

АНДАТПА

6D071 «Инженерия және инженерлік іс» дайындау бағыты бойынша,
6D071300 «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» мамандығы
бойынша

БАУРЖАН ГЫЛЫМОВИЧ МОЛДАБАЕВТЫҢ

АВТОКӨЛІК РАДИАТОРЛАРЫН УЛЬТРАДЫБЫСТЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ТАЗАЛАУ ӘДІСІ МЕН ЖАБДЫҚТАРЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Әлемде автокөліктерден экологиялық жүктеме үнемі артып келеді, ал бұл зиянды азайту үшін көлік құралдарының барлық жүйелерінің, соның ішінде салқындату жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі аса маңызды. Салқындату жүйесінің ақаулары қозғалтқыштың қызып кетуіне, оның тиімділігінің төмендеуіне, зиянды заттардың шығарындыларының көбеюіне, ақырында қозғалтқыштың ауыр зақымдануына және істен шығуына әкелуі мүмкін. Сондықтан салқындату жүйесінің тиімді жұмыс істеуі өте маңызды, ал салқындату жүйесінің маңызды элементі — радиатор түтікшелерінің күйі жақсы болуы қажет. Қазіргі кезде радиаторларды тазалауда механикалық және химиялық әдістер қолданылады, олардың әрқайсысының артықшылықтары болғанымен, айтарлықтай кемшіліктері де бар. Химиялық тазалау радиатор мен салқындату жүйесінің элементтерінде коррозиялық процестерге әкелетін химиялық реагенттерді қолдануға негізделген, бұл микрожарықтар мен ағулардың пайда болуына себеп болады және радиатордың қызмет ету мерзімі мен сенімділігін төмендетеді. Ал механикалық тазалау радиатордың бетінің зақымдалуына — сызаттар, майысулар мен ұсақ жарылуларға әкелуі мүмкін, бұл конструкцияның әлсіреуіне және коррозияның жылдамдауына ықпал етеді. Альтернативті әрі болашағы бар бағыт — радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау, ол сұйықтықтағы кавитациялық әсерді қолдануға негізделген. К.А. Синельниковтың диссертациялық жұмысында радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау тиімді екені дәлелденді. Механикалық және химиялық әдістермен салыстырғанда, ультрадыбыстық әдістің артықшылықтары көп. Бұл әдіс радиатор мен салқындату жүйесінің элементтерін бүлдірмейді, өйткені агрессивті химиялық әсер де, механикалық тозу да болмайды. Ультрадыбыс ластануды нәзік әрі тиімді түрде жояды, бұл оны қауіпсіз әрі болашағы зор техникалық қызмет көрсету әдісі етеді.

Сәтті тазалау нәтижелеріне қарамастан, әзірленген әдісті қолдану қиын, себебі ультрадыбыстық толқын амплитудасының және оның тұнбаға қатысты бағытталуының (түтіктерге бойлай немесе көлденең) тазалау тиімділігіне әсері, сондай-ақ әсер ету уақыты мәселелері шешілмеген. Сонымен қатар, әртүрлі өлшемдегі радиаторлар үшін қажетті толқын амплитудасы мен әсер

ету уақытына сәйкес тазалау жабдығын есептеу әдістемесі де әзірленбеген. Осыған байланысты радиатор түтікшелерін тазалауға арналған жабдықты есептеу әдістемесін әзірлеуге бағытталған зерттеулер өзекті болып табылады.

Зерттеу гипотезасы — ультрадыбыстық тербеліс амплитудасын және сәулелендіргіштердің орналасуын оңтайландыру арқылы радиаторларды ультрадыбыспен тазалаудың тиімділігін арттыру мүмкіндігі.

Зерттеудің мақсаты — радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалауға арналған жабдықты есептеу әдістемесін әзірлеу.

Зерттеу мақсатына қол жеткізу үшін келесі міндеттер қойылды:

- қозғалтқыштардың салқындату жүйелерінің құрылымдарын, олардың ақауларын және оларды жою әдістерін талдау;
- кавитация процесінің физикалық мәнін және радиатор түтікшелерін кавитация арқылы тазалау әдістерін талдау;
- ұқсастық теориясы әдістеріне негізделген процестің теориялық моделін әзірлеу, ұқсастық критерийлерін алу және олардың физикалық мағынасын сипаттау;
- радиатор түтікшелеріне ультрадыбыстық толқынның көлденең және бойлық әсерімен, айнымалы амплитудамен эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- алынған нәтижелерді талдау және оларды аналитикалық нәтижелермен салыстыру;
- тербеліс амплитудасы мен әсер ету уақытына байланысты шлак массасының жуылу теңдеуін талдау;
- есептеу әдістемесін әзірлеу және зерттеулерді жүзеге асыру.

