

Кіріспе

Қазіргі кезеңде бүкіл көлік және ауыл шаруашылығы техникасының қозғаушы күші - механикалық энергия негізінен органикалық отынның қызуынан алынады. Осы мақсатта қолданылатын жылу моторларының басым көпшілігі мұнайдан өндірілетін сұйық отынмен жұмыс істейді.

Автомобиль, трактор, басқа да көлік түрлері үшін жылу моторының ең көп таралған түрін - піспекті іштен жану моторын (ІЖМ) пайдаланады. Бұл мотордың көлем ықшамдылығы, отын үнемділігі, үлестік қуаты, сенімділігі мен төзімділігі сияқты аса маңызды көрсеткіштері бүгінгі таңда жоғары деңгейде.

Іштен жану моторының, яғни отын цилиндр ішінде жанатын мотордың дүниеге келуі - көптеген оқымыстылар мен өнертапқыштар еңбегінің жемісі. Бұған әсіресе бу машинасын жасаушылардың тәжірибесі тікелей әсер етті. Алғашқы ІЖМ жасалғанға дейін көп уақыт бұрын (1824 ж.) француз инженері С.Карно өзінің «От қызуының қозғаушы күші туралы толғану» атты еңбегінде осындай мотордың толық сипаттамасын берген болатын. Бірақ сол кездегі техниканың жалпы даму деңгейі мен өндірістік сұраныстың төмендігіне байланысты бұл ұсынысты іске асыру әрекеті болмады.

Тек 1860 ж. ғана француз механигі Ж.Ленуар өндірістік талаптарға бейімделген алғашқы іштен жану моторын жасап шығарды. Бұл екі ырғақты цикл бойынша (сығымдаусыз) жарықшам газымен жұмыс істейтін мотор еді. Сығымдау процесінің жоқтығына байланысты оның қуаты мен пайдалы әсер коэффициенті бу машинасының деңгейінен аспады, бірақ көлемі әлдеқайда ықшам болатын.

ІЖМ жетілдіру барысындағы елеулі белес - оның жұмысына сығымдау процесін енгізу, яғни төрт ырғақты циклге көшу болып табылады. Кезінде іске аспаған бұл идеяны әр жылдары Ф.Лебон, С.Карно, А.Бо де Роша, т.б. өнертапқыштар ұсынған болатын. Дегенмен, төрт ырғақты моторды жасап, оны өндіріс жағдайына бейімдеуде неміс механигі Н.Оттоның еңбегі өте зор. Оның 1876-1878 ж. жасаған төрт ырғақты газ моторының алғашқы нұсқаларының өзі-ақ қуаттылығымен, отын үнемділігімен және жұмысының жайлылығымен көзге түсті. Осындай моторлар Германияда көптеп шығарыла бастады.

1880 – 1885 ж. неміс инженерлері мен өнертапқыштары Г.Даймлер, К.Бенц, В.Майбахтың төрт ырғақты моторда сұйық отын қолдануы оның қуатын күрт өсірді. Әрі жеңіл, әрі қуатты бензин

моторы қолға тигеннен кейін ғана (1885 ж.) «рельссіз жүретін отарба» - автомобиль жасау идеясын іске асыру мүмкін болды.

ІЖМ тарихындағы келесі бір маңызды оқиға иеміс инженері Р.Дизельдің есімімен байланысты. Ол 1892 ж. өздігінен (қысым қызуынан) тұтанатын мотордың нұсқасына патент алып, 1897 ж. осындай мотордың өндірістік үлгісін жасап шығарды. Кейінде мотордың бұл түрі оның атымен дизель деп аталды. Алғашқы жылдары Дизель моторында керосин немесе өңделмеген мұнай компрессорда сығымдалған ауаның күшімен бүркіп берілетін. Алайда көп уақыт өтпей-ақ (1901 – 1904 ж.) компрессорсыз дизель (қазіргі дизельдің түпнұсқасы) пайда болды. Бұған Ресей инженері Г.В.Тринклер зор еңбек сіңірді.

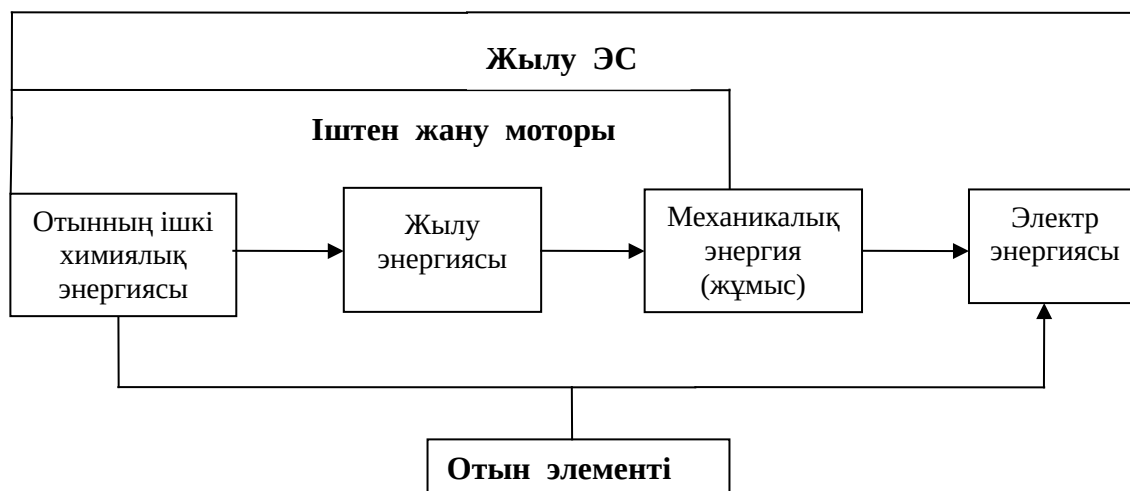
XX ғасырдың басынан Батыс елдерінде, әсіресе, «автомобиль державасы» атанған АҚШ-та іштен жану моторын жасау мен қолдану аясы кеңейе түсті. Бұл іске Г.Форд, А.Ситроен, Б.ГЛуцкой, Ф.Порше сияқты талантты инженерлер мен автомобиль өндірісін ұйымдастырушылар үлкен үлес қосты. Қазіргі заманда мотор жасау - ғылым мен техниканың соңғы жетістіктері жинақталған өндірістің озық саласы, ал жыл сайын шығарылатын мотор саны ондаған миллионға жетеді.

Автомобильде басым түрде жүрдек дизель мен бензин моторын қолданады. Ауыр салмақты техника көбінесе үрмелі дизельмен жарақталады. Соңғы жылдары жеңіл автомобиль моторында компьютер арқылы басқарылатын бензин бүрку қондырғысы орнатылатын болды. Мұндай басқару жүйесі қазіргі дизельде де бар. Бұл ІЖМ-ның жұмыстық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсартты.

Дегенмен әлемде автомобиль санының күрт өсуіне (қазір 600 млн. астам) байланысты табиғи ортаның ластануы және жер қойнауындағы мұнай қорының тапшылығы әлеуметтік зәру мәселеге айналып отыр. Осыған орай мамандар автомобиль көлігінде дағдылы мотордан өзгеше қуат көздерін (ротор-піспекті, газ турбиналық, Стирлинг моторлары) немесе басқа энергия түрлерін пайдалану мүмкіндігін зерделеуде.

