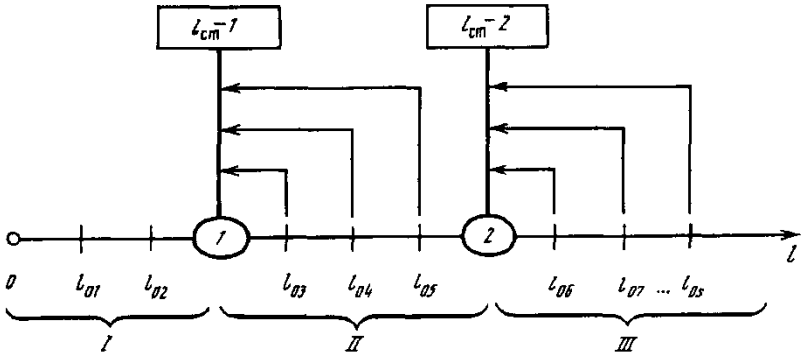

Рис. 1.2 Группировка по стержневым операциям

I — периодичность; стрелками показано совмещение выполнения соответствующей операции со стержневой

Поэтому после выделения из всей совокупности воздействий тех, которые должны выполняться при ТО, и определения оптимальной периодичности каждой операции производят группировку операций по видам ТО. Это дает возможность уменьшить число заездов автомобиля на ТО и время простоев на ТО и в ремонте. Однако надо иметь в виду, что группировка операций неизбежно связана с отклонением периодичности ТО данного вида от оптимальных периодичностей ТО отдельных операций.

При определении периодичности ТО группы операций ("групповой периодичности") применяют следующие методы.

Метод группировки по стержневым операциям ТО и ТР основан на том, что выполнение операций ТО и ТР приурочивается к оптимальной периодичности так называемых стержневых операций, которые обладают следующими признаками:

а) влияют на экологическую и дорожную безопасность автомобиля;

б) влияют на работоспособность, безотказность, экономичность автомобиля;

в) характеризуются большой трудоемкостью, требуют специальных оборудования и конструкции постов;

г) регулярно повторяются.

Примерами подобных стержневых операций или групп операций являются:

1. проверка и регулирование тормозной системы (все признаки);
2. проверка токсичности отработавших газов и соответствующая регулировка систем двигателя (все признаки);
3. смена масла в картере двигателя (признаки в, г).

Таким образом, по этому методу периодичность ТО стержневой операции lст принимается за периодичность вида ТО или группы операций, например (lТО)1 = lст (рис. 1.2).

Из рис. 1.2, следует, что анализируемые по данному методу профилактические операции могут быть сведены в три группы:

1. I: l0i<(lст-1) выполняются ежедневно (ЕО) или по потребности (при ТР), т.е исключаются из состава профилактических;
2. ll: (lст-1)≤ l0i<(lст-2) операции 3, 4, 5 выполняются одновременно с первой стержневой с периодичностью операции lст-1;
3. III: l0i≥(lст-2) выполняются одновременно со второй стержневой операцией или выводятся из состава профилактических (переводятся в текущий или предупредительный ремонт).

Операции, оптимальная периодичность которых l0i больше периодичности стержневой операции, выполняются с коэффициентом повторяемости

$$K_i = l_{ст} / l_{oi} = (l_{ТО})_1 / l_{oi}, \text{ где } 0 < K \leqslant 1. \quad (1.2)$$

Такие операции, как отмечалось, состоят из двух частей - контрольной (диагностической) и исполнительской. Причем контрольная часть производится каждый раз при направлении автомобиля на данный вид обслуживания, а исполнительская — по потребности в зависимости от его фактического технического состояния. В действующей системе ТО более 65-70% всех операций выполняются с коэффициентом повторяемости, зависящим от результатов контроля в пределах установленной периодичности.

При **технико-экономическом методе** определяют такую групповую периодичность l0г, которая соответствует минимальным суммарным затратам C∑∑ на ТО и ремонт автомобиля по всем рассматриваемым объектам (рис. 1.3):

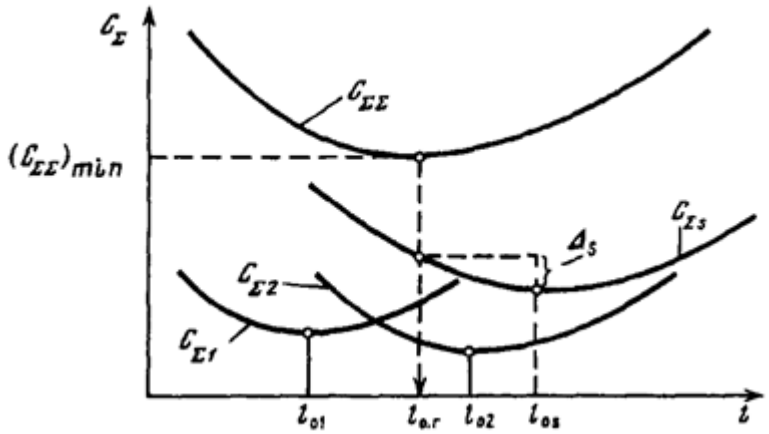

Рис. 1.3 Определение групповой периодичности ТО технико экономическим методом

Т.е. оптимальная периодичность l = l0г при C∑∑ = Cmin, где Cls • Clls - удельные затраты на ТО и ремонт i-го объекта; s - число операций в группе (виде ТО). На рис. 1.3 Δs - это увеличение удельных затрат s-операции при ее выполнении в результате группировки, с групповой l0г, а не со свойственной ей оптимальной периодичностью l0s.

Если в группу входит операция, периодичность которой ограничена в рассматриваемых пределах условиями безопасности, экологии или техническими критериями, то выбранная групповая периодичность должна удовлетворять требованиям l0i≥l0г; где I - номер операции с периодичностью, ограниченной требованиями безопасности движения или другими техническими критериями (например, прекращение функционирования механизма при l0i<l0г).

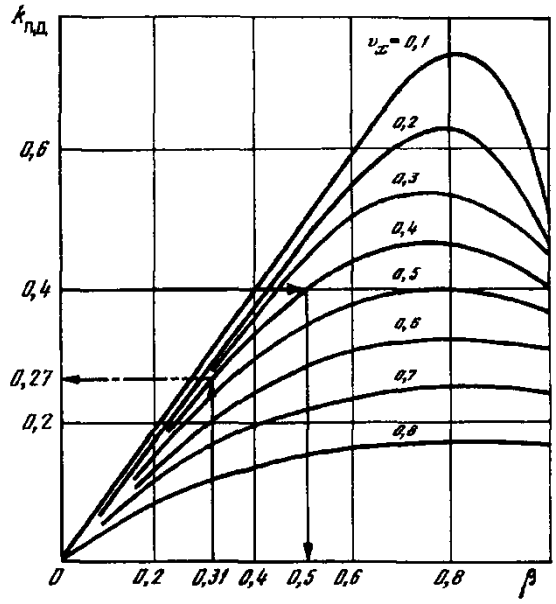

Рис. 1.4 Оценка рациональности профилактических воздействий при заданной периодичности

Используя **экономико-вероятностный метод**, можно определить целесообразность выполнения данной операции к не с оптимальной для нее, а с заданной» периодичностью стержневой операции Воспользовавшись картой профилактической операции определяют зону наработок, в которой удельные затраты при предупредительно» стратегии остаются ниже, чем при устранении возникшего отказа. Если в это» зоне находится периодичность стержне вой операции, то изменение периодичности для данной операции допустимо.

На рис. 1.4 приведены графики, позволяющие определить предельно допустимое значение коэффициента относительных затрат на ТО и ремонт ^„.д> превышение которого при изменении периодичности нецелесообразно по экономическому критерию.

Например, объект имеет показатели: <:п = ^с = 0-4, х = 15,5 тыс. км, г^ = 0,4 и оптимальную периодичность 1у = 12 тыс. км. Определим целесообразность выполнения этой операции не с оптимальной для нее периодичностью /о = 12 тыс. км, а с периодичностью /то = 5,5 тыс. км. При выполнении операции с заданной периодичностью коэффициент периодичности р = /то/^ = 5,5/15,5 = 0,31. Для этого значения р и коэффициента вариации 1^ = 0,4 предельное значение коэффициента *п.д = 0,27 при фактическом значении Ад = 0.4. Так как &п > ^пд' то п0 экономическому критерию проведение данной операции по профилактической стратегии с периодичностью 5,5 тыс. км нерационально. Нижняя граница периодичности ТО, при которой данную операцию еще целесообразно проводить профилактически, составляет /то = РЛ = 0,5 • 15,5 " 7,8 тыс. км. Таким образом определяется интервал периодичностей, внутри которого выполнение конкретной операции с групповой периодичностью по предупредительной стратегии целесообразно. Для рассматриваемого примера этот интервал составляет 7,8-12 тыс. км.

Если ряд объектов обслуживания имеет весьма близкие рациональные периодичности, то используется **метод естественной группировки.** Например, при обслуживании несамоконтрящихся крепежных соединений современных грузовых автомобилей обнаруживаются два пика необходимости возобновления их затяжки в интервалах 4-7 и 15-20 тыс. км. Достаточно близкую периодичность регулирования имеют тормозные и клапанные механизмы, углы установки колес.

Метод статистических испытаний основан на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность исключить влияние побочных факторов, резко сократить стоимость экспериментов и ускорить испытания.

Моделирование можно проводить вручную или на ЭВМ. Исходными данными для моделирования служат как фактические данные наблюдений, так и законы распределения случайных величин.

При **динамичном методе группировка** производится автоматически с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем, или компьютеризированной системой, снимающей информацию с выходного разъема автомобиля.

Все методы представлены в таблице 1.1.

Таким образом, применяя соответствующие методы ТО, производят группировку операций по видам ТО. Ранее отмечалось, что увеличение числа ступеней (видов ТО) теоретически благоприятно сказывается на надежности и суммарных затратах на обеспечение работоспособности отдельных объектов, но одновременно увеличиваются затраты, связанные с организацией производственного процесса (подготовительно-заключительное время, планирование постановки на ТО и др.) ТО и ремонта автомобиля.

Однако у каждого из представленных выше методов группировки есть и недостатки. Поэтому, проведя анализ данных методов, был сформирован и получен перспективный метод – **универсальный метод группировки операций ТО и ТР со встроенным диагностированием** для выявления оптимальной периодичности группы операций с учетом минимизации удельных суммарных затрат и выявления оптимальной периодичности не превышающей предельно допустимого значения. Предлагаемый метод позволит оперативно проводить группировку операций, по результатам

которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии.

Таблица 1.1

Методы группировки операций ТО и ТР

Методы / Методы	По стержневым операциям 1	Естественный 2	Технико-экономический 3	Экономико-вероятностный 4	Статистических испытаний 5	Динамичный 6
По стержневым операциям1	По стержневым операциям	Естественно-стержневой	Минимизация по стержневым операциям	Стержневой экономико-вероятностный	Моделирование по стержневым операциям	Динамичный по стержневым операциям
Естестве-нный - 2	Естественно-стержневой	Естественный	Экономико-естественный	Вероятностно-экономикий	Естественно-статистический	Естественно-динамичный
Технико-экономиче-ский - 3	Минимизация по стержневым операциям	Экономико-естественный	Технико-экономический	Вероятностно-экономический	Экономико-статистический	Экономико-Динамичый
Экономико-Вероятно-стный - 4	Стержневой экономико-вероятностный	Естественный экономико-Вероятно-стный	Вероятностно-экономический	Экономико-вероятностный	Статистико-вероятностный	Вероятностно-Динамичный
Статистиче-ских испытаний 5	Моделирование по стержневым операциям	Естественно-статистиче-ский	Экономико-статистический	Статистико-вероятностный	Статистических испытаний	Статистико-динамичый
Динамичный 6	Динамичный по стержневым операциям	Естественно-динамичный	Экономико-динамичный	Вероятностно-динамичный	Статистико-динамичный	Динамичный

1.1.3 Анализ существующих систем ТО и ТР

В Российской Федерации, как и в большинстве стран мира, принята **планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта** автомобилей, строительных и дорожных машин. Основные положения сформулированы и закреплены в «Положении о ТО и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта».

Сущность планово-предупредительной системы является принудительная по плану постановка автомобилей и машин, прошедших нормативный пробег, в соответствующий вид технического обслуживания в целях предупреждения повышенной интенсивности изнашивания и восстановления утраченной работоспособности узлов, агрегатов и систем.

1. Положением предусматривается:
2. Ежедневное обслуживание – ЕО;
3. Техническое обслуживание №1- ТО-1;
4. Техническое обслуживание№2 – ТО-2;
5. Сезонное обслуживание – СО;
6. Текущий ремонт – ТР;
7. Капитальный ремонт – КР;

Эти виды обслуживания отличаются друг от друга перечнем и трудоемкостью выполняемых операций и естественно периодичностью.

Задачей ежедневного обслуживания является: общий контроль, направленный на обеспечение безопасности движения; поддержание надлежащего внешнего вида автомобиля; заправка его топливом, маслом и охлаждающей жидкостью, а для некоторых видов подвижного состава - санитарная обработка кузова. ЕО выполняется после работы подвижного состава и перед выездом на линию.

Задачей ТО-1 и ТО-2 является снижение интенсивности изменения параметров технического состояния механизмов и агрегатов автомобиля,

выявление и предупреждение неисправностей и отказов, обеспечение экономичности работы, безопасности движения, защиты окружающей среды путем своевременного выполнения контрольных, смазочных, крепежных, регулировочных и других работ.

ТО должно обеспечивать безотказную работу агрегатов, узлов и систем автомобиля в пределах установленных периодичностей по тем воздействиям, которые включены в перечень операций.

Задачей сезонного обслуживания, проводимого два раза в год, является подготовка подвижного состава к эксплуатации при изменении сезона (времени года). В качестве отдельно планируемого вида технического обслуживания СО проводится для подвижного состава, эксплуатируемого в очень холодном, холодном, жарком и сухом и очень жарком сухом климатических районах.

Нормативы трудоемкости СО составляют от трудоемкости ТО-2: 50% для очень холодного и очень жаркого и сухого климатических районов; 30% для холодного и жаркого сухого районов; 20% для прочих районов. В остальных условиях СО совмещается с очередными ТО-2 с увеличением трудоемкости на 20%.

В действующей системе ТО и ремонта для технического обслуживания рекомендуется устанавливать расчетные периодичность, трудоемкость и простои.

Техническое обслуживание выполняется на самих автотранспортных предприятиях (комплексное АТП) или на специализированных автосервисных и ремонтных предприятиях: станциях технического обслуживания, ремонтных мастерских, базах централизованного технического обслуживания.

Ремонт в соответствии с характером и назначением работ подразделяется на капитальный и текущий.

Капитальный ремонт предназначен для регламентированного восстановления потерявших работоспособность автомобилей и агрегатов, обеспечения их ресурса до следующего капитального ремонта или списания не менее 80% от норм для новых автомобилей и агрегатов.

Капитальный ремонт агрегата предусматривает его полную разборку, дефектацию, восстановление или замену деталей с последующей сборкой, регулировкой и испытанием. Агрегат направляется в капитальный ремонт в случаях, когда базовая и основные детали нуждаются в ремонте, требующем полной разборки агрегата, а также когда работоспособность агрегата не может быть восстановлена путем проведения текущего ремонта.

Основные детали обеспечивают выполнение функциональных свойств агрегатов и определяют их эксплуатационную надежность. Поэтому восстановление основных деталей при капитальном ремонте должно обеспечивать уровень качества, близкий или равный качеству новых изделий.

