



Санкт-петербургский горный университет императрицы
Екатерины II

**Методы удаленного контроля и прогнозирования
технического состояния транспортных средств в
условиях Арктики**



Аспирант кафедры ТТПиМ:
Сорокин К.В
Студент кафедры ТТПиМ:
Набиев А.Р.
Научный руководитель:
профессор, д. т.н.
Сафиуллин Р.Н.

Кафедра транспортно-технологических
процессов и машин

Актуальность исследования

Суровая климатическая обстановка, удалённость инфраструктуры и экстремальные нагрузки на человека делают традиционные методы транспортировки сложными и опасными. В таких условиях Арктики беспилотные транспортные средства (БТС) являются одним из вариантов решения существующих проблем, так как автономные системы могут стать эффективным решением для логистики, мониторинга и выполнения других задач.

Однако их использование требует особого внимания к техническому состоянию и надёжности.

Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021г. № 3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период 2035», Постановление Правительства РФ от 20.12.2017г. № 1596 «Об утверждении государственной программы РФ “Развитие транспортной системы”, Национальный проект «Безопасные и качественные дороги», Указ Президента РФ №642 от 01.01.2016г. «О стратегии научно-технологического развития РФ»,
ПРОЕКТ ФЗ «О высокоавтоматизированных транспортных средствах»

Направления развития технологий в сфере автомобильного транспорта в РФ:

- Переход к передовым цифровым, интеллектуальным технологиям, отслеживающим техническое состояние агрегатов транспортных средств;
- Внедрение в эксплуатацию высокоавтоматизированных ТС;
- Создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных.

Значимость развития технологий на автомобильном транспорте для регионов Арктики:

- Интеллектуальные системы удаленной диагностики позволяют на раннем этапе выявлять неисправности, влияющие на безопасность ТС;
- В условиях холодного сурового климата к ТС предъявляются повышенные требования по безотказности;
- Отсутствие избытка станций технического обслуживания для ТС;
- Снижение простоев ТС за счет заблаговременного выявления неисправностей и уменьшения времени ожидания запасных частей.

Перспективы развития транспортного сектора:

- использование беспилотных ТС,
- внедрение интеллектуальной транспортной системы;
- внедрение удаленной диагностики ТС,
- увеличение пропускной способности,
- повышение безопасности дорожного движения,
- сохранность дорог,
- снижение негативного воздействия на окружающую среду.

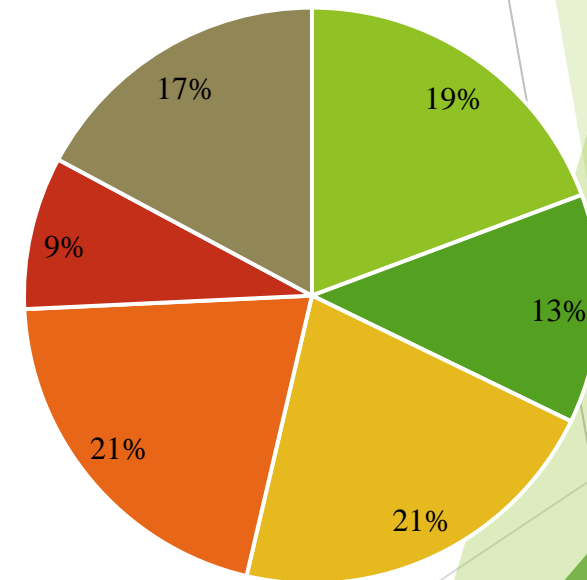
Внедрение интеллектуальных технологий в системы удаленного контроля и прогнозирования технического состояния транспортных средств в Арктике

Анализ безотказности транспортных средств

Год	2022			
Наименование причины отказа	БелАЗ-7555		КамАЗ-65111	
	Общее количество отказов	Часы простоя на 1 ед. транспорта	Общее количество отказов	Часы простоя на 1 ед. транспорта
Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)	135	220	142	246
Электрооборудование	117	32	102	37
Гидросистема	191	42	17	36
Ходовая часть	657	147	752	138

Процент выхода из строя систем и механизмов ДВС

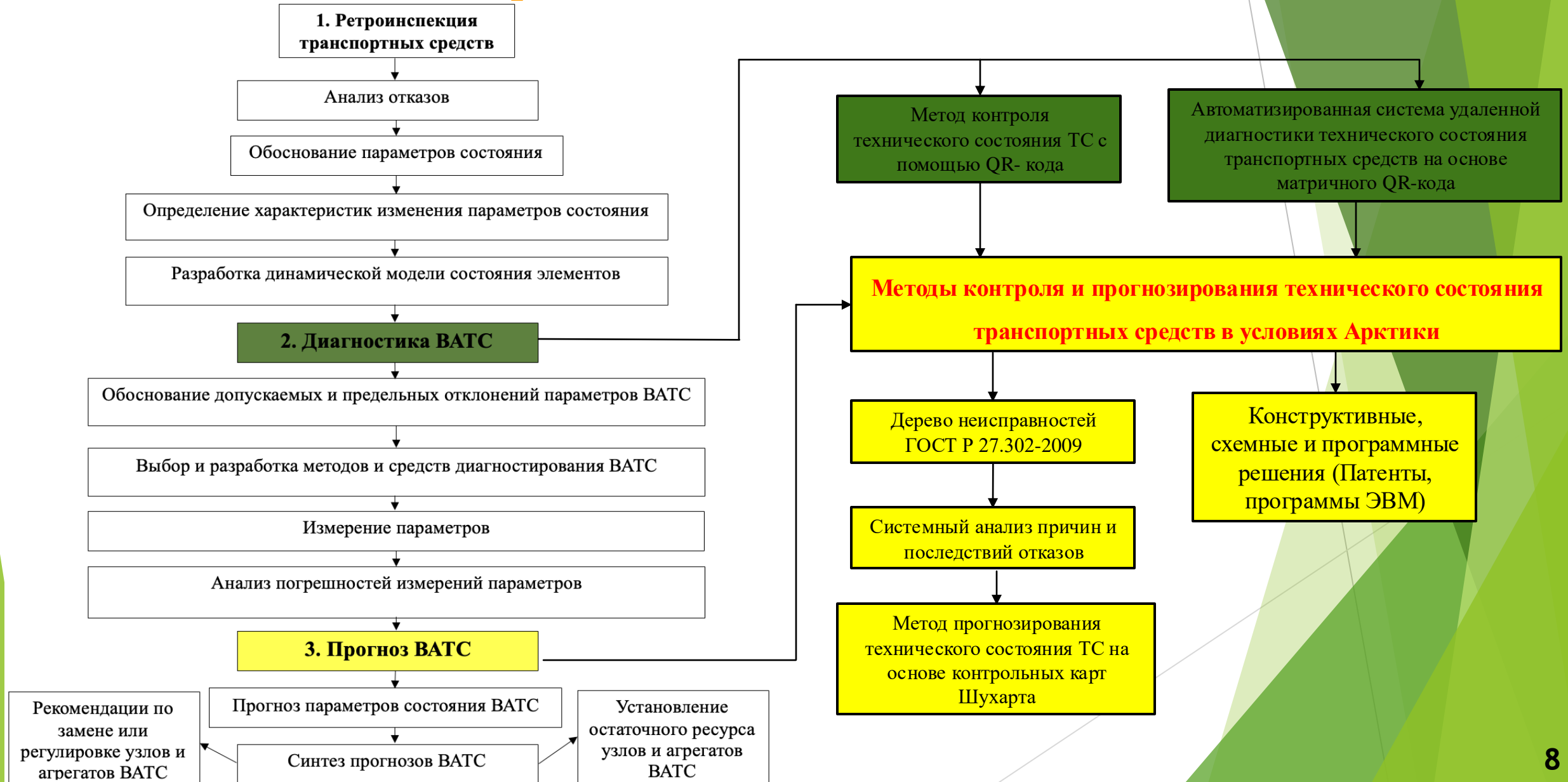
- Система зажигания
- Система питания
- Система смазки
- Система охлаждения
- КШМ
- ГРМ