Негізгі ұғымдар мен терминдер мағынасы. Энергияның кез келген түрін жұмысқа, яғни механикалық энергияға айналдырушы құралды **мотор** деп атайды. Энергия түрлерінің сан-алуан болуына байланысты (жылу, жел, су ағыны, электр энергиясы) мотор түрлері де көп. Мысалы, **жылу моторында** жылу энергиясы жұмысқа айналады. Мотордың жұмысын – механикалық энергияны бірден пайдалануға (3-саты) немесе энергияның өзге түріне (4-саты) айналдыруға болады. Соңғы процесс электр стансасында іске асырылады. Ал отынның

химиялық энергиясын бірден электр энергиясына айналдыру – өте тиімді тәсіл. Мұндай процесті отын элементі (гальваникалық) деп аталатын арнайы қондырғыда жүзеге асыру мүмкін.



Техниканың барлық саласы үшін іргетастық маңызы бар ұғымдардың бірі – **пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК)**. Бұл шама энергияны түрлендіру, тасымалдау, пайдалану барысында міндетті түрде орын алатын энергия шығынын ескере отырып, сол процестер мен процестер өтетін құрылымдардың **тиімділігін** анықтауға мүмкіндік береді. Жылу моторының ПӘК отын қызуының қандай бөлігі пайдалы жұмысқа айналғанын көрсетеді. Қазіргі кезде ІЖМ ең жақсы үлгілері үшін ПӘК 40 – 42 % деңгейінде.

Жылу моторларын отынды жағу тәсіліне байланысты 2 түрге бөледі. Егер отын цилиндрден тыс жерде жанып, цилиндр ішіне жылу сырттан түсетін болса, мұндай моторды **сырттан жану моторы** деп атайды. Бұл топқа бу машинасы, Стирлинг моторы жатады.

Отынның жануы да, жылу энергиясының жұмысқа айналуы да цилиндр ішінде өтетін мотор **іштен жану моторы** деп аталады. Дағды бойынша бұл атау піспекті ІЖМ үшін ғана (тар шеңберде) қолданылады. Шындығында, мысалы, газтурбиналық мотор да іштен жану моторы болып табылады.

Іштен жану моторын жіктеу. Негізгі құрылымдық және басқа да белгілеріне сай піспекті іштен жану моторын былайша жіктейді:

- нақты циклді іске асыру тәсілі бойынша екі ырғақты және төрт ырғақты, сондай-ақ үрмелі немесе үрмелі емес мотор;

- отынды тұтату тәсілі бойынша ұшқыннан тұтанатын (бір түрі - форкамералық алаудан тұтанатын) және қысым қызуынан өздігінен тұтанатын мотор(дизель);

- жанғыш қосынды түзу тәсілі бойынша сырттай (цилиндрден тыс) қосынды түзетін және іштей (цилиндр ішінде) қосынды түзетін мотор;

- қолданылатын отын түріне қарай жеңіл отын моторы (бензин, керосин), ауыр отын моторы (дизельдік отын, соляр майы, қалдық май), газ моторы (мұнай газы, табиғи газ, генератор газы, т.б.) және аралас немесе көп отынды мотор;

- қуат өзгерту әдісіне қарай қуаты мөлшерлік әдіспен өзгертілетін, яғни жанғыш қосындының мөлшерін өзгерту арқылы (мысалы, карбюраторлы моторда), қуаты сапалық әдіспен өзгертілетін, яғни жанғыш қосындының құрамын өзгерту арқылы, (дизель) және қуаты аралас әдіспен өзгертілетін мотор;

- цилиндрлерді жайғастыру әдісі бойынша еңкіш немесе тік қатарлы, V – тәрізді және цилиндрлері қарама-қарсы (оппозиттік) мотор;

- салқындату тәсілі бойынша ауамен салқындатылатын және сұйық затпен салқындатылатын мотор.

1 Моторды жобалаудың негізгі қағидалары мен қойылатын талаптар

1.1 Негізгі қағидалар

Қазіргі заман талабына сай жаңа машина жасап шығару – көп кезеңнен тұратын және сан-алуан мамандардың қатысуымен атқарылатын өте күрделі жұмыс. Бұл жұмыстың аса маңызды кезеңі мотордың конструкторлық жобасын жасауға байланысты. Мотордың негізгі көрсеткіштері жоғары деңгейде болуын қамтамасыз ету – конструктор үшін басты мақсат және сара бағыт. Мұндай көрсеткіштердің қатарына мотордың отын үнемділігі, үлестік қуаты, қолданыс мерзімі мен сенімділігі, табиғи орта үшін зиянсыздығы, өндіріске және қолдануға бейімділігі жатады. Бұрын сыннан өткен және жаңа мотор үшін түпнұсқа болып табылатын мотордың кейбір құрылымдық ерекшеліктерін немесе негізгі геометриялық өлшемдерін сақтау да моторды өндіріске енгізуді тездетеді.

Моторды жобалау және конструкторлық құжаттаманы дайындау **техникалық тапсырмаға** сай жүргізіледі. Техникалық тапсырмада мотордың қолдану мақсаты, құрылым ерекшеліктері, негізгі көрсеткіштері мен сипаттамалары, жобалау мерзімі мен конструкторлық құжат түрлері, тағы басқа қажетті мәлімет айқындалады. Конструкторлық жоба мотордың эскиздік, техникалық және жұмыстық жобаларынан тұрады. **Эскиздік жобада** мотордың жалпы құрылым схемасы, оның басты жүйелері мен тетіктерінің құрылымдық ерекшеліктері сараланады, сондай-ақ жылулық, динамикалық және тетіктердің беріктігін анықтайтын есептеулер жүргізіледі. Эскиздік жобалау кезінде мотордың көлденең және қума кесінді сызбалары, басқа да қажетті сызбалар жасалып, мотордың негізгі геометриялық өлшемдері айқындалады.

Моторды эскиздеу аяқталғаннан кейін оның **техникалық жобасы** әзірленеді. Бұл кезеңде мотордың жалпы құрылысы пысықталып, негізгі жүйелер мен механизмдердің сызбалары және сырттан алынатын бұйымдардың тізімі жасалады. Сондай-ақ өндіріс көлемі, технология ерекшеліктері, экономикалық тиімділігі, арнайы құрал-жабдық дайындау сияқты өндірістік мәселелер зерделенеді. Барлық техникалық есептеулер толық көлемде және егжей-тегжейлі жүргізіледі. Техникалық жоба жасауға конструкторлармен бірге басқа да мамандар, ең әуелі технологтар қатысады. Мотордың нақты циклі мен маңызды тетіктерді жетілдіре түсу үшін оның техникалық жобасымен қатар бір немесе екі цилиндрлі тәжірибелік үлгісі жасалады.

Техникалық жоба қабылданып, бекітілгеннен кейін мотор өндірісін қамтамасыз етуге бағытталған **жұмыстық жоба** дайындау қажет. Бұл үшін әрбір тетіктің жұмыстық сызбасын, оны жасаудың техникалық шартын әзірлейді. Материал шығынын есептеп, сырттан алынатын бұйымдардың тізімін пысықтайды. Мотордың төлқұжаты мен қолданыс ережелерін дайындайды. Моторды жан – жақты зерттеу және жетілдіру мақсатында тәжірибелік сынақ өткізу үшін оның толық көлемді нұсқасын қажетті мөлшерде жасап шығарады. Соңғы кезекте өткізілетін қабылдау сынағының нәтижесінде мотордың техникалық тапсырма мен техникалық құжаттама талаптарына сай екендігі, оның техникалық сапасы әлемдік деңгейге қаншалықты жақын екендігі айқындалып, моторды өндіріске енгізуге рұқсат беріледі. Алайда әлемдік мотор жасау тәжірибесіне сүйене отырып, мотор көрсеткіштерін онан әрі жақсарту жұмысы өндіріске енген мотор үшін де жалғаса береді.

