

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ШАҲРИДАГИ ТУРИН ПОЛИТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

УМЕРОВ ФИКРЕТ ШЕВКЕТ ОҒЛУ

**МЕХАТРОН БОШҚАРУВ ТИЗИМЛИ АВТОМОБИЛЛАРНИ
ДВИГАТЕЛЛАРИНИ ЭКСПЛУАТАЦИОН КЎРСАТКИЧЛАРИНИ
АСОСЛАШ**

05.08.06 – Ғилдиракли ва гусеничали машиналар ва уларни ишлатиш

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
in technical sciences**

Умеров Фикрет Шевкет оглу

Мехатрон бошқарув тизимли автомобилларни двигателларини
эксплуатацион кўрсаткичларини асослаш 3

Умеров Фикрет Шевкет оглу

Обоснование эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с
мехатронной системой управления 24

Umerov Fikret Shevket oglu

Justification of the performance indicators of engines of vehicles with a
mechatronic control system 45

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 48

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ШАҲРИДАГИ ТУРИН ПОЛИТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

УМЕРОВ ФИКРЕТ ШЕВКЕТ ОҒЛУ

**МЕХАТРОН БОШҚАРУВ ТИЗИМЛИ АВТОМОБИЛЛАРНИ
ДВИГАТЕЛЛАРИНИ ЭКСПЛУАТАЦИОН КЎРСАТКИЧЛАРИНИ
АСОСЛАШ**

05.08.06 – Ғилдиракли ва гусеничали машиналар ва уларни ишлатиш

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация
комиссиясида № В2020.4.PhD/Т2004 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент шаҳридаги Турин политехника университетида бажаришган.
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш
веб-саҳифаси (www.tau1.uz) ва "Ziyouet" Ахборот таълим порталида (www.ziyouet.uz)
жойлаштирилган.


Илмий раҳбар:	Иноятходжаев Жамшид Шухратуллович, техника фанлари доктори
Расмий оппонентлар:	Мухитдинов Аюгал Анварович, техника фанлари доктори, профессор Калауов Сайдулла Аймиханович, техника фанлари номзоди, доцент
Етказчи ташкилот:	Фарғона политехника институти


Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги
DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 рақамли илмий кенгашнинг 2021 йил «15» «10» соат 10⁰⁰
даги мажлисида бўлиб ўтди (Манзил: 100167, Тошкент, Одилхожаев кўчаси, 1-уй.
Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

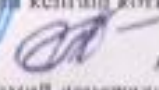
Диссертацияси билан Тошкент давлат транспорт университети Ахборот-ресурс
марказида танишни мумкин 035 рақами билан рўйхатга олинган) Манзил: 100167,
Тошкент, Одилхожаев кўчаси, 1-уй. Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail:
tashiit_rektorat@mail.ru.

Диссертация автореферати 2021 йил «08» «10» кунин тарқатилди.
(2021 йил «08» «10» даги «7» рақамли реестр баённомаси).




А.А.Рискулов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор


Р.М. Худийкулов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, PhD, доцент


А.А.Мухитдинов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш кенгаши илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда автомобилсозлик саноати ривожланган автомобиль ишлаб чиқарувчи корхоналар томонидан автомобилларнинг эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилаш учун мехатрон тизимларни қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. Ҳозирги кунда жаҳонда амалиёти асосий муаммолардан бири бу, энергия ва ресурслардан самарали фойдаланиш, ҳамда автомобилларни двигателларини эксплуатациясида атроф-муҳитни асраш. Ушбу диссертация тадқиқоти долзарб ва муаммонинг мехатрон бошқарув тизимли двигателларнинг ишлашини асослаш орқали аниқ ечимга қаратилган. Германия, АҚШ, Япония, Франция, Италия, Жанубий Корея, Буюк Британия ва бошқа мамлакатларда бу муаммолар ўрганилмоқда.

Жаҳонда сўнги йилларда ва яқин келажакда автомобиль тизимларидаги асосий янгиликлар мехатроника билан боғлиқ. Автомобилларда мехатрон тизимларнинг ривожланиши автомобилнинг барча тизимларини бошқаришда муҳим аҳамият касб этмоқда ва йилдан-йилга автомобилсозлик саноатида ишлаб чиқиш ортиб бормоқда. Автомобилларнинг учта асосий қисми – двигател, шасси ва интерер механик элементларни ўзгариш, шунингдек уларга мехатрон бошқарувни жорий этиш орқали модернизация қилинмоқда. 2017 йилга келиб вазият кескин ўзгарди ва кўрсаткичлар қуйдагича бўлди: мос равишда 100 ва 80 фоиздан кўпроқ. Электрон тизимлар сонининг кўпайиши уларнинг автомобил нархидаги улушининг ошишига олиб келди: 2018 йилда бу 18 фоизни, 2020 йилда – 40 ни, 2030 йилги прогноз эса 50 фоизни ташкил этади. Бундай ўзгаришлар электроникадан фойдаланиш орқали қўшимча функция ва самарадорликларни ишлаб чиқишга олиб келади. Табиийки, замонавий электроника ютуғларини қўллаш, компонентларни ва конструкцияни нархини сезиларли даражада ўзгартиради ва такомиллаштириш масалалари муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда автомобилсозлик иқтисодиёти етакчи ўринлардан бирини эгаллайди. Мамлакат автомобилсозлик саноатининг ялпи ички маҳсулотдаги улуши 3,6 %, саноат соҳасида -11,7%, бюджетга солиқ ва бошқа тўловлар кўринишидаги тўловлар - 1,6 трлн. сум. (2018 й.). Ҳар йили 250 мингтагача автомобил ишлаб чиқорилади, 2019 йилда автомобиллар ишлаб чиқариш 270 минг донага етди. Сўнги пайтларда Ўзбекистонда автомобиллар оқимининг кўпайиши шаҳар йўларида тирбандлик муаммосига олиб келди. Бу, бир қатор салбий ҳодисаларни келтириб чиқаради, лекин уларнинг энг сезиларлиси транспорт воситаларининг экологик ва иқтисодий хавфсизлиги муаммолари. Бугунги кунда, двигателнинг экологик кўрсаткичларини таминлаш учун ёнилғи самарадорлиги ва ёнилғининг сифатига бўлган талаб, двигателнинг конструктив параметрларини ўзгартириш, унинг тизимларини оптималлаштириш, шунингдек мехатрон бошқарув тизимларини қўллаш орқали ҳал қилинадиган энг муҳим вазифалардан биридир. Замонавий двигателдаги жараёнлар мехатрон тизимлар томонидан бошқарилади, улар автомобилнинг барча тизимлари билан алоқада, шу жумладан осмалар, рул ва

тормоз бошқарув тизимлари билан ҳам. Йилдан йилга автомобилсозлик саноатининг ривожланиш тенденцияси, иқтисодий самарадорликка нисбатан қатъий талабларга, шунингдек, автомобиллар газ чиқиндиларига нисбатан талабларни оширилишига олиб келмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 1 февралдаги “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5647-сон фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 18 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси автомобиль саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора тадбирлар тўғрисида”ги ПҚ-4397-сонли қарори, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича Харажатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли фармони, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур диссертация республика фан ва технологиялари ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи. Мехатрон бошқарув тизимига эга автомобил двигателларининг ишлашини асослаш йўналиши бўйича ишлар, асосан жаҳон автомобилсозлик саноатининг етакчи тадқиқот ва дизайн марказларида олиб борилмоқда. Мехатрон тизимлардан фойдаланиш ва уларнинг куч агрегатларини бошқариш тизимида қўлланилишини асослаш йўналишида “Toyota” (Япония), “Nissan” (Япония), “Hyundai” (Жанубий Корея) компаниялари ишлайди; “General Motors” (США), “Ford” (США), “BMW”, “Mercedes-Benz” (Германия), “Fiat” (Италия) компаниялари ҳам автомобил ва двигателларда мехатрон бошқарув хусусиятларини ўрганиш бўйича ишлар олиб боришмоқда. Мехатрон бошқарув тизимлари двигателнинг актуаторларини, двигател ва автомобилни электрон бошқариш тизимига мослаштириш имконини беради. Датчиклар, актуаторлар ва бошқарув дастурларига қараб, улар ҳар хил муаммоларни ҳал қилади ҳамда двигателлар ва автомобилларни эксплуатациясида турли хил оптималлаштириш усулларидан фойдаланади.

Бироқ Ўзбекистонда, маҳаллий автомобилсозлик саноатида қўлланиладиган ишлаб чиқариш жараёнлари учун юқорида айтиб ўтилган марказларининг тайёр тадқиқот натижаларидан фойдаланилади. Шундай қилиб, мехатрон бошқарув тизимлари билан боғлиқ муаммолар автомобилсозлик саноатида долзарб ҳисобланади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Автомобил двигателларининг мехатрон тизимлари ва уларнинг ишлаши бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар дунёнинг бир қатор илғор тадқиқот марказлари ва тадқиқот университетларида олиб борилади.

Мехатрон тизимларни автомобил двигателларида қўллаш ва уларнинг эксплуатацияси муаммолари бўйича К.Р.Гильмияров, А.А.Гуммель, И.А.Большенко, В.Н.Тимошков, А.Р.Зайцев, К.Л.Слитников, А.К.Гиряцев, Д.А.Уханов, М.Г.Петров, В.А.Стуканов, В.К.Вахламов, В.В.Ермаков, С.А.Яков, Х.Счонер, Даниелс ва Ж.Кайсер каби олимлар иш олиб борган. Ўзбекистонда эса, бу йўналишда О.В.Лебедев, С.М.Кадыров, А.А.Мухитдинов, Э.З.Файзуллаев, Ж.Ш.Иноятходжаев ва А.А.Шермухамедовлар шуғулланишган.

Бироқ, мехатрон бошқарув тизимига эга автомобиллар двигателларининг эксплуатациясини асослаш ва таъминлаш бўйича тадқиқотлар етарлича ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси ёки илмий тадқиқот марказининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети, “UzAuto Motors” ва “Ўзавтосаноат” АЖ миқёсидаги лойиҳалар асосида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади маълум эксплуатация шароитлари учун мехатрон бошқарув тизимига эга бўлган кичик синифдаги автомобилларнинг двигателларини эксплуатацион кўрсаткичларини асослаш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

катализаторни алмаштиришда, аралашманинг таркибига боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда двигателни мехатрон бошқарувининг математик моделини ишлаб чиқиш;

двигателни электрон бошқариш тизимига киритилаётган кислород датчиги мехатрон адаптерининг параметрларини асослаш;

кислород датчиги мехатрон адаптери мавжуд автомобил двигателининг электрон бошқарув тизими экспериментал тадқиқотларини ўтказиш;

двигателни бошқарув тизимига кислород датчигининг мехатрон адаптерини киритиш самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқот объекти сифатида автомобиль двигателининг мехатрон бошқарув тизими олинган.

Тадқиқот предмети. Кислород датчиги адаптерини двигател мехатрон бошқарув тизими билан интеграциялаш.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида мехатрон элементларни двигател ва автомобилларда ишлатилишида илгари бажарилган назария ва экспериментал ишларни таҳлил қилиш ва умумлаштириш усуллари, назарий ва экспериментал тадқиқотлар, автомобиллар назарияси, автоматик бошқарув назарияси қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйдагилардан иборат:

катализаторни алмаштиришда, аралашманинг таркибига боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда, кислород датчиги мехатрон адаптери билан автомобил двигателини бошқаришнинг математик модели ишлаб чиқилган;

Евро 3, 4 ва 5 стандартли катализаторларни қўллаган ҳолда

двигателларни оптимал ишлаш режимларни танлаш учун кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланиб, двигателни мехатрон бошқариш тизимининг аналитик алгоритми яратилган;

двигател бошқарув органларига маълумотларни узатиш, мослаштириш ва калибровка қилиш учун кислород датчиги мехатрон адаптери таклиф қилинган ва унинг самарадорлиги амалий тадқиқотлар натижалари билан асосланган;

кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланганда мехатрон бошқарув тизимига эга автомобил двигателларининг ёнилғи-иқтисодий ва экологик кўрсаткичлари аналитик натижалари ва амалий тадқиқотлар натижалари асосида такомиллаштирилган;

автомобил двигателини мехатрон бошқариш тизимининг кислород датчиги мехатрон адаптери хусусиятларини танлаш амалий усули ишлаб чиқилди.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйдагилардан иборат:

енгил автомобил ишлаб чиқарувчилари учун маълум бир платформадаги автомобилларда турли катализаторлар қўлланилганда автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимини мослаштириш технологияси ишлаб чиқилди;

двигателларни ишлаб чиқарилишида кислород датчигини адаптеридан фойдаланиш, мослашувчан ҳолда катализаторбилан қайта жиҳозлаш асосланди ва жорий қилинди;

автомобилларнинг мехатрон элементларини бошқариш тизимини такомиллаштириш, ёнилғи самарадорлигини 8% оширишга ва Евро 3, Евро 4 ва Евро 5 тизимлари билан ишлайдиган двигателнинг атроф-муҳит кўрсаткичларини яхшилашга имкон берди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги экспериментал тадқиқотлар, назарий механика ва олий математика тамойилларига асосланган машина параметрлари ва иш режимларини назарий асослашнинг замонавий усуллари ва воситаларни қўллаш билан тасдиқланади. Экспериментал тадқиқотлар натижалари математик ва статистик усуллар билан қайта ишланади, назарий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро адекватлиги уларни ишлаб чиқариш жараёнига киритилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимидаги кислород датчиги адаптери хусусиятларини танлашнинг аналитик боғлиқликлари ва ҳисоблаш орқали ишлаб чиқилган усул билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти двигателнинг кислород датчиги адаптери ишлаб чиқилган ва ўрнатилгани билан тасдиқланади, бу ишлаб чиқариш жараёнида конвертация қилинган двигател катализатори билан минимал вақт ичида автомобилнинг мехатрон тизимини оптималлаштириш ва мослаштириш имконини беради. Мехатрон тизим

туфайли тўғри бошқариш, шунингдек двигател ва тизимнинг иш режимларини тўғри ҳисоблаш. Яхши таснифларга эришиш учун ушбу режимларда ишлашни тўғри оптималлаштириш ҳам талаб қилинади. Ишлаб чиқилган адаптер автомобилнинг мехатрон тизимини такомиллаштириш, автомобилнинг чикинди газларидаги ифлослантирувчи моддалар миқдорини оптималлаштириш ва ёнилғи самарадорлигини ошириш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Мехатрон бошқарув тизимли автомобилларни двигателларини эксплуатацион кўрсаткичларини асослашда олинган илмий натижалар асосида:

“UzAuto Motors” АЖ енгил автомобил ишлаб чиқарувчилари учун маълум бир платформадаги автомобилларда ҳар хил катализаторлардан фойдаланган ҳолда автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимини мослаштириш технологияси яратилди (“Ўзавтосаноат” АЖ 2021 йил 26 майдаги №07/06-25-870-сонли маълумотномаси). Бунинг натижасида автомобиль двигателини мехатрон бошқарув тизимига, ҳар хил катализаторлардан фойдаланган ҳолда кислород датчиги мехатрон адаптери интеграция қилинди, автомобиль мехатрон қурилмалари ишончилиги оширилди ва ЭББ га улаш сигналларини йўқотилишлари камайтирилди;

“UzAuto Motors” АЖ да двигателларни ишлаб чиқариш, мослашувчан қайта жиҳозлаш ва каталитик конверторларни жорий этиш учун кислород датчиги мехатрон адаптери асосланди (“Ўзавтосаноат” АЖ 2021 йил 26 майдаги №07/06-25-870-сонли маълумотномаси). Бунинг натижасида иқтисодий ва энергия ресурс тежамкорлиги оширилди, экологик талабларга мувофиқлигини таъминлади ҳамда тадқиқотни ишлаб чиқаришга татбиқ этиш натижасида тўғридан тўғри автомобиль ишлаб чиқарилишини ошириш имкони яратилган;

“UzAuto Motors” АЖ да автомобилнинг мехатрон элементларини бошқариш тизими такомиллаштирилди, бу ёнилғи сарифини 8% га ошириш ва Евро 3, Евро 4 ва Евро 5 тизимли двигателларнинг экологик кўрсаткичларини яхшилаш имконини берди ва жорий қилинди (“Ўзавтосаноат” АЖ 2021 йил 26 майдаги №07/06-25-870-сонли маълумотномаси). Тадқиқот натижалари T250 R3 Nexia автомобилларида ишлатилди, қўлланилган катализатор турига ва Евро стандартига қараб, битта автомобилдан 227,15 \$ долларгача сезиларли иқтисодий самарадорлик берди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари “Ўзавтосаноат” АЖ; “UzAuto Motors” АЖ, Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети; 10 та халқаро ва 6 та Республика илмий-амалий анжуманлари ва семинарларида муҳокама этилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 23 дан зиёд илмий ишлар чоп этилган, шу жумладан 2 та хорижий журналларда, 4 таси миллий журналларда, илмий конференцияларда 16 та доклад ва тезислар ва 1 та патент.

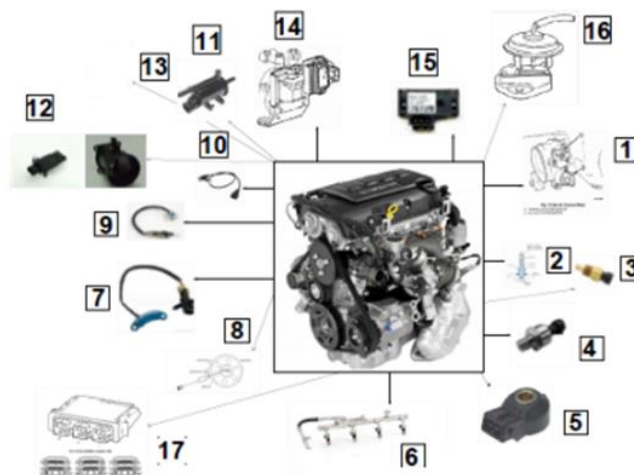
Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, амалий тавсиялар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида мавзунинг долзарблиги асосланган, ишнинг мақсади ва вазифалари шакиллантирилган, шунингдек тадқиқотнинг объектлари ва субъектлари тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан, техника ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, шунингдек, изланувчи ҳал қиладиган вазифалар белгиланган. Бундан ташқари диссертациянинг умумий тузилиши ва тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги келтирилган.

Диссертациянинг **“Масаланинг ҳозирги ҳолати, тадқиқотнинг мақсади ва вазифаларини белгилаш”** деб номланган биринчи бобида автомобил двигателларини мехатрон бошқарув тизимлари ва уларнинг эксплуатацияси бўйича адабиётлар таҳлили бажарилган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган. Мехатрон бошқарув тизимига эга автомобил двигатели, иккита тақсимлаш валли, бензинли ва ўт олдириш, свечлар орқали амалга ошириладиган тадқиқот объекти таҳлил қилинган.

Двигателни бошқариш тизимига эга тадқиқот объектининг асосий компонентлари 1-расмда кўрсатилган.



1-расм. Двигателни бошқариш тизими. Тадқиқот объектининг асосий таркибий қисмлари: 1- дроссел заслонкаси; 2- картерни мажбурий шамоллатиш клапани; 3- совитиш датчиги; 4- мой босими датчиги; 5- детонация датчиги; 6- ёнилғи инжекторлари; 7- тирсакли вал ҳолати датчиги; 8- тирсакли вал ҳолати датчиги; 9- кислород датчиги; 10- тақсимлаш вали ҳолати датчиги; 11- ёнилғи тизимининг қайтиш қилапани; 12- ҳаво сарифи датчиги; 13- ҳаво харорати датчиги; 14- ўт олдириш модули ва ғалтаклари; 15- мутлоқ босим датчиги; 16- чиқинди газларни рециркуляция клапани; 17- электрон бошқарув блоки.

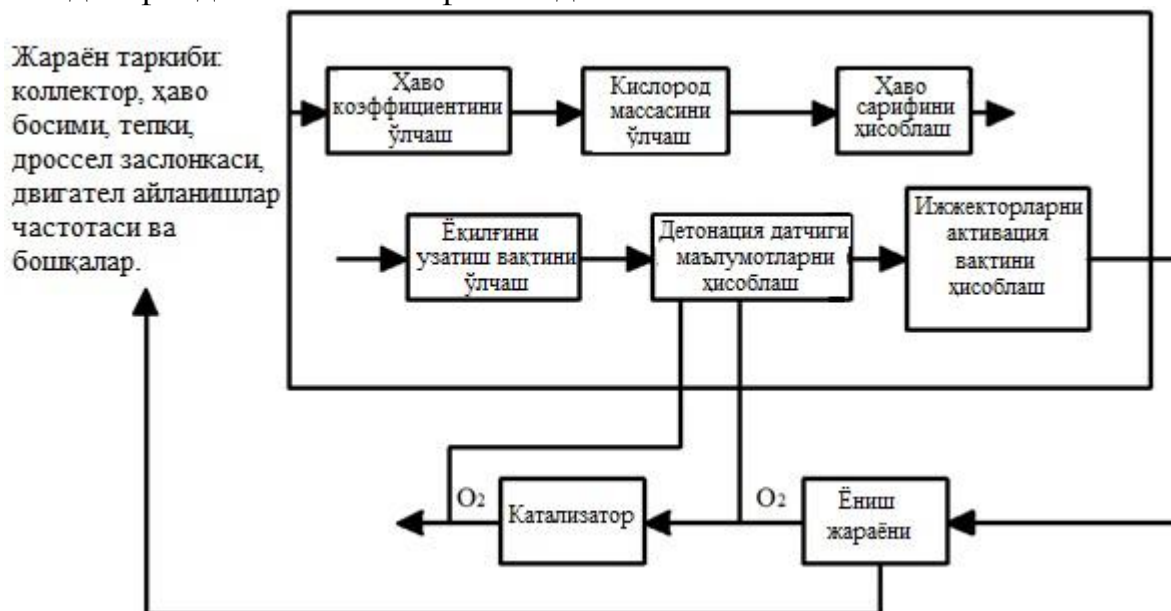
Тизим датчиклардан маълумотларни олган ҳолда, алгоритмлар ва калибровка хусусиятларига асосланиб маълумотларни қайта ишлайди ва

шифрини очади, ҳамда электромеханик актуаторларга сигналларни юборади. Таъкидланганидек тадқиқот объекти кенг кўламли янгиланиш элементларини ўз ичига олган, мураккаб конструкцияга эга, яъни мехатрон элементлар билан жиҳозлашнинг бир талабдан бошқа талабга ўзгартиришга мўлжалланган. Бу, ўз навбатида талабларнинг кенг доирасини қамраб олалади, лекин бошқа автомобил агрегатлари билан интеграциясини мураккаблаштиради. Масалан, 7 ва 8 элементлар Евро 2 талабининг В синифи учун ихтиёрийдир, лекин улар Евро 4 ва ундан юқори талаблар В синифлари учун мажбурийдир.

Тадқиқот объектида ёнилғи-ҳаво аралашмасини етказиб берилишини назорат қилиш кўриб чиқилган. Ёнилғи-ҳаво аралашмасини бошқариш алгоритми 2-расмда келтирилган. Ёнилғи-ҳаво аралашмасини бошқариш тизими қуйдагиларни бошқариш керак:

- цилиндрга киритиладиган ҳаво массасини аниқлаш;
- ўрнатилган ёнилғи-ҳаво аралашмасининг нисбати бўйича коллекторга (ёки цилиндрга) ёнилғи етказиб бериш.

Тадқиқот объектида жараёнларни узлуксиз такомиллаштириш учун ёпик схемадан фойдаланиш таклиф этилади.



2-расм. Ёнилғи-ҳаво аралашмасини бошқариш алгоритми

Диссертациянинг “Мехатрон бошқарув тизимли автомобил двигателини эксплуатацион кўрсаткичлари” деб номланган иккинчи бобида ихтиёрий элемент сифатида кислород датчиги адаптеридан фойдаланган ҳолда автомобил двигателини бошқариш математик моделлаштириш натижалари келтирилган.

Двигателни бошқариш моделининг чиқарилиши. Ички ёнув двигатели кислород датчиги сигналига қараб, ички ёнув двигателини бошқариладиган қийматга нисбатан – пуркаш ва ўт олдиришни тасвирлайдиган математик боғлиқликни аниқлаймиз. Бу тенгламанинг ечими валнинг айланишлар

частотасини, пуркаш вақти ва ўт олдиришни илгарилигига боғлиқлигини олиш имконини беради.

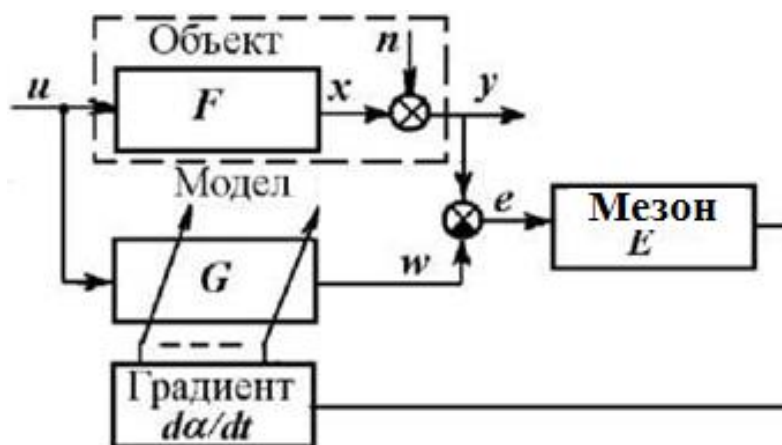
Наддувсиз двигател учун тирсакли вал айланиш частотаси ω нинг дифференциал чизиқли тенгламаси қуйидагича:

$$T_D \frac{d\omega(t)}{dt} + K_D \omega(t) = h(t) - T_C M_C(t). \quad (2.1)$$

бу ерда, $\omega(t)$ – тирсакли валнинг айланишлар частотаси; $h(t)$ – ёнилғи пуркаш ва учқун бериш вақти; $M_C(t)$ – юкланиш кўрсаткичи; t – вақт; T_D , K_D , T_C – двигателни конструктив ўзига хослигини инобатга олувчи доимий кўрсаткичлар.

Умумий ҳолатда динамик объектларни идентификациялаш уларнинг тузилиши ва параметрларини ўлчанадиган маълумотлардан – кировчи ҳаракатлар ва чиқиш жараёнлари – аниқлашдан иборат бўлиб, параметрлари ўзгартирилиши мумкин бўлган конструкциянинг ростланиш модели ёрдамида амалга оширилади.

Мисол тариқасида, экспертиза объектининг (ЭО) узлуксиз мослаштирилладиган моделининг соддалаштирилган бир ўлчовли схемасини кўриб чиқамиз.



3-расм. Узлуксиз созланувчан моделнинг схемаси: u – кировчи бошқарувчи таъсир; x и w – ЭОнинг чиқувчи жараёнлари ва моделлари; n – таъсир кўрсатувчи параметр; F и G – алоқа операторлари

$$E = L[q(e)] \rightarrow \min \quad (2.2)$$

бу ерда L – жуфт функциядан функционал $q(e)$, $e = y - w$ - идентификация хатоси, $w = G[u; \alpha]$. G моделининг мослаштирилиши $\alpha^T = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$ параметрларини ўзгартирилиши орқали E градиентининг қийматига мувофиқ амалга оширилади:

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\gamma \nabla E \quad (2.3)$$

бу ерда $\gamma = \alpha(0)$ – бошланғич шартлар. Градиент векторининг компонентлари дифференциаллаш орқали аниқланади:

$$\frac{\partial E}{\partial \alpha_j} = L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} \right]; \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial w}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial G[u; \alpha]}{\partial \alpha_j}$$

$\partial w / \partial \alpha_j$ бу ерда α_j параметрининг сезувчанлик функциясиدير (СФ).

Градиент E

$$\nabla E = -L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} K[u; \alpha] \right] \quad (2.4)$$

бу ерда, $K_j[u; \alpha] = \frac{\partial G[u; \alpha]}{\partial \alpha_j}$. $K_{AKD}[u; \alpha]$ бу ерда, α параметрининг барча

сезувчанлик функцияларини олишга имкон беради.

$K_{AKD} = \alpha \pm u$, бу ерда, α куйидаги диапазонга эга $\alpha = (0 \div 0,9)$.

Шундай қилиб, ўзгарувчан моделнинг параметрларининг сезувчанлик функциясини ҳисоблаш, кейин эса двигателни идентификация ҳолатини аниқлаш учун, ИЁД динамикаси моделидан фойдаланиб пуркаш вақтини двигателни тирсақли валининг бурчак тезлигига нисбатан ҳисобланади.

Кислород датчиги адаптери бўлган двигател учун, ўрганиш объекти учун (2.1) тенгламага тузатиш коэффициенти K_{AKD} ни киритамиз

$$T_D \frac{d\omega(t)}{dt} + K_D \omega(t) = h(t) \cdot (\alpha \pm u) - T_C M_C(t). \quad (2.5)$$

(2.1) формуладан ёнилғини узитиш ва учқун бериш вақтини $h(t)$ келтириб чиқарамиз:

$$h(t) = \frac{T_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \omega(t) + \frac{T_C M_C(t)}{(\alpha \pm u)}. \quad (2.6)$$

Синаш жараёнида ИЁД бир ҳолатидан иккинчи ҳолатига ўтиш учун t_i ва ω_i олинади. t_i и ω_i айнан шу ҳолат учун олинadиган кўрсаткичлар, i – ҳолатдан ҳолатга ўтиш нуқтаси.