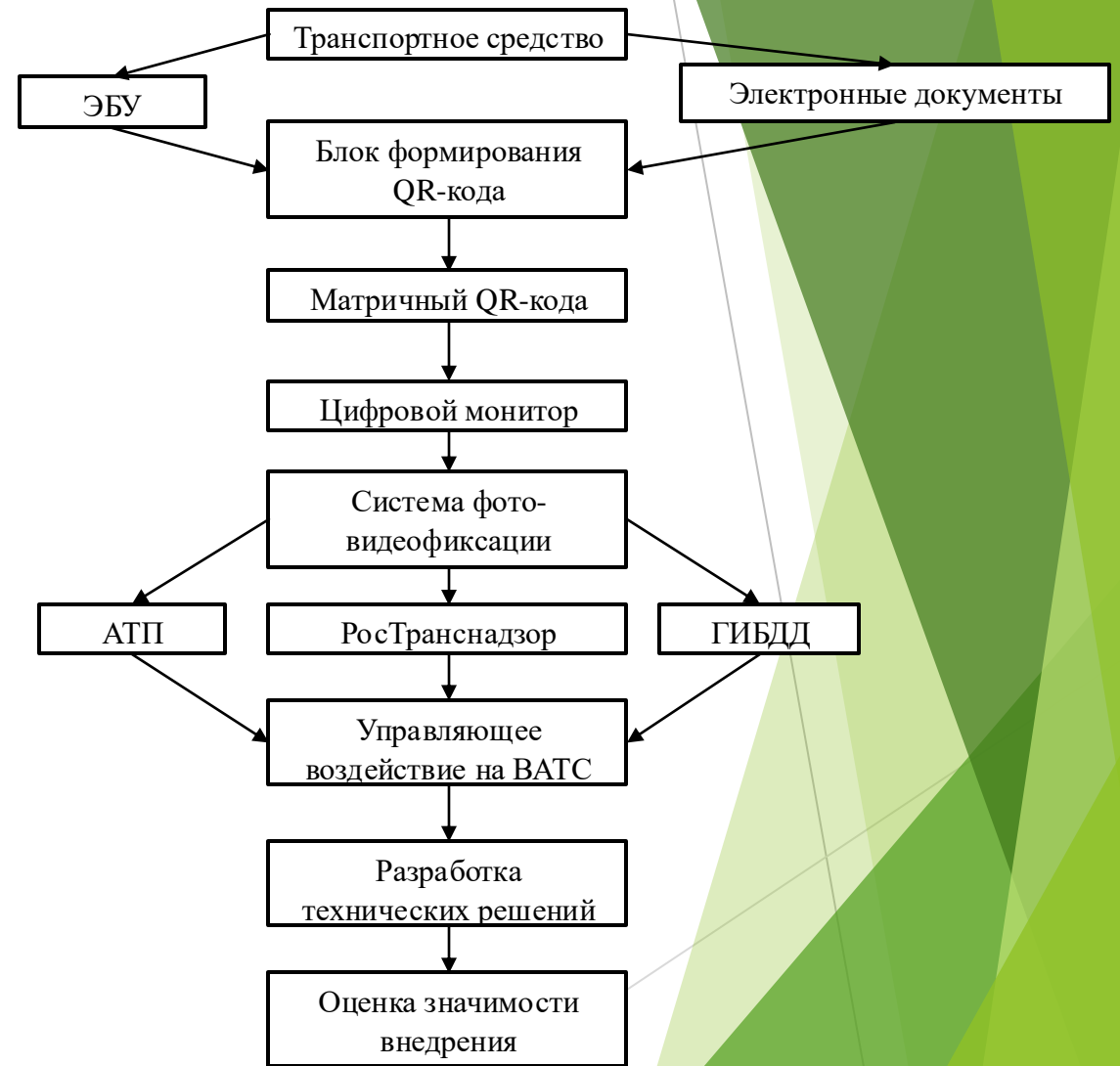
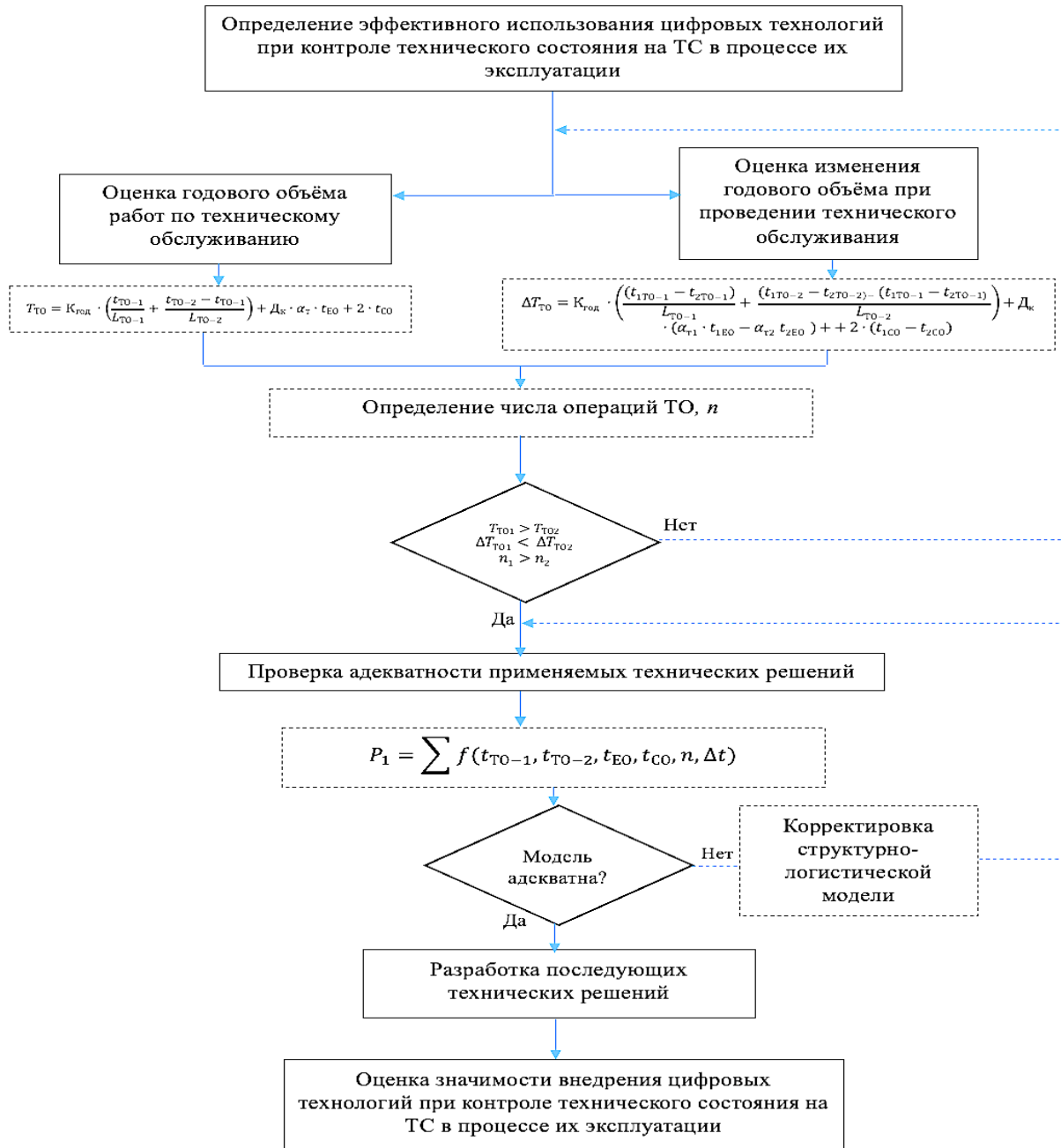
Модель адаптивного интеллектуального транспортного средства