1.2 Құрылымдық талаптар

Моторды жобалау оның нұсқалық схемасы мен негізгі геометриялық өлшемдерін, цилиндр санын, піспектің орташа жылдамдығы мен нақты циклдің тиімді орташа қысымын іріктеп, зерделеуден басталады. Аталған өлшемдер мотор құрылымы, көлем ықшамдылығы мен үлестік массасына (1 кВт қуат мөлшеріне тиесілі) шешуші әсер етіп, оның қуат деңгейін және оны арттыру мүмкіндіктерін сипаттайды. Мотор массасын азайтудың көлік құралының жалпы массасына әсері онша үлкен емес, бірақ мотордың көлем ықшамдылығы оны көлік құралында жайғастыру тұрғысынан аса маңызды жәйт.

Мотордың нұсқалық схемасы, цилиндр саны мен диаметрі бір–бірімен тығыз байланысты өлшемдер. Цилиндрлерді бір қатарлы тік немесі қос қатарлы V – тәрізді схема бойынша орналастыру автомобиль және трактор моторы үшін үйреншікті әдіс. Бір қатарлы мотор құрылымы қарапайым, өндіріс және қолданыс жағдайына оңтайлы. Сондықтан цилиндр саны 6-дан аспағанда бұл схема өте жиі қолданылады. Цилиндр саны 6-дан асатын моторды жобалауда V – тәрізді нұсқалық схеманы пайдалану тиімді. Цилиндр қатарларының арасындағы алшақтық бұрышын мотордың қолданыс және басқа да ерекшеліктеріне сай белгілейді; аталмыш бұрышы 45-90° схема жиірек кездеседі. V – тәрізді схема мотордың ұзындығы мен биіктігін және массасын азайтып, иінді білік пен блоктың қатаңдығын ұлғайтады. Бір қатарлы мотормен салыстырғанда V – тәрізді мотордың ұзындығы орта есеппен 30 %, массасы 20 – 25 %, кемиді. Алайда мұндай

мотордың ені үлкейіп, қосалқы механизмдерді жайғастыруда біраз қиындықтар болады. Кей жағдайда жүк автомобилі, автобус және арнайы мақсаттағы көлік құралдары үшін мотор цилиндрлерін қарама-қарсы сұлата орналастыру ұтымды. Сұлама, сондай-ақ V – тәрізді схемалар тізгінші кабинасын мотор үстіне жайғастырып, жүк қорабының пайдалы аумағын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Сұлама цилиндрлі мотордың биіктігі өте кішкене болғандықтан, оны автобус қорабының астына орналастыруға болады.

Цилиндр саны мен диаметрі мотор жүрісінің ырғақтылығына, негізгі тетіктерге түсетін инерциялық және тербелістік күшсалмақ мөлшеріне, піспек пен піспектік тетіктердің қызыну дәрежесіне, көлем ықшамдылығына, нақты цикл көрсеткіштеріне, өндіріс және қолданыс шығындарына тікелей әсер етеді. Цилиндр санын көбейту оның геометриялық өлшемдерін кішірейтіп, жылжымалы тетіктердің массасын, демек инерциялық күшті азайтады. Бұл негізгі тетіктердің беріктік қорына нұқсан келтірмей, мотордың айналым шапшаңдығын өсіруге мүмкіндік береді. Диаметрі кіші цилиндрді салқындату оңай, сондықтан бензин моторының сығымдау дәрежесін көтеруге болады. Алайда цилиндр диаметрін қысқарту оның ішкі бет ауданының көлемге қатынасын азайтып, сыртқа өтетін үлестік жылу шығынының молаюына және осыған орай мотордың ПӘК-нің төмендеуіне әкеп соғуы ықтимал. Цилиндрлер саны мен диаметрін белгілеуде ұқсас (түпнұсқа) моторларды қолдану тәжірибесінен жинақталған мәліметтің маңызы зор.

Мотордың жүрдектігін, піспек пен оның тетіктерінің қызыну және қажалу қарқынын, газ алмасу процестерінің өтуін сипаттайтын аса маңызды өлшем піспек жүрісінің орташа жылдамдылығы. Оның шамасы иінді біліктің піспек жүрісінің ұзындығы мен айналым шапшаңдығына тәуелді, м/с

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30}$$

C_n мөлшерін мотордың қолданыс мақсатына қарай шектейді.

Піспектің орташа жылдамдығына, демек мотордың көлем ықшамдылығы мен массасына, қолданыс мерзіміне және нақты цикл көрсеткіштеріне піспек жүрісінің цилиндр диаметріне қатынасы S/D арқылы елеулі түрде ықпал етуге болады. Піспек жүрісінің жылдамдығын шектеу және механикалық ПӘК-ін өсіру мақсатында айналым шапшаңдығы жоғары мотор үшін S/D қатынасын белгілі бір деңгейге дейін азайтқан жөн. Бұл сонымен қатар иінді біліктің қатаңдығын және толымдылық коэффициентін ұлғайтуға мүмкіндік

береді. Қысқа жүрісті моторда толымдылық коэффициентінің ұлғаюы піспек жылдамдығына сай газ ағынының баяулап, енгізу құбырында гидродинамикалық шығынның азаюына байланысты. Мұндай моторда газ алмастыру қақпақшаларын жайғастыру да жеңіл. Сондай-ақ S/D қатынасын кеміту цилиндрдің ішкі беті арқылы өтетін үлестік жылу шығынын қысқартады.

Алайда $S/D < 1$ бір қатарлы мотордың ұзындығы мен ені ұлғаяды, әдетте салмағы да ауырлайды. V -тәрізді моторда цилиндрлер арасы алшақ, ал жалпы ұзындығы иінді біліктің ұзындығына тәуелді. Сондықтан мұндай моторда S/D қатынасын азайту арқылы оның өте ықшам әрі жеңіл нұсқасына қол жеткізуге болады.

2 Курстық жоба бойынша жалпы нұсқаулар

2.1 Курстық жобалау тапсырмасы

Піспекті іштен жану моторын толық көлемде есептеу өзара байланысты әр түрлі есептерді қамтиды. Олардың қатарына жылулық, динамикалық, негізгі тетіктердің беріктігін және мотор жұмысын қамтамасыз етуші жүйелерді есептеу жатады.

Негізін 1906 ж. профессор В.И. Гриневецкий салған жылулық есептеу тәсілі жаңадан жобаланған мотордың басты геометриялық өлшемдері мен тиімді көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ бұл тәсілді кейбір құрылымдық өлшемдері немесе жұмыс шарты өзгертілген қолда бар нақты мотордың жұмыс циклін талдау үшін де пайдалануға болады. Мұндай мәселе қолданыс саласындағы инженерлік қызмет ауқымында кездесетін өндірістік жәйттерге әлдеқайда жақын. Курстық жобаның тапсырмасы осындай талапқа негізделген.

1-кестеде әрбір студент үшін жеке тапсырма варианты (мотор үлгісі) берілген. Есептелуге тиіс бензин моторының негізгі құрылымдық өлшемдері мен тиімді көрсеткіштері 2-кестеде, дизель үшін 3-кестеде келтірілген.

Вариант нөмірі студенттік билет нөмірінің **соңғы** саны бойынша анықталады. Есептелінетін мотор жүйесі де вариант бойынша айқындалады. Егер вариант нөмірі **жұп** сан (0 қоса алғанда) болса, студент **майлау жүйесін**, ал егер **тақ** сан болса, **салқындату жүйесін** есептеуге тиіс.