Зерттеу әдістері:

Зерттеуде келесі әдістер қолданылды: әдебиеттерге аналитикалық шолу; ұқсастықтар мен өлшемдер теориясы; математикалық талдау; регрессиялық талдау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы мыналардан тұрады:

- амплитуда мен әсер ету уақытына байланысты жуылған сұйықтықтың тығыздығының өзгеру тәуелділігі тәжірибе жүзінде алынды;
- амплитуда мен әсер ету уақыты арқылы жуылған қақ массасын сипаттайтын регрессиялық теңдеу алынды;
- ұқсастық пен өлшемдер теориясы әдістері арқылы радиатор түтікшелерін тазалау процесін сипаттайтын ұқсастық критерийлері жүйесі алынды, бұл жүйе түтікшелер геометриясын, энергия шығынын, жуылған қақ массасын және тербеліс амплитудасын қамтиды;
- жасалған регрессиялық модель тербеліс амплитудасы, әсер ету уақыты, энергия таратқыштарының орналасуы мен жуылған сұйықтық массасының арасында тығыз байланыс бар екенін көрсетті;
- алынған теңдеуді экстремумға талдау кезінде, масса функциясы әртүрлі бағытта өзгереді: уақыт артқанда масса артады, ал амплитуда артқанда – кемиді;

- эталон үлгімен салыстыру арқылы геометриялық, физикалық, ультрадыбыстық, энергетикалық және тазалау параметрлері бойынша масштабтау коэффициенттері алынды;

- акустикалық энергияны пайдалану коэффициенті мен эрозиялық тиімділік тәжірибе арқылы дәлелденіп, есептелді.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми тұжырымдар:

- ұқсастық теориясына негізделген теориялық модель радиатор түтікшелерін тазалау процесін дұрыс сипаттайды және бұл тәжірибе жүзінде дәлелденді;

- нақты радиаторлар үшін тазалаудың оңтайлы шешімдері бар, олар ультрадыбыстық толқын амплитудасы, әсер ету уақыты және сәулелендіргіштің орналасу арақатынасы арқылы анықталады;

- ультрадыбыстық кавитация мен радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау процесінің физикасын талдау оның тиімділігін көрсетті. Кавитациялық көпіршіктердің жарылуы түтікшенің ішкі қабырғаларындағы қақты тиімді түрде тазартады.

Автор қорғайды:

- радиатор түтікшелерін ультрадыбыстық кавитация әдісімен тазалау тәсілін;

- алынған ұқсастық критерийлерін;

- эксперимент нәтижелері мен регрессиялық теңдеуді;

- жасалған есептеу әдістемесін;

- алынған масштабтау коэффициенттерін.

Зерттеу нысаны – ультрадыбыстық кавитация.

Зерттеу пәні – радиатор түтікшелерін тазалау процесі.

Практикалық маңыздылығы – радиаторларды тазалау әдісінің әзірленуінде.

Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижелері «ГРАДИЕНТ ПРОЕКТ ИНСТИТУТЫ» ЖШС-де және Абылқас Сагинов атындағы Қарағанды техникалық университетінің 6B07106 – «Көлік, көліктік техника және технологиялар» білім беру бағдарламасы бойынша «Көліктік техниканы сервис және фирмалық қызмет көрсету» пәнінде оқу процесіне енгізілді.

Қысқаша мазмұны:

Бірінші тарауда әдеби және патенттік дереккөздер бойынша іштен жанатын қозғалтқыш жүйелері талданып, автокөлік қозғалтқыштарын салқындату тәсілдері мен көлік құралдарының радиаторларының құрылымдары қарастырылған. Ультрадыбыстық тазалау әдістеріне аналитикалық шолу жасалды. Мәселенің қазіргі жағдайына талдау жасалып, зерттеу міндеттері қойылды.