К базовым или корпусным деталям относятся детали, составляющие основу агрегата и обеспечивающие правильное размещение, взаимное расположение и функционирование всех остальных деталей и агрегата в целом. Работоспособность и ремонтопригодность базовых деталей, как правило, определяют полный срок службы агрегата и условия его списания.

При капитальном ремонте должно обеспечиваться также восстановление до уровня новых изделий или близкого к нему: зазоров и натягов, взаимного расположения деталей (осей, плоскостей и т.п.), микро- и макрогеометрии рабочих поверхностей, структуры и твердости металла, форм и внешнего вида составных частей изделия. Капитальный ремонт производится преимущественно на специализированных авторемонтных предприятиях, обслуживающих АТП и других владельцев

автотранспортных средств. Направление подвижного состава и агрегатов на капитальный ремонт производится на основании результатов анализа их технического состояния с применением средств диагностики и учетом пробега, а также затрат на ТО и ремонт.

Для капитального ремонта регламентируются ресурс агрегата и автомобиля до первого и последующих капитальных ремонтов и продолжительность ремонта (в днях).

Текущий ремонт предназначен для устранения возникших отказов и неисправностей, а также для обеспечения нормативов ресурсов автомобилей и агрегатов до капитального ремонта. Характерными работами ТР являются: разборочные, сборочные, слесарные, сварочные, дефектовочные, окрасочные, замена деталей и агрегатов. При ТР агрегата допускается замена деталей, достигших предельного состояния, кроме базовых. У автомобиля при ТР могут заменяться отдельные детали, механизмы, агрегаты, требующие текущего или капитального ремонта.

ТР должен обеспечить безотказную работу отремонтированных агрегатов и узлов на пробеге не меньшем, чем до очередного ТО-2. Для ТР могут регламентироваться удельная трудоемкость, т.е. трудоемкость, отнесенная к пробегу автомобиля (чел.-ч/1000 км), а также суммарные удельные простои в ТР и на ТО (смен/1000 км). Кроме того, специальными нормативами на хозяйственном уровне могут регламентироваться затраты на ТО (на вид или удельные, руб./1000 км) с поэлементной разбивкой, например на оплату труда рабочих, на запасные части и материалы.

Текущий ремонт может выполняться на АТП и специализированных сервисных и ремонтных предприятиях.

Основным плюсом данной системы является возможность предупреждение отказов до момента их наступления.

Однако существует проблема, сущность которой состоит в том, что из-за высокой вариации ресурсов агрегатов и механизмов автомобилей

(для системы питания дизелей, например, коэффициент вариации ресурса составляет 0,25…0,776) их индивидуальные свойства при планово-предупредительной системе реализуются далеко не полностью. В результате этого имеют место значительные потери трудовых и материальных ресурсов вследствие пропуска отказов, преждевременной профилактики и низкого уровня организации производства, из-за недостаточной индивидуальной информации о состоянии каждого автомобиля. Так, объем заявочного (текущего) ремонта автомобилей, заключающийся, как правило, в устранении отказов из-за несвоевременного обнаружения неисправностей, составляет более 50% от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание автомобилей.

Выше был приведен пример классической планово-предупредительной системы ТО и Р без диагностирования. Также существует **вариация данной системы с диагностированием.**

Как и следует из названия, помимо перечисленных выше основных видов ТО и ремонта в данную систему входят и диагностические работы. Процесс диагностирования является технологическим элементом ТО и ремонта автомобиля (контрольных операций) и дает информацию о его техническом состоянии при выполнении соответствующих работ. В зависимости от назначения, периодичности, перечня и места выполнения диагностические работы подразделяются на два вида: общее (Д-1) и поэлементное углубленное (Д-2) диагностирование.

К преимуществам такой системы можно отнести возможность выявить и предупредить даже малейшие неисправности рабочего состояния машины. При внедрении диагностирования наблюдается снижение затрат на ТР на 8…12%, сокращение расхода запасных частей на 9…12% и расхода топлива на 2…5%. Помимо снижения

затрат на ТО и Р, существенно улучшает эффективные показатели автомобиля, такие как мощность, расход топлива, токсичность ОГ.

Однако чтобы правильно и быстро поставить диагноз при проверке сложного объекта с помощью отдельных средств диагностирования, необходимо располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным опытом. Кроме того, использование стационарных и переносных диагностических средств, как правило, связано с операциями подключения, настройки и снятия датчиков и коммутационной арматуры, что приводит к значительным трудозатратам на вспомогательные работы. Они составляют до 80...85% времени полного цикла диагностирования.

Существует так называемая система Восстановление работоспособности по потребности. Сущность данной системы заключается в ожидании отказа и последующем его устранении, т.е. ремонте. Преимуществом данной системы является отсутствие материальных и трудовых затрат на организацию и проведение профилактических мероприятий. Но при постановке автомобиля на ремонт, возникнут материальные потери от его простоя. Кроме того затраты на ремонт вышедшего из строя узла или агрегата могут многократно превысить расходы на планово-предупредительные операции.

Все рассмотренные выше системы представлены в таблице 1.2.

№	Название системы	Преимущества	Недостатки
1	Восстановление работоспособности по потребности	- отсутствие материальных и трудовых затрат на организацию и проведение профилактических мероприятий;	- увеличенный простой автомобиля в ремонте; - затраты на ремонт вышедшего из строя узла или агрегата могут многократно превысить расходы на планово-предупредительные операции;
2	Планово-предупредительная без диагностирования	- возможность предупреждение отказов до момента их наступления; - малое время простоя автомобиля в ремонте, что позволяет увеличить коэффициент технической готовности	- потери трудовых и материальных ресурсов вследствие пропуска отказов, из-за недостаточной индивидуальной информации о состоянии каждого автомобиля; - объем текущего ремонта автомобилей составляет более 50% от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание автомобилей; - неполное использованию ресурса отдельных агрегатов, систем и деталей автомобилей
3	Планово-предупредительная с диагностированием	- возможность выявить и предупредить даже малейшие неисправности рабочего состояния машины; - снижение затрат на ТР на 8…12%; сокращение расхода запасных частей на 9…12% и	- необходимо располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным

	расхода топлива на 2…5%;	опытом;
	- улучшаются эффективные показатели автомобиля, такие как мощность, расход топлива, токсичность ОГ;	- значительным трудозатратам на вспомогательные работы (подключение, настройка и снятия датчиков и коммутационной арматуры);

Таблица 1.2. Анализ существующих систем ТО и ТР

1.1.4 Морфологический анализ методов группировки операций технического обслуживания автомобилей

Основой системы технического обслуживания автомобилей являются ее структура и нормативы. Структура системы определяется видами (ступенями) соответствующих воздействий и их числом. Нормативы включают конкретные значения периодичности воздействий, трудоемкости, перечни операций и др. Перечень выполняемых операций, их периодичность и трудоемкость составляют режимы технического обслуживания.

На структуру системы технического обслуживания (ТО) и ремонта влияют уровни надежности и качества автомобилей; цели, которые поставлены перед автомобильным транспортом и технической эксплуатации автомобилей; условия эксплуатации; имеющиеся ресурсы; организационно-технические ограничения.

Главными факторами, определяющими эффективность системы ТО и ремонта, являются правильно определенные перечни (что делать) и периодичность (когда делать) профилактических операций, а также количество видов ТО и их кратность (как организовать выполнение совокупности профилактических операций).

Сложность при определении структуры системы ТО состоит в том, что ТО включает в себя 8—10 видов работ (смазочные, крепежные, регулировочные, диагностические и др.) и более 200-300 конкретных

объектов обслуживания, т.е. агрегатов, механизмов, соединений, деталей, требующих предупредительных воздействий. Каждый узел, механизм, соединение, как отмечалось ранее, может иметь свою оптимальную периодичность ТО [1]. Если следовать этим периодичностям, то автомобиль в целом практически ежедневно необходимо направлять на техническое обслуживание различных соединений, механизмов, агрегатов, что вызовет большие сложности с организацией работ и значительные потери рабочего времени, особенно на подготовительно-заключительных операциях.

Поэтому после выделения из всей совокупности воздействий тех, которые должны выполняться при ТО, и определения оптимальной периодичности каждой операции, производят группировку операций по видам ТО. Это дает возможность уменьшить число заездов автомобиля на ТО и время простоев на ТО и в ремонте. Однако надо иметь в виду, что группировка операций неизбежно связана с отклонением периодичности ТО данного вид от оптимальных периодичностей ТО отдельных операций. Полученные оптимальные периодичности по каждому элементу конструкции автомобиля имеют различные значения, поэтому для упрощения организации ТО они группируются в отдельные ступени [2, 5]. Существует шесть методов группировки операций:

- по стержневым операциям;
- естественный;
- технико-экономический;
- экономико-вероятностный;
- статистических испытаний;
- динамичный.

Анализ методов группировки операций ТО показывает, что при объединении методов (табл.1) и последовательном взаимодействии на

объект обслуживания происходит увеличение вероятности проведения операций с более близкими периодичностями к оптимальным.

1. Метод группировки **по стержневым операциям** основан на объединении их вокруг стержневой операции[1].

Признаки стержневых операций:

- влияние на безопасность движения автомобиля невыполнение их снижает безотказность, экономичность и влияет на работоспособность автомобиля;
- большая трудоемкость, необходимость в специальном оборудовании и обустройстве поста;
- регулярное повторение;
- смазка деталей и узлов, регулировка тормозной системы, замена моторного масла и т.п.

Примерами стержневых операций являются регулировка тормозной системы, смена масла в двигателе и т.п.

Периодичность вида ТО принимается равной периодичности стержневой операции.

В данный вид ТО входят операции, которые имеют периодичность больше периодичности стержневой операции, но меньше периодичности следующего вида ТО.

Операции, оптимальная периодичность которых больше периодичности стержневой операции, выполняются с коэффициентом повторяемости

$$K_i = \frac{l_{cm}}{l_{oi}} \qquad 0 \le k \le 1 \quad ,$$

где k - коэффициентом повторяемости операций,

$l_{ст}$, l_{oi} – периодичности стержневой и i-й операции.

Эти операции состоят из двух частей – контрольной и исполнительской, контрольная часть производится каждый раз, исполнительская – по потребности. Таким образом выполняется более 65-70% всех операций.

2-2. **Естественная группировка** применяется тогда когда объекты обслуживания близкие оптимальные периодичности, например потребность в крепежных работах возникает через 3-5 тыс км и 10-15 тыс км, регулировка тормозов через 10-15 тыс км, и т.п.

3-3. **Технико-экономический метод**

Данный метод предусматривает, что групповая периодичность соответствует минимальным затратам на ТО и ремонт автомобиля.

Если в группу входит операция, периодичность которой ограничена условиями безопасности движения, то групповая периодичность должна быть меньше или равна периодичности этой операции.

$$C_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^{S} C\text{то}, \text{i} + \sum_{i=1}^{S} Cp, \text{i}$$

где s - число операций в группе.

Cто,i и Cp,i – удельные затраты на ТО и ремонт i-й операции.

Периодичность группы операций принимается равной оптимальной периодичности стержневой операции.

4-4. **Экономико-вероятностный метод** позволяет определить целесообразность выполнения рассматриваемой операции с не оптимальной периодичностью, а с заданной периодичностью стержневой операции.

Если затраты на выполнение ТО по предупредительной стратегии ниже затрат на устранение отказов по нулевой стратегии, то применение такой периодичности возможно.

5-5. **Метод статистических испытаний** основан на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность исключить влияние побочных факторов, резко сократить стоимость экспериментов и ускорить испытания.

Моделирование можно проводить вручную или на ЭВМ. Исходными данными для моделирования служат как фактические данные наблюдений, так и законы распределения случайных величин.

6-6. В **динамичном методе** группировка производится автоматически с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем, или компьютеризированной системой, снимающей информацию с выходного разъема автомобиля.

1-2, 2-1. Новый метод будет основываться на выполнении операций ТО приуроченной к оптимальной периодичности стержневых операций и естественной группировки объектов обслуживания близких по рациональной периодичности обслуживания. Используя опытно-статистические данные выполнения стержневых операций, мы выявляем наиболее необходимые операции технического обслуживания, периодичность которых совпадает с периодичностью проведения стержневых операций, группируем их методом естественной группировки и закрепляем каждую группу операций за одной из стержневых операций. Таким образом, мы, например, можем выявить периодичность наиболее близких по обслуживанию операций, затем оценить, к какой из стержневых операций она более близка по времени и объединить их в один комплексный осмотр.

1-3, 3-1. При данном методе мы группируем стержневые операции таким образом, чтобы групповая периодичность соответствовала минимальным суммарным затратам на ТО и ремонт автомобиля по всем рассматриваемым объектам. Таким образом, каждая стержневая операция должна проходить в такой периодичности, в которой затраты на её проведение наиболее минимальны.

1-4, 4-1. В данном методе мы будем основываться на карте профилактических операций, по ней мы выявляем зону наработок, в которой удельные затраты при предупредительной стратегии остаются

ниже, чем при устранении возникшего отказа. Таким образом, выявив те операции, которые проще предупредить, а не устранить, мы группируем их со стержневыми и проводим их с периодичностью стержневых операций. Если операция из группы предупредительной стратегии попадает не на каждую стержневую операцию, то допустим пропуск выполнения операции, либо проведения её со следующей стержневой операцией другого признака. Метод позволяет определить целесообразность выполнения рассматриваемой операции с не оптимальной периодичностью, а с заданной периодичностью стержневой операции.

1-5, 5-1. Этот метод основывается на статистических оценках случайных величин и решении прикладных задач с помощью ЭВМ. На ЭВМ с помощью теоретико-числовых алгоритмов получают «псевдослучайные» числа и проверяют их статистическими тестами. В нашем случае из искомых операций выбираются «псевдослучайные» и закрепляются за стержневыми операциями.

1-6, 6-1. При данном методе группировка производится автоматически с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем [3, 4].

2-3, 3-2. Метод предполагает естественную группировку таким образом, чтобы она соответствовала минимальным суммарным затратам. Применяется тогда когда объекты обслуживания близкие оптимальные периодичности и соответствуют минимальным затратам на ТО и ремонт автомобиля.

2-4, 4-2. В данном методе мы сначала выделяем операции, в которых удельные затраты при предупредительной стратегии остаются ниже, чем при устранении возникшего отказа, а затем группируем близкие по периодичности операции. Создаем одну общую группу с операциями близкими по периодичности и соответствующим минимальным затратам. Целесообразность выполнения рассматриваемой операции с не

оптимальной периодичностью, а с заданной периодичностью стержневой операции

2-5, 5-2. Из искомых операций на ЭВМ выбираем случайные и группируем их случайным образом. Метод основан на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность исключить влияние побочных факторов, резко сократить стоимость экспериментов и ускорить испытания.

2-6, 6-2. Метод применяется, когда объекты обслуживания близкие к оптимальным периодичностям при этом используются элементы прогнозирования в блоке управления автомобилем [6].

3-4, 4-3. Метод предусматривает, что групповая периодичность соответствует минимальным затратам на ТО и ремонт автомобиля с заданной периодичностью стержневой операции. Используем стратегию устранения неисправностей изделия по мере их возникновения, т.е. по потребности и сводим периодичность технического обслуживания к минимальным затратам.

3-5, 5-3. Метод испытаний основан на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность исключить влияние побочных факторов, резко сократить стоимость экспериментов и ускорить испытания и уменьшить затраты на ТО и ремонт автомобиля. Из искомых операций на ЭВМ выбираем случайные и группируем их в соответствии с минимальными затратами.

3-6, 6-3. Группировка производится автоматически с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем, или компьютеризированной системой, снимающей информацию с выходного разъема автомобиля и групповая периодичность соответствует минимальным затратам на ТО и ремонт автомобиля.