Тапсырманың әрбір вариантында студенттік билет нөмірінің **соңғы саны алдындағы** сан бойынша анықталатын қосымша 10 вариант бар. Қосымша вариантта бензин моторы үшін сығымдау

1-кесте – Тапсырма варианттары мен есеп үшін қажет бастапқы мәлімет

Бензин моторы										
Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модель	BA3-2112	Рено-19	Subaru Impreza GL	Хонда-HR-V5d	Lexus GS 300	Toyota Matrix AUDI A 6	BMW 740E65	Mazda 6	VW Passat	
Сығымдау дәрежесін ұлғайту	Қосымша вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δε	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7	0,8	0,9
Дизель										
Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мотор үлгісі	MMC Pajero	Mazda MPV	КамАЗ-740	Ford Maverick Nissan Patrol GR	Volvo S80	BMW 730 E65	BMW 325tds	MERC EDES T-Modell	VW Touareg	
Үрмелеу қысымы	Қосымша вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рк, МПа	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20

2-кесте – Түпнұсқа бензин моторларының негізгі құрылымдық өлшемдері мен тиімділік көрсеткіштері

Негізгі көрсеткіштер	Мотор үлгілері									
	BA3-2112	Рено-19	Subaru Impreza GL	Хонда-HR-V5d	Lexus GS 300	Toyota Matrix	AUDI A 6	BMW 740E65	Mazda 6	VW Passat
Цилиндр диаметрі D, мм	85	76	92	75	86	79	81	87	87.5	81
Піспек жүрісі S, мм 71	77	75	90	86	91.5	86.4	84.1	94	86.4	
Мотррдың жұмыстық көлемі Vл, л	1.6	1.4	2.0	1.59	3.0	1.8	2.2	4	2.2	1.8
Сығымдау дәрежесі ε	10,3	9.3	9.5	9.6	10	10	9.3	10.5	10.6	10.3
Максималды тиімді қуат Ne, кВт	65	53	85	77	156	171	169	306	166	74
Лайықталған (номинал) айналым жиілігі nном, айн/мин	5000	5250	5600	6200	5800	4200	5500	6300	6500	5300
Максималды айналдырғыш момент Meмах, Н·м	131	101	170	135	275	132	350	390	207	168
Максималды айналдырғыш моментке сәйкес айналым жиілігі nMe, об/мин	3700	2750	4400	3400	4800	6000	1900	3500	4000	3500

3-кесте – Түпнұсқа дизель моторларының негізгі құрылымдық өлшемдері мен тиімділік көрсеткіштері

Негізгі көрсеткіштер	Мотор үлгілері									
	MMC Pajero	Mazda MPV	КамАЗ-740	Ford Maverick	Nissan Patrol GR	Volvo S80	BMW 730 E65 BMW 325tds	MERC EDES T-Modell	VW Touareg	
Цилиндр диаметрі D, мм	95	93	120	96	85	81	84	87	84	81
Піспек жүрісі S, мм	100	92	120	92	83	93.15	90	93	90	95.5
Мотррдың жұмыстық көлемі Vл, л	2.8	2.5	10.85	2.7	2.8	2.4	1.8	4.5	3.0	4.9
Сығымдау дәрежесі ε	21	19.8 17	22	21.2	16	17	17	16	22,5	
Максималды тиімді қуат Ne, кВт	92	85	154	92	85	151	66	330	175	230
Лайықталған (номинал) айналым жиілігі nном, айн/мин	4000	3400	2600	3600	4400	4020	4400	3800	4200	3750
Максималды айналдырғыш момент Meмах, Н·м	292	277	637	278 235	420	190	750	550	750	
Максималды айналдырғыш моментке сәйкес	2000	3000	1600	2000	2400	3250	2000	2500	2500	2000

айналым жиілігі n_{Me} , об/мин										
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

дәрежесін ұлғайту мөлшері ($\Delta\epsilon$), ал дизель үшін үрмелеу қысымы (p_k) көрсетілген. Демек бензин моторын есептегенде 1-кестеде көрсетілген сығымдау дәрежесін қосымша вариантта берілген $\Delta\epsilon$ шамасына ұлғайту қажет.

2.2 Курстық жобаның көлемі, құрамы және жасалуы

Курстық жоба ПМУ ҰС 7.18.3-10 стандартқа сай А4 форматта компьютерде терілген көлемі 25 – 35 бет түсіндірме-есептемелік жазбадан және А3 форматта жасалған графикалық бөлімнен тұрады.

Түсіндірме жазбада тапсырма шартын ескере отырып, мотордың жұмыс циклін есептеу, жылу балансын құру, индикаторлық диаграммасы мен сыртқы жылдамдық сипаттамасын есептеу мен тұрғызу және мотордың салқындату немесе майлау жүйесін есептеу беріледі. Сонымен қатар мұнда мотордың сыртқы жылдамдық сипаттамасы (СЖС) бойынша есептемелік көрсеткіштер мен түпнұсқа мотордың техникалық сипаттамасында (мотор құжатында) келтірілген тиімділік көрсеткіштері салыстырмалы түрде талданып, қорытынды жасалады.

Мотордың жұмыс циклі мен жылу балансын есептеу микрокалькулятордың көмегімен атқарылады. Аяқталған есеп нәтижесін көрнекі түрде кестеге жинақтаған ыңғайлы. Мотордың СЖС-ын есептеу үшін арнайы жасалған компьютерлік бағдарламаны пайдалану қажет.

Жазбада есептеме өрнектері, коэффициенттер мағынасы мен есеп нәтижелері, графикалық бөлімге енбеген сызбалар көрсетіледі. Есеп өрнегі бір жолда, нәтижесі келесі жолдарда жазылуы қажет (өлшем бірлігі мәтінде көрсетіледі).

Түсіндірме-есептемелік жазбаның құрылым үлгісі :

Мазмұны

	Кіріспе	3
1	Бензин моторының (дизельдің) жұмыс циклін есептеу	4
1.1	Жұмыстық зат өлшемдері	4
1.2	Енгізу процесі	7
1.3	Сығымдау процесі	9
1.4	Жану процесі	10
1.5	Ұлғаю процесі	13
1.6	Жұмыс циклінің индикаторлық көрсеткіштері	15
1.7	Мотордың тиімді көрсеткіштері	17

2	Мотордың жылу балансын есептеу	19
3	Индикаторлық диаграмма тұрғызу	20
4	Мотордың сыртқы жылдамдық сипаттамасын есептеу және талдау	22
4.1	Сыртқы жылдамдық сипаттаманы есептеу	24
4.2	Мотордың сыртқы жылдамдық сипаттамасын және тиімді көрсеткіштерін талдау	25
5	Мотор жүйесін (салқындату немесе майлау) есептеу	26
5.1	Жалпы мәлімет	26
5.2		27
	Әдебиеттер	30
	Қосымша (қажет болса)	

Кіріспе тарауда студент тапсырманы зерделеген соң курстық жобаның мақсаты мен орындалатын жұмыс көлемін қысқаша сипаттайды. Сонымен қатар өз варианты бойынша тапсырмалық мәліметті келтіруі қажет.

Тапсырмалық мәлімет

Вариант – №... (шифрдің соңғы 2 саны)

Мотор үлгісі –

Сығымдау дәрежесін $\Delta\epsilon$ ұлғайту (бензин моторы үшін) –

Үрмелеу қысымы p_k (дизель үшін) –

Тиімді қуат – ... кВт

т.б. 2-кестеден алынған техникалық сипаттама өлшемдері

4.2-тарау студенттің өздік жұмысының деңгейін көрсетеді, сондықтан бұл тарау есеп нәтижелеріне негізделіп, мұқият жасалуға тиіс.