Екінші тарауда автор автомобиль радиаторлары түтікшелерін тазалау процесін теориялық тұрғыдан зерттеген. Кавитация процесінің физикалық мәні қарастырылып, радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау процесін сипаттайтын ұқсастық критерийлері анықталды. Радиатор түтікшелерін тазалау процесі бойынша теориялық зерттеулердің қорытындылары келтірілген.

Үшінші тарау радиатор түтікшелерін ультрадыбыстық кавитациямен тазалау процесін эксперименттік зерттеуге арналған. Автор зерттеудің мақсаты мен міндеттерін анықтап, сынақ қондырғыларында эксперимент жүргізу жоспары мен әдістемесін әзірледі. Жаңартылған ультрадыбыстық тазалау стендіде және де жаңадан дайындалған стендіде жүргізілген эксперимент нәтижелері талданып, негізгі параметрлер есептелді.

Төртінші тарауда зерттеу нәтижелерінің қолданылуы ұсынылады. Автор радиатор түтікшелерін ультрадыбыстық кавитация арқылы тазалаудың оңтайлы параметрлерін есептеу әдістемесін ұсынып, әртүрлі радиаторларға нәтижелерді экстраполяциялау үшін масштабтау коэффициенттерін әзірледі. Сондай-ақ, радиаторларды ультрадыбыспен тазалау арқылы техникалық қызмет көрсету әдісінің экономикалық тиімділігі есептелді.

Қорытындыда диссертациялық зерттеу нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар берілген.

Диссертация авторының жеке үлесі:

Жұмыс толықтай автордың жеке орындауымен орындалды. Автор автокөлік іштен жану қозғалтқыштарының салқындату жүйесінің радиаторларын тазалау әдістеріне талдау жүргізді. Радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау процесін сипаттайтын ұқсастық критерийлерін анықтады.

Автор ультрадыбыстық көлденең әсер ету арқылы радиатор түтікшелерін тазалау бойынша эксперименттік стенд жасақтады және аналитикалық жолмен алынған нәтижелерді растауға арналған зерттеулер жүргізді. Радиатор түтікшелерін ультрадыбыспен тазалау процесін сипаттайтын аналитикалық және эксперименттік тәуелділіктерді алды және салыстырды.

Жұмыстың жариялануы және апробациясы:

Диссертацияның негізгі ережелері 4 ғылыми жұмыста жарияланды, оның ішінде 2 мақала Scopus дерекқорына енген, импакт-факторы нөлден жоғары, сондай-ақ 2 мақала ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда жарияланған.

«Justification of the Method of Vehicle Engine Radiator Ultrasonic Cleaning» мақаласында, Scopus базасына кіретін «Communications - Scientific Letters of the University of Zilina» журналында (3-квартиль, Транспорт бағыты бойынша 29-процентиль, <https://doi.org/10.26552/com.C.2025.015>), автор іштен жанатын қозғалтқыштың салқындату жүйесіндегі радиаторды ультрадыбыспен тазалау бойынша теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізді. Теориялық тәуелділіктер алынып, тәжірибе арқылы расталды. Алынған нәтижелер автокөлік радиаторында ультрадыбыстық тазалау әдісін қолданудың мүмкіндігін дәлелдейді.

«Determination of optimal parameters for ultrasonic cleaning of vehicle radiators» мақаласында, сол журналда жарияланған (<https://doi.org/10.26552/com.C.2025.031>), автор ультрадыбыстық тербеліс амплитудасы мен әсер ету уақытының ластануды жою процесіне әсерін

ескеретін әдістеме әзірледі. Эксперименттік зерттеу нәтижелері автордың ұсынуымен көрсетілгендей, әсер ету уақытының ұлғаюы жуылған шлак массасының артуына және сұйықтықтың ағу уақытының қысқаруына ықпал етеді.

«Автомобиль радиаторларын тазалау әдістерін талдау» мақаласында, Республикалық «Труды Университета» журналында, автокөлік қозғалтқыштарының салқындату жүйесі қарастырылған. Автор автокөлік радиаторларын тазалау әдістеріне, радиатор түтікшелерін тазалауда ультрадыбыстық тербелістерді қолдануға талдау жүргізді, сондай-ақ ультрадыбыстық тазалау эксперименттік стендіне сипаттама берді.