Модель исследования эффективного использования интеллектуальных систем контроля технического состояния ВАТС



Метод удаленного контроля технического состояния ВАТС



Метод прогнозирования технического состояния ВАТС на основе карт Шухарта

Контрольные карты Шухарта позволяют:

1. Производить мониторинг и выявлять исключительные и аномальные значения данных в конкретный момент времени;
2. Предотвращать возникновение ошибок;
3. Сократить время, необходимое на обработку данных.

Относительный прирост среднего значения диагностического параметра

$$D = \frac{X_{cp}(t) \cdot X_{cp}(t-2)}{X_{cp}^2(t-1)}$$

где $X_{cp}(t)$ – среднее значение диагностического параметра в соответствующий момент контроля.

Динамику изменения деградации ресурсного элемента ΔP_i

$$\Delta P_i = P_{cpi}(t) - P_{cpi}(t-1)$$

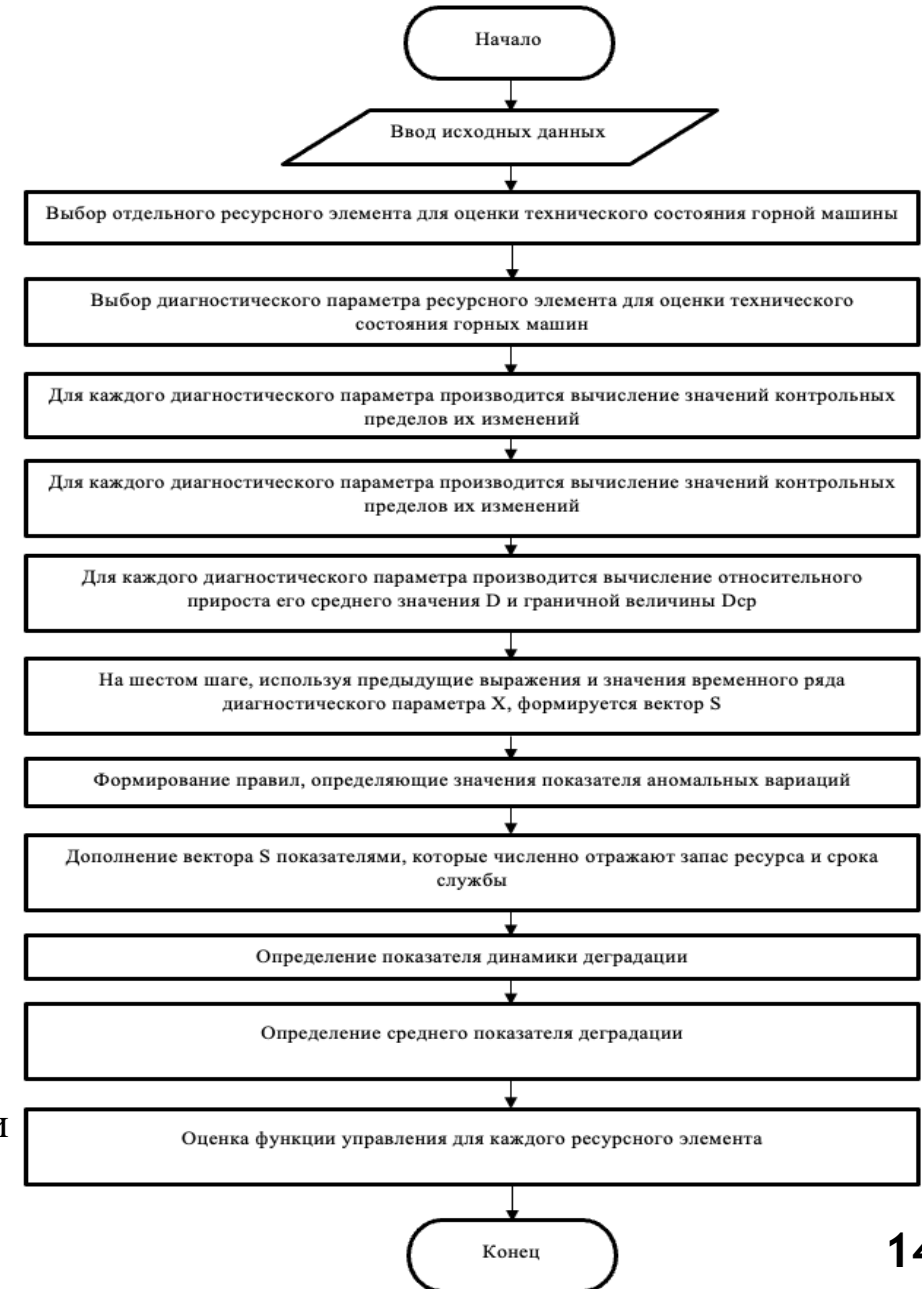
Относительный прирост среднего значения диагностического параметра

$$D_{cp} = \frac{1}{3} \left(\frac{2X_{cp}(t)}{X_{cp}(t-1)} + \frac{X_{cp}(t-1)}{X_{cp}(t-2)} \right)$$

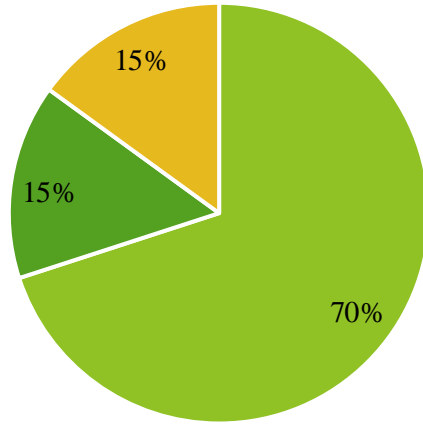
Средний показатель деградации $P_{cpi}(t)$

$$P_{cpi}(t) = \frac{\sum_{k=1}^K P_k(t)}{K}$$

где P - показатель динамики деградации этих диагностических параметров;
 K – перечень диагностических параметров .