Жобаның графикалық бөлімі КОМПАС, T-flex, Auto-CAD бағдарламаларының көмегімен А3 форматтағы 3 парақта жасалады:

1-парақ – р-V координат жүйесінде салынған индикаторлық диаграмма және оны тұрғызуға қажет есеп өлшемдері жинақталған кесте;

2-парақ – сыртқы жылдамдық сипаттама мен оны бейнелеуге қажет есеп өлшемдері жинақталған кесте;

3-парақ – мотордың салқындату немесе майлау жүйесінің сұлбасы мен есептемелік өлшемдері.

Графиктер бейнеленген жүйенің координат өстерінде әрбір өлшемнің белгісі мен бірлігін көрсету өте маңызды, ал тең аралықтарға бөлінген шкала өлшемнің өзгеру ауқымын толық қамтуы қажет. Мысалы, СЖС бойынша N_e 48,5 кВт (min) шамасынан 156 кВт (max) дейін өзгерсе, шкала 40–160 кВт ауқымында бейнеленіп, аралық интервал 20 кВт болғаны дұрыс.

Графикалық бөлімді бейнелеу үлгісі А қосымшасында көрсетілген.

3 Бензин моторының жұмыс циклін есептеу

3.1 Жұмыстық заттың өлшемдері

Автомобиль бензинінің орташа элементтік құрамы:

- көміртегі $C = 0,855$;

- сутегі $H = 0,145$;

- молекулалық массасы $\mu_{от} = 115$ кг/кмоль;

- төменгі қызуы $H_u = 44000$ кДж/кг.

1 кг бензиннің толық жануы үшін ауаның теориялық тұрғыдан қажетті мөлшері:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,96 \text{ кг,}$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,516 \text{ кмоль.}$$

Берілген қосынды құрамына ($\alpha = 1$) сәйкес нақты ауа мөлшері,
кг

$$l_H = \alpha \cdot l_0$$

Жанғыш қосындының жалпы мөлшері

$$M_1 = \frac{1}{\mu_{om}} + \alpha \cdot L_0$$

Қоламта газ компоненттерінің мөлшері ($K = 0,5$), кмоль/кг

$$M_{CO} = 0,42 \frac{1 - \alpha}{1 + K} L_0 ,$$

$\alpha = 1$ болғандықтан $M_{CO} = 0$.

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - M_{CO},$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - M_{H_2},$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot L_0.$$

Қоламта газдың жалпы мөлшері, кмоль/кг

$$M_2 = M_{CO} + M_{CO_2} + M_{H_2} + M_{H_2O} + M_{N_2}.$$

Қоламта газдың көлемдік өзгеруі, кмоль/кг

$$\Delta M = M_2 - M_1.$$

Молекулалық өзгерудің теориялық коэффициенті

$$\mu_T = \frac{M_2}{M_1}.$$

3.2 Толтыру процесі

Есептеуге қажет кейбір өлшемдерді – атмосфералық ауа қысымы $p_o = 0,1$ МПа, температурасы $T_o = 288$ К, таза түсімнің жылыну дәрежесі $\Delta T = 288$ К, қалдық газ қысымы $p_r = (1,10-1,25) \cdot p_o$ МПа, температурасы $T_r = 900-1100$ К деп алдын-ала тұспалдаймыз.

Таза түсім нығыздығы, кг/м³

$$p_0 = \frac{p_0 \cdot \mu_a}{T_0 \cdot R_v} \cdot 10^3$$

мұндағы μ_a – ауанын молекулалық массасы, $\mu_a = 28,97$ кг/кмоль;

R_v – әмбебап газ тұрақтысы, $R_v = 8,315$ кДж/(кмоль·град).

Толтыру соңындағы газ қысымы

$$p_a = p_0 - (\beta^2 + \xi) \cdot \frac{\omega_{ен}^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6}$$

$\beta^2 + \xi$ – енгізу жүйесінің қарсылық коэффициенті. Бензин

бүркіп берілетін қазіргі моторлар үшін $\beta^2 + \xi = 2,5 - 3$.

$\omega_{ен}$ – енгізу жүйесіндегі газдың орташа ағыны $\omega_{ен} = 50-130$ м/с.

Ескертпе: $\omega_{ен}$ шамасы мотордың айналым жиілігіне байланысты: егер $n_{ном}$ жоғары болса, $\omega_{ен}$ мөлшерін ұлғайтып алу қажет!

Аталмыш қысымның өзгеру ауқымы, МПа

$$p_a = (0,85 - 0,95) \cdot p_0$$

Қалдық газ коэффициенті

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon \cdot p_a - p_r}, \quad \gamma_r = [0,03 - 0,08]$$

Бұл жерде ε – сығымдау дәрежесі. Есептеу барысында ε шамасын тапсырма шартына сай қабылдау қажет!

Толтыру соңындағы температура, К

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \quad T_a = [320 - 370]$$

Толымдылық коэффициенті

$$\eta_v = \frac{\varepsilon \cdot p_a \cdot T_0}{(\varepsilon - 1) \cdot T_a \cdot p_0 \cdot (1 + \gamma_r)}, \quad \eta_v = [0,80 - 0,95]$$

3.3 Сығымдау процесі

Сығымдаудың политроптық көрсеткішін $n_1 = 1,34-1,38$ аралығында қабылдаймыз.

Ескертпе: Осы арада және бұдан әрі белгілі бір аралықта өзгеретін шаманың орташа мөлшерін қабылдайды!

Сығымдау соңындағы газ қысымы, МПа

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \quad p_c = [1,2 - 2,5]$$

Сығымдау соңындағы температура, К

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}, \quad T_c = [600 - 800]$$

3.4 Жану процесі

Молекулалық өзгерудің нақты коэффициенті

$$\mu_n = \frac{\mu_T + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Мұндағы μ_T және γ_r ілгері есептелген.

Жұмыстық қосынды жанғанда бөлінетін жылу мөлшері, кДж/кмоль.

$$H_{жс} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1 \cdot (1 + \gamma_r)}$$

H_u – бензиннің төменгі қызуы (жоғарыда берілген).

$\Delta H_u - \alpha < 1$ әсерінен шала жану нәтижесінде бөлінбейтін жылу мөлшері. Тапсырма шарты бойынша $\alpha = 1$, демек $\Delta H_u = 0$.

Жұмыс циклінің максимум температурасын жану теңдеуінен табамыз

$$\xi_z \cdot H_{жс} + (mc'_v)_{t_0}^{t_c} \cdot t_c = \mu_\partial (mc''_v)_{t_0}^{t_z} \cdot t_z \quad (1)$$

Жану барысындағы жылуды пайдалану коэффициентін лайықталған режим үшін $\xi_z = 0,90 - 0,98$ аралығында қабылдаймыз.

Таза түсімнің жылу сыйымдылығын ауаның жылу сыйымдылығына тең деп есептейміз, кДж/(кмоль·град)

$$(mc'_v)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot t_c \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

мұндағы $t_c = T_c - 273, ^\circ\text{C}$.