Белгиланган вақт оралиғида частоталар ўзгариши бўлимлари тўғри чизик тенгламаси билан ифодаланиши мумкин, бу ерда ω_i – двигател валини айланишлар частотасининг t_i вақтида бошланғич қиймати, ω_{i+1} – двигателни валини айланишлар частотасини t_{i+1} вақтида охириги талаб қилинган қиймати.

$\omega(t)$ боғлиқлик кейинги кўринишга эга бўлади

$$\omega(t) = \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \omega_i, \quad (2.7)$$

бу ерда, $i = \overline{1, n}$; n – ИЁДни бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтиш нуқталари сони.

(2.5) тенглама ва берилган частоталарни ўзариш кўрсаткичлари бўйича $h(t)$ ни куйдаги тенглама билан ифодалаймиз:

$$h(t) = \frac{T_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D \omega_i}{(\alpha \pm u)} + \frac{T_C M_C(t)}{(\alpha \pm u)}, \quad (2.8)$$

бу ерда, $i = \overline{1, n}$.

Тенглама натижасида олинган ҳисоблар, иккита кирувчи кўрсаткич: ёнилғи пуркаш вақти ва двигател валдаги айланишлар частотаси ўзгариши бўйича синов объектини (ИЁД) бошқариш имкониятини беради.

Моделда $\alpha \pm u$ мехатрон адаптер хусусиятларини ифодаловчи K_{AKD} катталикни киритамиз, у ёнилғи пуркаш вақтини тирсақли валининг айланишлар частотасига нисбатан ростлайди.

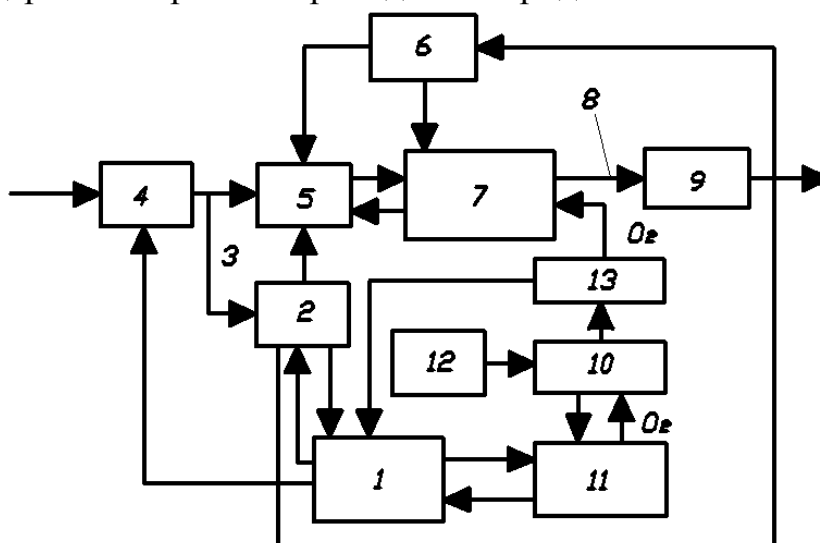
Тадқиқот объектининг тенгламаси қуйдаги якуний кўринишга эга бўлади:

$$h(t) = \frac{T_D}{K_{AKD}} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D}{K_{AKD}} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{K_D}{K_{AKD}} \cdot \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D \omega_i}{K_{AKD}} + \frac{T_C M_C(t)}{K_{AKD}} \quad (2.9)$$

Унинг ёрдами билан коллекторга ёнилғи пуркалиш вақти ва учкун бериш вақти аниқланади.

Тенглама двигателни бошқариш тизими (ЭББ) киритилади ва ҳар бир двигател турига хос бўлган калибрлаш маълумотларига асосланиб, ёнилғи пуркаш вақти сигналини назорат қилади.

Мехатрон бошқарув тизими адаптери қўлланилган, ёнилғи таъминотли ва уч компонентли ишлатилган газлар катализаторига эга бензинли ИЁДларни моделини бошқариш алгоритми 4-расмда келтиридган.



4-расм. Кислород датчиги мехатрон адаптерини ҳисобга олган ҳолда, минимал ёнилғи сарифи ва чиқинди газларни таркиби бўйича ростловчи объекти сифатида ички ёнув двигателининг мехатрон бошқарув моделини бошқариш алгоритми: 1 - ИЁД бошварувчи контроллер; 2 – ёнилғи пуркаш блоки; 3 – киришдаги босим датчиги сигнали P_k (ИЁД юкланиши); 4 – ИЁДнинг кириш кувирдаги дроссел заслонкаси ДВС; 5 – ёнилғини циклик узатилиши (ёнилғи сарфи) ва ҳавони (ҳаво сарфи); 6 – ўт олдириш тизими; 7 – ИЁД индикатор ва ишчи жараёнларининг параметрлари (ИЁД математик моделини параметрлари);

O_2 – кислород концентрацияси; 9 – ИЁД юкланишининг параметрлари; 10 – двигателни чиқариш йўлаги; 11 – ишлатилган газларнинг кислород датчиги;

12 – ишлатилган газларнинг катализатори; 13 – кислород датчигини мехатрон адаптери.

Двигателнинг математик моделига мувофиқ бундай мехатрон тизимни бошқарилишини мослаштириш алгоритми қуйидаги босқичларга эга:

1. Двигателни дастлабки комплектациясини танлаш (бу ҳолда ўт олдириш тизими, ёнилғи пуркаш тизими, датчиклар, адаптерлар ва актуаторлар);

2. Двигател модели параметрларини экспериментал равишда аниқлаш орқали, унинг адекватлигини текшириш;

3. Бошқарув блоки доимий процессорнинг ҳотира қисмида сақланиши керак бўлган бошқарув матрицасининг мос ёзувлар нукталарини аниқлаш билан, ҳайдаш цикли бажаришда ички ёнув двигателининг иш режимларини ҳисоблаш. Асосий параметрлари бу, ўт олдириш бурчаги, ёнилғини циклли узатилиши, ҳаво циклли узатилишига нисбати ёки дроссел заслонкасининг ҳолати, совитиш суюқлигининг ҳарорати ва кислород датчиги мехатрон адаптери параметрлари;

4. Бошқарув тузилмасини шакллантириш;

5. Кўрсаткичларнинг эришилган даражасини ҳисобий баҳолаш. Бошқарув самарадорлиги ҳолатида ҳисобий оптималлаштириш амалга оширилади ва самарадорлик бўлмаса ҳисоб олдинги босқичлардан қайта тикланади;

6. Минимал ёнилғи сарифи ва двигателни оптимал динамикасини таъминловчи ростлани олиш мақсадида ҳайдаш цикли зонасидан ташқаридаги чиқинди газларнинг заҳарлилиги бўйича чекловларсиз оптимал бошқаришни ҳисобий аниқлаш;

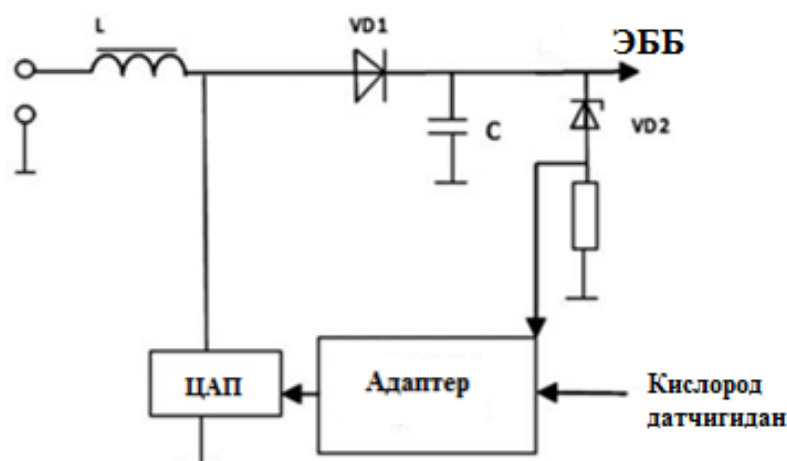
7. Ёнилғини пуркаш ва ўт олдириш бўйича бошқарув матрицаси базасини шакиллантириш.

Диссертация ишида кислород датчиги мехатрон адаптерини ҳисобга олган ҳолда автомобил ички ёнув двигателининг бошқарув занжири ҳисоби берилган.

Мехатрон тизим элементларининг ўзгариши ички ёнув двигателининг ёнилғи пуркаш тизимининг беқарор ишлашига олиб келиши мумкин. Элементлардан бирини кўриб чиқамиз, чиқишдаги кислород датчиги. Унинг сигналига қараб, ёнилғи миқдори дозаланаяди, у ёниш камерасига (киритиш коллекторида) пуркалади ва ҳаво-ёнилғи аралашмаси ҳосил бўлади. Катализаторлар эскирганида, кислород датчигининг ўзи ишламай қолади ёки катализатор бошқа турдаги Евро стандартига алмаштирилганда, чиқинди газларидаги кислородни аниқлаш датчикларидан келган сигналларни мослаштиришда муаммолар бўлиши мумкин.

Электр сигнали параметрларини мослаштирувчи конверторнинг функционал схемаси 5-расмда кўрсатилган. Двигателни мехатрон бошқарув тизимига адаптердан сигнал келади, у кислород датчиги сигналени конвертация қилади. Индукция токи VD1 диод орқали ўтиб, C конденсаторини заряд қилади. Жараён такрорланиши натижасида конденсатордаги кучланиш ортади. VD1 диоди C конденсаторини борт тармоғи орқали заряд олишига йўл қўймайди. VD2 стабилитрони узулмагунча кучланиш ортади, бу ҳолда адаптердан чиқувчи кучланиш нолга тенг бўлади.

C конденсаторининг зарядланиши тўхтайди. Шундай қилиб, кучланишни ортиб кетишидан ҳимоялаш амалга оширилади.



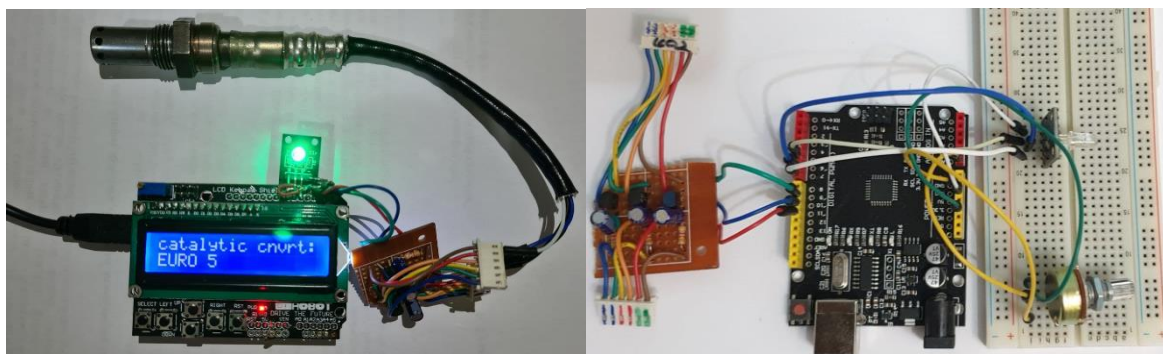
5-расм. Электр энергияси параметрларини мослашувчан конверторининг функционал схемаси

Ишлаш режимида конденсатор C зарядланиши керак бўлган кучланиш, двигателни бошқариш тизими сигнали орқали амалга оширилади ва двигателнинг иш режимига боғлиқ бўлади.

Диссертациянинг “**Автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимининг элементларини амалий тадқиқотлари**” деб номланган учинчи бобида синов методологияси, двигателни стенд синовлари натижалари (ўт олдиришсиз ва иссиқ синовлар) шунингдек Nexia 3 (T250) автомобили ва унинг маҳаллий ишлаб чиқаришдаги B15D2 двигателини муаллиф таклиф қилган методлар усулда асослаш.

Муаллиф томонидан ишлаб чиқарилган автомобил ички ёнув двигателининг кислород датчиги (T250 B15D2) мехатрон адаптери 6-расмда кўрсатилган, синов ускуналари томонидан бошқариладиган электрон элементлардан иборат. Кислород датчиги адаптерининг мақсади автомобилларда стандарт катализаторлар ўрнига турли Евро стандартидаги катализаторлардан фойдаланилганда автомобилнинг мехатрон бошқарув тизимини мослаштириш.

T250 (Nexia R3) автомобилида бир турдаги Евро катализаторини ўрнига бошқа турдаги Евро катализатори қўлланилганда, ички ёнув двигателининг мехатрон бошқарув тизимининг тўғри ишлаши учун иккинчи кислород датчигини мослаштиришини талаб қилинади, бу жараён мехатрон адаптери ёрдамида иккинчи кислород датчигини мослаштириш орқали эришилади.

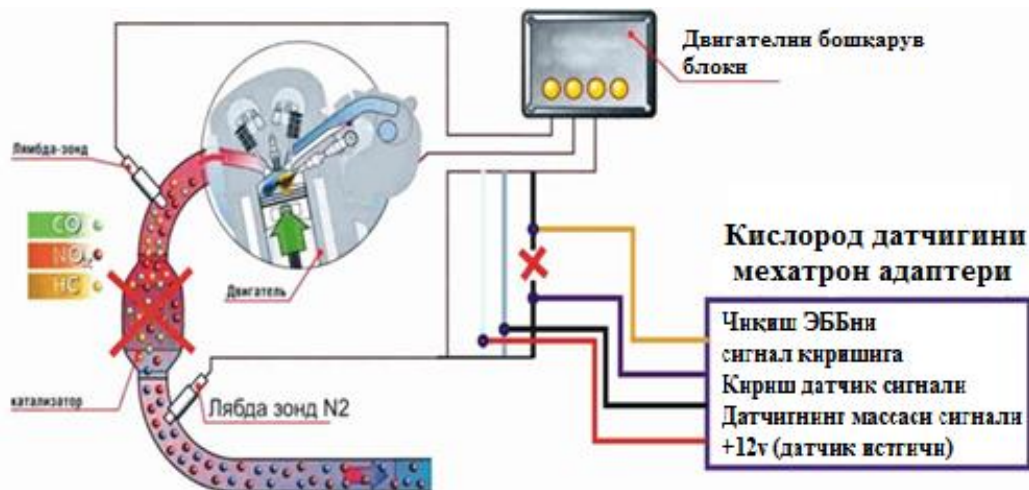


6-расм. Автомобил ички ёнув двигателининг кислород датчигини мехатрон адаптери

Бир турдаги Евро катализатори бошқа турдаги Евро катализаторини ўрнига, T250 платформадаги (Nexia R3) автомобилида қўлланилганда, иккинчи кислород датчиги чиқинди газлар таркибининг юқори қийматини қайд қилади, шунинг учун – check engine ёнади, қувват камайши мумкин, автомобилнинг тезланиш хусусиятлари ёмонлашади.