Результаты теоретических исследований определения технического состояния системы смазки



- Потери на трение цилиндро-поршневой группы
- Насосные потери
- Потери на привод вспомогательных агрегатов

Потери на трение в механизмах являются основным компонентом механических потерь и составляют 60...72% общей суммы

Кинематическая вязкость

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

где μ – динамический коэффициент вязкости, Н·с/м²;
 ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Сила трения при гидродинамическом режиме смазывания

$$\rho_{\text{тр}} = \mu F \frac{W_0}{\delta_M}$$

где μ – вязкость смазочного материала, Н·с/м²;
 F – площадью контакта сопряженных деталей, м²;
 W_0 – относительная скорость сопряженных деталей, м/с;
 δ_M – толщина масляного слоя (равна зазору в парах трения), м.

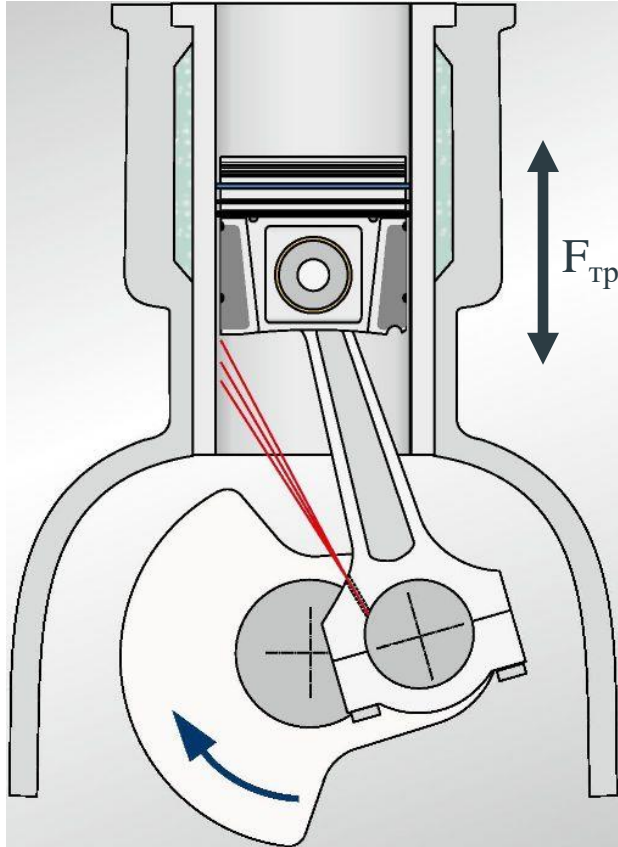
Зазор масляного слоя

$$\delta_M = \frac{C_{\text{п}} \mu}{P}$$

где $C_{\text{п}}$ – скорость, развиваемая поршнем, м/с;
 P – одна из составляющих силы, которая действует на поршневое кольцо, перпендикулярная поверхности зеркала цилиндра, Н.

$$P_M = f(\nu, \delta_M, \rho_{\text{тр}})$$

Результаты теоретических исследований по определению технического состояния системы смазки



Сила трения
поршневого кольца

$$P_{пкj} = A_{пк} Dh_{кj} (\mu n)^{0.5} p^{n_1}$$

где $A_{пк}$ – постоянный коэффициент;
 $Dh_{кj}$ – диаметр цилиндра и высота поршневого кольца, м;
 n – частота вращения коленчатого вала, мин-1;
 p – средняя удельная нагрузка на поршневое кольцо, Н/м²;
 n_1 – показатель степени удельной нагрузки.

$$P_M \rightarrow \min$$

Сила трения нескольких поршневых колец

$$P_n = P_{пкj} n$$

где $P_{пкj}$ – сила трения поршневого кольца.

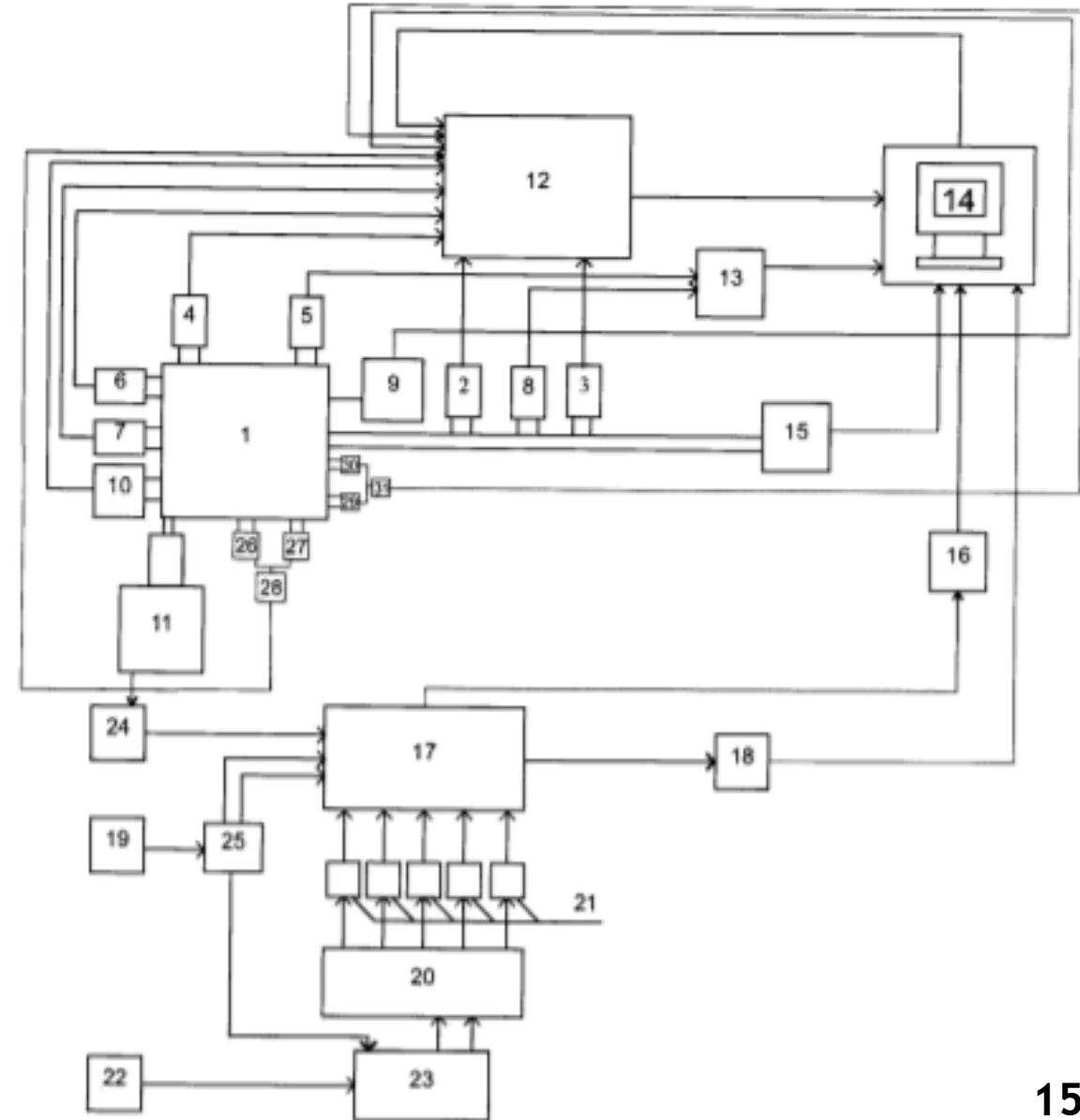
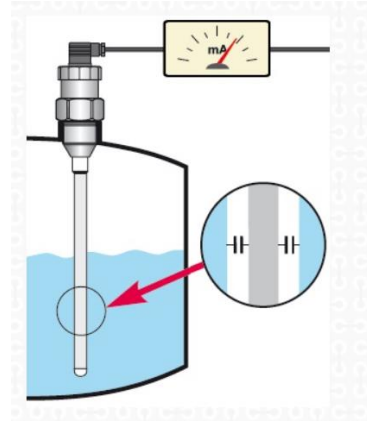
Выражение для приближенной оценки механических потерь

$$P_M = A + BC_T$$

где A , B – некоторые постоянные коэффициенты;