Қоламта газдың жылу сыйымдылығы оның компоненттерінің жиынтық жылу сыйымдылығына тең, олай болса, кДж/(кмоль·град)

$$(mc''_v)_{t_0}^{t_z} = \frac{1}{M_2} [M_{CO} (22,49 + 0,00143 \cdot t_z) + M_{CO_2} (39,123 + 0,003349 \cdot t_z) + M_{H_2O} (26,67 + 0,004438 \cdot t_z) +$$

$$+M_{H_2}(19,678 + 0,001758 \cdot t_z) + M_{N_2}(21,951 + 0,001457 \cdot t_z) \quad (3)$$

Ескертпе: Компоненттер мөлшері есептеу басында анықталған!
Анықталған жылу сыйымдылығын жану теңдеуіне (1) қойсақ, ол бір белгісізі t_z бар квадраттық теңдеуге айналады, °С

$$a \cdot t_z^2 + b \cdot t_z + c = 0, \quad (4)$$

$$t_z = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

a , b және c – белгілі сандық шамалар.

(4) теңдеуді шешу нәтижесінде жану температурасын анықтаймыз, К

$$T_z = t_z + 273^\circ, \quad T_z = [2500 - 3000]$$

Жану процесінің есептемелік максимум қысымы, МПа

$$p_z = p_c \cdot \mu_\delta \cdot \frac{T_z}{T_c}$$

Нақты циклдің максимум қысымы, МПа

$$p_{zH} = 0,85 \cdot p_z, \quad p_{zH} = [5,5 - 8,5]$$

Қысым көтерілу дәрежесі

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}, \quad \lambda = [3,6 - 4,2]$$

3.5 Ұлғаю процесі

Ұлғаю политропасының көрсеткішін $n_2=1,23 - 1,30$ аралығында қабылдаймыз.

Ұлғаю соңындағы газ қысымы, МПа

$$P_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}}, \quad p_\varepsilon = [0,4 - 0,6]$$

Ұлғаю соңындағы температура, К

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}, \quad T_\varepsilon = [1400 - 1700]$$

Мұнан әрі бұрын қабылданған қалдық газ температурасының T_r дұрыстығын тексеру қажет, %

$$\Delta = \frac{\left[T_r - \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b/p_r}} \right]}{T_r} \cdot 100$$

Ескертпе: Егер Δ шамасы 10 % асып кетсе, T_r шамасын жаңадан қабылдап, есепті қайта жасау керек.

3.6 Циклдің индикаторлық көрсеткіштері

Индикаторлық орташа қысым, МПа

$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

Индикаторлық диаграмманы жұмырлау коэффициенті $\varphi_u = 0,95 - 0,98$ деп есептеп, нақты индикаторлық орташа қысымды анықтаймыз, МПа

$$p_i = \varphi_u \cdot p'_i, \quad p_i = [1,0 - 1,4]$$

Индикаторлық үлестік отын шығыны, г/кВт сағ

$$g_i = 3600 \frac{\eta_v \cdot \rho_0}{p_i \cdot a \cdot l_0}, \quad g_i = [200 - 280]$$

Циклдің индикаторлық ПӘК

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \cdot H_u}, \quad \eta_i = [0,30 - 0,41]$$

H_u шамасын МДж өлшемімен есептейді.

3.7 Мотордың тиімділік көрсеткіштері

Лайықталған ($n_{ном}$) режимдегі піспектің орташа жылдамдығы, м/с

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30}, \quad C_n = [14 - 18]$$

Бұл жерде S – піспек жүрісі, м.

Механикалық шығынның орташа қысымы, МПа

$$p_m = 0,034 + 0,0113 \cdot C_n$$

Циклдің тиімді орташа қысымы, МПа

$$p_\varepsilon = p_i - p_m, \quad p_\varepsilon = [0,8 - 1,2]$$

Мотордың механикалық ПӘК

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i}, \quad \eta_m = [0,80 - 0,90]$$

Тиімді үлестік отын шығыны, г/(кВт·сағ)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}, \quad g_e = [220 - 300]$$

Мотордың тиімді ПӘК

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m, \quad \eta_e = [0,27 - 0,37]$$

Жұмыстық көлемі V_n белгілі мотордың тиімді қуаты, кВт

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_n \cdot n}{30 \cdot \tau}$$

мұнда τ – ырғақтылық коэффициенті, $\tau = 4$.

Сағаттық отын шығыны, кг/сағ

$$G_T = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3}$$

Мотордың тиімді айналдырғыш моменті, Нм

$$M_e = 9554 \cdot \frac{N_e}{n}$$

4 Дизельдің жұмыс циклін есептеу

4.1 Жұмыстық заттың өлшемдері

Дизельдік отынның орташа элементтік құрамы:

- көміртегі $C = 0,870$;
- сутегі $H = 0,126$;
- еріген оттегі $O_e = 0,004$.

-төменгі қызу $H_u = 42500$ кДж/кг

1 кг отынның толық жануы үшін қажет теориялық ауа мөлшері
(массалық l_0 , кг, және көлемдік L_0 , кмоль)

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_e \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,126 - 0,004 \right) = \\ = 14,452 \text{ кг,}$$

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_e}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,5 \text{ кмоль.}$$

Цилиндрге түсетін ауа мөлшері, кмоль

$$M_1 = \alpha \cdot L_0$$

α – жанғыш қосындының құрамдық коэффициенті. Үрмелеу қысымы жоғары дизель үшін $\alpha = 1,8 - 2,0$ аралығында қабылдауға болады.

Қоламта газдың жалпы мөлшері, кмоль

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}.$$

Қоламта газ компоненттерінің мөлшері, кмоль

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12},$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2},$$

$$M_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L_0,$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0.$$

Молекулалық өзгерудің теориялық коэффициенті

$$\mu_T = \frac{M_2}{M_1}.$$

4.2 Толтыру процесі

Есептеуге қажет кейбір өлшемдерді – атмосфералық ауа қысымы $p_0 = 0,1$ МПа, температурасы $T_0 = 288$ К, таза түсімнің жылыну дәрежесі $\Delta T = 0 - 10$ К деп алдын-ала тұспалдаймыз.

Газ турбиналық үрмелі дизель үшін қалдық газ қысымын $p_r = (0,90 - 0,98) \cdot p_k$, МПа, аралығында (баяу жүрісті мотор үшін p_r төмендеу!), температурасын $T_r = 700 - 900$ К аралығында қабылдайды.

Үрмелі моторда цилиндрге түсетін ауа компрессордан өткенде қызады. Сондықтан оның температурасын анықтау қажет, К

$$T_k = T_0 \cdot \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{0,4}$$

мұндағы p_k – үрмелеу қысымы (тапсырмаға сәйкес).

Таза түсім нығыздығы, кг/м³

$$\rho_{\kappa} = \frac{p_{\kappa} \cdot 10^6}{R_a \cdot T_{\kappa}}$$

R_a – ауаның үлестік газ тұрақтысы, $R_a = 287$ кДж/(кмоль·град).

Толтыру соңындағы газ қысымы, МПа

$$p_a = p_{\kappa} - (\beta^2 + \xi) \cdot \frac{\omega_{ен}^2}{2} \cdot p_{\kappa} \cdot 10^{-6}, \quad p_a = [0,90 - 0,97] p_{\kappa}$$

$\beta^2 + \xi$ – енгізу жүйесінің қарсылық коэффициенті, $\beta^2 + \xi = 2,5 - 3,5$;

$\omega_{ен}$ – енгізу жүйесіндегі газдың орташа ағыны, $\omega_{ен} = 50 - 130$ м/с.

Ескертпе: $\omega_{ен}$ шамасы мотордың айналым жиілігіне байланысты: егер $n_{ном}$ жоғары болса, $\omega_{ен}$ мөлшерін ұлғайтып алу қажет!