4-5, 5-4. В данном методе из искомых операций на ЭВМ выбираем случайные и устраняем неисправности по мере их возникновения. Метод

основан на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО с заданной периодичностью стержневой операции.

4-6, 6-4. Метод позволяет определить целесообразность выполнения рассматриваемой операции с не оптимальной периодичностью, а с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем, или компьютеризированной системой, снимающей информацию с выходного разъема автомобиля

5-6, 6-5. Метод с использованием элементов прогнозирования в блоке управления автомобилем, или компьютеризированной системой основанной на моделировании (имитации) реальных случайных процессов ТО.

Исходя из анализа методов группировки операции ТО установлено, что предупреждение отказов более выгодно, чем ожидание отказа и последующий ремонт. Для современного автомобиля наиболее целесообразна система с двумя-тремя видами ТО, так как при такой структуре системы удельные затраты на ТО и ремонт с учетом организационных минимальны. Для предприятий с недостаточно организованным ТО (невыполнение перечня, несоблюдение периодичностей) в качестве первого этапа исправления ситуации может быть рекомендована одноступенчатая система ТО (единое ТО) с последующим переходом к многоступенчатой системе. Применение ПЭВМ при учете и планировании, подготовки производства позволяет по экономическим критериям увеличить число видов ТО автомобиля, т.е. приблизиться к оптимальным периодичностям ТО отдельных операций. В перспективе возможна реализация индивидуальной группировки ТО для конкретных автомобилей или их групп, работающих в сходных условиях эксплуатации.

Основой такого индивидуального варианта системы будет служить: повышение надежности автомобилей и соответствующее увеличение

периодичностей ТО; контроль за возрастной структурой парка; совершенствование системы учета и анализа надежности, затрат, доходов и расходов автомобилей; встроенная система учета работы и диагностирования технического состояния автомобиля.

1.2 Анализ динамичных систем.

1.2.1 Динамическая система и ее математическая модель

Под динамической системой (ДС) в широком смысле понимают любой объект, эволюционирующий во времени или во времени и пространстве по некоторому детерминированному закону. Все, что движется, развивается, совершенствуется или деградирует закономерным образом может пониматься как ДС. Задачей естествознания является решение проблемы количественного предсказания эволюции системы во времени и пространстве, что представляет собой безусловно математическую задачу. Эта задача формулируется и решается в рамках теории ДС.

В теории ДС под динамической системой понимается математическая модель исследуемой физической ДС. Математическая модель считается заданной, если определено понятие состояния системы в виде набора координат (или функций) состояния и введен оператор эволюции, позволяющий однозначно устанавливать соответствие между начальным состоянием и состоянием в любой последующий момент времени. Оператор эволюции в общем случае может быть задан с помощью дифференциальных, интегральных или интегро-дифференциальных уравнений, дискретных отображений, а также в форме матриц, графов и т. д.

Классификация динамических систем

Классификация ДС основана на способе задания мгновенного состояния, на свойствах оператора эволюции и методах его описания. Состояние системы определяется набором некоторых величин $x_j, j = 1, 2, \ldots, N$, или функций $x_j(\mathbf{r}), \mathbf{r} \in \mathbf{R}^M$. Величины x_j, называемые *динамическими переменными*, непосредственно связаны с наблюдаемыми количественными характеристиками ДС и в реальных системах могут быть измерены (ток, напряжение, скорость, температура, концентрация вещества, численность популяции, и т. д.). Множество всех теоретически возможных состояний системы называется ее *фазовым пространством*. Если x являются переменными, а не функциями, и их число конечно, то фазовое пространство системы представляет собой арифметическое пространство $\mathbf{R}^N$ конечной размерности N. Системы с конечномерным фазовым пространством называются также системами с *сосредоточенными параметрами*. Действительно, если не надо учитывать распределение параметров системы (массы, температуры, сопротивления, емкости и т. д.) в пространстве и их зависимость от пространственных координат, то состояние системы может быть задано конечным числом переменных. Такие системы описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями или отображениями последования конечной размерности.

Однако, имеется широкий класс систем с бесконечномерным фазовым пространством. Если состояние системы задается функциями

($x\ j\ r\ 1,\ r\ 2,\ ..$) некоторых переменны $rk\ k = 1, 2, . . . , M$, то фазовое пространство является функциональным пространством и его размерность бесконечна.

Как правило, переменные представляют собой пространственные координаты. К такому представлению мы приходим, если параметры системы непрерывным образом распределены в пространстве с некоторой плотностью и зависят от пространственных координат. Такие системы называются системами с *распределенными параметрами* или просто *распределенными* системами. Они описываются дифференциальными уравнениями в частных производных или интегральными уравнениями. Еще один пример системы с бесконечномерным фазовым пространством — система, оператор эволюции которой включает задержку во времени T . В этом случае мгновенное состояние системы определяется набором функций $x\ (\ t), t\in [0, T$ d

Можно классифицировать ДС в зависимости от свойств оператора эволюции. Если оператор эволюции удовлетворяет принципу суперпозиции, то соответствующая система является *линейной*, в противном случае система *нелинейна*. Если состояние системы и оператор эволюции определены в любой момент времени, то говорят о системе с *непрерывным временем*. Если состояние системы определено только в отдельные (дискретные) моменты времени, мы имеем систему с *дискретным временем* (*отображение последования* или *каскад*). Для каскадов оператор эволюции обычно определяется с помощью *функции последования* или *отображения последования*. Если оператор эволюции не зависит от момента времени явным образом, то соответствующая система *автономна*, т. е. не подвержена действию каких-либо аддитивных или мультипликативных внешних сил; в противном случае мы имеем дело с *неавтономный* системой. Среди всех ДС особое место занимают системы,

в которых происходят незатухающие колебания, т. е. полностью или частично повторяющиеся процессы. Колебательные системы, как и в общем ДС, подразделяются на *линейные* и *нелинейные, сосредоточенные* и *распределенные*.

Все динамические системы можно разделить на два больших класса: *консервативные системы* и *неконсервативные системы*. В *консервативной системе* нет ни потерь, ни поступления энергии. В результате исходный запас энергии остается постоянным и система совершает незатухающие колебания. В консервативной системе фазовый объем сохраняется (в среднем по времени) под действием оператора эволюции. Если имеются потери или подкачка энергии, то система называется *неконсервативной*. Потери означают диссипацию (рассеяние) энергии, поэтому система, в которой есть потери называется *диссипативной* (даже если потери компенсируются за счет подкачки). Диссипация энергии эквивалентна сжатию фазового объема под действием оператора эволюции.

В случае, когда потери больше, чем подкачка, энергия со временем убывает и система, если на нее не действует внешняя сила, приходит в состояние равновесия. Колебания в ней затухают. Если подкачка энергии превосходит потери, то энергия неограниченно растет, соответственно растет и амплитуда колебаний. Очевидно, что в реальных системах такое поведение может наблюдаться только на ограниченном интервале времени. В диссипативной системе, также как в консервативной, могут существовать незатухающие колебания. Для этого необходимо, чтобы подкачка энергии компенсировала потери. Эти колебания называются *автоколебаниями* и по своему характеру они сильно отличаются от колебаний в консервативных системах. Фазовый объем сжимается,

стремясь к нулю, и в случае, когда в системе существуют автоколебания и в случае, когда подкачка энергии превосходит потери и амплитуда колебаний растет. Свойство сжатия или сохранения объема легко установить количественно применительно к конкретной математической модели.

1.2.2. Предельные множества динамической системы

Все траектории в фозовом пространстве дисипативной системы можно разделить на траектории, соответствующие переходным процессам (процессам релаксации системы к некоторым установившимся режимам) и траектории, принадлежащие инвариантным предельным множествам. Такие траектории соответствуют стационарным, неизменным во времени движениям. Мы уже говорили о предельном цикле и предельном тороидальном множестве. Дадим общее определение предельных множеств ДС. Точка $p \in \mathbf{X}$ называется *ω-предельной точкой* траектории $\mathbf{x}(t)$, $t \geq t\,0$, если существует последовательность $tk \to \infty$ при $k \to \infty$, такая, что последовательность состояний $\mathbf{x}(t)$ сходится к точке p. Аналогично, точка $q \in \mathbf{X}$ называется *α-предельной точкой* траектории $\mathbf{x}(t)$, $t \leq t\,0$, если существует последовательность $tk \to -\infty$ при $k \to \infty$, такая, что последовательность состояний $\mathbf{x}(t)$ сходится к точке q. Множество всех ω-предельных точек траектории $\mathbf{x}(t)$ называется *ω-предельным множеством данной траектории*. Обозначим его $\omega(\mathbf{x}(t))$.

Множество всех α-предельных точек траектории $\mathbf{x}(t)$ есть *α-предельное множество данной траектории*. Обозначим его $\alpha(\mathbf{x}(t))$. Предельные множества любой фазовой траектории сами состоят из фазовых траекторий. Кроме того, предельные множества ω и α инвариантны относительно оператора эволюции. Это означает, что оператор эволюции отображает любую точку предельного множества в

точку этого же множества. Определив, куда стремятся различные траектории ДС в прямом и обратном времени, можно выделить все инвариантные предельные множества в фазовом пространстве. Типичные предельные множества траекторий на фазовой плоскости — это состояния равновесия, периодические движения и особые траектории типа сепаратрисных контуров, двоякоасимптотических к седловым состояниям равновесия. Указанные предельные множества полностью исчерпывают возможные ситуации на фазовой плоскости. Им отвечают три различных типа решений уравнений. Сепаратрисные контуры и петли — это особые кривые, которые в диссипативных системах не являются *структурно устойчивыми* (*грубыми*). Они существуют только при определенных значениях параметров и исчезают при сколь угодно малом возмущении оператора эволюции. На-против, точки равновесия и предельные циклы при выполнении некоторых условий будут структурно устойчивыми предельными множествами и могут существовать в некоторой области пространства параметров.

Рассмотрим структурно устойчивые предельные множества в R. Если некоторое множество $Q \in \mathbf{X}$ является предельным множеством ДС, это означает одну из трех возможностей.

1. Имеется множество фазовых траекторий, не принадлежащих Q, для которых Q является ω-предельным множеством и не существует траекторий, не принадлежащих Q, для которых Q было бы α-предельным. В таком случае множество Q есть *притягивающее предельное множество* или *аттрактор* динамической системы.

2. Имеется множество фазовых траекторий, не принадлежащих Q, для которых Q будет α-предельным множеством и нет траекторий, не принадлежащих Q, для которых Q было бы ω-предельным. В таком случае

множество Q есть *отталкивающее предельное множество* или *репеллер* динамической системы.

3. Имеются траектории, не принадлежащие Q, для которых Q является ω-предельным множеством и, в то же время, имеются траектории, для которых Q является α-предельным множеством. В этом случае множество Q есть *седло* (например седловая точка равновесия, седловой предельный цикл, седловой инвариантный тор).

Множество всех траекторий, стремящихся к аттрактору, образует в фазовом пространстве ДС некоторую область (конечную или бесконечную) называемую *бассейном притяжения аттрактора* 1).

Седло обладает устойчивым и неустойчивым многообразиями. *Устойчивым многообразием* седлового предельного множества Q называется множество всех траекторий фазового пространства, для которых Q является ω-предельным множеством. *Неустойчивым многообразием* седла Q называется множество всех траекторий, для которых Q является α-предельным множеством. Для седловой точки равновесия на плоскости устойчивое и неустойчивое многообразия состоят из пары сепаратрис, соответственно входящих в седло и выходящих из него.

1.2.3.Автоколебательные системы

Среди широкого класса ДС, реализующих режимы колебаний, выделяются системы, способные совершать незатухающие колебания, обладающие рядом особых свойств и названные А. А. Андроновым автоколебательными. Определение автоколебательных систем было, введено А. А. Андроновым для автономных ДС на плоскости

$$\mathbf{x} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \mu),\ \mathbf{x} \in \mathbf{R}\ ,$$

имеющих устойчивое T -периодическое решение

$$\mathbf{x}(\ t\ ) \equiv \mathbf{x}(\ t + T\ ).$$

ДС будет автоколебательной в смысле Андронова, если выполняются следующие два условия:

— решение $\mathbf{x}(\ t)$ устойчиво по отношению к малым изменениям самой системы (т. е. к изменениям оператора эволюции **F**);

— решение $\mathbf{x}(\ t)$ в пределе $t \to \infty$ не зависит от выбора начальных условий, по крайней мере в пределах некоторой области фазового пространства.

Замкнутая траектория на фазовой плоскости как образ периодического решения **x**(*t*), удовлетворяющего вышесформулированным условиям, называется предельным циклом.

1.2.4.Фазовые портреты динамических систем

Метод анализа колебаний ДС с помощью графического представления в фазовом пространстве был введен в теорию колебаний Л. И. Мандельштамом и А. А. Андроновым. С тех пор этот метод стал общепринятым для изучения различных колебательных явлений. Он приобрел еще большее значение, когда были обнаружены колебания сложного вида, т. е. динамический хаос. Анализ фазовых портретов сложных колебательных процессов позволяет судить о топологической структуре хаотического предельного множества, а также выдвигать гипотезы и предположения, которые могут оказаться ценными при дальнейших исследованиях.

Пусть изучаемая ДС описывается обыкновенными дифференциаль ными уравнениями

$$x\,j = f\,j\,(x\,1, x\,2, \ldots, xN)$$

где $j = 1, 2, \ldots, N$, или в векторной форме

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(\mathbf{x}),$$

где **x** — вектор с компонентами x , индекс j принимает значения

$j = 1, 2, \ldots, N$, а $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ — вектор-функция с компонентами $f_j(\mathbf{x})$. Набор N динамических переменных x или N-мерный вектор $\mathbf{x}$ определяет состояние системы, которому ставится в соответствие точка в пространстве состояний $\mathbf{R}^N$. Эта точка называется *изображающей* или *фазовой* точкой, а само пространство состояний $\mathbf{R}^N$ называется *фазовым пространством* ДС. Движение фазовой точки соответствует эволюции состояния системы с течением времени. Траектория фазовой точки, стартующая из некоторого начального состояния $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(t_0)$ и отслеживаемая при $t \to \pm\infty$, представляет собой *фазовую траекторию*. Иногда используется сходное

понятие интегральной кривой. Интегральные кривые описываются уравнениями $dx_j / dx_k = \Phi(x_1, x_2, \ldots, x_N)$,

$$j = 1, 2, \ldots, k-1, k+1, \ldots, N,$$

где x_k — одна (любая) из динамических переменных. В большинстве случаев интегральные кривые и фазовые траектории совпадают. Однако интегральные кривые, проходящие через особые точки, состоят из нескольких фазовых траекторий.

Правая часть (1.2) задает векторное поле скоростей $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ в фазовом пространстве системы. Точки фазового пространства, для которых $f_j(\mathbf{x}) = 0$, $j = 1, 2, \ldots, N$, остаются неизменными с течением времени и называются *неподвижными точками*, *особыми точками* или *состояниями равновесия* ДС. Множество характерных фазовых траекторий в фазовом пространстве образует *фазовый портрет* ДС.

Кроме размерности фазового пространства часто используется понятие *числа степеней свободы ДС*. Под числом степеней свободы в теоретической механике понимается число независимых координат и импульсов, характеризующих движение n материальных точек. Движение

каждой материальной точки подчиняется второму закону Ньютона и описывается уравнением движения второго порядка. Следовательно число степеней свободы n связано с размерностью ДС N соотношением $2n = N$. Очевидно, для произвольной ДС (1.1) число степеней свободы может быть нецелым (кратным 0,5).