C_T – средняя скорость, развиваемая поршнем, м/с.

Имитационная система контроля качества моторного масла транспортных средств



Отличительная особенность данного изобретения: 29 - датчик температуры моторного масла; 30 - датчик контроля качества моторного масла; 31 - электронный блок оценки результатов

Метод управления вторичным напряжением системы зажигания энергетических установок транспортных средств

Ток разрыва

$$I_p = \frac{U}{R_1} \left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1} * t} \right)$$

Где U – напряжение бортовой сети автомобиля; R_1 – активное сопротивление первичной цепи; L_1 – индуктивная первичной обмотки, t – время.

Вторичное напряжение катушки

$$U_{2max} = I_p \sqrt{\frac{L_1}{C_1 \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 + C_2}}$$

где W_1, W_2 – число витков в первичной и вторичной обмотке катушки;
 L – индуктивность катушки,
 C_1, C_2 – ёмкости первичной и вторичной обмоток

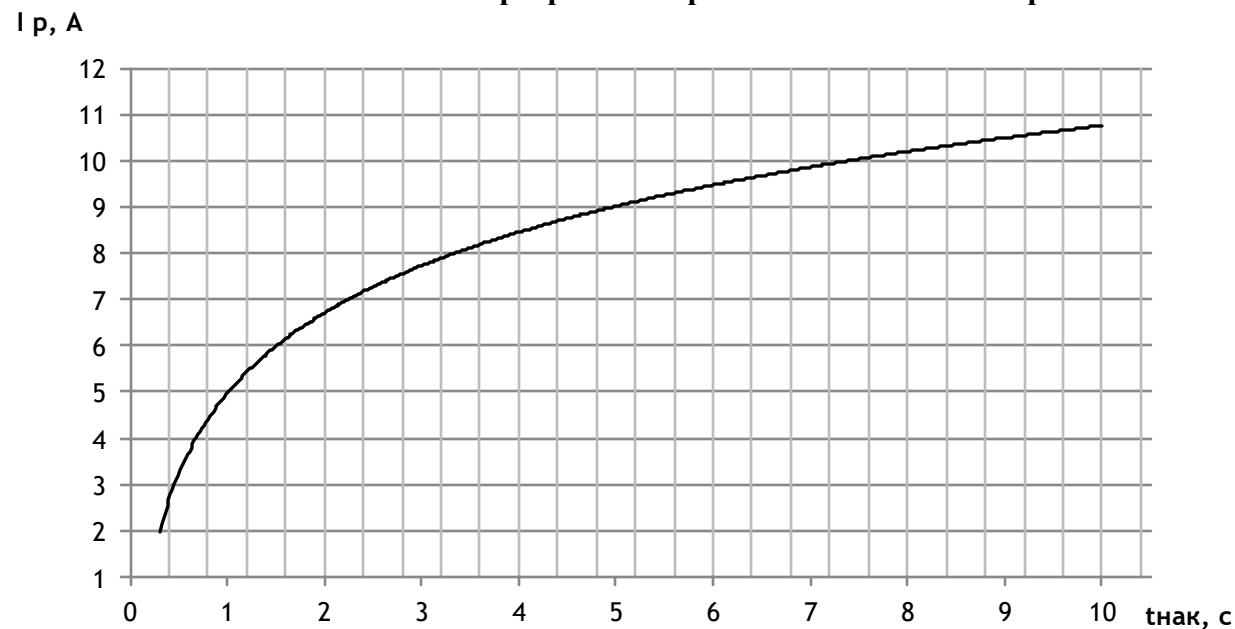
$$U_2 = I_p \cdot k_{тр} \cdot k_{св} \cdot k_y$$

где $k_{тр}$ – коэффициент трансформации катушки зажигания, $k_{св}$ – коэффициент магнитной связи между первичной и вторичной обмотками катушки зажигания, k_y – коэффициент уменьшения тока разрыва, учитывающий потери энергии в транзисторе при его запирации



Автоматизированный комплекс управления накоплением энергии в системе зажигания транспортного средства