Қалдық газ коэффициенті

$$\gamma_r = \frac{T_{\kappa} + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon \cdot p_a - p_r}, \quad \gamma_r = [0,03 - 0,06]$$

Толтыру соңындағы температура, К

$$T_a = \frac{T_{\kappa} + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \quad T_a = [310 - 350]$$

Толымдылық коэффициенті

$$\eta_v = \frac{T_{\kappa} \cdot (\varepsilon \cdot p_a - p_{\gamma})}{(T_{\kappa} + \Delta T_{\kappa}) \cdot p_{\kappa} \cdot (\varepsilon - 1)}, \quad \eta_v = [0,82 - 0,97]$$

4.3 Сығымдау процесі

Сығымдаудың политроптық көрсеткішін $n_1 = 1,34 - 1,38$ аралығында қабылдаймыз.

Ескертпе: Осы арада және бұдан әрі белгілі бір аралықта өзгертін шаманың орташа мөлшерін қабылдайды!

Сығымдау соңындағы қысым, МПа

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1}$$

Сығымдау соңындағы температура, К

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}$$

4.4 Жану процесі

Молекулалық өзгерудің нақты коэффициенті

$$\mu_{\partial} = \frac{\mu_T + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Мұндағы μ_T және γ_r ілгері есептелген.

Жұмыстық қосынды жанғанда бөлінетін жылу мөлшері, кДж/кмоль

$$H_{ж} = \frac{H_u}{M_1 \cdot (1 + \gamma_r)}$$

H_u – дизельдік отынның төменгі қызуы (жоғарыда берілген).

Жұмыс циклінің максимум температурасын жану теңдеуінен табамыз

$$\begin{aligned} \xi_z \cdot H_{ж} + [(mc'_v)_{t_0}^{t_c} + 8,315 \cdot \lambda] \cdot t_c + 2270(\lambda - \mu_n) = \\ = \mu_n (mc''_v)_{t_0}^{t_z} \cdot t_z \end{aligned} \quad (5)$$

Газ турбиналық үрмелі жүрдек дизельде жану барысындағы жылуды пайдалану коэффициентін лайықталған режим үшін $\xi_z = [0,80 - 0,88]$, қысым көтерілу дәрежесін $\lambda = [1,4 - 1,7]$ аралығында қабылдаймыз.

Таза түсімнің жылу сыйымдылығын ауаның жылу сыйымдылығына тең деп есептейміз, кДж/(кмоль·град)

$$(mc'_v)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot t_c \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

Мұндағы $t_c = T_c - 273, ^\circ\text{C}$.

Тұрақты қысым жағдайында қоламта газдың орташа жылу сыйымдылығы, кДж/(кмоль·град)

$$(mc''_p)_{t_0}^{t_z} = (mc''_v)_{t_0}^{t_z} + R_v = (mc''_v)_{t_0}^{t_z} + 8,315 \quad (7)$$

Тұрақты көлем жағдайында қоламта газдың орташа жылу сыйымдылығы, Дж/(кмоль·град)

$$\begin{aligned} (mc''_v)_{t_0}^{t_z} = \frac{1}{M_2} [M_{CO_2} (39,123 + 0,003349 \cdot t_z) + M_{H_2O} \cdot (26,67 + \\ + 0,004438 \cdot t_z) + M_{O_2} (23,723 + 0,00155 \cdot t_z) + \end{aligned}$$

$$+M_{N_2} (21,951 + 0,001457 \cdot t_z)] \quad (8)$$

Ескертпе: Компоненттер мөлшері есептеу басында анықталған!
Анықталған жылу сыйымдылығын жану теңдеуіне (1) қойсақ, ол бір белгісізі t_z бар квадраттық теңдеуге айналады, °С

$$a \cdot t_z^2 + b \cdot t_z + c = 0, \quad (9)$$

$$t_z = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

a , b және c – белгілі сандық шамалар.

(9) теңдеуді шешу нәтижесінде жану температурасын анықтаймыз, К

$$T_z = t_z + 273^\circ, \quad T_z = [1800 - 2300]$$

Жану процесінің максимум қысымы, МПа

$$p_z = \lambda \cdot p_c$$

Ескертпе: Егер p_z шамасы 12,5 МПа асып кетсе, λ дәрежесін азайтып, жану процесін қайта есептеу қажет. Мұндай жағдайда жобаның түсіндірме жазбасында есептің 2 нұсқасын да көрсету қажет.
Бастапқы ұлғаю дәрежесі

$$\rho = \frac{\mu_\delta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c}, \quad \rho = [1,1 - 1,7]$$

4.5 Ұлғаю процесі

Кейінгі ұлғаю дәрежесі

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

Қазіргі үрмелі дизель үшін ұлғаю политропасының көрсеткішін $n_2 = [1,24 - 1,28]$ аралығында қабылдап, ұлғаю соңындағы газ қысымы, МПа, және температурасын, К, есептейміз

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_2}}$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \quad T_b = [1000 - 1200]$$

Мұнан әрі бұрын қабылданған қалдық газ температурасының T_r дұрыстығын тексеру қажет, %

$$\Delta = \frac{\left[T_r - \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b/p_r}} \right]}{T_r} \cdot 100$$

Ескертпе: Егер Δ шамасы 10% асып кетсе, T_r шамасын жаңадан қабылдап, есепті қайта жасау керек.

4.6 Циклдің индикаторлық көрсеткіштері

Есептемелік индикаторлық орташа қысым, МПа

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

Индикаторлық диаграмманы жұмырлау коэффициентін $\varphi_u = [0,93 - 0,95]$ аралығында қабылдап, индикаторлық орташа қысымның нақты шамасын табамыз, МПа

$$p_i = \varphi_u \cdot p_i' \quad [2,2 \text{ дейін}]$$

Индикаторлық үлестік отын шығыны, г/(кВт·сағ)

$$g_i = 3600 \cdot \frac{\eta_v \cdot \rho_k}{p_i \cdot \alpha \cdot l_0}, \quad g_i = [170 - 210]$$

Индикаторлық ПЭК

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \cdot H_u}, \quad \eta_i = [0,42 - 0,50]$$

H_u шамасын МДж өлшемімен есептейді.

4.7 Мотордың тиімділік көрсеткіштері

Лайықталған ($n_{ном}$) режимдегі піспектің орташа жылдамдығы, м/с

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30}, \quad C_n = [9 - 15]$$

Бұл жерде S – піспек жүрісі, м.

Механикалық шығынның орташа қысымы, МПа

$$p_m = 0,089 + 0,0118 \cdot C_n$$

Циклдің тиімді орташа қысымы, МПа

$$p_e = p_i - p_m, \quad [2,0 \text{ дейін}]$$

Мотордың механикалық ПӘК

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i}, \quad \eta_m = [0,80 - 0,90]$$

Тиімді үлестік отын шығыны, г/(кВт·сағ)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}, \quad g_e = [200 - 240]$$

Мотордың тиімді ПӘК

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m, \quad \eta_e = [0,35 - 0,42]$$

Жұмыстық көлемі V_n белгілі мотордың тиімді қуаты, кВт

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_n \cdot n}{30 \cdot \tau}$$

мұнда τ – ырғақтылық коэффициенті, $\tau = 4$.