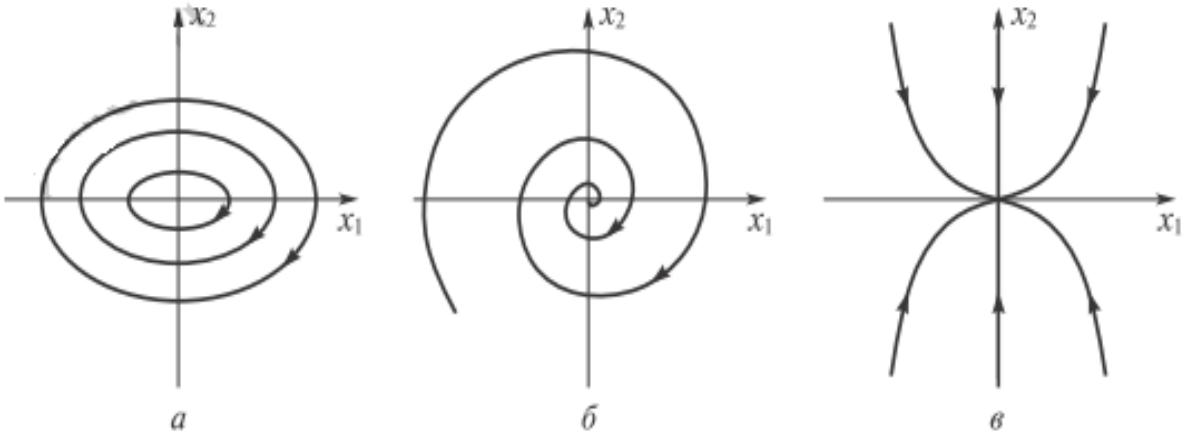

Рис. 1.1. Фазовые портреты линейных осцилляторов: *а* — без трения, *б* — с малым трением, *в* — с сильным трением

Рассмотрим гармонический осциллятор

$$\ddot{x} + w_0^2 x = 0.$$

Его фазовый портрет показан на рис. 1.1, *а* и представляет собой семейство концентрических эллипсов (в случае $\omega_0 = 1$ — окружностей) на плоскости $x_1 = x$, $x_2 = \dot{x}$ с центром в начале координат:

$$\frac{w_0^2 x_1^2}{2} + \frac{x_2^2}{2} = H(x_1, x_2) = \text{const}.$$

Каждому значению полной энергии $H(x_1, x_2)$ соответствует свой собственный эллипс. В начале координат расположено состояние

равновесия, называемое *центром*. Если к линейному осциллятору добавить трение, то фазовые траектории, стартующие из любой точки фазовой плоскости, будут приближаться к состоянию равновесия в пределе $t \to \infty$.

При слабой диссипации фазовые траектории представляют собой спирали, закручивающиеся к началу координат (рис. 1.1, *б*), а решения уравнений осциллятора с трением соответствуют затухающим колебаниям.

В этом случае состояние равновесия в нуле координат называется *устойчивым фокусом*. С увеличением коэффициента трения решения станут апериодическими. Соответствующий фазовый портрет показан на рис. 1.1, *в*.

В начале координат имеется состояние равновесия, называемое *устойчивым узлом*.

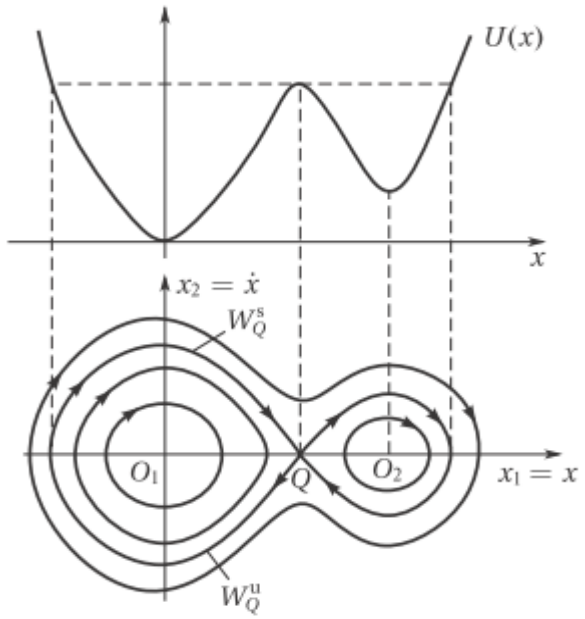

Рис. 1.2. Качественное построение фазового портрета нелинейного консервативного осциллятора с помощью потенциальной функции $U(x)$

Фазовый портрет для нелинейного консервативного осциллятора, описываемого уравнением

$$\ddot{x}+\frac{dU(x)}{dx}=0$$

качественно нетрудно построить с помощью потенциальной функции $U(x)$.

Пример такого построения приводится на рис. 1.2. Минимумам потенциальной функции соответствуют положения равновесия типа центр. В потенциальной яме, существующей вблизи каждого центра, семейство замкнутых кривых упорядочено в соответствии со значениями интеграла энергии $H(x, \dot{x})$. В непосредственной окрестности центра эти кривые имеют эллиптическую форму, которая постепенно деформируется при удалении от центра. Максимумам $U(x)$ соответствуют положения равновесия, называемые *седлами*. Седла неустойчивы по отношению к произвольным возмущениям. Фазовые траектории, входящие в седло Q (рис. 1.2) при $t \to \pm\infty$, называются устойчивыми и неустойчивыми *сепаратрисами седла* Q. Пара траекторий, приближающихся к седлу в прямом времени, образует его *устойчивое многообразие* W_Q^S , а пара траекторий, стремящихся к седлу в обратном времени, составляют его *неустойчивое многообразие* W u. Сепаратрисы делят фазовое пространство на области с принципиально различным характером фазовых траекторий. В некоторых случаях сепаратрисы могут замыкаться, образуя сепаратрисные петли (контуры) (рис. 1.2).

Фазовые портреты неавтономных систем имеют некоторые особенномной системы при изменении времени t от $-\infty$ до $+\infty$ не остаются

в пределах ограниченной области фазового пространства, поскольку t в данном случае является одной из фазовых координат. В случае периодического внешнего воздействия можно построить фазовый портрет,

сведя неавтономную систему к автономной. Для этого нужно ввести фазу воздействия $\Psi = \omega$ ex t и добавить к уравнениям ДС еще одно уравнение:

$\Psi = \omega$ ex. Однако, если предполагать, что Ψ определена на всей действительной оси, то новая переменная ничего не дает, и фазовые траектории остаются неограниченными как и прежде. Можно перейти к ограниченным фазовым траекториям, если положить, что $\Psi \in [0, 2\pi]$, и ввести цилиндрическое фазовое пространство (вообще говоря многомерное).

На рис. 1.3 показаны фазовые траектории неавтономной системы, лежащие на цилиндре (в целях наглядности приведена только одна динамическая переменная x).

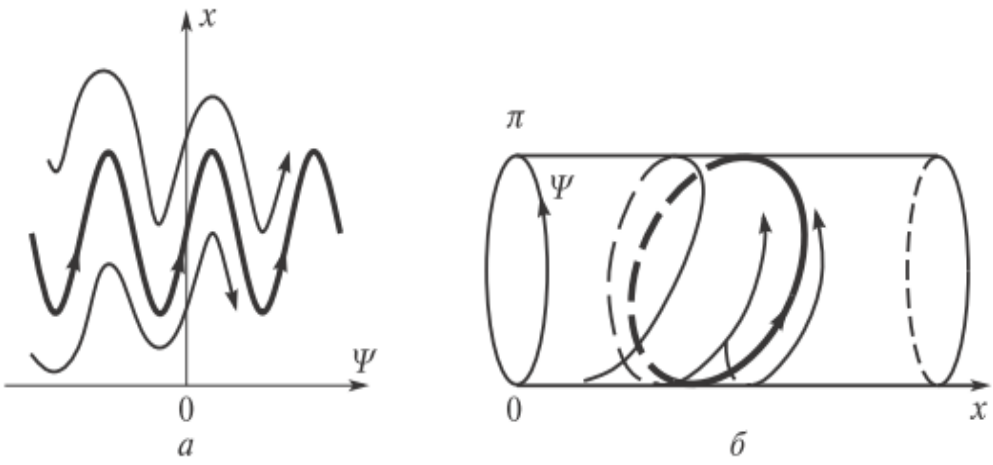

Рис. 1.3. Фазовые портреты неавтономной системы

$x = f(x) + B \sin \omega$ ex t для $\Psi = \omega$ ex t, определенной на интервале $(-\infty, +\infty)$ ($а$) и для $\Psi \in [0, 2\pi]$ ($б$)

Рассмотрим осциллятор Ван дер Поля

$$\ddot{x} - (\varepsilon - x^2)\,\dot{x} + w_0^2 = 0 \quad (1.5)$$

Для $\varepsilon > 0$ и $t \to \infty$ в автоколебательной системе (1.5) независимо от выбора начальных условий устанавливаются периодические колебания.

Этим колебаниям в фазовом пространстве соответствует замкнутая изолированная кривая, называемая *предельным циклом Андронова–Пуанкаре*.

Все фазовые траектории (1.5), выходящие из различных точек фазовой плоскости, при $t \to \infty$ стремятся к предельному циклу. Единственно исключение составляет состояние равновесия в начале координат. При малых ε предельный цикл по форме близок к эллипсу, а состоянию равновесия в начале координат отвечает *неустойчивый фокус*. Соответствующий фазовый портрет и форма колебаний $x(t)$ показаны на рис. 1.4, *а*.

При увеличении ε предельный цикл искажается, и характер состояния равновесия меняется. При $\varepsilon > 2\ \omega\ 0$ неустойчивый фокус превращается в неустойчивый узел, а продолжительность переходного процесса значительно уменьшается (рис. 1.4, *б*).

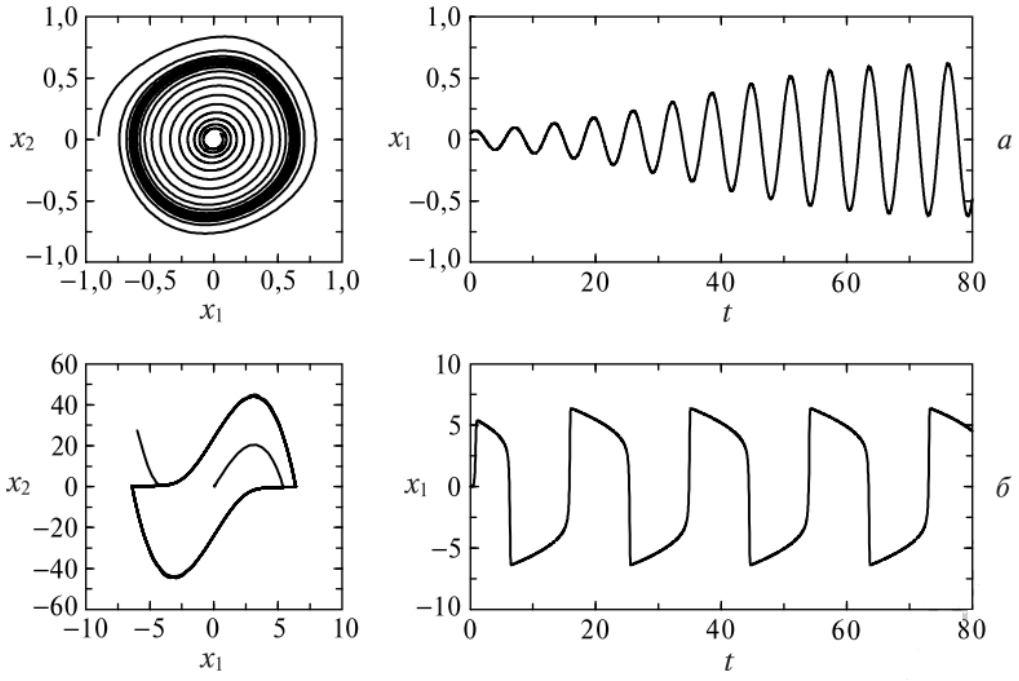

Рис. 1.4**.** Фазовые портреты и форма колебаний для осциллятора Ван дер Поля (1.5) с $\omega 0 = 1$ для $\varepsilon = 0{,}1$ (*а*) и для $\varepsilon = 10$ (*б*). $x\,1 = x$, $x\,2 = \dot{x}$

Фазовые портреты трехмерных систем не столь наглядны. В этом случае разумно рассматривать сечение фазовых траекторий некоторой плоскостью или поверхностью, выбранной таким образом, чтобы все траектории пересекали эту поверхность под ненулевым углом. На секущей поверхности возникает множество точек, соответствующих различным фазовым траекториям исходной системы, которые могут дать нам представление о структуре фазового портрета ДС. Обычно рассматриваются точки пересечения поверхности траекториями, идущими в одном выбранном направлении, как показано на рис. 1.5.

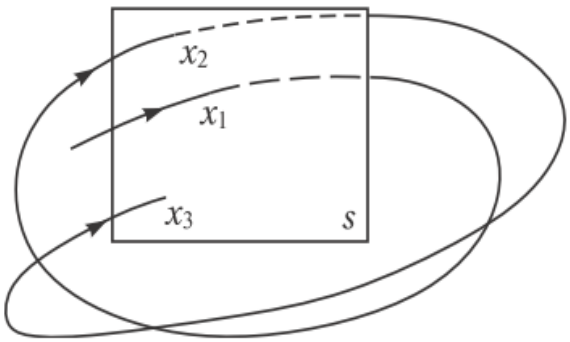

Рис. 1.5. Сечение Пуанкаре

Оператор эволюции однозначным (но не взаимно однозначным) образом определяет отображение секущей поверхности в себя, называемое *отображением возврата* или *отображением Пуанкаре* [4]. Отображение Пуанкаре уменьшает размерность исследуемого множества до $N - 1$, что делает фазовый портрет системы более наглядным. Конечные последовательности точек (периодические орбиты или циклы отображения) соответствуют замкнутым кривым (предельным циклам) исходной системы, а бесконечные последовательности точек соответствуют апериодическим траекториям.

1.2.5. Устойчивость фазовых траекторий

Задача анализа устойчивости конкретного режима функционирования системы — одна из наиболее важных в теории ДС. Режиму эволюции ДС из некоторого заданного начального состояния соответствует траектория в фазовом пространстве. Таким образом необходимо исследовать устойчивость той или иной фазовой траетории по отношению к малым возмущениям. Существует несколько различных определений устойчивости, а именно: устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость, орбитальная устойчивость и устойчивость по Пуассону. Исследуемая фазовая траектория $\mathbf{x}*(t)$ является *устойчивой по Ляпунову*, если для любого произвольно малого $\varepsilon > 0$ существует такое $\delta(\varepsilon) > 0$, что для любой траектории $\mathbf{x}(t)$, для которой $\|\mathbf{x}(t\,0) - \mathbf{x}*(t\,0)\| < \delta$, для всех $t > t\,0$ выполняется неравенство $\|\mathbf{x}(t) - \mathbf{x}*(t)\| < \varepsilon$. Знак $\|. \; . \; .\|$ обозначает норму в $\mathbf{R}\,N$. Таким образом, малое начальное возмущение устойчивых по Ляпунову фазовых траекторий не возрастает с течением времени. Если малое возмущение δ со временем уменьшается, т. е. $\|\mathbf{x}(t) - \mathbf{x}*(t)\| \to 0$ при $t \to \infty$, то траектория обладает более сильной устойчивостью, а именно, *асимптотической устойчивостью*. Любая асимптотически устойчивая фазовая траектория устойчива по Ляпунову. Обратное утверждение в общем случае не верно.