Иккинчи кислород датчиги, катализатордан чиқадиган газлардаги кислород миқдорини ўлчаш орқали катализаторнинг самарадорлигини назорат қилади. Агар кислород ва зарарли моддалар орасидаги кимёвий реакция натижасида барча кислород сўрилса, датчик юқори кучланишли сигнал ҳосил қилади.

Автомобилнинг ички ёнув двигателини мехатрон бошқарув тизимида, кислород датчиги адаптерининг уланишининг умумий кўриниши 7-расмда келтирилган.



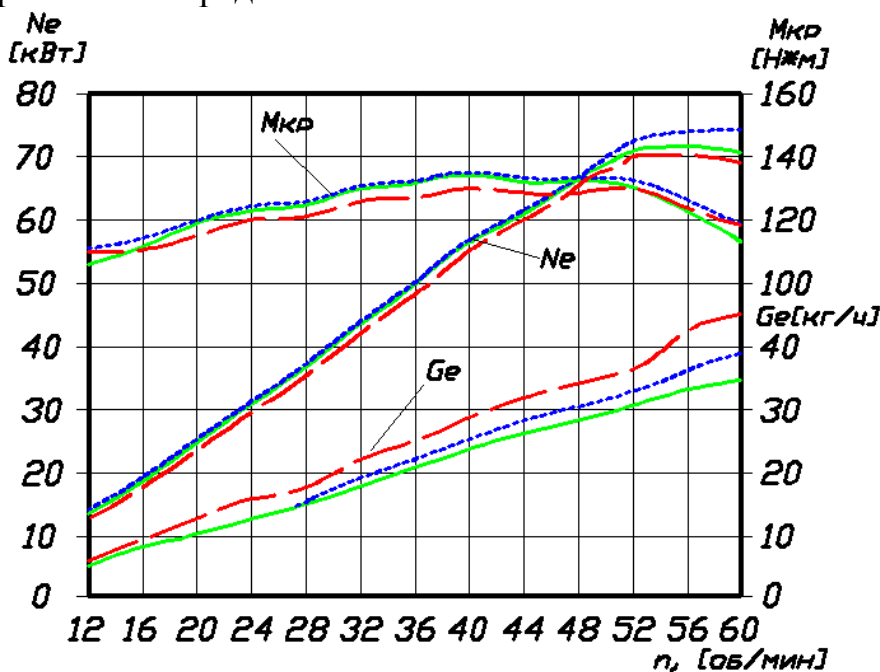
7-расм. Автомобил двигателини мехатрон бошқарув тизимида, кислород датчиги адаптерининг уланишининг умумий кўриниши

Кислород датчиги мехатрон адаптери билан ва адптерсиз ҳолда кислород датчиги сигналларнинг характерли қийматларини турли Евро стандартларда таққосланиши ва кислород датчигининг мехатрон адаптерини асосий кўрсаткичи – кучланиш қиймати ва электрон бошқарув блокига сигнални етказиб беришнинг тўғри вақти 8-расмда келтирилган.



8-расм. Кислород датчиги мехатрон адаптери билан ва адптерсиз холда кислород датчиги сигналларнинг характерли қийматларини ҳар хил Евро стандартларда таққосланиши

9-расмда B15D2 Nexia 3 (T250) двигателининг ташқи тезлик таснифи келтирилган. Натижалар белгиланган талабларга ва зарур техник хусусиятларга жавоб беради.



Айланишлар сони, x 100 об/мин

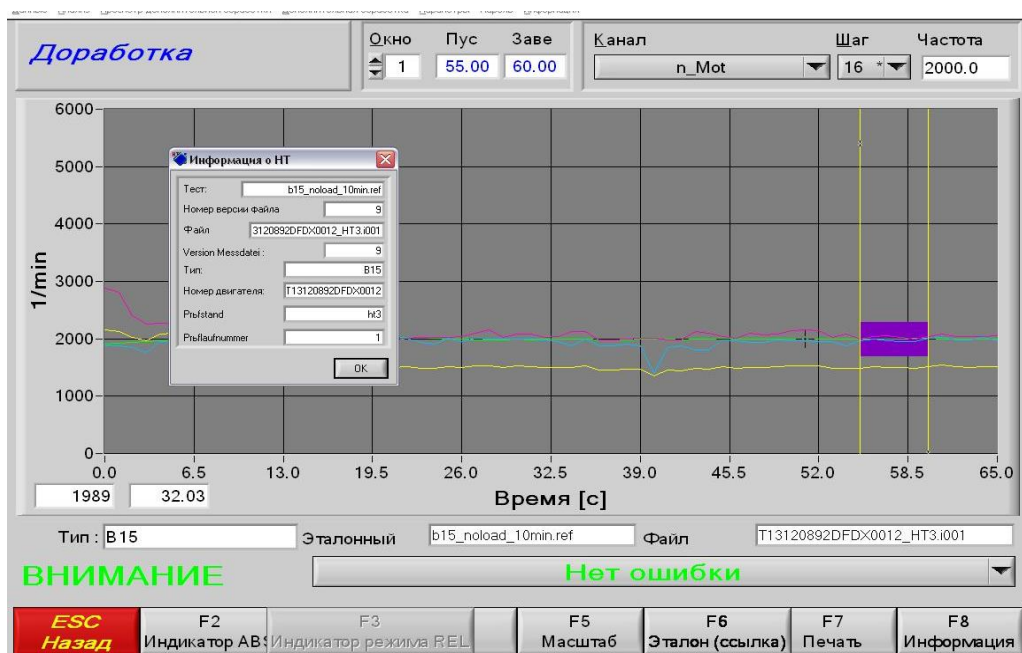
9-расм. Двигателнинг ташқи тезлик таснифи (T250 B15D2)

Яшил қаттиқ чизик – кислород датчигини мехатрон адаптери ишлатилмаган Евро 5 катализаторли (T250 B15D2) двигатели;

Катта қизил нуқта чизик – кислород датчигини мехатрон адаптери ишлатилмаган Евро 3 катализаторли (T250 B15D2) двигатели;

Майда кўк нуқта чизик – кислород датчигини мехатрон адаптери ишлатилган Евро 3 катализаторли (T250 B15D2) двигатели.

10-расмдаги графикда, синов ускунаси томонидан ЭББ га двигателнинг айланиш частотаси ҳақидаги юборилган сигналлар, иссиқ синов сдендидаги айланишлар частотасини ўлчаш мосламасидан олинган қийматларга мос келиши кўрсатилган.

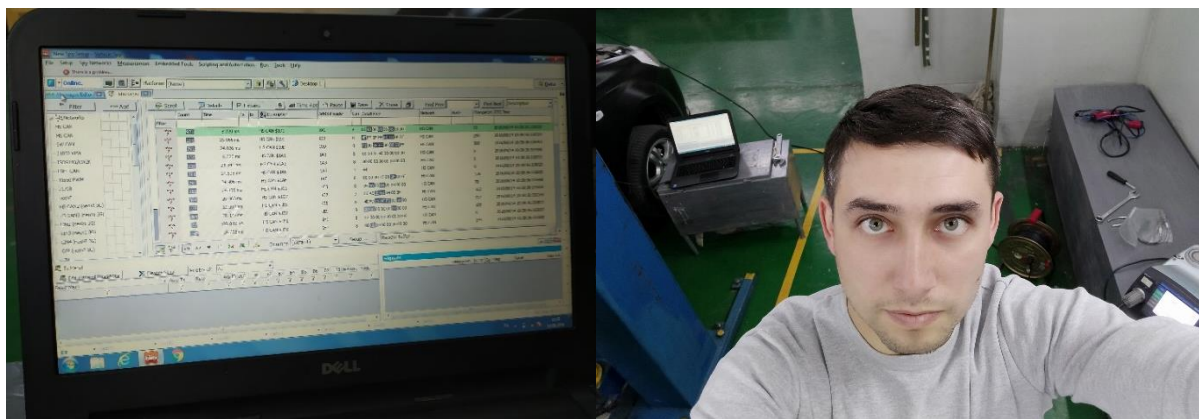


10-расм. Электрон бошқарув қурилма ва бошқарувини адекватлигини текшириш

Синов стендидан ва синов қилинаётган двигателнинг ЭББга уланган диагностика мосламасидан олинган двигател хусусиятларининг таққосланишига кўра, таҳлил шуни кўрсатдики, кислород датчиги мехатрон адаптерининг мавжудлиги салбий таъсир кўрсатмайди, сигналларни ЭББдан актуаторларга узатишда олинган қийматлар ва графиклар бир хил эди.

11-расмда турли Евро стандартлар ва катализаторлардан фойдаланган ҳолда, кислород датчигини мехатрон адаптери қўлланилганида ва қўлланилмаганда, B15D2 маркали двигателли Nexia 3 (T250) автомобилни мехатрон бошқарув тизимини калибровкалаш ва ўлчовларни олиш келтирилган.





11-расм. Турли Евро стандартлар ва катализаторлардан фойдаланиб, кислород датчигини мехатрон адаптерини қўлланилганида ва қўлланилмаганда, B15D2 маркали двигателли Nexia 3 (T250) автомобилни мехатрон бошқарув тизимини калибровкаш ва ўлчовларни олиш

Nexia 3 LTZ автомобилнинг кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланишдан олдин ва кейнги ёнилғи сарфининг ўзгариши натижалари ва уларни баҳолаш 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Евро 3 катализаторли автомат узатмали (АТ) Nexia 3 LTZ кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланишдан олдин ва кейнги ёнилғи сарфининг ўзгариши натижалари ва уларни баҳолаш

Синов тури	Ўлчовлар сони	Кислород датчиги билан	Кислород датчиги мехатрон адаптери қўлланилганда	Рухсат этилган қиймат (<i>Ts</i> 15359652-022:2015 п.3.2.34)	
90 км/с тезликдаги ёнилғи сарфи, л/100 км	1	7,62	7,59	7,03	8,0
	2	7,84			
	3	7,53			
	4	7,37			
120 км/с тезликдаги ёнилғи сарфи, л/100 км	1	9,98	9,74	9,02	10,0
	2	9,80			
	3	9,66			
	4	9,52			
Шаҳар циклидаги ёнилғи сарфи, л/100 км	1	10,17	10,09	9,49	11,0
	2	10,22			
	3	10,05			
	4	9,93			

2-жадвалда келтирилган ҳар хил Евро стандартлари ва катализаторлари билан тадқиқот объектининг натижалари ГОСТ 17.2.2.03-87 талаблари бўйича экологик синфлар меъёрларининг 1.2 бандига жавоб беради.

2-жадвал

B15D2 двигателли (T250) Nexia 3 LTZ механик (MT) ва автомат (AT) трансмиссияли тадқиқот объектининг Европа сертификатларига мувофиқ экологик синфларининг стандарт ва мейёрлари бўйича натижалар

Кислород датчиги мехатрон адаптери билан ва адаптерсиз қўлланилган Евро стандарт ва катализатор тури	Ишлатилган газлар концентрацияси				
	Бензинли двигателлар				
	СО мг/км	НС мг/км	NMHC мг/км	NO _x мг/км	CH+NO _x мг/км
Nexia 3 (T250) MT, Евро 5 (адаптерсиз)	476,7	76	26,2	28	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 5 (адаптерсиз)	598,5	65	31,8	32	-
Nexia 3 (T250) MT, Евро 3 (адаптер билан)	542	175	-	121	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 3 (адаптер билан)	497	168	-	130	-
Nexia 3 (T250) MT, Евро 3 (адаптерсиз)	600	195	-	152	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 3 (адаптерсиз)	420	182	-	164	-

Диссертациянинг “**Техник-иқтисодий асослаш**” деб номланган тўртинчи бобда илмий изланиш асосий натижаларининг ишлаб чиқариш ва ўқув жараёнига тадбиқ этишдан олинган техник-иқтисодий натижаларга бағишланган.

Nexia 3 (T250) автомобилени ишлаб чиқариш жараёнига ички ёнув двигателининг кислород датчиги адаптери билан биргаликда илатилаётган катализатор ва Евро стандартга боғлиқ равишда жорий этишнинг техник-иқтисодий самарадорлиги, битта автомобил учун 227,15 \$ АҚШ долларини ташкил этади.

Шаҳар режимида кислород датчиги адаптери кўлланилган двигател 8% ёнилғи тежайди, бу B15D2 двигателидаги кислород датчиги адаптерисизга нисбатан 0,832 литр/100 км фарқ килади. Ўртача ҳисобда йиллик 20000 км йўл учун, бу кўрсаткич 166 литрни ташкил этади, натижада (бензин нарҳи 6900 сум/литрга) бир автомобилдан йилига 1 145 400 сум тежалади.

Тадқиқот натижалари “Ички ёнув двигателларини ишлаб чиқариш”, “Автомобил ва тракторларнинг электр жиҳозлари ва электрон бошқаруви” ва “Ички ёнув двигателларни автоматик бошқариш” фанлари бўйича Тошкент Давлат Техника Университети талабалари учун мулжалланган маърузалар ва амалий ишларга киратилган. Жорий этилган бошқарув тизими ва мехатрон элементларнинг экологик таъсири “Мехатроника. Автомобилларнинг эксплуатацион кўрсаткичлари” деб номланган, Тошкент автомобил йўлларни лойҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш институтида, “Ер усти транспорт тизимлари ва уларнинг эксплуатацияси” мутахассислиги бўйича замонавий автомобилларга техник хизмат кўрсатувчи иқтидорли талабалар магистрантлар учун мўлжалланган монографияда ёритилган.

ХУЛОСА

“Мехатрон бошқарув тизимли автомобилларни двигателларини эксплуатацион кўрсаткичларини асослаш” мавзусида фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари асосида қуйдаги хулоса келтирилган:

1. Катализатор алмаштирилишининг аралашма таркибига боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда, автомобил двигателини мехатрон бошқаришнинг математик модели ишлаб чиқилган.

2. Евро стандартлар ва катализаторларнинг турли конфигурациялари ва оптимал режимларини танлаш учун, кислород датчиги мехатрон адаптери кўлланилган двигателни мехатрон бошқариш тизими учун алгоритм яратилган.

3. Двигателни электрон бошқариш тизими кислород датчиги мехатрон адаптернинг параметрлари асосланган.

4. Кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланилганда мехатрон бошқарув тизимига эга автомобил двигателларининг ёнилғи-иқтисодий ва экологик кўрсаткичлари асосланди.

5. Автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимида кислород датчиги адаптери хусусиятларини танлаш усули ишлаб чиқилди.

6. Экспериментал тадқиқотлар натижаларига кўра, максимал қувват, момент, чиқинди газлардаги захарли элементлар ва ёнилғи сарифи аниқданди ҳамда унинг миқдори кислород датчиги мехатрон адаптери билан ишлайдиган двигателда, ундан фойдаланилмаганга нисбатан 8% яхшиланди.

7. Автомобилларни ишлаб чиқарувчилар учун, маълум бир платформадаги автомобилларда турли катализаторлардан фойдаланиш,

автомобил двигателининг мехатрон бошқарув тизимини мослаштириш технологияси яратилди.

8. Катализаторларни мослашувчан қайта жиҳозлаш учун двигателни бошқариш тизимида кислород датчиги мехатрон адаптеридан фойдаланиш самарадорлиги асосланди ва жорий этилди.

9. Nexia 3 (T250) автомобилни ишлаб чиқариш жараёнига ички ёнув двигателининг кислород датчиги адаптери билан биргаликда илатилаётган катализатор ва Евро стандартга боғлиқ равишда жорий этишнинг техник-иқтисодий самарадорлиги, битта автомобил учун 227,15 \$ АҚШ долларини ташкил этади. Бу “Ўзавтосаноат” АЖнинг 2021 йил 26 майдаги 07/06-25-870 - сонли гувоҳномаси билан тасдиқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕННЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТУРИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ В ГОРОДЕ
ТАШКЕНТЕ**

УМЕРОВ ФИКРЕТ ШЕВКЕТ ОГЛУ

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ С МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ**

05.08.06 – Колёсные и гусеничные машины и их эксплуатация

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за комиссиясида № В2020.4.PhD/T2004.

Диссертация выполнена в Туринском политехническом университете в городе Ташкенте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tau1.uz) и Информационно образовательном портале "Ziyounet" (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:	Иноятходжаев Жамшид Шухригуллаевич, доктор технических наук
Официальные оппоненты:	Мухитдинов Азмат Анварович, доктор технических наук, профессор Калауов Сайдулла Аймаханович, кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «15» 10 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.18/30.12.2019.T.09.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Адылходжаева, 1. Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г. Ташкент улица Адылходжаева, 1. Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан «08» 10 2021 года.
(реестр протокол рассылки № «7» от «08» 10 2021 года).



А.А.Рискулов
Член-председатель научного совета
по присуждению учёной степени,
д.т.н., профессор

Р.М. Худайкулов
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
PhD, доцент.

А.А.Мухитдинов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учённых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Производители автомобилей во всем мире уделяют большое внимание использованию мехатронных систем для улучшения эксплуатационных показателей и безопасности автомобилей. На сегодняшний день в мире одной из важных проблем является экономичное использование ресурсов и энергии, а также охрана окружающей среды при эксплуатации двигателей автомобилей. Данное диссертационное исследование является актуальным и направлено на частичное решение данной проблемы с помощью обоснования эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с мехатронными системами управления. Эти проблемы изучают такие страны как Германия, США, Япония, Франция, Италия, Южная Корея, Великобритания и другие.

В мире за последние годы и недалеком будущем основные инновации в системах автомобиля связаны с мехатроникой. Развитие мехатронных систем автомобилей имеют все большее значение в управлении всеми системами автомобиля и из года в год их производство в автомобилестроении увеличивается. Три основные части автомобиля – двигатель, шасси и интерьер модернизируются путем изменения механических элементов, а также внедрением в них мехатронного управления. К 2017-му ситуация кардинально изменилась и показатели стали следующие: 100 и более 80 процентов соответственно. Увеличение количества электронных систем привело и к росту их доли в себестоимости автомобиля: в 2018-м она составляла 18 процентов, в 2020-м – 40, а прогноз на 2030 год – 50 процентов. Движущей силой такого рода изменений служит улучшение функций и эффективности с производством электроники. Естественно, применение достижений современной электроники существенно изменяет цену компонентов и имеет важность при усовершенствовании.

В нашей Республике автомобильная промышленность занимает одно из ведущих мест в экономике. ВВП доли отрасли автомобилестроения страны составила 3,6%, в промышленном секторе – 11,7%, выплаты в бюджет в виде налогов и других платежей – 1,6 трлн суммов. (2018 г.). Ежегодно производится до 250 тысяч автомобилей, в 2019 году выпуск автомобилей достиг 270 тысяч единиц. В последнее время увеличение потока автомобилей в Узбекистане привело к проблеме пробок на городских дорогах. Это вызывает целый спектр негативных явлений, но наиболее ощутимыми из них являются проблемы экологической и экономической безопасности автомобилей. На сегодняшний день требование к топливной экономичности и качеству самого топлива для обеспечения экологических показателей двигателя является одной из важнейших задач, которые пытаются решить различными изменениями и оптимизированием конструктивных параметров двигателя, его систем и применением мехатронного управления двигателя. Процессами в современном двигателе управляют мехатронные системы имеющие связи со всеми силовыми агрегатами автомобиля в том числе с подвеской, рулевым и тормозным управлением. С каждым годом тенденция развития

автомобилестроения ведет к ужесточению требований экономической эффективности, а также ужесточающийся нормы по выбросам газов с автомобилей.

Данная диссертационная работа в определенной степени служит осуществлению поставленных задач государством, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-5647 от 1 февраля 2019 года “О мерах по конкретному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта”, Указа Президента Республики Узбекистан №ПП-4397 от 18 июля 2019 года “О дополнительных мерах по ускоренному развитию автомобильной промышленности Республики Узбекистан”, Указа Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”, а также в ряде других нормативно-правовых документах касательно данной деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике. Диссертация выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики П. “Энергетика, энерго-ресурсосбережение, транспорт, машино- и приборостроение”.

Обзор международных научных исследований по теме диссертации. По направлению обоснование эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с мехатронными системами управления, в основном, ведутся работы в исследовательских и дизайн-центрах лидеров мирового автомобилестроения. В направлении по использованию мехатронных систем и обоснованию их применения в системе управления силовыми агрегатами работают компании “Toyota” (Япония), “Nissan” (Япония), “Hyundai” (Южная Корея) используют мехатронные системы; “General Motors” (США), “Ford” (США), в компаниях “BMW”, “Mercedes-Benz” (Германия), “Fiat” (Италия) также исследуют свойства управления мехатронных систем в автомобилях и двигателях. Мехатронные системы управления позволяют гибко приспособлять электронные актуаторы двигателей под систему управления двигателем и автомобилем. В зависимости от используемых датчиков, актуаторов и программ управления они решают различные задачи и используют различные методы оптимизации при эксплуатации двигателей и автомобилей.

Однако, в Узбекистане используют готовые результаты исследований вышеупомянутых центров и для производственных процессов, используемых в отечественном автомобилестроении. Тем самым проблемы с мехатронными системами управления являются актуальными в сфере автомобилестроения.

Степень изученности проблемы. Теоретические и практические исследования по мехатронным системам двигателей автомобилей и их эксплуатации ведутся в ряде передовых научных центрах и научно-исследовательских университетах мира.

Проблемами применения мехатронных систем в двигателях автомобилей и их эксплуатацией занимались К.Р.Гильмияров, А.А.Гуммель, И.А.Большенко, В.Н.Тимошков, А.Р.Зайцев, К.Л.Слитников, А.К.Гиряцев, Д.А.Уханов, М.Г.Петров, В.А.Стуканов, В.К.Вахламов, В.В.Ермаков, С.А.Яков, Х.Счонер, Даниелс, Ж.Кайсер. В Узбекистане в этом направлении работали О.В.Лебедев, С.М.Кадыров, А.А.Мухитдинов, Э.З.Файзуллаев, Ж.Ш.Иноятходжаев, А.А.Шермухамедов.

Однако, исследования по обоснованию и обеспечению эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с мехатронной системой управления не были изучены на достаточном уровне.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов Туринского политехнического университета в городе Ташкенте, АК “Узавтосаноат” и АО “UzAuto Motors”.

Целью исследования является обоснование эксплуатационных показателей двигателей автомобилей малого класса с мехатронной системой управления для конкретных условий эксплуатации.

Задачи исследования:

разработка математической модели мехатронного управления двигателем учитывающая зависимость состава смеси при смене катализатора;

обоснование параметров внедряемого мехатронного адаптера кислородного датчика электронной системы управления двигателя;

проведение экспериментальных исследований электронной системы управления двигателя автомобиля с мехатронным адаптером кислородного датчика;

оценка эффективности внедрения мехатронного адаптера кислородного датчика в систему управления двигателем.

Объектом исследования является мехатронная система управления автомобильного двигателя.

Предмет исследования является интеграция адаптера кислородного датчика с мехатронной системой управления двигателем.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы анализа и обобщение ранее выполненных теоретических и экспериментальных работ при применении мехатронных элементов на двигателях и автомобилях, проведение теоретических и экспериментальных исследований, теории автомобиля, теории автоматического управления.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель управления двигателем автомобиля с мехатронным адаптером кислородного датчика учитывающая зависимость состава смеси при смене катализатора;

создан аналитический алгоритм мехатронной системы управления двигателем с мехатронным адаптером кислородного датчика при различных

комплектациях катализаторов Евро 3, 4 и 5 стандартов и выбора оптимальных режимов работы двигателя;

предложен мехатронный адаптер кислородного датчика и обоснована его эффективность для адаптации результатами практических исследований, калибровки и передачи данных в органы управления двигателем;

на основе аналитических и практических результатов усовершенствованы топливно-экономические и экологические показатели двигателей автомобилей с мехатронной системой управления при использовании мехатронного адаптера кислородного датчика;

разработана методика практического выбора характеристик мехатронного адаптера кислородного датчика мехатронной системы управления двигателем автомобиля.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана технология адаптации системы мехатронного управления двигателем автомобиля с применением различных каталитических нейтрализаторов на автомобилях определённой платформы для производителей легковых автомобилей;

внедрена и обоснована применение адаптера кислородного датчика для двигательного производства, гибкого переоснащения и внедрения каталитических нейтрализаторов;

усовершенствованная система управления мехатронными элементами автомобиля позволила повысить топливную экономичность на 8% и улучшить экологические показатели двигателей с стемами Евро 3, Евро 4 и Евро 5.

Достоверность полученных результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждаются экспериментальными исследованиями, использованием современных методов и средств теоретического обоснования параметров машин и режимов работы, основанных на принципах теоретической механики и высшей математики. Результаты экспериментальных исследований обрабатываются математико-статистическими методами, взаимная адекватность теоретических и прикладных результатов исследования объясняется тем, что они внедрены в производственный процесс.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования поясняется разработанным методом выбора характеристик адаптера кислородного датчика в системе мехатронного управления двигателем автомобиля, аналитических связей и расчетным методом.

Практическая значимость результатов исследования обосновывается разработанным и интегрированным адаптер кислородного датчика двигателя позволяет оптимизировать и адаптировать мехатронную систему автомобиля с минимальным количеством времени с переоборудованным катализатором двигателя в процессе производства. Правильное управление за счет мехатронной системы, а также правильный расчет режимов работы двигателя и системы. Для получения лучших характеристик, также требуется правильное

оптимизирование показателей в данных режимах. Разработанный адаптер позволяет усовершенствовать мехатронную систему автомобиля, оптимизировать количество загрязняющих элементов в выхлопных газах автомобиля, улучшать топливную экономичность.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по обоснованию эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с мехатронной системой управления:

создана технология адаптации системы мехатронного управления двигателем автомобиля с применением различных каталитических нейтрализаторов на автомобилях определённой платформы для производителей легковых автомобилей АО “UzAuto Motors” (справка №07/06-25-870 от 26 мая 2021 года АК “Узавтосаноат”). В результате был интегрирован мехатронный адаптер кислородного датчика в мехатронную систему управления двигателем автомобиля, при применении различных каталитических нейтрализаторов, получена возможность повышения надёжности автомобильных мехатронных устройств, уменьшение потерь сигнала при подключении к ЭБУ;

обоснована применение мехатронного адаптера кислородного датчика для двигательного производства, гибкого переоснащения и внедрения каталитических нейтрализаторов в АО “UzAuto Motors” (справка №07/06-25-870 от 26 мая 2021 года АО “Узавтосаноат”) В результате экономичность и энергоресурсы были увеличены, соблюдение экологических требований было обеспечено, а применение исследований в производстве позволило увеличить производство автомобилей;

усовершенствована система управления мехатронными элементами автомобиля позволяющая повысить топливную экономичность на 8% и улучшить экологические показатели двигателей с системами Евро 3, Евро 4 и Евро 5 внедрена АО “UzAuto Motors” (справка №07/06-25-870 от 26 мая 2021 года АО “Узавтосаноат”). В результате их использование на автомобилях T250 R3 Nexia дало значительную экономическую эффективность в зависимости от вида применяемого катализатора и Евро стандарта до 227,15 \$ долларов США от одной машины.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследований доложены и обсуждены на АО “Узавтосаноат”; АО “UzAuto Motors”, в Туринском Политехническом университете в г. Ташкенте; в 10 международных конференциях и в 6 Республиканских научно-практических конференциях и семинарах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано более 23 научных работ, в том числе в международных журналах 2 и в национальных журналах 4 научные статьи, на научных конференциях 16 докладов и тезисов, а также 1 патент.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх главы, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка

использованной литературы и приложения. Работа изложена на 118 страницах компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении аргументированы актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, а также изложены объекты и предметы исследования, представлено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в Республике Узбекистан, выражена научная новизна и практический результат исследования, а также обозначены задачи, решаемые соискателем. Кроме этого дана общая структура диссертации и опубликованность результатов исследования.

В первой главе **“Современное состояние вопроса, постановка цели и задач исследования”** выполнен анализ литературных источников по мехатронным системам управления двигателей автомобилей и их эксплуатации, сформулированы цель и задачи исследования. Проанализирован объект исследования, двигатель автомобиля с мехатронной системой управления, с бензиновым топливом, инжекторным впрыском и зажиганием от искры свечи зажигания, с двойным газораспределительным валом.

Основные компоненты объекта исследования с системой управления двигателем показаны на рис.1.