Зависимость тока разрыва от времени накопления энергии

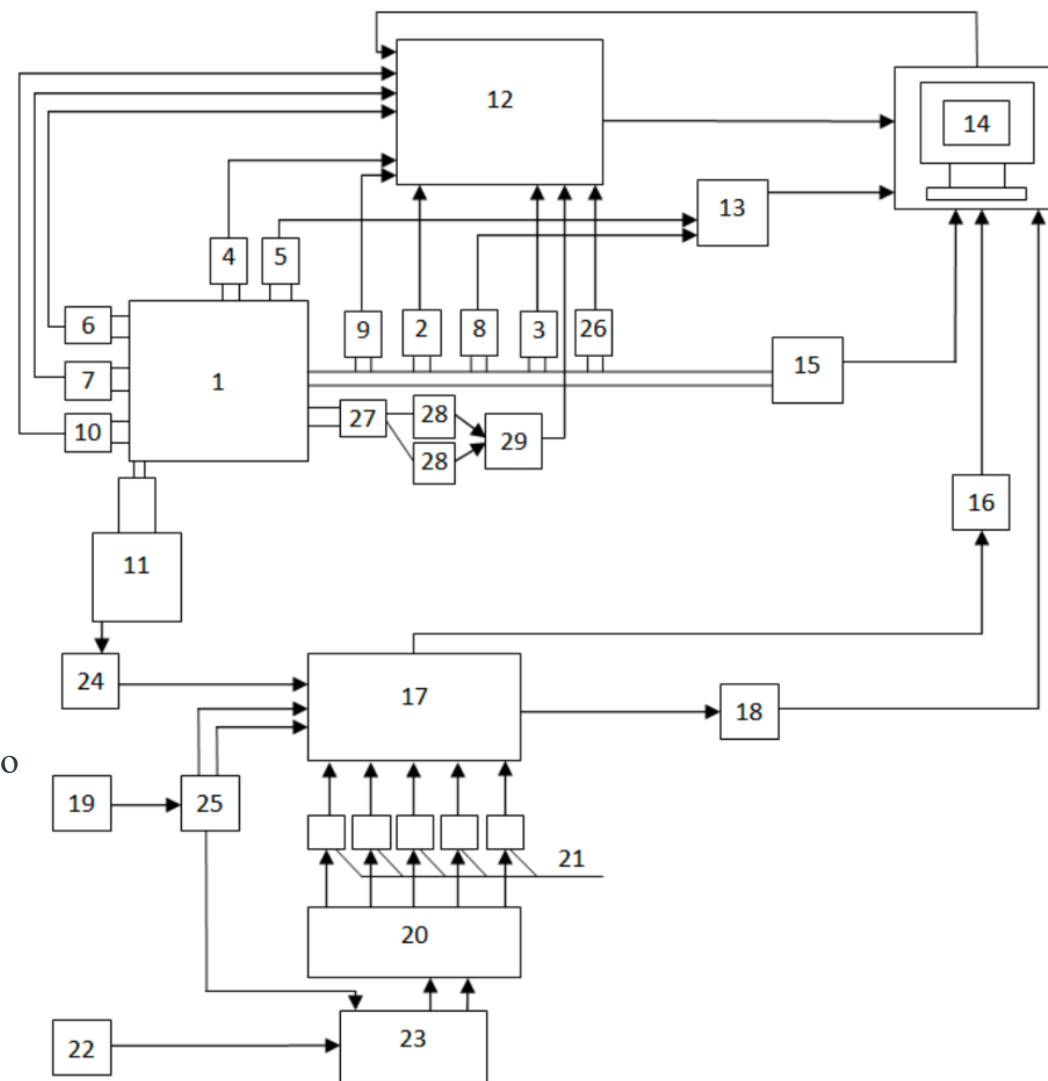


Напряжение вторичной обмотки связано с током разрыва следующей формулой:

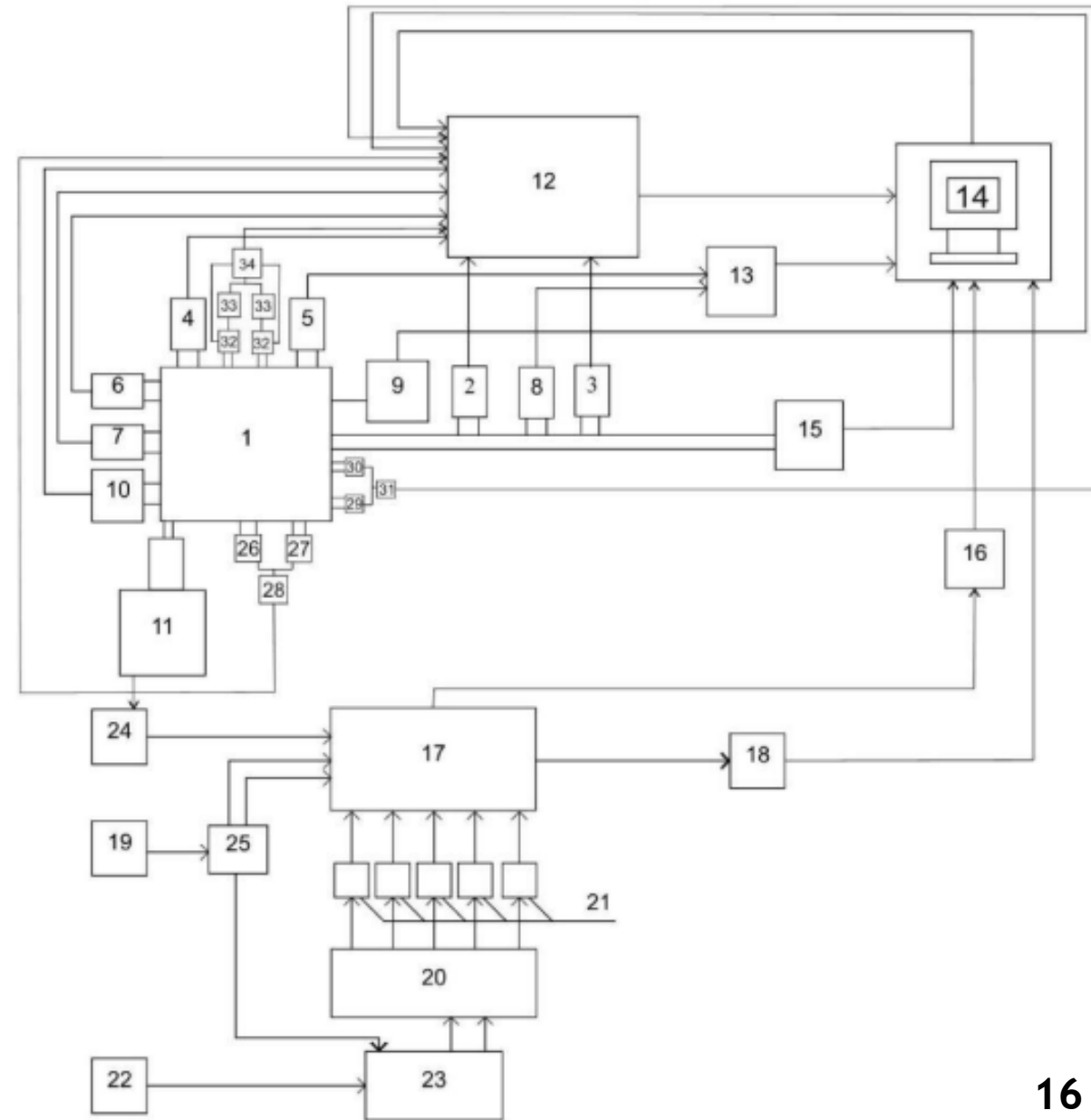
$$U_2 = I_p \cdot k_{тр} \cdot k_{св} \cdot k_y$$

где $k_{тр}$ - коэффициент трансформации катушки зажигания, $k_{св}$ - коэффициент магнитной связи между первичной и вторичной обмотками катушки зажигания, k_y - коэффициент уменьшения тока разрыва, учитывающий потери энергии в транзисторе при его заперении.

В данную систему дополнительно внедрены: свеча зажигания (27); катушка зажигания (28); блок обработки данных (29)