Определение *орбитальной устойчивости* несколько отличается от определения устойчивости по Ляпунову. В последнем случае расстояние между точками исследуемой и возмущенной фазовых траекторий рассматривается в один и тот же момент времени. Орбитальная устойчивость характеризует минимальное расстояние между фазовой точкой возмущенной траектории в данный момент времени t и орбитой $\Gamma*$, соответствующей исследуемому движению. Траектория, устойчивая по

Ляпунову, всегда орбитально устойчива. Обратное утверждение в общем случае не справедливо.

Самым слабым требованием является требование *устойчивости* фазовой траектории $\mathbf{x}*(t)$ *по Пуассону*. Устойчивость по Пуассону означает, что фазовая траектория возвращается в сколь угодно малую окрестность начальной точки. Времена возврата могут соответствовать периоду или квазипериоду регулярного движения или представлять случайную последовательность в режиме динамического хаоса.

При анализе динамической системы особенно важна устойчивость фазовых траекторий, принадлежащих предельным множествам (например, аттракторам). Изменение характера устойчивости того или другого предельного множества во многих случаях приводит к смене режима функционирования системы.

1.3.6. Бифуркации динамических систем, катастрофы

При математическом моделировании большинства практических задач теории колебаний наиболее часто используются дифференциальные уравнения и отображения, зависящие от ряда параметров. Изменение параметров системы может привести к качественному преобразованию фазового портрета системы, называемому *бифуркацией*.

Под качественным изменением фазового портрета подразумевается его структурная перестройка, нарушающая *топологическую эквивалентность*.

Значение параметра, при котором происходит бифуркация, называется *бифуркационным значением* или *точкой бифуркации*. Помимо фазового пространства, ДС характеризуется также пространством параметров. Определенный набор значений параметров $\alpha 1, \alpha\ 2, \ldots, \alpha M$ образует радиус-вектор α в этом пространстве. В многомерном пространстве параметров системы бифуркационным значениям могут соответствовать определенные множества, представляющие собой точки, линии, поверхности, и т. д. Бифуркации характеризуются некоторым количеством условий, налагаемых на параметры системы. Число таких условий определяет *коразмерность* бифуркации. Например, коразмерность 1 означает, что имеется только одно бифуркационное условие.

Различают *локальные* и *нелокальные бифуркации* ДС. *Локальные бифуркации* связаны с локальной окрестностью траектории на предельном множестве. Они отражают изменение устойчивости как отдельных траекторий, так и всего предельного множества целиком, и могут свидетельствовать об исчезновении исследуемого предельного множества в результате его слияния с другим предельным множеством. Все

перечисленные выше явления могут быть обнаружены в рамках линейного анализа устойчивости. Например, смена знака одного из ляпуновских показателей траектории на предельном множестве свидетельствует о локальной бифуркации предельного множества. *Нелокальные бифуркации* связаны с поведением многообразий предельных седловых множеств, в частности, с образованием сепаратрисных петель, гомоклинических и гетероклинических кривых, а также с возникновением касания аттрактора и сепаратрисной кривой или поверхности. Перечисленные эффекты не могут быть обнаружены в рамках линейного приближения. В такой ситуации необходимо учитывать нелинейные свойства изучаемой системы.

Бифуркации могут происходить с любыми предельными множествами, но наибольший интерес представляют бифуркации аттракторов, поскольку они приводят к изменениям экспериментально наблюдаемых режимов. Бифуркации аттракторов обычно подразделяются на *внутрен ние* (*мягкие*) бифуркации и *кризисы* (*жесткие*) бифуркации . *Внут ренние бифуркации* связаны с топологическими изменениями самих притягивающих предельных множеств, но не затрагивают их бассейнов притяжения. *Кризисы* аттракторов сопровождаются качественной перестройкой границ бассейнов притяжения.

Концепция *грубости* (*структурной устойчивости*) ДС тесно связана с бифуркациями. ДС называется *грубой* или *структурно устойчивой*, если малые гладкие возмущения оператора эволюции приводят к топологически эквивалентным решениям . Бифуркацию ДС можно представлять как переход системы от одного структурно устойчивого состояния к другому через структурно неустойчивое состояние в точке бифуркации.

Анализ бифуркаций ДС при изменении параметров системы позволяет построить *бифуркационную диаграмму* системы. *Бифуркационная диаграмма* представляет собой набор точек, линий и поверхностей в

пространстве параметров, которые соответствуют различным бифуркациям предельных множеств системы. Если при некоторых значениях параметров существуют несколько предельных множеств, то бифуркационная диаграмма является «многолистной». Сосуществование большого (даже бесконечного) числа предельных множеств типично для систем со сложной динамикой. В этом случае точки бифуркаций могут быть всюду плотны в пространстве параметров. При таких условиях построение полной бифуркационной диаграммы системы становится невозможным, поэтому имеет смысл рассматривать только отдельные ее листы и фрагменты. Помимо бифуркационных диаграмм в пространстве параметров, для наглядного представления часто используются так называемые *фазопараметрические диаграммы*. При построении такой диаграммы значения управляющего параметра откладываются по оси абсцисс, а ось ординат соответствует одной из динамических переменных, или некоторой величине, связанной с состоянием ДС.

Резкие изменения состояния системы, вызванные гладкими возмущениями оператора эволюции, в частности, малыми вариациями параметров, называются *катастрофами*. Таким образом, кризисы и катастрофы — очень близкие понятия

Вывод

В настоящем анализе мы рассмотрели динамические системы, заданных в виде обыкновенных дифференциальных уравнений или отображений последования конечной размерности.

В зависимости от степени приближения одной и той же физической системе можно поставить в соответствие много различных математических моделей. В теории ДС и в теории колебаний под ДС понимается именно матимаческая модель, а не физический прототип системы.

1.3. Описание предлагаемой системы ТО

1.3.1. Динамичная система

В процессе эксплуатации сопряжения автомобиля изнашиваются, происходит нарушение регулировок его систем, узлов и агрегатов, изменяются значения его структурных параметров, непосредственно характеризующих исправность автомобиля. Одним из наиболее перспективных путей увеличения вероятности безотказной работы автомобилей является применение встроенного диагностирования автомобилей. Для минимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобилей применима более динамичная система технического обслуживания автомобилей.

Состояние автомобилей зависит от организации, технологии и качества выполнения работ при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте. В связи с возможностью определения неисправности без разборки, при регулярном диагностировании они выявляются до наступления отказа, что позволяет планировать их устранение, предотвращает прогрессирующее изнашивание деталей и снижает общие расходы на ТО и ТР.

Повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия (АТП), обеспечивается своевременным ТО и ТР, на основе диагностирования автомобилей. Однако периодичность контроля такова, что имеется возможность эксплуатации автомобилей с состоянием, требующим ТО, или ТО проводится до наступления допустимого состояния элемента автомобиля. Это приводит к неисправностям автомобиля или неполному использованию ресурса

отдельных агрегатов, систем и деталей автомобилей, к значительным материальным затратам. В тоже время все больше заявляют о себе системы ускоренного диагностирования и встроенного диагностирования, в которых вся информация выносится на диагностический разъем или на монитор автомобильного компьютера.

Диагностирование только внешними средствами не обеспечивает предотвращение эксплуатации автомобилей с неисправностями, аварийных дорожных отказов, оптимизации выбора режима движения и проведения ТО и ТР. Оно не устраняет накопление неисправностей на межконтрольном пробеге, так что в среднем более 20% парка эксплуатируется с такими неисправностями. Ухудшение технического состояния автотранспортных средств является причиной дорожно-транспортных происшествий и дорожных отказов. Более частому проведению диагностирования препятствуют ограничения экономического характера. Кроме того, значительная доля парка эксплуатируется без диагностирования, нередко в отрыве от автотранспортного предприятия (АТП) и станций технического обслуживания (СТО), в мелких ведомственных и личных плохо оснащенных гаражах.

При этом используемая в настоящее время планово-предупредительная система ТО теряет свою актуальность. Наиболее применима система при которой будут минимизированы затраты на техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Такая система ТО будет более динамичной.

В технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) известны два метода доведения изделия до требуемого технического состояния:

Первый метод I–1 (по наработке) устанавливается определенная периодичность, при достижении которой состояние изделия восстанавливается до номинального или заданного технической документацией уровня.

Второй метод I–2 (по параметру технического состояния) по заданной периодичности производится контроль технического состояния и принимается решение о проведении предупредительных воздействий, т.е. доведении технического состояния до номинального или установленного технической документацией уровня.

Для элементов автомобиля не подвергающихся встроенному диагностированию, операция ТО в общем виде состоит из двух частей – контрольной и исполнительской. Таким образом, трудоемкость профилактической операции ТО определяется, как

$$t_{\text{п}} = t_{\text{к}} + kt_{\text{и}}, \quad (1.3)$$

где $t_{\text{к}}$ и $t_{\text{и}}$ – трудоемкость контрольной и исполнительской части профилактической операции;

k – коэффициент повторяемости ($0 \leq k \leq 1$).

При первом методе (I–1) k=1, а контрольная и исполнительская часть практически сливаются. При втором методе I–2 каждый раз с установленной периодичностью выполняется контроль, а исполнительская часть проводится в зависимости от результатов контроля с определенной вероятностью.

А затраты проведения профилактической операции ТО определятся по формуле

$$c_{\text{п}} = c_{\text{к}} + kc_{\text{и}}, \quad (1.4)$$

где $c_{\text{п}}$, $c_{\text{к}}$, $c_{\text{и}}$ – затраты профилактической операции, контрольной и исполнительской ее части.

Для элементов автомобиля подвергающихся встроенному диагностированию необходимо ввести третий метод I–3 (по результатам встроенного диагностирования) контроль будет осуществляться

автоматически и в данном случае необходимость в проведении контрольной части операции отпадает. Тогда трудоемкость и затраты на проведение операции определятся по формулам

$$t_{\text{п}} = t_{\text{и}}; \quad (1.5)$$

$$c_{\text{п}} = c_{\text{и}}. \quad (1.6)$$

При встроенном диагностировании периодичность технического обслуживания будет величиной динамичной, и зависеть от момента достижения агрегатом, системой или деталью допустимого значения параметра состояния. Периодичность ТО для перечня операций должна соответствовать минимуму затрат на поддержание и восстановление работоспособности по всем элементам, входящим в этот перечень с учетом затрат на техническое обслуживание и ремонт ВСД:

$$\tilde{N}_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^{k} C_{\text{I}i} + \sum_{i=1}^{k} C_{\text{II}i} + \sum_{i=1}^{k} C_{\text{III}i} \to \min \quad (1.7)$$

где $C_{\Sigma\Sigma}$ - суммарные удельные затраты на ТО и ремонт k элементов, включенных в перечень ступени ТО; C_{Ii} - удельные затраты на ТО i-го элемента; - удельные затраты на ремонт i-го элемента, - удельные затраты на ТО и ремонт ВСД.

Однако в общем случае оптимальная периодичность обслуживания группы элементов не будет совпадать с оптимальной периодичностью обслуживания элемента в перечне. Минимальные удельные затраты элемента соответствуют удельным затратам элемента при оптимальной периодичности обслуживания этого элемента,

$$C_i(l_{0i}) = C_{i\min}. \quad (1.8)$$

где l_{0i} - оптимальной периодичностью обслуживания элемента в перечне; $C_{i\min}$ - Минимальные удельные затраты элемента; $C_i(l_{0i})$ - удельные затраты элемента при оптимальной периодичности обслуживания этого элемента.

Реально элемент будет обслуживаться с групповой периодичностью, тогда его удельные затраты будут больше минимальных затрат на величину изменения суммарных удельных затрат

$$\Delta C_i = C_i(l_{0\Sigma}) - C_{i\min} - C_{i\text{III}} \quad (1.9)$$

где $l_{0\Sigma}$ - периодичность ТО для перечня операций; $C_i(l_{0\Sigma})$ - удельные затраты элемента для групповой периодичности обслуживания.

Таким образом, минимальные суммарные издержки при проведении ТО с групповой периодичностью будут выше тех, которые достижимы в том случае, если профилактические воздействия по каждому элементу будут выполняться с оптимальной для него периодичностью на величину изменения суммарных удельных затрат по всем элементам перечня, которые определяется из выражения:

$$\Delta C_\Sigma = \sum_{i=1}^{k-n} \Delta C_i + \sum_{i=1}^{n} \Delta C_i \quad (1.10)$$

где k – общее количество элементов;

n – количество элементов с периодичностью близкой к оптимальной.

Величина изменения суммарных удельных затрат по всем элементам перечня формируется из изменений удельных затрат элементов перечня. Любое увеличение удельных затрат одного элемента должно компенсироваться уменьшением суммарных удельных затрат другого элемента. Желательно, чтобы эти изменения были минимальны. В качестве

периодичности проведения ТО для группы операций выбирается такая периодичность, которая соответствует минимальным изменениям суммарных удельных затрат по всем элементам перечня, т. е.

$$\sum_{i=1}^{k} \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \to \min \qquad (1.11)$$

Рассмотрим целевую функцию суммарных минимальных затрат по всем элементам перечня:

$$C_{\Sigma\min} = C_1(l_{0\Sigma}) + C_2(l_{0\Sigma}) + \ldots + C_k(l_{0\Sigma}) = \sum_{i=1}^{k} C_i(l_{0\Sigma}) \to \min \qquad (1.12)$$

Распишем слагаемые целевой функции:

$$C_i(l_{0\Sigma}) = C_{i\min} + C_{i\text{III}} + C_i(l_{0\Sigma}). \qquad (1.13)$$

Тогда целевая функция:

$$C_{\Sigma\min} = \sum_{i=1}^{k} (C_{i\min} + C_{i\text{III}} + \Delta C_i(l_{0\Sigma})) = \sum_{i=1}^{k} C_{i\min} + \sum_{i=1}^{k} C_{i\text{III}} + \sum_{i=1}^{k} \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \to \min. \qquad (1.14)$$

Следовательно, для каждого элемента, возможно, установить диапазон, в котором отклонения периодичности от оптимальной допустимы, а при назначении периодичности ТО вне этого диапазона должно рассматриваться решение об исключении этого элемента из перечня. Если периодичности ступеней кратны друг другу, то определенные таким образом перечни для отдельных ступеней дополнительно необходимо включить в те ступени ТО, периодичности которых кратны.

Для элементов со встроенным диагностированием значительно ниже будут затраты на техническое обслуживание и ремонт. Группировка операций будет иметь случайный, прогнозируемый характер.

Схема формирования перечней для всей совокупности ступеней ТО представлена на рис. 1.5. Прямоугольником показаны перечни, определенные одним из методов технического обслуживания, а овалы означают перечни определенные встроенным диагностированием, которые переходят в перечни ступеней ТО.

Использование встроенного диагностирования при изменении периодичностей ступеней ТО возможна перегруппировка элементов в перечни ступней ТО без дополнительного сбора данных, имеются количественные критерии эффективности и оптимальности периодичностей ступеней ТО.

Применение автоматизированного определения нормативов, при оптимизации перечней и периодичностей ступеней ТО основана на информационном подходе выбора оптимального интервала и получения на этой основе максимума информации о техническом состоянии объекта. При этом оптимальные интервалы выбираются на основании зависимости оценки вероятности безотказного функционирования на основе встроенного диагностирования от принятого интервала. Как уже говорилось выше, периодичность ТО при встроенном диагностировании автомобилей будет величиной динамичной, при этом исходим из условия, что для элементов автомобилей подвергающихся встроенному диагностированию вероятность безотказной работы будет близка к 1.