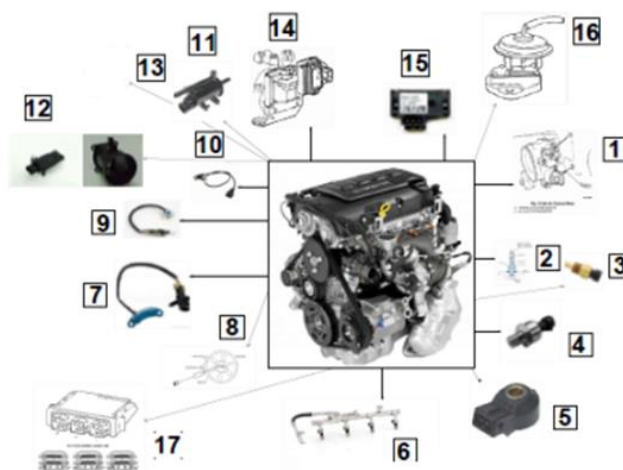


Рис.1. Система управления двигателем. Основные компоненты объекта исследования: 1- дроссельная заслонка; 2- клапан принудительной вентиляции картера; 3- датчик охлаждения; 4- датчик давления масла; 5- датчик детонации; 6- топливные инжекторы; 7- датчик положения коленчатого вала; 8- датчик положения коленчатого вала; 9- кислородный датчик; 10- датчик положения распределительного вала; 11- обратный клапан топливной системы; 12- датчик массового расхода воздуха; 13- датчик температуры воздуха; 14- модуль зажигания и катушки; 15- датчик абсолютного давления; 16- клапан рециркуляции выхлопных газов; 17- электронный блок управления.

Система получает данные от датчиков, обрабатывает и расшифровывает данные, на основании алгоритмов и калибровочных характеристик, отправляет сигналы на электромеханические актуаторы. Как было отмечено объект исследования имеет сложную конструкцию, включающий в себя элементы для широкого апгрейда, т.е. перевода из одних требований по оснащению мехатронными элементами в другой. Что в свою очередь обеспечивает покрытие более широкого диапазона требований, но затрудняющих интеграцию с другими агрегатами автомобиля. Например, наличие деталей 7 и 8 необязательно для класса В стандарта Евро 2, однако, является обязательным для класса В стандарта Евро 4 и выше.

Рассмотрено управление подачей топливо - воздушной смесью на объекте исследования. Алгоритм управления топливно-воздушной смеси представлен на рис.2. Система контроля подачи топливно-воздушной смеси должна управлять следующим:

- определять массу воздуха подаваемую в цилиндр;
- подачу топлива в коллектор (или цилиндр) в соответствии с соотношением заложенной топливно-воздушной смеси.

В объекте исследования предложено использовать замкнутую цепь для постоянного совершенствования процессов.

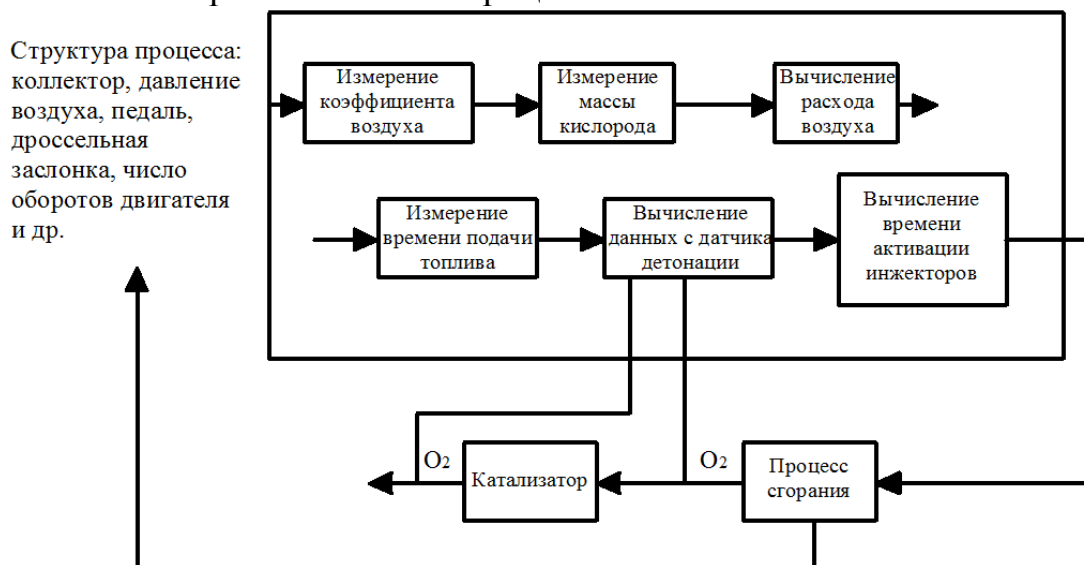


Рис. 2. Алгоритм управления топливно-воздушной смеси

Во второй главе “**Эксплуатационные показатели двигателя автомобиля с мехатронной системой управления**” приведены результаты математического моделирования управления двигателем автомобиля с использованием адаптера кислородного датчика в качестве дополнительного элемента.

Вывод модели управления двигателем. Определим математическую зависимости, описывающих ДВС, относительно управляемой величины – впрыска и подачи зажигания в зависимости от сигналов датчика кислорода

ДВС. Решение этого уравнения позволит получить зависимость частоты вращения вала от времени впрыска и подачи зажигания.

ДВС без наддува, как управляемый объект по частоте вращения коленчатого вала ω описывается линейным дифференциальным уравнением:

$$T_D \frac{d\omega(t)}{dt} + K_D \omega(t) = h(t) - T_C M_C(t). \quad (2.1)$$

Здесь $\omega(t)$ - частота вращения коленчатого вала; $h(t)$ – время подачи впрыска топлива и зажигания; $M_C(t)$ – значение нагрузки; t – время; T_D , K_D , T_C – постоянные величины, зависящие от конструктивных особенностей двигателя.

Идентификация динамических объектов в общем случае состоит в определении их структуры и параметров по измеряемым данным - входным воздействиям и выходным процессам - и осуществляется при помощи настраиваемой модели той или иной структуры, параметры которой могут изменяться.

В качестве примера рассмотрим упрощённую одномерную схему непрерывной настраиваемой модели объекта экспертизы (ОЭ).

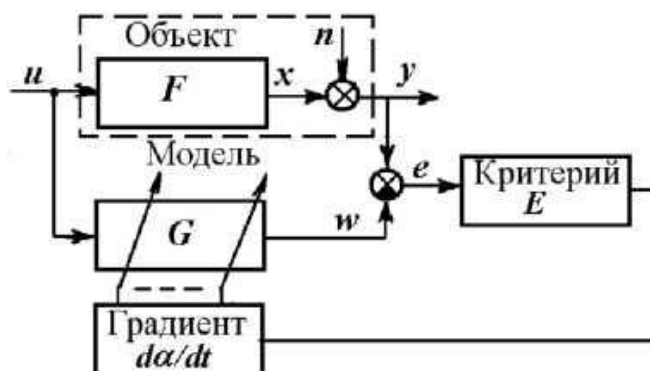


Рис. 3. Схема непрерывной настраиваемой модели: u – входное управляющее воздействие; x и w – выходные процессы ОЭ и модели; n – возмущающие воздействия; F и G – операторы связи

$$E = L[q(e)] \rightarrow \min \quad (2.2)$$

где L – функционал от чётной функции $q(e)$, $e = y - \omega$ - погрешность идентификации, $\omega = G[u; \alpha]$. Настройка модели G осуществляется изменением параметров $\alpha^T = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$ в соответствии со значением градиента E :

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\gamma \nabla E \quad (2.3)$$

где $\gamma = \alpha(0)$ – начальные условия. Компоненты вектора градиента определяются дифференцированием:

$$\frac{\partial E}{\partial \alpha_j} = L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} \right]; \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial w}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial G[u; \alpha]}{\partial \alpha_j}$$

причём $\partial w / \partial \alpha_j$ представляет собой функцию чувствительности (ФЧ) параметра α_j .

Градиент E

$$\nabla E = -L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} K[u; \alpha] \right] \quad (2.4)$$

где $K_j[u; \alpha] = \frac{\partial G[u; \alpha]}{\partial \alpha_j}$. Множество $K_{AKD}[u; \alpha]$ позволяют получить все функции чувствительности параметров α .

$K_{AKD} = \alpha \pm u$, здесь α имеет диапазон $\alpha = (0 \div 0,9)$.

Итак, ставится задача вычисления функции чувствительности изменяемых параметров модели и далее – использования модели динамики ДВС для вычисления времени впрыска от углового ускорения коленчатого вала и его составляющих с целью идентификации состояния двигателя.

Для двигателя с адаптером кислородного датчика, объекта исследования введем корректирующий коэффициент K_{AKD} в уравнение (2.1)

$$T_D \frac{d\omega(t)}{dt} + K_D \omega(t) = h(t) \cdot (\alpha \pm u) - T_C M_C(t). \quad (2.5)$$

Время подачи впрыска топлива и зажигания $h(t)$ получим из соотношения (2.1):

$$h(t) = \frac{T_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \omega(t) + \frac{T_C M_C(t)}{(\alpha \pm u)}. \quad (2.6)$$

При испытаниях необходимо переводить ДВС из одного состояния в другое, тогда за t_i и ω_i примем конкретное состояние режима испытания, которое осуществляется при переходе из одного состояния двигателя в другое, а i – номер точки перехода.

Участки изменения частот в заданных интервалах можно выразить из уравнения прямой, где ω_i – требуемое начальное значение частоты вращения вала двигателя в момент времени t_i , ω_{i+1} – конечное требуемое значение частоты вращения вала двигателя в момент времени t_{i+1} .

Зависимость $\omega(t)$ будет выглядеть как

$$\omega(t) = \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \omega_i, \quad (2.7)$$

где $i = \overline{1, n}$; n – число точек перехода ДВС из одного состояния в другое.

При известной математической модели (2.5) и заданных значениях изменения частот, необходимо определить управляющее значение $h(t)$, приводящее к требуемым значениям.

Результатом вычислений является зависимость:

$$h(t) = \frac{T_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{K_D}{(\alpha \pm u)} \cdot \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D \omega_i}{(\alpha \pm u)} + \frac{T_C M_C(t)}{(\alpha \pm u)}, \quad (2.8)$$

где $i = \overline{1, n}$.

В результате вычислений получены соотношения, позволяющие управлять объектом испытаний по двум входным параметрам: времени подачи впрыска, а также изменению частоты вращения на валу двигателя.

В модель вносим замену в место $\alpha \pm u$ величину характеризующую свойства мехатронного адаптера $K_{AKД}$, регулирующего время впрыска топлива в зависимости от частоты вращения на коленчатом валу.

Уравнение для объекта исследования примет окончательный вид:

$$h(t) = \frac{T_D}{K_{AKД}} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D}{K_{AKД}} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot t - \frac{K_D}{K_{AKД}} \cdot \frac{t_i(\omega_{i+1} - \omega_i)}{t_{i+1} - t_i} + \frac{K_D \omega_i}{K_{AKД}} + \frac{T_C M_C(t)}{K_{AKД}} \quad (2.9)$$

С помощью её определяется время впрыска топлива в коллектор и время подачи искры зажигания.

Уравнение вносится в систему управления двигателем (ЭБУ) и на основе калибровочных данных, характерных для каждого из типов двигателей, управляется подача сигналов времени впрыска топлива и зажигания.

На рис. 4 представлен вариант алгоритма управления моделью бензинового ДВС с адаптером мехатронной системой управления, зажиганием, топливоподачей и с нейтрализацией отработавших газов трехкомпонентным нейтрализатором.

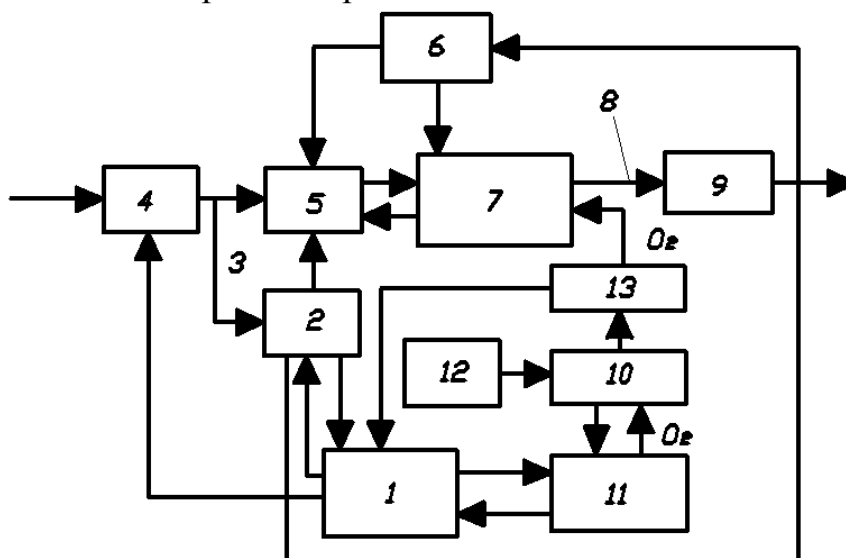


Рис. 4. Алгоритм управления моделью мехатронной системы двигателя внутреннего сгорания как объекта регулирования по минимуму расхода топлива и по ограничениям токсичности отработавших газов с учетом мехатронного адаптера кислородного датчика: 1 - контроллер управления ДВС; 2 - блок впрыскивания топлива; 3 - сигнал датчика давления на всасывании P_k (нагрузка ДВС); 4 - дроссельная заслонка во всасывающем патрубке ДВС; 5 - цикловая подача топлива (расход топлива) и воздуха (расход воздуха); 6 - система зажигания; 7 - параметры индикаторного и рабочего процесса ДВС; 8 - параметры математической модели ДВС; O_2 - концентрация кислорода; 9 - параметры нагрузки ДВС; 10 - выпускной тракт двигателя; 11 - датчик кислорода в отработавших газах; 12 - нейтрализатор отработавших газов; 13 - мехатронный адаптер кислородного датчика.

Алгоритм адаптации управления такой мехатронной системы по математической модели двигателя имеет следующие шаги:

1. Выбор исходной комплектации двигателя (в данном случае это система зажигания, система впрыскивания топлива, датчики, адаптеры и исполнительные механизмы);

2. Определение модели двигателя с проверкой ее адекватности путем экспериментального определения ее параметров;

3. Расчет режимов работы ДВС при выполнении ездового цикла с определением опорных точек матрицы управления, которые должны быть заложены в ППЗУ контроллера блока управления. Основными параметрами являются углы опережения зажигания, цикловая подача топлива в зависимости от циклового расхода всасываемого воздуха или положения дроссельной заслонки, температуры охлаждающей жидкости, параметры мехатронного адаптера кислородного датчика;

4. Формирование структуры управления;

5. Расчетная оценка достигнутого уровня показателей. В случае эффективности управления проводится оптимизация управления, а в случае отсутствия эффективности расчет возобновляется с предыдущих этапов;

6. Расчетное определение оптимального управления без ограничений по токсичности отработавших газов вне зоны ездового цикла с целью получения регулировок с минимальным расходом топлива и оптимальной динамикой двигателя;

7. Формирование базовой матрицы управления зажиганием и впрыскиванием топлива.