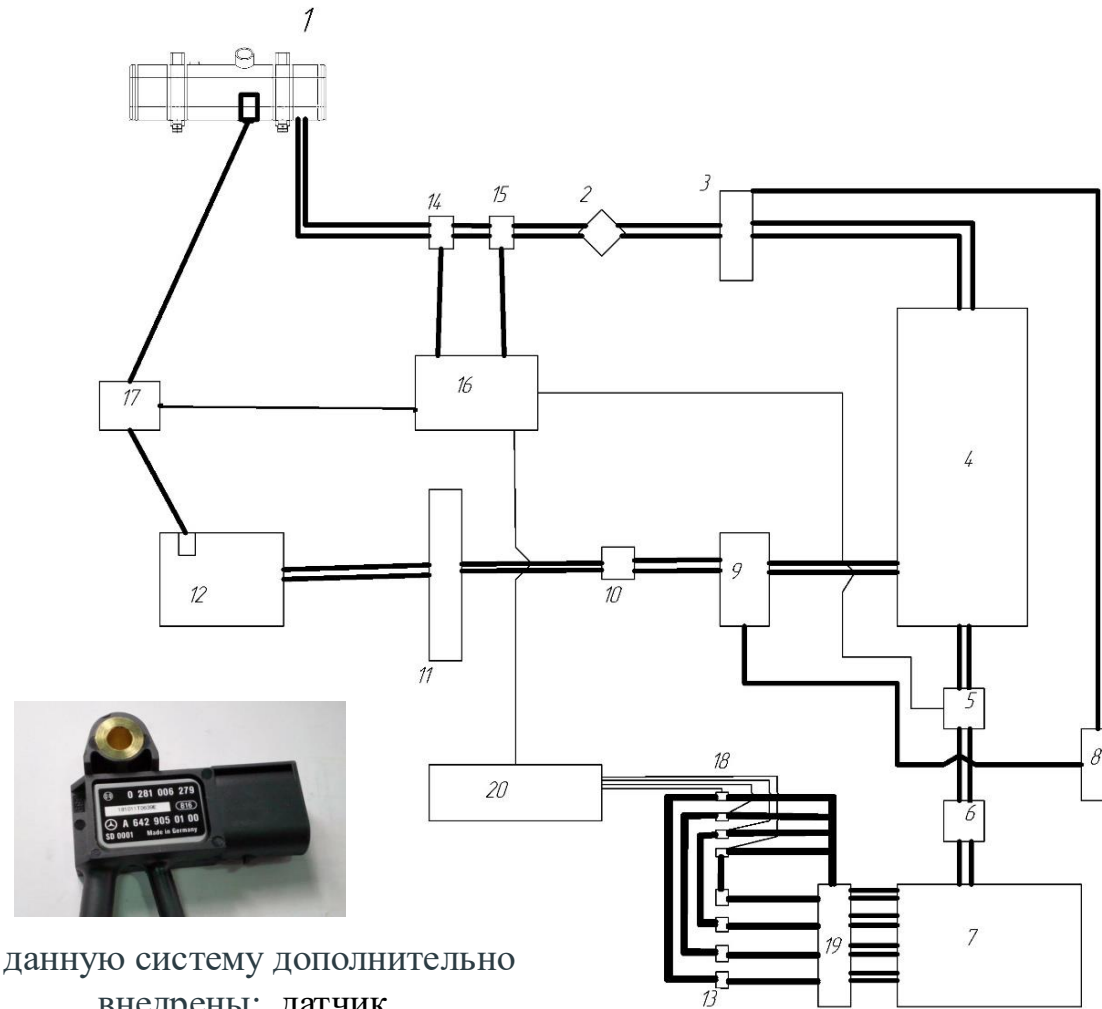
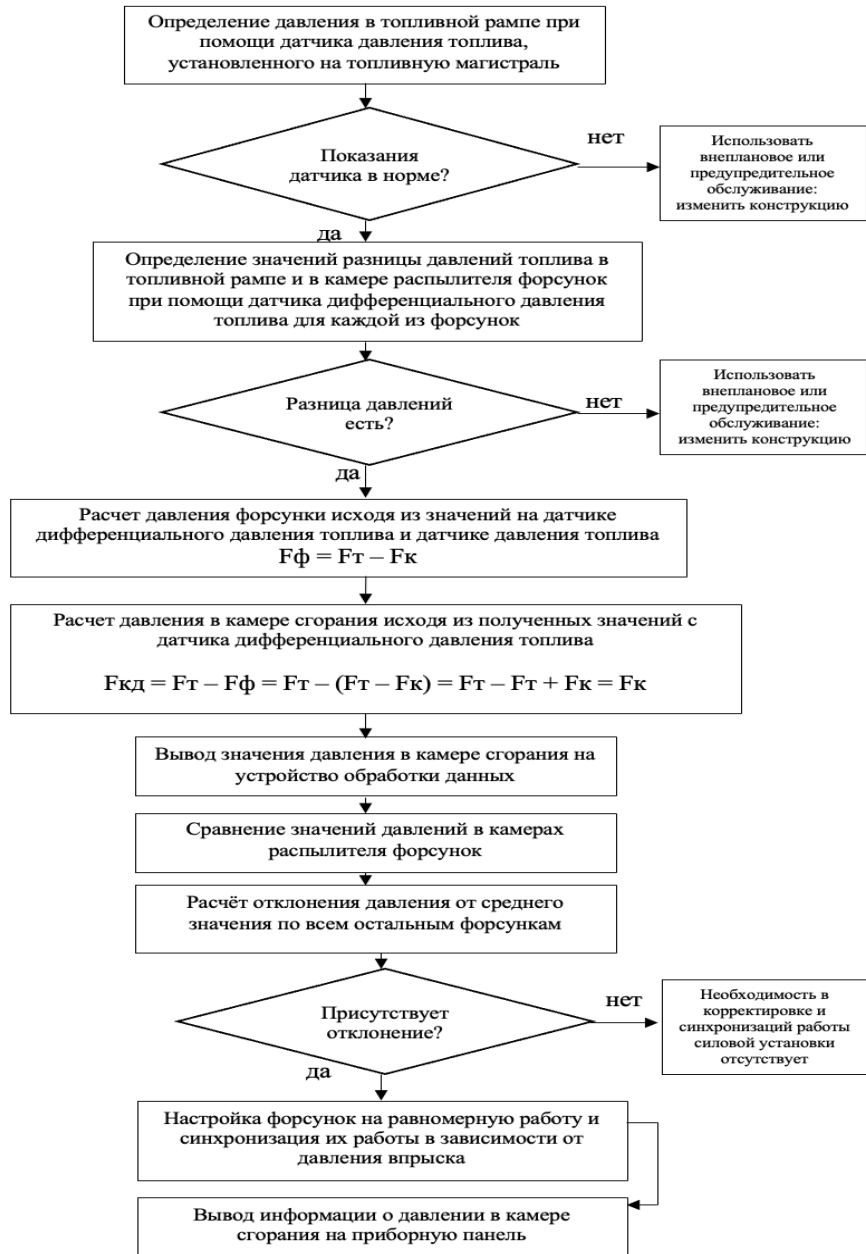


Автоматизированная система мониторинга экологических параметров двигателя внутреннего сгорания транспортных средств