Основной сложностью применения такой системы является повышение стоимости транспортных средств, за счет установки на основных элементах автомобиля датчиков, вся информация, от которых поступает в блок управления.

Это, во-первых, механизмы, обеспечивающие безопасность движения автомобиля (тормозные системы, механизмы управления, установки углов передних колес, приборы освещения), уровень токсичности отработавших газов и топливную экономичность.

Во-вторых, механизмы, на которые приходится 40-50% общей стоимости потребляемых запасных частей, у современных автомобилей – 2-3% от номенклатуры (элементы двигателя, трансмиссии).

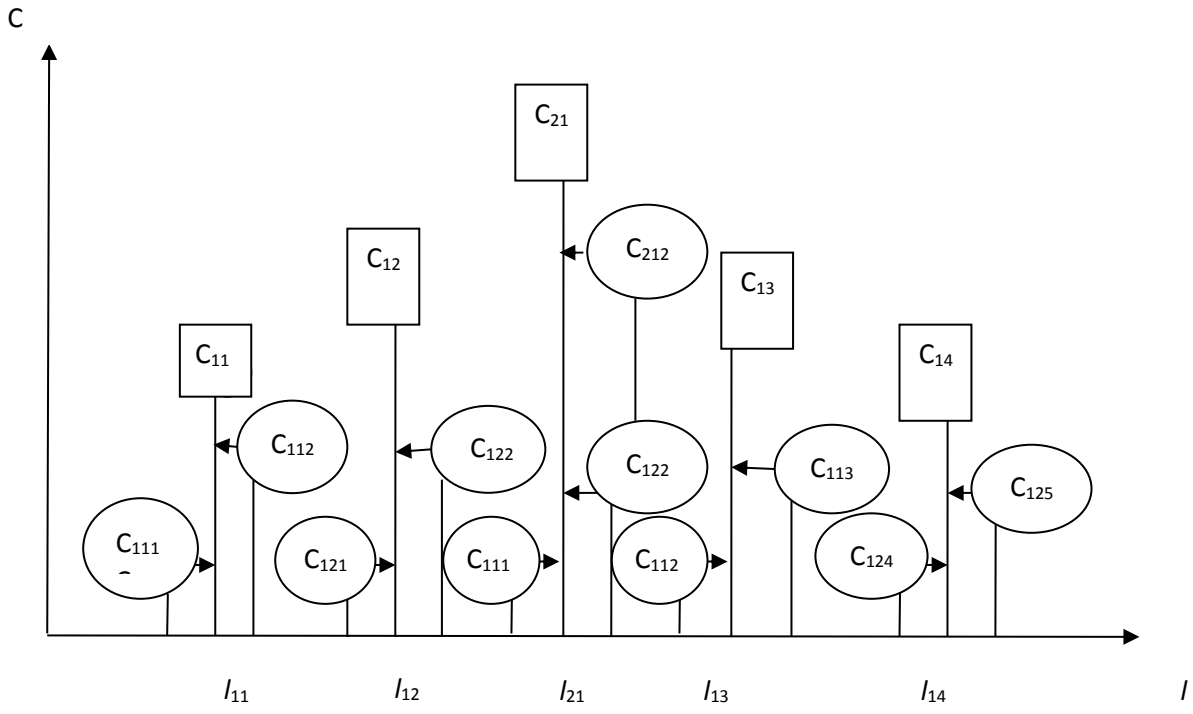

Рис. 1.5 Схема формирования перечней операций ТО и ТР

1.4. Вывод

В настоящем анализе мы ограничились рассмотрением динамических систем, заданных в виде обыкновенных дифференциальных уравнений или отображений последования конечной размерности.

Важно следующее: в зависимости от степени приближения одной и той же физической системе можно поставить в соответствие много различных математических моделей. Например, линейный осциллятор, нелинейный осциллятор, осциллятор с трением и без. В теории ДС и в теории колебаний под ДС понимается именно матимаческая модель, а не физический прототип системы. Понятно, что, например, сердечно-сосудистая система живого организма не может рассматриваться как ДС, если мы не имеем ее математической модели. Но в нашем случае мы рассморим прибор встроенного диагностирования с БСК и программным модулем адаптера, рассчитанный на подключение к электронному блоку управления двигателем и посмотрим его работу в динамике.

Также нами была предложена динамичная система технического обслуживания автомобилей для минимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобилей, в которой периодичность технического обслуживания будет величиной динамичной и зависит от момента достижения агрегатом, системой или деталью допустимого значения параметра состояния.

2. Конструкторский раздел

2.1. Програмно-информационный комплекс

Чтобы объединить, систематизировать и анализировать информацию, полученную от ВСД и грамотно спланировать процессы ТО и ТР, необходима программа которая будет выполнять вышеперечисленные функции.

Для решения выше поставленных задач предлагается Программно-информационный комплекс (рис. 2.1), который устанавливается на компьютер диспетчера АТП. Он включает блоки формирования баз данных по результатам диагностирования наличному подвижному составу АТП, справочные сведения об автомобилях, трудоемкости всех операций ТО и ТР. Данные о предотказном состоянии какого-либо узла, системы или агрегата, его причине, приблизительной наработке до наступления отказа и рекомендации по устранению, полученные от ВСД, обрабатываются с помощью расчётно-анализирующего блока, который состоит из двух частей – сигнализатора состояния автомобиля и программы оптимизации ТО и ТР. С помощью блока индикации результаты расчета и анализа выводятся на монитор компьютера. Данная информация является основанием для своевременного принятия решений по проведению технического обслуживания автомобилей.

Программа считывает значения с диагностических устройств, установленных на автомобиле.

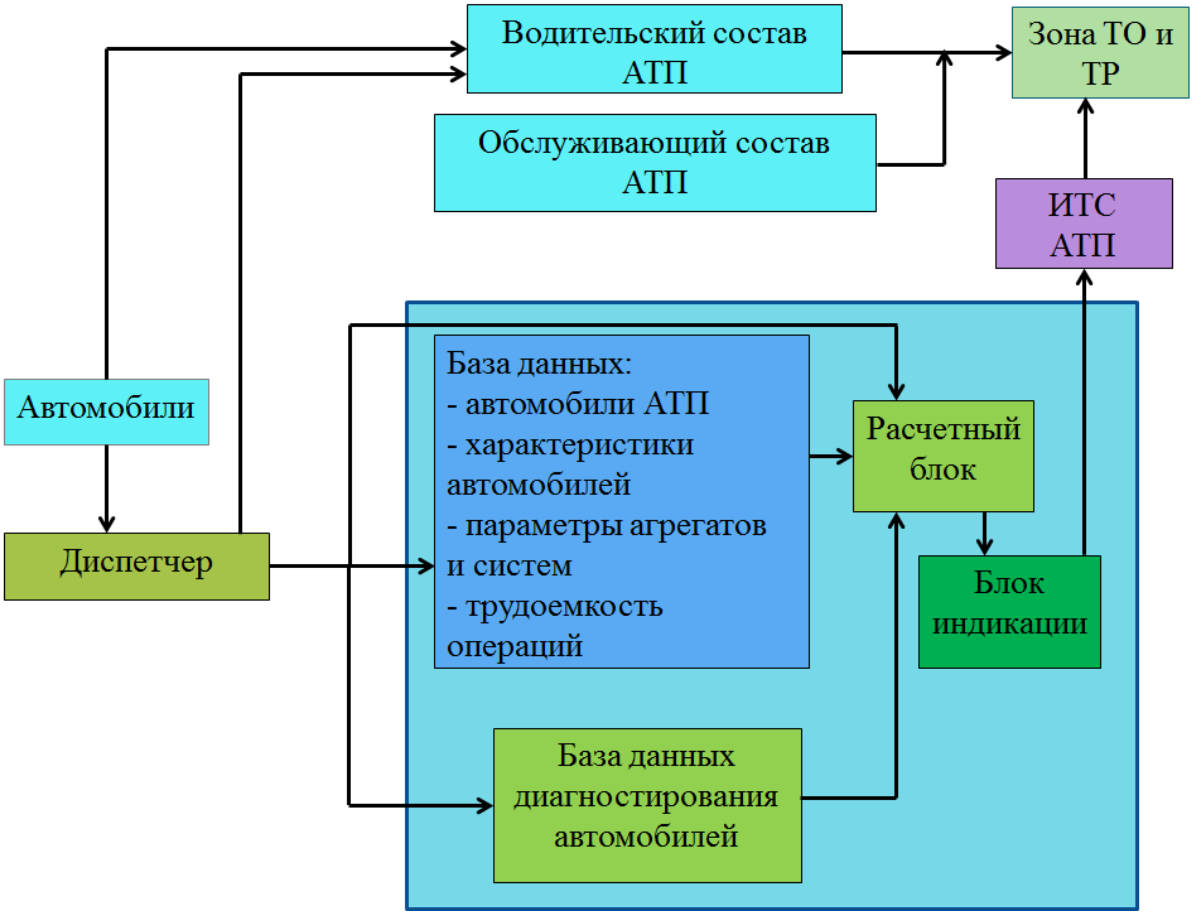

Рис. 2.1Програмно-информационный комплекс

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, это делается для того, чтобы впоследствии можно было проследить историю технического состояния автомобиля.

2.1.1 Сигнализатор состояния автомобиля

При запуске сигнализатора состояния автомобиля , оператор выбирает интересующий его автомобиль при помощи вкладки «Выбор автомобиля» (рис. 2.2).

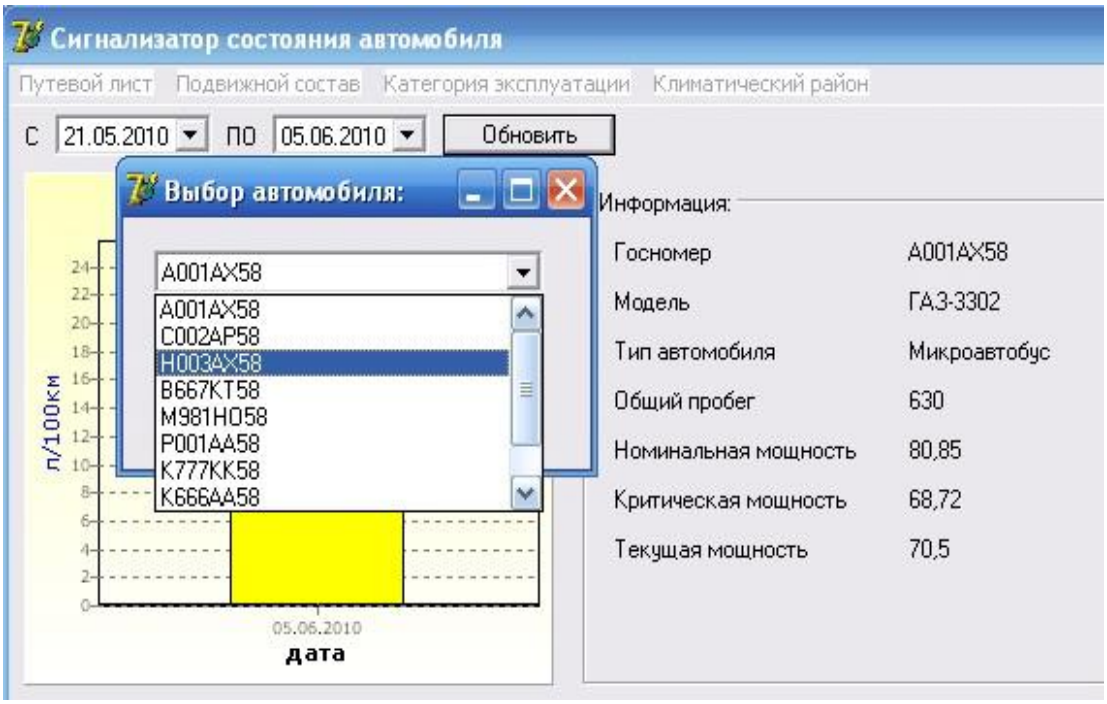

Рис. 2.2 Выбор автомобиля

Затем выбирается категория эксплуатации автотранспортного средства, с помощью вкладки «Категория эксплуатации» (рис. 2.3).

Рис. 2.3 Выбор категории эксплуатации автомобиля

Чтобы программа могла точнее скорректировать наработку до ТО, выбираем климатический район, в котором эксплуатируется автомобиль, с помощью вкладки «Климатический район» (рис. 2.4) .

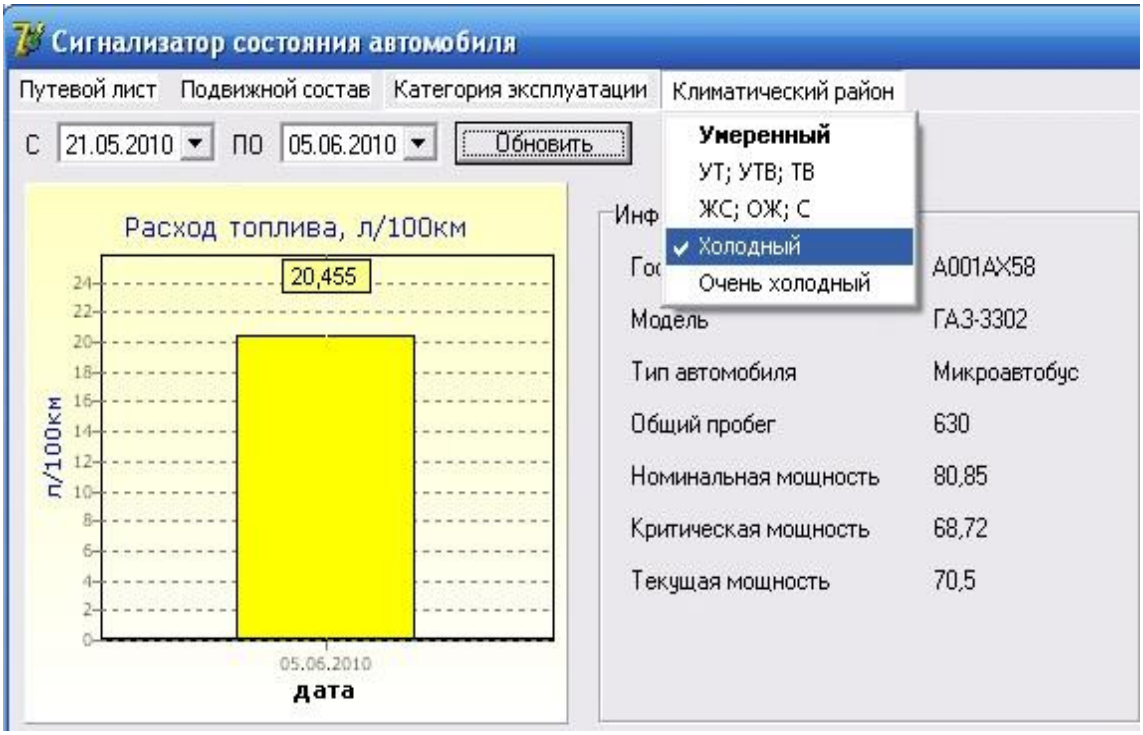

Рис. 2.4 Выбор климатического района

По умолчанию в программе установлены настройки: категория эксплуатации - 1; климатический район – умеренный.

Для обновления графиков и расчета оставшейся наработки до ТО, оператор нажимает клавишу «Обновить», после этого, параметры технического состояния автомобиля выводятся на экран монитора (рис. 2.5) за период в целом и в динамике: по дням, декадам, месяцам.

Сигнализатор состояния автомобиля включает в себя 5 полей диаграмм: «Расход топлива»; «Время работы двигателя»; «Пробег»; «Относительная мощность»; «Наработка до ТО».