В диссертационной работе приведен расчет цепи управления двигателем внутреннего сгорания автомобиля с учетом мехатронного адаптера кислородного датчика.

Изменение элементов мехатронной системы может приводить к нестабильной работе системы впрыскивания топлива двигателя внутреннего сгорания. Рассмотрим один из элементов, датчик кислорода двигателя на выпуске. В зависимости от его сигнала также производится дозированной подачи топлива, его распыления в камере сгорания (впускном коллекторе) и образования топливно-воздушной смеси. При износе каталитических нейтрализаторов, неисправности самих датчиков кислорода или при замене катализаторов на другой тип Евро стандарта, могут возникать проблемы с адаптацией сигналов, получаемых от датчиков определения кислорода в составе отработавших газов.

Функциональная схема адаптивного преобразователя параметром электрической энергии показана на рис. 5. На мехатронную систему управления двигателем поступает сигнал от адаптера, подающий преобразованный сигнал от кислородного датчика. Ток индуктивности протекает через диод VD1 и заряжает конденсатор С. Процесс повторяется, и напряжение на конденсаторе возрастает. Диод VD1 не дает разрядиться конденсатору С на бортовую сеть. Напряжение возрастает до тех пор, пока не

пробьётся стабилитрон VD2, при этом напряжение на выходе от адаптера станет равным нулю. Заряд конденсатора С прекращается. Таким способом осуществляется защита от перенапряжения.

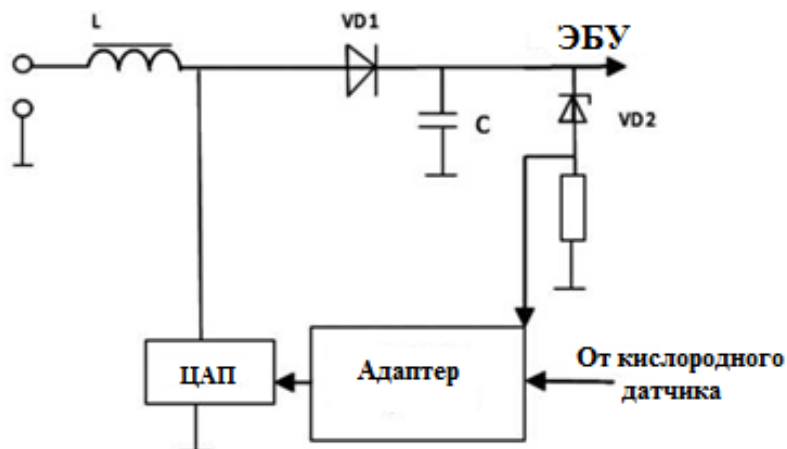


Рис. 5. Функциональная схема адаптивного преобразователя параметров электрической энергии

Управление напряжением, до которого следует заряжать конденсатор С в рабочем режиме, осуществляется по сигналу от мехатронной системы управления двигателя и зависит от режима работы двигателя.

В третьей главе **“Практические исследования элементов мехатронной системы управления двигателя автомобиля”** изложена методика испытаний, результаты стендовых испытаний (холодное испытание, горячее испытание) двигателя, а также дорожные испытания автомобиля Nexia 3 (Т250) и его двигателя В15D2 отечественного производства на основе методов, предложенных автором.

Разработанный автором мехатронный адаптер кислородного датчика двигателя внутреннего сгорания автомобиля (Т250 В15D2), приведен на рис. 6, который состоит из электронных элементов, управляемых тестовым оборудованием. Целью применения адаптера кислородного датчика, является адаптированные мехатронной системы управления автомобиля при применении катализаторов различных Евро стандартов в место штатных катализаторов на автомобилях.

Установка катализатора стандарта Евро одного типа на место катализатора стандарта Евро другого типа, на автомобиле платформы Т250 (Nexia R3), требует адаптации второго кислородного датчика для корректной работы мехатронной системы управления двигателя внутреннего сгорания, которое достигается адаптацией второго кислородного датчика, применением мехатронного адаптера кислородного датчика.

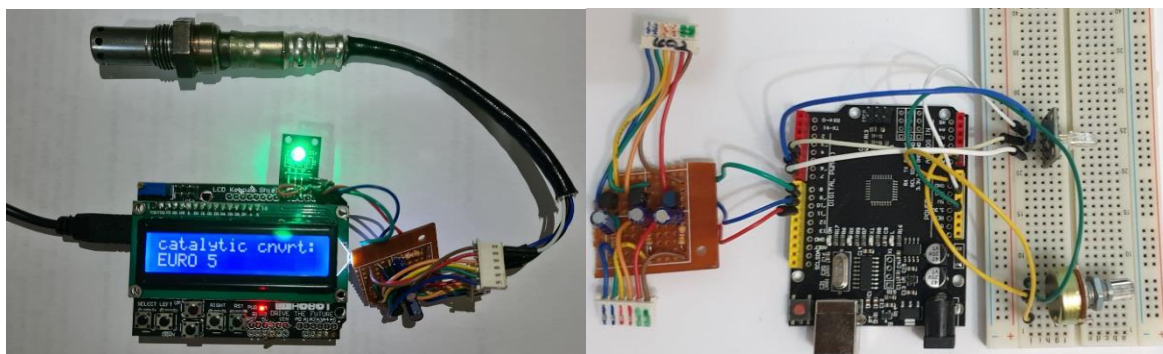


Рис. 6. Мехатронный адаптер кислородного датчика двигателя внутреннего сгорания автомобиля

При замене катализатора одного Евро типа на место катализатора стандарта Евро другого типа, на автомобиле платформы T250 (Nexia R3), второй датчик кислорода фиксирует большее значение состава отработавших газов, таким образом - будет гореть check engine, возможно может падать мощность, ухудшатся разгонные характеристики автомобиля.

Второй кислородный датчик, установленный после катализатора, контролирует эффективность работы катализатора, измеряя содержание кислорода в выхлопных газах на выходе. Если весь кислород поглощается химической реакцией, происходящей между кислородом и вредными веществами, то датчик выдает сигнал высокого напряжения.

Общий вид соединения адаптера кислородного датчика к мехатронной системе управления двигателем внутреннего сгорания автомобиля приведена на рис. 7.

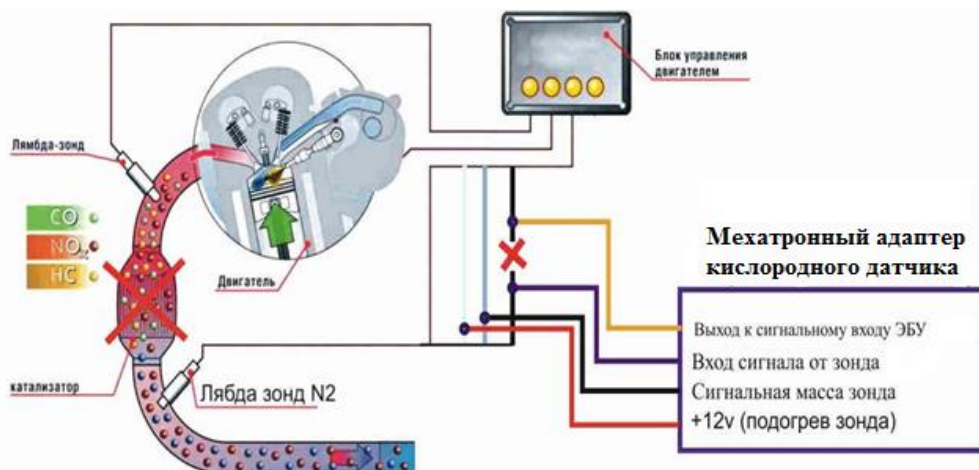


Рис. 7. Общий вид соединения мехатронного адаптера кислородного датчика к мехатронной системой управления двигателя автомобиля

На рис. 8 приведены результаты испытаний мехатронного адаптера кислородного датчика по основному показателю – величине напряжения и корректному времени подачи сигнала на электронный блок управления и сравнения характеристики величин сигналов для управления от датчика кислорода с мехатронным адаптером кислородного датчика и без него с различными Евро стандартами.



Рис. 8. Сравнения характеристики величин сигналов для управления от датчика кислорода с мехатронным адаптером кислородного датчика и без него с различными Евро стандартами

На рис.9. приведена внешняя скоростная характеристика двигателя B15D2 Nexia 3 (T250). Результаты удовлетворяют заявленным требованиям и необходимым техническим характеристикам.

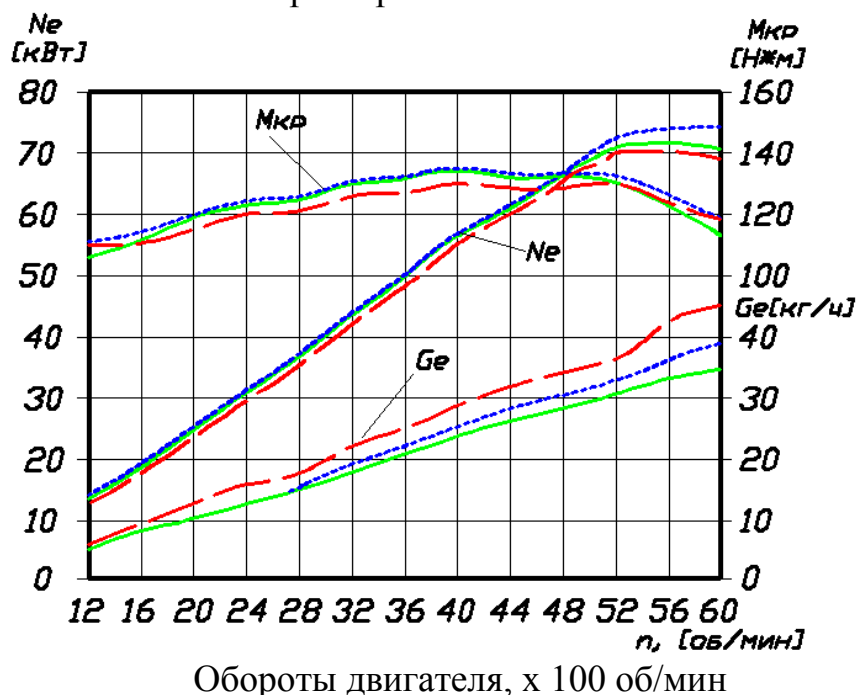


Рис. 9. Внешняя скоростная характеристика двигателя (T250 B15D2)
 Зелёная сплошная линия – двигатель (T250 B15D2) с Евро 5 катализатором без применения мехатронного адаптера кислородного датчика;
 Красная крупно - пунктирная линия – двигатель (T250 B15D2) с Евро 3 катализатором без применения мехатронного адаптера кислородного датчика;
 Синяя мелко – пунктирная линия – двигатель (T250 B15D2) с Евро 3 катализатором с применением мехатронного адаптера кислородного датчика.

График на рис.10. показывает, что, сигналы об оборотах испытываемого двигателя отправляемые по тестовому оборудованию на ЭБУ соответствуют значениям, полученным с устройства измерения частоты вращения на стенде по горячему испытанию.

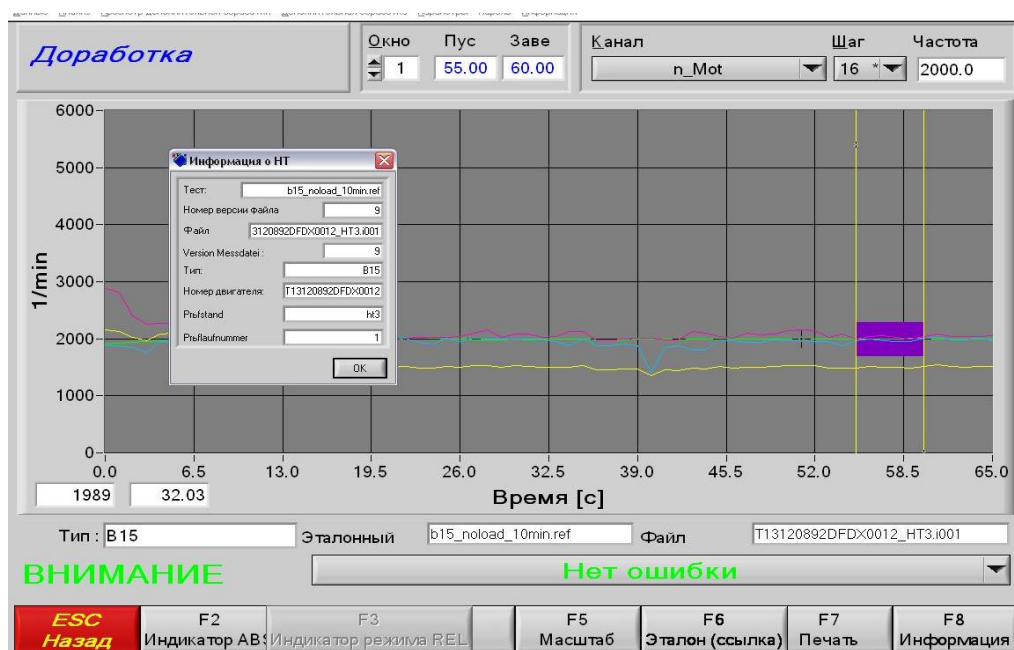


Рис. 10. Проверка на адекватность управления ЭБУ

Согласно сравнению характеристик двигателя, полученных с испытательного стенда и с диагностического устройства, подключенного к ЭБУ испытываемого двигателя, анализ показал, что наличие мехатронного адаптера кислородного датчика не оказывает негативного воздействия на передачу сигналов от ЭБУ к актуаторам, т.к. полученные значения и графики были идентичны.

На рис. 11. показаны проведение экспериментальных исследований по измерению и калибровке показаний мехатронной системы управления автомобиля Nexia 3 (T250) и его двигателя марки B15D2, с использованием мехатронного адаптера кислородного датчика и без него с применением различных Евро стандартов и катализаторов.