«Theoretical and Experimental Analysis of Ultrasonic Cleaning of Internal Combustion Engine Radiators with the Development of Practical Recommendations» мақаласында, «Material and mechanical engineering technology» журналында, автор ультрадыбыс энергиясы, сұйықтықтың кинетикалық энергиясы және соққы толқындарының энергиясы арасындағы критериалдық тәуелділіктерді анықтады. Бұл тәуелділіктер кавитация процесінің энергия тиімділігін және радиаторды ультрадыбыспен тазалаудың тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер әдістің қолданбалы болуын растайды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі:

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан тұрады. Жұмыс баспа бетінде баяндалған, 67 сурет, 23 кесте және 147 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімімен қамтылған.

Автордың алғысы:

Автор ғылыми кеңесшілерге – т.ғ.к., аға оқытушы міндетін атқарушы Рожков А.В., PhD Синельников К.А., PhD, қауымдастырылған профессор Сулеев Б.Д., шетелдік ғылыми кеңесші т.ғ.к., доцент Горшкова Н.Г., сондай-ақ ТОО «ИНСТИТУТ ГРАДИЕНТ ПРОЕКТ» директоры Королев Д.Е.-ге автокөліктің салқындату жүйесі радиаторларын ультрадыбыстық толқын арқылы тазалау әдістерін өндіріске енгізудегі көмегі мен қолдауы үшін алғысын білдіреді.

Зерттеу нәтижелері мен негізгі қорытындылар.

Зерттеу нәтижелері бойынша негізгі тұжырымдар: Диссертацияда «Көлік құралдарының радиаторларын ультрадыбыспен тазалау тәсілін және жабдығын әзірлеу мен зерттеу» сияқты маңызды практикалық мәселені шешуге бағытталған ғылыми тұрғыдан негізделген жаңа нәтижелер ұсынылған. Зерттеу нәтижелері бойынша келесі негізгі тұжырымдар жасалды:

1. Ультрадыбыстық тербелістер амплитудасын және сәулелендіргіштердің орналасуын оңтайландыру арқылы радиатор түтіктерін тазалау тиімділігін арттыру гипотезасы расталды.

2. Радиаторлардың әртүрлі көлемі мен құрылымына сәйкес ультрадыбыстық толқынның нақты амплитудасымен сәулелендіргіштерді түтікке көлденең орналастыру қажеттілігі негізделді.

3. Радиаторлар мен салқындату жүйесінің конструкциялары, олардың ақаулары мен тазалау әдістеріне талдау жүргізілді.

4. Сұйықтықтағы кавитацияның физикалық көрінісі сипатталып, үдеріске әсер ететін параметрлер негізделді, кавитация энергиясы, кавитациялық сан және кавитацияның эрозиялық белсенділігіне қатысты зерттеу нәтижелері ұсынылды.

5. Кавитация үдерісін сипаттайтын өлшемсіз критерийлерді анықтауға мүмкіндік беретін теориялық модель ұқсастық теориясы әдісімен жасалды.

6. Алынған өлшемсіз критерийлер радиаторлардың әртүрлі өлшемі мен көлемі үшін кавитация үдерісін талдауға және есептеуге мүмкіндік береді.

7. Толық өлшемді эксперименттік стенд жасалып, тәжірибелер жүргізілді, тербеліс амплитудасы, әсер ету уақыты және сәулелендіргіштердің орналасуы бойынша жуылған массаға қатысты регрессиялық теңдеулер алынды.

8. Регрессиялық теңдеуді талдау әсер ету уақытының тазалау тиімділігіне оң әсер ететінін, сондай-ақ амплитуданы дәл тандаудың маңыздылығын көрсетті.

9. Эксперимент нәтижелері бойынша келесі ұқсастық коэффициенттері есептелді:

- масса өзгеру коэффициенті оның уақыт пен амплитудадан тәуелділігін көрсетті;
- кавитациялық акустикалық энергияны пайдалану коэффициенті акустикалық энергияның кавитациялық әсерлерге ауысу деңгейін анықтады;
- тиімділік коэффициенті параметрлерді нақты баптау қажеттілігін көрсетті;
- ультрадыбыстың көлденең әсері бойлық әсерге қарағанда жоғары тиімділік пен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығын көрсетті.

10. Радиаторларды тазалау режимі мен жабдық параметрлерін есептеу әдістемесі әзірленді.

Ұсынылып отырған тазалау әдісі ластануды конструкцияны бөлшектемей және зақымдамай жоюға мүмкіндік береді, бұл оны автокөліктерге техникалық қызмет көрсету кезінде қолдануға мүмкіндік береді.