На диаграмме «Расход топлива» выводится расход топлива автомобилем на 100 км. Так как с уменьшением относительной мощности автомобиля и износом его агрегатов увеличивается расход топлива, этот параметр поможет нам оценить динамику изменения технического состояния автомобиля.

На диаграмме «Относительная мощность» выводится относительная мощность диагностируемого автомобиля, которая считается по следующей формуле:

$N_{отн.} = N_{изм.}/N_{ном.} \cdot 100\%$

где $N_{отн}$ – относительная мощность автомобиля, %;

$N_{изм.}$ – измеренная мощность автомобиля (с датчиков при диагностировании);

$N_{ном.}$ – номинальная мощность автомобиля (из базы данных программы).

При уменьшении относительной мощности до 85,0%, автомобиль направляется на ТО.

Рис. 2.5 Сигнализатор состояния автомобиля

По диаграмме «Наработка до ТО», оператор может судить о пробеге автомобиля до следующего ТО, значение указывается в километрах.

В базу программы заложены номинальные и критические мощности для каждой модели автомобиля.

Наработка до ТО определяется программой по формуле:

$t = (N_{изм.} - N_{кр.})/(N_{ном.} - N_{кр.}) \cdot L_{ТО} \cdot K_1 \cdot K_3$,

где t – наработка до следующего ТО, км;

$N_{изм.}$ – измеренная мощность автомобиля (с датчиков при диагностики);

$N_{кр}$ – критическая мощность автомобиля (из базы данных программы);

$N_{ном.}$ – номинальная мощность автомобиля (из базы данных программы);

L – нормативный пробег до ТО;

K_1 – коэффициент, учитывающий категорию эксплуатации автотранспортного средства;

K_2 – коэффициент, учитывающий климатические условия эксплуатации автомобиля.

Таким образом, сигнализатор состояния автомобиля способен с относительно высокой точностью определить наработку до возникновения отказа.

2.1.2 Программа оптимизации ТО и ТР

После того, как скорректирована наработка до возникновения отказа, с помощью программы оптимизации ТО и ТР, алгоритм которой изображен на рис. 2.6, анализируется вся информация о предотказных состояниях. Автомобили в зависимости от вида выполняемых операций группируются по постам и участкам ТО и ТР. Программа подсчитывает количество автомобилей на один пост или участок и определяет трудоемкость каждой операции по каждому автомобилю. Затем составляется список с порядком прохождения ТО и ТР, начиная с автомобиля, у которого отказ выявлено предотказное состояние узла, агрегата или системы, влияющего на безопасность автомобили, либо у которого наработка до отказа минимальна.

После составления списком диспетчером проверяется информация о занятости постов и участков ТО и ТР. Если необходимый пост или участок свободен, то первый из списка автомобиль назначается на прохождение ТО. Данная информация доводится до ИТС, которая информирует обслуживающий персонал АТП о необходимых работах.

После завершения всех работ по автомобилю, диспетчер получает отчет и назначает следующий автомобиль из составленного ранее списка.

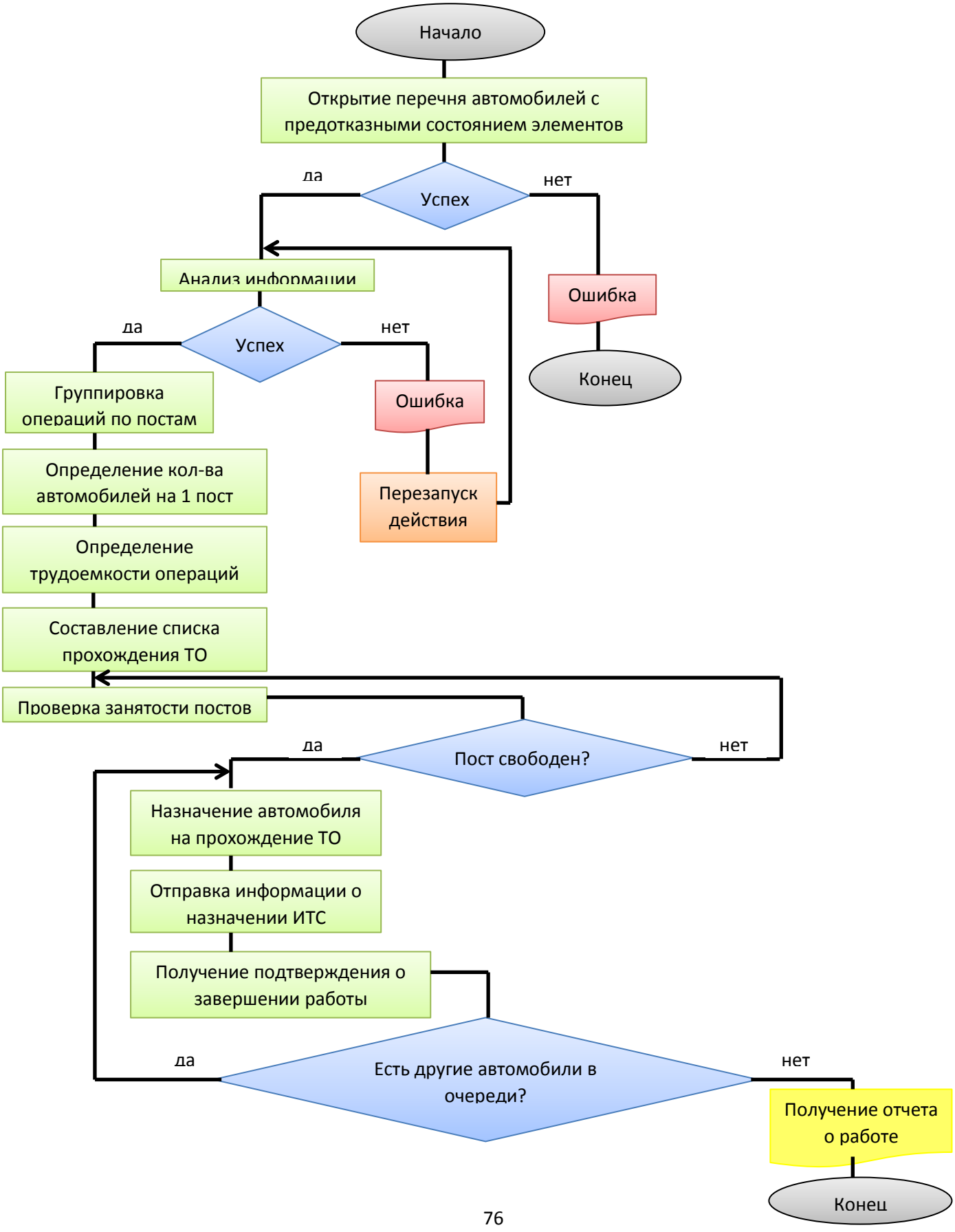
Начало
Открытие перечня автомобилей с предотказными состоянием элементов
да
Успех
нет
Ошибка
Конец
Анализ информации
да
Успех
нет
Группировка операций по постам
Ошибка
Определение кол-ва автомобилей на 1 пост
Перезапуск действия
Определение трудоемкости операций
Составление списка прохождения ТО
Проверка занятости постов
да
Пост свободен?
нет
Назначение автомобиля на прохождение ТО
Отправка информации о назначении ИТС
Получение подтверждения о завершении работы
да
Есть другие автомобили в очереди?
нет
Получение отчета о работе
Конец

Рис. 2.6 Алгоритм программы оптимизации ТО и ТР

2.2. Эффективность применения динамичной системы

Процессы ТО и ТР включают в себя достаточно большое количество различных операций. Так в процесс ЕО входит порядка 10 операций, ТО-1 – 20, ТО-2 – 70…80, СО – 25…30, ТР – 20. Для их выполнения необходимо затратить большое количество материальных и трудовых ресурсов. При применении ВСД большая часть проверочных работ выполняется устройством встроенного диагностирования, что значительно снижает суммарную трудоемкость всех видов ТО и ТР. В таблицах 2.1 и 2.2 представлено сравнение трудоемкости выполнения операций ТО и ТР до применения ВСД и с применением ВСД.

Таблица 2.1

Сравнение трудоемкости операций ТО

Наименование операции	**Разряд работы**	**Трудоемкость, чел.-мин**	
		Фактическая	**При ВСД**
	ЕО		
При необходимости вымыть автомобиль и произвести уборку кабины и платформы	1	14	14
Проверить:			
- состояние привода рулевого			

управления	2	2.9	-
- действие приборов освещения - работу стеклоочистителей и омывателя	1 1	3.8 0.8	- -

Продолжение таблицы 2.1

Слить конденсат из воздушных баллонов тормозной системы	1	3.6	3.6
ТО-1			
Вымыть автомобиль	1	12	12
Проверить исправность тормозной системы	2	7.5	-
Закрепить гайки колес	1	5.5	5.5
Отрегулировать ход штоков тормозных камер	2	9.3	9.3
Слить отстой из фильтров грубой и тонкой очистки топлива	1	7.6	7.6
При температуре ниже +5 градусов С заменить спирт в предохранителе против замерзания	2	4	4
ТО-2			

Вымыть автомобиль, агрегаты и системы, которым проводится обслуживание	1	36	36
ДВС			
Проверить:			
- герметичность системы питания двигателя воздухом	3	18.6	-
- состояние и действие жалюзи радиатора	2	3.4	-
- состояние и действие троса ручного управления подачей топлива	3	12.3	-
- состояние и действие троса останова двигателя	3	9.6	-
- пластины тяги регулятора	3	6.3	-
Закрепить:			
- масляный картер двигателя	1	5.5	5.5
- передние, задние и поддерживающую опоры силового агрегата	2	8.5	8.5
- гайку ротора фильтра центробежной очистки масла	1	0.3	0.3
Отрегулировать:			

- натяжение приводных ремней	1	0.7	0.7
- тепловые зазоры клапанного механизма, предварительно проверив момент затяжки болтов головок цилиндров и гаек стоек коромысел	4	53	53
Сцепление			
Проверить:			
- герметичность привода выключения сцепления	1	1.3	-
- целостность оттяжных пружин педали сцепления и рычага вала вилки выключения сцепления	1	1.2	-
Отрегулировать свободный ход толкателя поршня главного цилиндра привода	3	8.4	8.4

Продолжение таблицы 2.1

Закрепить пневмогидравлический усилитель	1	0.6	0.6
Коробка передач			
Проверить герметичность коробки передач	1	1.7	-
Отрегулировать зазор между			

торцом крышки и ограничителем хода штока клапана управления делителем	2	4.3	4.3
Карданная передача			
Проверить состояние и люфт карданных валов	2	6	3.3
Закрепить фланцы карданных валов	1	3.3	3.3
Ведущие мосты			
Проверить герметичность среднего и заднего мостов	1	1.2	-
Подвеска, рама, колеса			
Проверить:			
- осевой люфт крюка тягово-сцепного устройства	1	3.3	3.3
- шплинтовку пальцев реактивных тяг	1	3.6	-

Продолжение таблицы 2.1

Закрепить:

- стремянки передних и задних рессор	2	9.6	9.6
- болты отъемных ушков передних рессор	1	0.5	0.5
- стяжные болты проушин передних кронштейнов передних рессор	1	1.4	1.4
- стяжные болты задних кронштейнов передних рессор	1	0.5	0.5
- пальцы и верхние кронштейны реактивных штанг	2	5.6	5.6
При необходимости выполнить перестановку колес	2	25	25

Передняя ось, рулевое управление

Проверить:

- проверить шплинтовку гаек шаровых пальцев, крепления сошки рулевого механизма, рычагов поворотных кулаков	1	3.5	3.5
- люфт в шарнирах рулевых тяг	1	2.9	2.9
- люфт в шарнирах карданного вала рулевого управления	1	0.5	0.5
- состояние шкворневых			

соединений	1	1.7	1.7

Продолжение таблицы 2.1

Отрегулировать:			
- схождение передних колес	4	48.3	
- свободный ход рулевого колеса	1	1	48.3
- подшипники ступиц передних колес	3	8.8	1 8.8
Тормоза			
Проверить:			
- работоспособность тормозной системы	3	23.2	-
- шплинтовку пальцев штоков тормозных камер	1	1.1	-
Закрепить тормозные камеры и кронштейны тормозных камер	3	9.5	9.5
Отрегулировать положение тормозной педали относительно пола кабины, обеспечив полный ход рычага тормозного крана	1	1.4	1.4
Электрооборудование			
Проверить:			
- состояние тепловых и плавких предохранителей	2	7.2	-

- исправность электрической цепи датчика засоренности масляного фильтра	2	0.6	-
- проверить состояние электропроводки			
- состояние и надежность крепления соединительных колодок выключателя массы, привода спидометра,	1	3.5	-
	2	6.9	-

Продолжение таблицы 2.1

Закрепить электропровода к выводам стартера	1	0.8	0.8
Отрегулировать направление светового потока фар	2	7	7
Довести до нормы плотность электролита в аккумуляторных батареях	2	6.8	6.8
Кабина, платформа			
Проверить:			
- проверить состояние и действие запорного устройства и ограничителя подъема кабины	1	3	3
- состояние и действие стеклоподъемников дверей кабины	1	4.3	4.3

- состояние и действие замков дверей	1	6.8	6.8
- состояние сидений			
- состояние платформы	1	0.9	0.9
	1	0.6	0.6
Закрепить:			
- рессоры задней опоры кабины и опор рычагов торсионов	2	2.4	2.4
- оси опор рычагов торсионов	2	2.8	2.8
При необходимости отрегулировать механизм опрокидывания кабины	2	6.7	6.7

СО

Продолжение таблицы 2.1

Вымыть автомобиль, агрегаты и системы, которым проводится обслуживание	1	72	72
ДВС			
Закрепить:			
- радиатор	1	0.5	0.5
- насосный агрегат, котел,			

патрубки и впускную трубу предпускового подогревателя	1	1.2	1.2
- фланцы приемных труб глушителя	1	2.5	2.5
Отрегулировать:			
- давление подъема игл форсунок на стенде	5	58.3	58.3
- угол опережения впрыска топлива	4	7.5	7.5
КПП			
Закрепить:			
- рычаги тяг дистанционного привода	2	4.6	4.6
- фланец вторичного вала коробки передач	2	0.4	0.4
Карданная передача			
Проверить люфт в шлицевых соединениях	2	4.3	-
Ведущие мосты, ступицы			

Продолжение таблицы 2.1

Проверить работы механизма блокировки межосевого			

дифференциала	1	1	-
Проверить состояние подшипников ступиц колес	3	12	-
Закрепить редукторы среднего и заднего мостов	2	4.1	4.1
Закрепит гайки фланцев валов ведущих шестерен среднего и заднего мостов	3	45.3	45.3
Подвеска рама			
Проверить состояние рамы	1	1.2	1.2
Проверить люфт в шарнирах реактивных штанг	2	4.1	-
Закрепит кронштейн задней подвески к раме	2	7	7
Закрепить держатель запасного колеса к раме	1	5	5
Тормоза			
Проверить состояние тормозных барабанов, колодок, накладок, стяжных пружин и разжимных кулаков	3	20	-
Закрепит кронштейн воздушных баллонов к раме	2	4	4

Электрооборудование

Продолжение таблицы 2.1

Проверить:			
- состояние АКБ , при необходимости снять батареи для подзарядки или ремонта	2	12.6	-
- напряжение в цепи электропитания	1	1	-
Установить винт переключателя сезонной регулировки регулятора напряжения в соответствие с сезоном	1	0.5	0.5
Кабина, платформа			
Проверить состояние лакокрасочного покрытия, подкрасить	2	61	61
Проверить состояние и крепление крыльев, брызговиков	1	40	40
Проверить работу механизма подрессоривания сиденья			

водителя	2	3.4	3.4
Проверить действие системы отопления и обдува ветровых стекол	1	2.6	-
Закрепить хомуты платформы	1	4.3	4.3
Закрепить кронштейн топливного бака к раме	1	2.2	2.2
Заменить разрушенный участок нижней части уплотнения двери	2	15	15

***** В таблице не представлены смазочно-заправочные работы, но они учитываются при подсчете суммарной трудоемкости ТО и ТР.