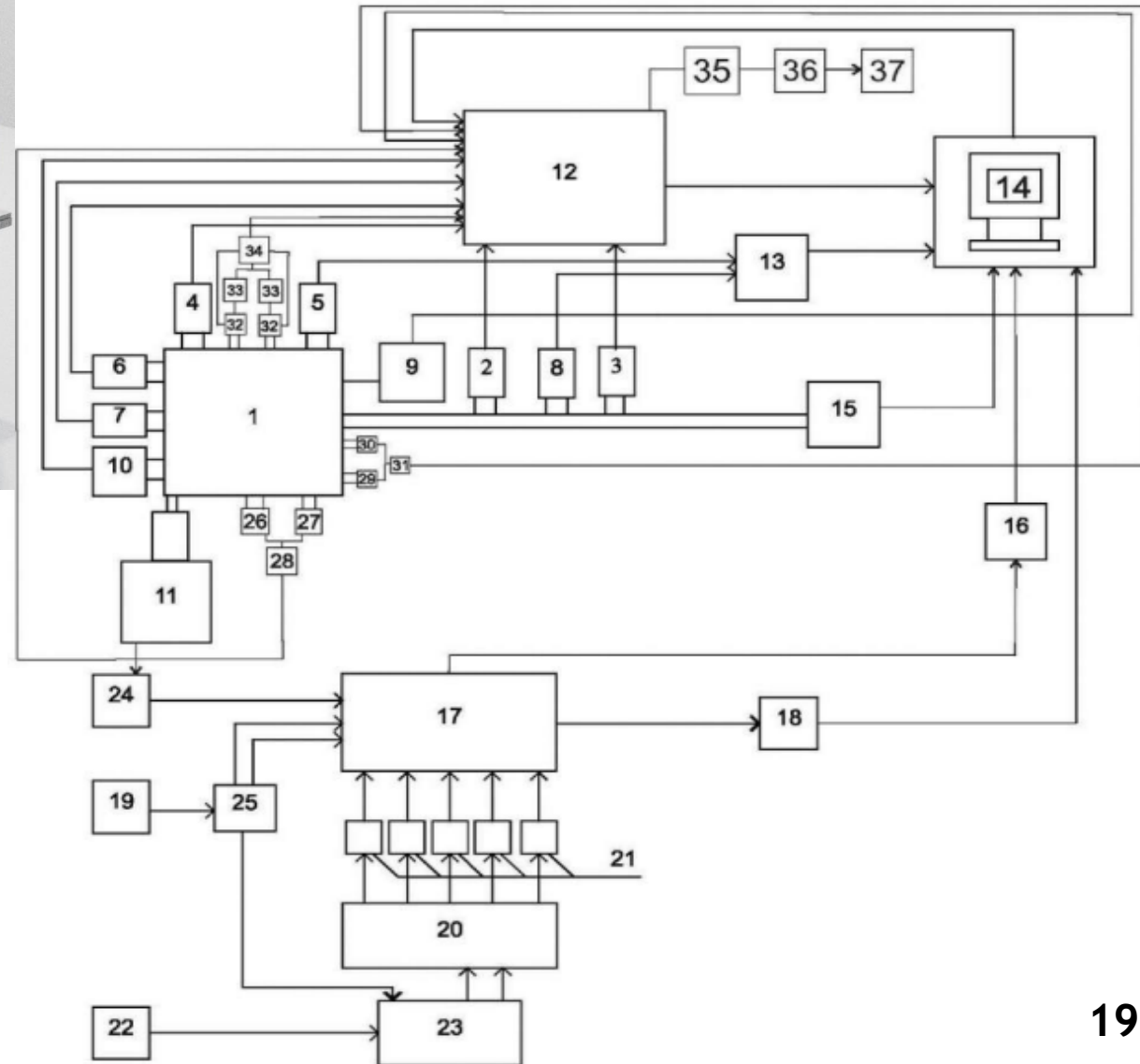
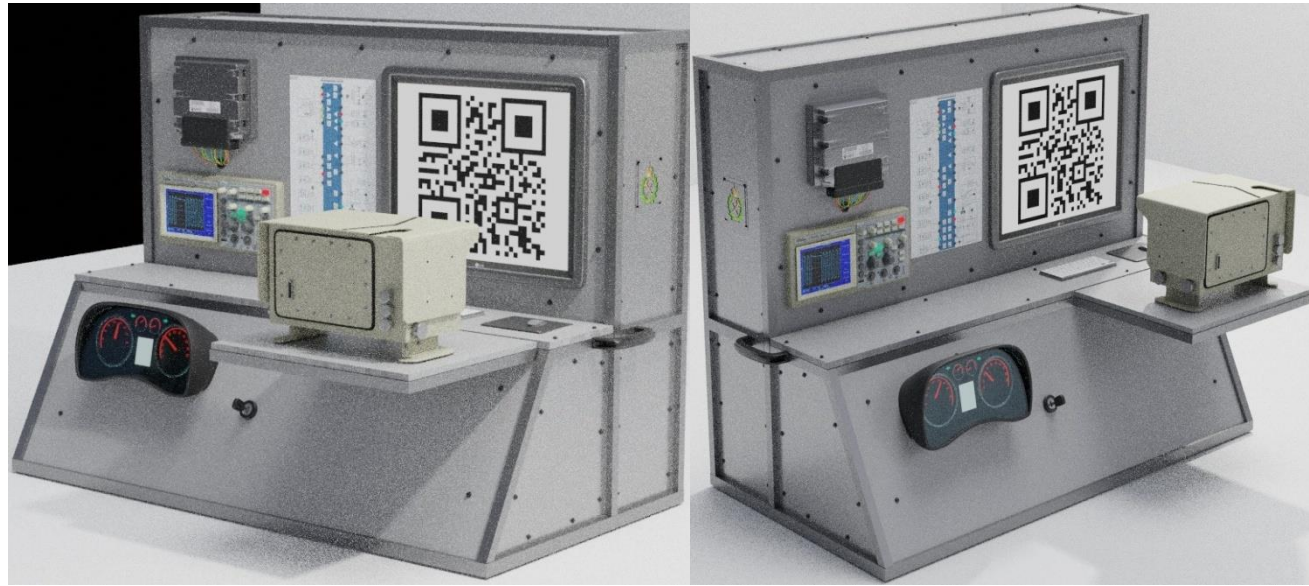
В данную систему дополнительно внедрены: датчик температуры с положительным температурным коэффициентом (32); датчик концентрации кислорода (33); электронный блок оценки результатов датчиков температуры и датчиков кислорода (31).

Автоматизированная система контроля технического состояния топливной аппаратуры транспортных средств



В данную систему дополнительно внедрены: датчик дифференциального давления топлива (18); топливный тракт (19); блок обработки измерений (20)

Автоматизированная система удаленной диагностики технического состояния транспортных средств на основе матричного QR-кода



Отличительная особенность в том, что дополнительно внедрены: электронный блок считывания эксплуатационных параметров (35); электронный блок формирования матричного QR-кода (36); устройство вывода матричного QR-кода (37).

Автоматизированный комплекс «Онлайн-мониторинг технического состояния транспортных средств (ОМТС-Q1)»

НАУЧНАЯ НОВИЗНА:

Использование матричного QR-кода и специализированного программного обеспечения для определения оптимальных параметров в режиме реального времени в автоматизированном комплексе контроля технического состояния транспортного средства. Технология включает количественную оценку показателей функционирования транспортных средств, прогноза технического состояния и определения степени работоспособности транспортного средства от внешнего воздействия.

Основные результаты:

- автоматическое распознавание технического состояния транспортного средства, имеющих неисправности, запрещающие их эксплуатацию;
- получение данных, включающих в себя фотографию матричного QR-кода транспортного средства нарушителя с комментариями и рекомендациями по устранению неисправностей, номер государственного регистрационного знака, зафиксированное техническое состояние транспортного средства (работоспособное/неработоспособное), направление движения, дату и время нарушения;
- обработка аналитических данных о техническом состоянии транспортных средств в режиме реального времени;
- устанавливает значения максимально допустимых отклонений диагностических параметров транспортного средства, на основе которых определяются отказы с рекомендациями по месту и способу устранения этих неисправностей;



«Лучший инновационный проект и научно-техническая разработка 2024 года» «Интеллектуальные транспортные и телекоммуникационные системы»

XXX Международная выставка инноваций «HI-TECH»

Автоматизированный комплекс «Онлайн-мониторинг технического состояния транспортных средств» (ОМТС-Q1)