Рис. 11. Проведение измерений и калибровка мехатронной системы управления автомобиля Nexia 3 (Т250) и его двигателя марки В15D2, с использованием мехатронного адаптера кислородного датчика и без него с применением различных Евро стандартов и катализаторов

Результаты и оценка изменения расхода топлива автомобиля Nexia 3 LTZ до и после применения мехатронного адаптера кислородного датчика приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты и оценка изменения расхода топлива до и после применения мехатронного адаптера кислородного датчика Nexia 3 LTZ с автоматической трансмиссией (АТ) с Евро 3 катализатором

Вид испытаний	Кол-во измерений	С текущим кислородным датчиком	После применения мехатронного адаптера кислородного датчика	Допустимое значение (Ts 15359652-022:2015 п.3.2.34)
Контрольный расход топлива при скорости 90 км/ч, л/100 км	1	7,62	7,28	8,0
	2	7,84	7,06	
	3	7,53	6,93	
	4	7,37	6,86	
Контрольный расход топлива при скорости 120 км/ч, л/100 км	1	9,98	9,22	10,0
	2	9,80	9,13	
	3	9,66	8,91	
	4	9,52	8,82	
Расход топлива в городском цикле, л/100 км	1	10,17	9,74	11,0
	2	10,22	9,67	
	3	10,05	9,39	
	4	9,93	9,16	

Результаты испытания объекта исследования с различными Евро стандартами и катализаторами приведенные в таблице 2, удовлетворяют

предписаниям п. 1.2 ГОСТ 17.2.2.03-87 и нормативам экологических классов согласно европейских сертификатов.

Таблица 2

Результаты испытания объекта исследования – Nexia 3 LTZ с механической трансмиссией (MT) и автоматической (AT) (T250) с двигатель B15D2 по стандартам и нормативам экологических классов согласно европейских сертификатов

Тип использованного Евро стандарта и катализатора с мехатронным адаптером кислородного датчика и без него	Концентрация выбросов				
	Бензиновые двигатели				
	CO мг/км	HC мг/км	NMHC мг/км	NO _x мг/км	CH+NO _x мг/км
Nexia 3 (T250) MT, Евро 5 (без адаптера)	476,7	76	26,2	28	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 5 (без адаптера)	598,5	65	31,8	32	-
Nexia 3 (T250) MT, Евро 3 (с адаптером)	542	175	-	121	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 3 (с адаптером)	497	168	-	130	-
Nexia 3 (T250) MT, Евро 3 (без адаптера)	600	195	-	152	-
Nexia 3 (T250) AT, Евро 3 (без адаптера)	420	182	-	164	-

В четвертой главе **“Технико-экономическое обоснование”** изложены основные технико-экономические результаты внедрения результатов диссертации в процесс производства и учебный процесс.

Технико-экономический эффект от внедрения в производственный процесс при производстве Nexia 3 (T250) в зависимости от использованного катализатора и Евро стандарта с адаптером кислородного датчика двигателя внутреннего сгорания, от одной машины составляет до 227,15 \$ долларов США.

Двигатель с адаптером кислородного датчика в городском режиме экономит около 8% топлива, это 0,832 литров/100 км пробега топлива меньше

чем без адаптера кислородного датчика на двигателе B15D2. Со средним годовым пробегом автомобиля 20000 км экономия топлива в год составит 166 литра (цена бензина АИ-91 на момент расчета 6900 сум/литр) т.е. 1 145 400 сум в год на один автомобиль.

Результаты исследования включены в цикл лекций и практических работ по предметам “Производство двигателей внутреннего сгорания”, “Электрооборудование и электронное управление автомобилей и тракторов” и “Автоматическое управление двигателей внутреннего сгорания” для студентов Ташкентского Государственного Технического Университета. Экологический эффект от внедренной системы управления и мехатронных элементов освещен в монографии “Мехатроника. Эксплуатационные показатели автомобилей” изданной, адресованной одарённым студентам, магистрантам занимающихся сервисным обслуживанием современных автомобилей, для специальности “Наземные транспортные системы и их эксплуатация”, в Ташкентском институте по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов проведенного исследования по диссертации доктора философии (PhD) на тему “Обоснование эксплуатационных показателей двигателей автомобилей с мехатронной системой управления” представляется следующее заключение:

1. Разработана математическая модель мехатронного управления двигателем автомобиля учитывающая зависимость состава смеси при смене катализатора.

2. Создан алгоритм мехатронной системы управления двигателем с мехатронным адаптером кислородного датчика при различных комплектациях катализаторов Евро стандартов и выбора оптимальных режимов.

3. Обоснованы параметры внедренного мехатронного адаптера кислородного датчика электронной системы управления двигателя.

4. Обоснованы топливно-экономические и экологические показатели двигателей автомобилей с мехатронной системой управления при использовании мехатронного адаптера кислородного датчика.

5. Разработана методика выбора характеристик адаптера кислородного датчика в системе мехатронного управления двигателем автомобиля.

6. По результатам экспериментальных исследований определены величины максимальной мощности, крутящего момента, вредных элементов в составе отработавших газов и расхода топлива которое составило разницу в 8% улучшения в двигателе с мехатронным адаптером кислородного датчика относительно без его использования.

7. Создана технология адаптации системы мехатронного управления двигателем автомобиля с применением различных каталитических

нейтрализаторов на автомобилях определённой платформы для производителей легковых автомобилей.

8. Внедрена и обоснована эффективность применения мехатронного адаптера кислородного датчика в системе управления двигателем для гибкого переоснащения каталитических нейтрализаторов.

9. Техничко-экономический эффект от внедрения исследовательской работы в производственный процесс при производстве Nexia 3 (T250) в зависимости от использованного катализатора и Евро стандарта с адаптером кислородного датчика двигателя внутреннего сгорания, от одной машины составляет до 227,15 \$ долларов США. Это подтверждено справкой №07/06-25-870 от 26 мая 2021 года АК “Узавтосаноат”.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES DSc.18/30.12.2019.T.09.01 AT
TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

TURIN POLYTECHNICAL UNIVERSITY IN TASHKENT

UMEROV FIKRET SHEVKET OGLU

**JUSTIFICATION OF THE PERFORMANCE INDICATORS OF ENGINES
OF VEHICLES WITH A MECHATRONIC CONTROL SYSTEM**

05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2020.4.PhD/T2004.

The dissertation has been prepared at Turin polytechnic university in Tashkent.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tayi.uz and on the website of the "Ziynet" Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific adviser: **Inoyatkhojaev Jamshid Shuxratullayevich,**
Doctor of technical Sciences

Official opponents: **Mukhitdinov Akmal Anvarovich,**
Doctor of technical Sciences, Professor
Kalauov Saydulla Aymakhanovich,
Doctor of philosophy, Dotsent

Leading organization: **Fergana polytechnic institute**

The defense will take place « 15 » 10 2021 r. at 10⁰⁰ at the meeting of Scientific council No. DSc.18/30.12.2019.T.09.01.2021 at Tashkent State Transport University (Address: 100167, Tashkent, Odilkhojaev street 1, Tashkent 100167, Uzbekistan tel./fax: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (its registered number No. 035) (Address: 100167, Tashkent, street 1, tel./fax: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Abstract of the dissertation sent out on « 08 » 10 2021 y.
(mailing report No. « 7 » on « 08 » 10 2021 y).



A.A.Riskulov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

R.M. Khudaykulov
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy, dotsent

A.A.Mukhitdinov
Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to substantiate the performance of engines of small cars with a mechatronic control system for specific operating conditions.

Tasks of the research:

development of a mathematical model of mechatronic engine control, taking into account the dependence of the mixture composition when changing the catalyst;
substantiation of the parameters of the introduced mechatronic adapter of the oxygen sensor of the electronic engine control system;

experimental studies of the electronic control system of a car engine with a mechatronic oxygen sensor adapter;

evaluation of the effectiveness of the introduction of the oxygen sensor mechatronic adapter into the engine control system.

The object of the research is a mechatronic control system of an automobile engine.

The subject of research is the integration of an oxygen sensor adapter with a mechatronic engine management system.

Scientific novelty of the research are as follows:

a mathematical model for controlling a car engine with a mechatronic oxygen sensor adapter has been developed, taking into account the dependence of the mixture composition when changing the catalyst;

an analytical algorithm was created for a mechatronic engine control system with a mechatronic adapter of an oxygen sensor for various configurations of catalysts of Euro 3, 4 and 5 standards and the choice of optimal engine operating modes;

the mechatronic adapter of the oxygen sensor is proposed and its efficiency is substantiated for adaptation by the results of practical research, calibration and data transmission to the engine controls;

on the basis of analytical and practical results, the fuel, economic and environmental indicators of engines of cars with a mechatronic control system were improved using a mechatronic adapter of an oxygen sensor;

a method for the practical selection of the characteristics of the mechatronic adapter of the oxygen sensor of the mechatronic vehicle engine control system has been developed.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, conclusions, practical recommendations, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation was 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Umerov F.Sh. Optimization of indicators of internal combustion engines of vehicles with a mechatronic control system using an oxygen sensor adapter // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, India: ISSN: 2350-0328, Website: www.ijarset.com.Vol. 8, Issue 4, April 2021. – pp.17262-17268. (05.00.00; №8)

2. Umerov F.Sh. Calculation of the control circuit of the internal combustion engine of the vehicle with account for the mechatronic adapter of the oxygen sensor // The American Journal of Engineering and Technology, The USA Journals, USA: ISSN: 2689-0984, Vol. 03, Issue June 2021. – pp.140-147. (№ 23 Scientific Journal IF=6.9, №35 CrossRef.)

3. Umerov F.Sh. Oxygen sensor adapter for mechatronic internal engine control combustion cars // Научно-технический журнал ВЕСНИК, Ташкент: Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent (ТТПУ), 2021. №11. С. 38-42. (05.00.00; №25)

4. Умеров Ф.Ш. Разработка математической модели по улучшению эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания и автомобилей // Научно-технический журнал Железнодорожный транспорт: Актуальные вопросы и инновации ВЕСНИК, Ташкент: Ташкентский государственный транспортный университет, 2021. №1. С. 43-55. (05.00.00; №11)

5. J. Inoyatkhodjaev, F. Umerov. Engine air-fuel ratio control for optimization of vehicle cruise and performance // Научно-технический журнал ВЕСНИК, Ташкентского Технического Университета. Ташкент: 2015. №4. С. 105-110. (05.00.00; №16).

6. Ж.Иноятходжаев, Ф.Умеров. Мехатронные инновации в автомобильной промышленности // Научно-технический журнал ВЕСНИК, “Проблемы механики”. Ташкент: 2015. №1. С. 64-67. (05.00.00; №6)

II бўлим (II часть; II part)

7. Umerov F.Sh. Peculiarities of self-diagnostics of mechatronic systems of Engines and transmissions of cars // Proceedings of International Scientific and Technical Conference on “Problems and Prospects of Innovative Technique and Technology in Agri-Food Chain” [IJERT], ISSN: 2394-3696, Website: www.ijert.org. India: 24-25 April 2020. С. 168-170.

8. Умеров Ф.Ш. Принцип работы и диагностика мехатронных систем автомобилей // Сборник трудов 104–ой международной научно-технической

конференция на тему “Опыт создания и эксплуатации автомобильного транспорта в условиях жаркого климата”. Ташкент: 19-20 сентября 2018 года. С. 168-170.

9. Умеров Ф.Ш. Нейронные сети в мехатронных системах управления двигателем внутреннего сгорания // Международная научно-практическая конференция, на тему “Наука и практика для ускоренной технологической модернизации страны”. Казахстан: 21 апреля 2017. С. 253-257.

10. Умеров Ф.Ш. Мехатронное управление потоком воздуснабжения двигателей внутреннего сгорания // Международная научно-практическая конференция, на тему “Наука и практика для ускоренной технологической модернизации страны”. Казахстан: 21 апреля 2017. С. 253-257.

11. Умеров Ф.Ш. Анализ принципа работы и структурных схем пьезорезонансных трибодатчиков // Международная научно-практическая конференция, на тему “Наука и практика для ускоренной технологической модернизации страны”. Казахстан: 21 апреля 2017. С. 253-257.

12. Умеров Ф.Ш. Анализ надежности мехатронной системы и исполнительных устройств // Республиканская научно-практическая конференция, (ТУИТ). Ташкент: 2018. С. 31-35.

13. Иноятходжаев Ж.Ш., Анакулова Г.К., Шермухамедов А.А., Умеров Ф.Ш. Перепускной клапан автоматической коробки передач // Патент РУз на полезную модель №FAP 01005. Ташкент: 2015.

14. Umerov F.Sh., Mirzaabdullaev J.B., Yangibaev A.I. Mechatronic liability systems car control // International scientific and technical journal ISSN: 2181-1067. Journal homepage: www.summusjournals.uz ISSN: 2181-1253. Innovation technical and technology Vol.2, №.1. 2021. С. 88-94.

15. Умеров Ф.Ш., Иноятходжаев Ж.Ш. Особенности диагностики мехатронных систем автомобилей // Сборник статей Республиканской научно-практической конференции (ТАДИ). Ташкент: 2011. С. 10-13.

16. Иноятходжаев Ж.Ш., Умеров Ф.Ш. Влияние проектирования мехатронных систем управления на безопасность и эргономику автомобилей // Сборник статей Республиканской научно-практической конференции (ТИМИ). Ташкент: 2012. – С. 178-180.

17. Умеров Ф.Ш., Бабажанов Л.К. Мехатронное управление автомобилем с гибридной силовой установкой // Материалы Международной молодёжной научной конференции, Том-3. Ставропольский государственный аграрный университет, Курск: 2013. С. 155-159.

18. Кадыров С.М., Умеров Ф.Ш. Применение нейронных сетей в мехатронных системах управления двигателем внутреннего сгорания // Материалы Международной научно-практической конференции, сборник научных трудов, часть 2, Красноярск: 2016. С. 199-205.

19. Кадыров С.М., Умеров Ф.Ш. Улучшение экономических показателей двигателя внутреннего сгорания с мехатронным управлением методом оптимизации холостого хода // Сборник трудов Республиканской научно-

практической конференции молодых ученых и соискателей, (ТАДИ). Ташкент: 2012. С. 289-291.

20. [Лебедев О.В.] Умеров Ф.Ш. Автоматически регулируемая система жесткости амортизатора // Сборник трудов Республиканской научно-практической конференции (ТАДИ). – Ташкент, 2010. С. 155-156.

21. Кадыров С.М., Умеров Ф.Ш. Управление процессами воздухообмена двигателей внутреннего сгорания // Сборник трудов ТАДИ, май 2014. С. 196-197.

22. Умеров Ф.Ш., Юнусов Р.Ф. Мехатронная система управления трансмиссией автомобиля // 64-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета. Секция “Техника и технологии наземного транспорта” Астрахань: 2020.

23. Юнусов Р.Ф., Умеров Ф.Ш. Линейный асинхронный электропривод для транспортных средств // 64-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета. Секция “Морские технологии, энергетики и водный транспорт” Астрахань: 2020.

«ГДТУ Хабарномаси» илмий-техник журнали таҳририятида таҳрирдан
ўтказилди.

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3,5 Адади 100. Бююртма № 26.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.