Таблица 2.2

Сравнение трудоемкости операций ТР

Наименование операций	**Трудоемкость, чел.-ч./ 1000 км**	
	Фактические	**При применении ВСД**
	Постовые	
Диагностические	0.079	0.0079
Регулировочные	0.079	0.053
Разборочно-сборочные	1.379	1.034
Сварочно-жестяницкие	0.084	0.084

	0.197	0.197
	Участковые	
Агрегатные	0.788	0.693
Слесарно-механические	0.512	0.471
Электротехнические	0.236	0.106
Аккумуляторные	0.039	0.025
Ремонт приборов систем питания	0.158	0.117
Шиномонтажные	0.059	0.059
Вулканизационные	0.0197	0.0197

Продолжение таблицы 2.2

Кузнечно-рессорные	0.118	0.118
Медницкие	0.079	0.079
Сварочные	0.196	0.196
Жестяницкие	0.2	0.2
Арматурные	0.054	0.054
Обойные	0.065	0.065

При применении ВСД снижение трудоемкости происходит:

ЕО – на 16,67%;

ТО-1 – на 6.54%

ТО-2 – на 21,96%;

СО – на 8, 7 %;

ТР – на 17,72% .

2.3. Выводы по конструкторскому разделу

Разработан и предложен информационный блок управления, который позволяет:

- определить время постановки автомобиля на участок обслуживания, что облегчает планирование и организацию ТО и ТР;
- объединить операции в группы и виды ТО и ТР;
- определить трудоемкости ТО и ТР;
- оценить материальные затраты на каждый вид ТО и ТР автомобилей.

Применение ВСД позволит значительно снизить трудоемкость выполнения операций технического обслуживания и текущего ремонта.

3. Экономический раздел

3.1. Исходные данные для расчета

Обоснованием целесообразности внедрения различных технических систем, в том числе и систем диагностирования, является экономическая оценка суммарного эффекта, определяемого снижением затрат на эксплуатацию и дополнительными затратами на систему объективной инструментальной оценки состояния в любой момент эксплуатации.

Расчет экономической эффективности производился для случая внедрения СТДД, в составе которой находится персональная ЭВМ по сравнению с отсутствием процессов диагностирования в АПТ малой мощности (10 автомобилей).

Ожидаемый годовой эффект от внедрения диагностирования дизелей можно определить по формуле:

$$Э_г = (C_1 – C_2) – А_{кап} * К, \quad (4.1)$$

где С1 и С2 – затраты на содержание автомобилей соответственно до и после внедрения диагностирования;

$А_{кап}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($А_{кап} = 0,15$);

К – капитальные затраты на приобретение диагностического оборудования.

Снижение затрат на эксплуатацию автомобилей при внедрении системы диагностирования дизелей достигается за счет снижения эксплутационного расхода топлива, трудоемкости ТО и ТР двигателя, сокращения затрат на запасные части и материалы и сокращения потерь транспортной работы из-за раннего возврата с линии и опоздания с выездом на линию. Исходные данные для расчета экономической эффективности представлены в табл. 4.1.

Расчеты производились из расчета работы предприятия в условиях умеренной климатической зоны, и автомобилей модели КамАЗ-5320.

Годовые затраты на топливо рассчитывались исходя из годового пробега, линейных норм расхода топлива на единицу пробега, транспортной работы и стоимости дизельного топлива.

Таблица 4.1

Исходные данные расчета экономической эффективности внедрения СТДД

№ п.п.	Наименование показателя	Значения показателей	
		До внедрения	После внедрения
1	2	3	4
1	Списочное количество автомобилей, шт	50	50
2	Годовой пробег автомобилей, тыс. км	50	50
3	Годовые затраты на топливо, руб.	8305000	8221950
4	Трудовые затраты на ТО и Р двигателей, чел.-ч./(авт. год.)	80,5	76,5
5	Трудоемкость диагностирования, чел.-ч./(авт. год.)	-	2,52
6	Затраты на запасные части и материалы, руб./(авт. год.)	500	485

Продолжение таблицы 4.1

7	Вероятность раннего возврата с линии	0,12	0,06
8	Вероятность опоздания с выездом на линию	0,11	0,05
9	Время возврата с линии, ч	1	1
10	Время опоздания с выездом на линию, ч	1	1
11	Средняя прибыль за один час	50	50

	работы автомобиля, руб./(авт. час.)		
12	Стоимость оборудования, руб.	-	25000

Примечание: * - в стоимость включена персональная ЭВМ (18000 руб.)

3.2. Оценка экономической эффективности внедрения динамичной системы ТО и ТР

Снижение среднего эксплуатационного расхода топлива за счет улучшения технического состояния двигателя в результате внедрения диагностирования принимается в размере 1%.

Трудовые затраты на ТО и Р двигателей исходя из пооперационных нормативов трудоемкости на техническое обслуживание. Снижение трудоемкости ТО и ТР достигается за счет исключения напрасных трудовых затрат, на

демонтажно-монтажные операции исправных узлов и агрегатов, имеющие место при планово-предупредительной системе ТО и ТР ПС автомобильного транспорта, а также за счет применения диагностического комплекса для некоторых видов регулировки системы питания.

Годовая экономия от снижения ТО и Р определялась по формуле:

$$Э_Т = (Т_{ТОиТР} – Т^*_{ТОиТР} - Тд) * q_{р,} \qquad (4.2)$$

где $Т_{ТОиТР} – Т^*_{ТОиТР}$ – годовая трудоемкость ТО и Р соответственно до и после внедрения диагностирования чел.-ч.;

$Т_Д$ – годовая трудоемкость диагностирования внедряемым оборудованием чел.-ч.;

q_p – тарифная ставка ремонтного рабочего, руб/чел.-ч.

Снижение затрат на запасные части и материалы за счет повышения эксплуатационной надежности в результате внедрения системы диагностирования дизелей принято по данным работы 1%.

Экономия за счет сокращения потерь транспортной работы из-за раннего возврата с линии и опоздания с выездом на линию определялась как:

$$Э_{рв} = q * (Р_{рв} * t_{рв} + Р_{оп} * t_{оп}), \qquad (4.3)$$

где $Р_{рв}$ и $Р_{оп}$ – соответственно вероятности раннего возврата и опоздания с выездом на линию;

$t_{рв}$ и $t_{оп}$ – соответственно, время раннего возврата и опоздания с выездом на линию,час.;

q – средняя прибыль за один час работы автомобиля, руб.

Эксплуатационные расходы, связанные с содержанием внедряемого оборудования можно определить:

$C_{экспл.об} = N_{об} * E_A + C_{экспл}$, (4.4)

где $N_{об} * E_A$ – амортизационные отчисления, определяемые как произведение стоимости оборудования $N_{об}$ на коэффициент амортизационных отчислений, принимаем, $E_A = 0,15$;

$C_{эу}$ – эксплуатационные затраты: электроэнергия, ТО и ремонт оборудования, принимаем десять процентов от стоимости оборудования $0,1 N_{об}$.

Результаты расчета экономической эффективности внедрения СТДД сведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Результаты расчета экономической эффективности внедрения системы технического диагностирования дизелей

№пп	**Наименование показателей**	**Величина показателя**
1	2	3
1	Капитальные затраты на диагностическое оборудование, руб.	25000
2	Затраты на эксплуатацию оборудования, руб./год.	6250

	Всего	31250
3	Годовая экономия затрат на топливо, руб./год.	83050
4	Годовая экономия затрат от сокращения трудоемкости ТО и Р, руб./год.	1505,4
5	Годовая экономия затрат на запасные части и материалы, руб/год.	2500
6	Годовая экономия затрат от сокращения потерь транспортной работы, руб./год.	300
	Всего:	87355,4
7	Экономический эффект от внедрения динамичной системы ТО, руб./год.	52355,4
8	Срок окупаемости, лет.	0,477

Анализ результатов расчета показывает высокую экономическую эффективность внедрения системы технического диагностирования дизелей даже на небольших предприятиях, что подтверждает небольшим сроком окупаемости проекта.

Заключение

В данном дипломном проекте был проведен анализ методов группировки операций ТО и ТР, выявлены достоинства и недостатки каждого из методов.

Произведено сочетание методов для наиболее эффективного использования ресурса автомобиля, выявлены несочетаемые. На основе сочетания таких методов группировки операций ТО и ТР, как динамичный, по стержневым операциям, технико-экономический, экономико-вероятностный и естественный предложен универсальный метод

группировки операций ТО и ТР со встроенным диагностированием для выявления оптимальной периодичности группы операций с учетом минимизации удельных суммарных затрат и выявления оптимальной периодичности не превышающей предельно допустимого значения. Предлагаемый метод позволит оперативно проводить группировку операций, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии.

Проведен анализ существующих систем ТО и ТР, выявлены их достоинства и недостатки.

Предложена динамичная система ТО и ТР со встроенным диагностированием, в которой периодичность технического обслуживания будет величиной динамичной и зависит от момента достижения агрегатом, системой или деталью допустимого значения параметра состояния.

Разработан и предложен информационный блок управления, который позволяет:

- определить время постановки автомобиля на участок обслуживания, что облегчает планирование и организацию ТО и ТР;

- объединить операции в группы и виды ТО и ТР;

- определить трудоемкости ТО и ТР;

- оценить материальные затраты на каждый вид ТО и ТР автомобилей.

Проведен анализ экономической эффективности элементов целевой функции динамичной системы ТО и ТР. Анализ результатов расчета показывает высокую экономическую эффективность внедрения динамичной системы ТО и ТР даже на небольших предприятиях, что подтверждает небольшим сроком окупаемости проекта.

Список использованной литературы

1. Боровский А Н., Программирование в Delphi 2005 старт [Текст] – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 448 с.

2. Иванов А.С., Ляненбурский В.В., Левин А.В., Ковлягин Н.Б. Сигнализатор уровня энергосбережения на АТП. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Материалы I международной научно-технической конференции. – Пенза, 2000. Часть II. С. 51-56.

3. Лянденбурский В.В., Назаров В.И. Комбинированная система технического обслуживания автомобилей. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Материалы III международной научно-технической конференции. – Пенза, 2004. Часть II. С. 47-49

4. Лянденбурский, В.В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей /моногр./ В.В. Лянденбурский, – Пенза: ПГУАС, 2010. – 112 с.

5. Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей: Справ. Пособие. / А.М. Харазов, – М., Высш. Шк., 1990, 208 с.

6. Лянденбурский В.В., Родионов Ю.В., Иванов А.С., Симанчев Д.А. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии. Мир транспорта и технологических машин № 4. – Орел, 2010. С. 20-26.

7. Лянденбурский, В.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Диагностирование автомобилей: учеб. пособие / В.В. Лянденбурский, А.А. Карташов, А.С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 288 с.

8. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.С. Кузнецова. – М.: Транспорт , 2003. – 413 с.

9. Аринин И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей. – М.: Транспорт, 1978. – 176 с.

10. Данов Б.А., Рогачев В.Д. Электронные приборы автомобилей, - М., Транспорт, 1992, 77с.

11. Долматинский Ю.А. Автомобиль за 100 лет, - М., Знание, 1986, 235с.

12. Техническая эксплуатация автомобилей,: Учебник для вузов, 4-е изд., перераб. и доплн./Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.- М., Наука, 2001, 535с.

12. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта/ М-во автомоб. трансп. РСФСР. – М., Транспорт, 1988, 78с.

13. Техническая эксплуатация автомобилей/Под ред. Г.В. Краморенко. – М., Транспорт, 1983, 488с.

14.Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Пособие по дипломному проектированию/ Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – М., Транспорт, 1991, 159с.

15. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. – М., Высшая школа, 1994, 671с.

16. Волкова Н.А. Экономическое обоснование дипломных проектов: Учебно – методическое пособие Пензенской ГСХА. – Пенза, 1997, 139с.

17. Гузенков П.Г. Детали машин: Учебное пособие для студентов втузов. – М., Высшая школа, 1982, 351с.

18. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов – 4-е издание, М., Машиностроение, 1989, 496с.

19. Краткий автомобильный справочник ГосНИИ автомобильного транспорта 8-е издание переработанное и дополненное, - М., Транспорт, 1979, 464с.Положение о ТО.

20. Булычев А.Л. Теоретические основы электроники, М., Энергоформат, 1987.

21. Единый тарифно – квалификационный справочник работ и профессий рабочих, выпуск части 1,2 – М., Экономика, 1990.

22. Автомобильные электронные системы; Под ред. Ю.М. Галкина – М., Машиностроение, 1982, 142с.

23. Боровских Ю.И. Автомобильные контрольно – измерительные приборы, - М., Транспорт, 1976, 192с.

24. Буна Бела Электроника на автомобиле, - М., Транспорт, 1979, 192с.

25. Есеновский- Лашков Ю.К. Электроника автомобильных систем управления, - М., Машиностроение, 1987, 198с.

26. Автомобили МАЗ: вопросы и ответы/ П.С. Яресько и др. – М., Транспорт, 1989, 286с.

27. Жомиру В.Н., Амарией В.И. Справочник по диагностике технического состояния автомобиля, - Кишинев, 1989, 226с.

28. Ветлицкий В.Н. и др. Бортовые автономные системы управления автомобилем, - М., Транспорт, 1984, 189с.

29. Литвиненко В.В. Электрооборудование легковых автомобилей: диагностика и устранение неисправности, - 2-е изд. – М., Информавто, 1995, 48с.

30. Акимов С.В. и др. Электрическое и электронное оборудование автомобиля, - М., Машиностроение, 1988, 276с.

31. Современные грузовые автотранспортные средства. Справочник, -М., Транспорт, 1997, 536с.

32. Гируцкий О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля, - М., Транспорт, 2000.

33. Техническая эксплуатация автомобилей. Методические указания к курсовому проектированию, - Пенза., ПГАСА, 2001, 27с.

34. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. Учебное пособие – 8-е изд. - М., Высшая школа, 1998, 368с.

35. Справочник для студентов: Высшая математика, Физика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов/ А.Д. Полянин, В.Д. Полянин. – М., ООО «Издательство Астрель», 2000, 480с.

36. Журналы: «За рулем» 1995,1996,1997,1998,1999,2000,2001 годов выпуска.

37. Журналы: «Автомобильная промышленность» 1996,1997,1998,1999 годов выпуска.

38. Журналы: «Автомобильный транспорт» 1997,1998,1999,2000 годов выпуска.

39. Справочник по охране труда на автомобильном транспорте. Под ред. Венгерова И.А., М.,1996, 219с.

40. Правила по охране труда на автомобильном транспорте., М., «Информационное научно – производственное агентство», 1997, 207с.

41. Автомобильные двигатели. Под ред. М. С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.

42. Аксельрод Д. И. Поэлементное диагностирование топливной аппаратуры высокого давления дизельных двигателей: Тр./МАДИ, техническая эксплуатация автомобилей, 1980. С. 21-26.

43. Астахов И.В., Трусов В.И., Хачиян А.С. и др. Подача и распыливаниетоплива в дизелях. – М., Машиностроение, 1971. –359 с.

44. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", Минздрав России, Москва 2003.

45. СанПин 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности» (в редакции дополнений от 20.01.2011).