Сағаттық отын шығыны, кг/сағ

$$G_T = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3}$$

Мотордың тиімді айналдырғыш моменті, Нм

$$M_e = 9554 \cdot \frac{N_e}{n}$$

5 Мотордың жылу балансы

5.1 Жалпы мәлімет

Мотордың нақты циклін талдау отын қызуының аз бөлігі ғана иінді біліктің пайдалы жұмысына айналып, басым бөлігі шығын болатынын көрсетеді. Отын қызуын пайдалы жылуға және шығын түрлеріне бөлуді **жылу балансы** деп атайды. Мұндай баланс жылуды пайдаланудың тиімділігін арттыру жолдарын сараптау үшін және мотордың салқындату жүйесін есептеп, жобалау кезінде керекті мәлімет алуға қажет. Жылу балансын мотордың әртүрлі режимі үшін белгілі бір мерзім аралығында жұмсалатын отын мөлшерінің қызуына шақтап, көбінесе тәжірибелік тәсілмен анықтайды.

Жылу балансының жалпы теңдеуі, Дж/с

$$Q_{жс} = Q_e + Q_{сал} + Q_r + Q_{шж} + Q_m + Q_{қал}$$

$Q_{жс}$ – моторда жанатын отын қызуына тең жалпы жылу мөлшері;

Q_e – мотордың тиімді қуатына барабар жылу мөлшері;

$Q_{сал}$ – салқындату жүйесіне берілетін жылу мөлшері;

Q_r – айналымнан шыққан газбен жоғалатын жылу мөлшері;

$Q_{шж}$ – отынның шала жануынан жоғалатын жылу мөлшері;

Q_m – майлау жүйесіне берілетін жылу мөлшері;

$Q_{қал}$ – жылу балансында ескерілмеген шығын түрлері (қалдық).

Жылу балансын зерделеу үшін әлдеқайда қолайлы үлестік өлшеммен (процентпен) де есептеуге болады. Онда

$$q_{жс} = q_e + q_{сал} + q_r + q_{шж} + q_m + q_{қал} = 100\%$$

бұл арада

$$q_e = \frac{\overset{~}{\sim}}{\overset{~}{\sim}} \cdot 100,$$
$$q_{қал} = \frac{\overset{~}{\sim}}{\overset{~}{\sim}} \cdot 100, \text{ тағы с. с.}$$

Жылу балансының теңдеуінде механикалық шығын ескерілмеген, өйткені үйкеліске шығындалған энергия кайтадан жылуға айналып, салқындату және майлау жүйесі арқылы сыртқа шығады.

5.2 Жылу балансын есептеу

Жалпы жылу мөлшері. Моторлық отын толық жанғанда бөлінуге тиіс жылу мөлшерін $Q_{жс}$ отынның төменгі қызуы H_u мен

белгілі бір мерзім ішіндегі отын шығыны $G_{от}$ арқылы анықтайды, кДж/с

$$Q_{жс} = \frac{H_u \cdot G_{от}}{3600}$$

мұнда H_u – кДж/кг, $G_{от}$ – кг/сағ (жылулық есептеуден!).

Тиімді жұмысқа барабар жылу. 1 с ішінде мотордың тиімді жұмысына айналатын жылу тиімді қуатқа тепе-тең, кДж/с (кВт)

$$Q_e = N_e$$

Тиімді жылудың үлестік мөлшері, %

$$q_e = 100 \cdot \frac{N_e}{Q_{жс}}$$

Ескертпе: q_e шамасы мотордың тиімді ПӘК-нің мағынасы болып табылады, демек $q_e = \eta_e$ (тексеру қажет!).

Салқындату жүйесіне берілетін жылу. Цилиндр және цилиндр төбесі арқылы салқындату жүйесіне өтетін жылу мөлшерінің жалпы теңдеуі, кДж/с

$$Q_{сал} = G_{сал} \cdot c_{сз} \cdot (t_{ш} - t_{к})$$

мұндағы $G_{сал}$ – салқындатқыш заттың айналымдағы мөлшері, кг/с;

$c_{сз}$ – салқындатқыш заттың жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·°С);

$t_{ш}$ – салқындатқыш заттың мотордан шығардағы температурасы, °С;

$t_{к}$ – салқындатқыш заттың моторға кірердегі температурасы, °С.

Есептеу үшін теңдеудің төмендегі нұсқасын қолданады.

Жанғыш қосынды құрамы $\alpha = 1$ бензин моторы үшін, кДж/с

$$Q_{сал} = c \cdot i \cdot D^{1+2 \cdot m} \cdot n^m \cdot 10^{-3};$$

дизель үшін

$$Q_{сал} = c \cdot i \cdot D^{1+2 \cdot m} \cdot n^m \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot 10^{-3}$$

мұндағы c – төрт ырғақты мотор үшін сәйкестік коэффициенті, $c = [0,45 - 0,53]$;

i – цилиндр саны;

D – цилиндр диаметрі, см;

N – айналым жиілігі, айн/мин;

m – төрт ырғақты мотор үшін дәреже көрсеткіші, $m = [0,6–0,7]$.

Салқындату жүйесіне өтетін үлестік жылу, %

$$q_{сал} = 100 \cdot \frac{Q_{сал}}{Q_0}, \quad q_{сал} = [24 – 30]$$

Ескертпе: Егер $q_{сал}$ шамасы көрсетілген ауқымнан 5% кем (<19) не артық (>35) болса, c және m коэффициенттерін өзгертіп, бұл көрсеткішті қайта есептеу керек!

Айналымнан шыққан газбен жоғалатын жылу. Шығынның бұл түрін айналымнан шыққан газ қызуы мен цилиндрге енген таза түсім жылуының айырмасы ретінде анықтайды, кДж/с

$$Q_r = \frac{G_T}{3600} \cdot \mu_a \cdot (M_2 \cdot mc_{pr} \cdot t_r - M_1 \cdot mc_{pa} \cdot t_0)$$

мұндағы t_0 , t_r , M_2 мен M_1 – жылулық есепте анықталған өлшемдер;

μ_a – ауаның мольдік массасы, $\mu_a = 28,97$ кг/кмоль;

mc_{pr} – айналымнан шыққан газдың изобарлық жылу сыйымдылығы – бензин моторы үшін 1,16 кДж/(кг·град), дизель үшін 1,10 кДж/(кг·град);

mc_{pa} – ауаның изобарлық жылу сыйымдылығы, орташа мәні 1,0 кДж/(кг·град);

Газбен жоғалатын жылудың үлестік мөлшері, %

$$q_r = 100 \cdot \frac{Q_r}{Q_0}, \quad q_r = [30 – 35]$$

Мотордан шығатын газбен жоғалатын жылудың негізгі бөлігі - қияли циклдің міндетті (термодинамиканың 2-заңына сәйкес) жылу шығыны болып табылады.

Шала жану шығыны. Тапсырма шарты бойынша бензин моторында құрамы $\alpha = 1$ жанғыш қосынды пайдаланылады, ал дизельдің кез-келген режимінде $\alpha > 1$. Мұндай жағдайда отынның жануы химиялық тұрғыдан толық, яғни жылу шығынының бұл түрі жоқ деп есептеуге болады. Демек,

$$Q_{шж} = 0,$$

$$q_{шж} = 0.$$

Түрлі физикалық себептерден отынның толық жанбауы $\alpha > 1$ жағдайында да мүмкін. Мотордың калыпты режимінде бұл шығын болмашы, әдетте оны баланс теңдеуіндегі қалдық шығынға қосады.

Жылу балансының қалдық бөлігі. Мотордың негізгі жылу шығындарынан басқа газ алмастыру, отынның физикалық себептерден толық жанбауы сияқты және өзге де ескерілмеген қосымша шығын түрлері (мысалы, майлау жүйесі арқылы сыртқа шығатын үйкеліс жылуы) бар. Бұл шығындардың әрқайсысы мардымсыз болғандықтан, олардың жиынтық шамасын жалпы жылу мөлшері мен негізгі жылу шығындарының айырмасына тең деп алады, кДж/с

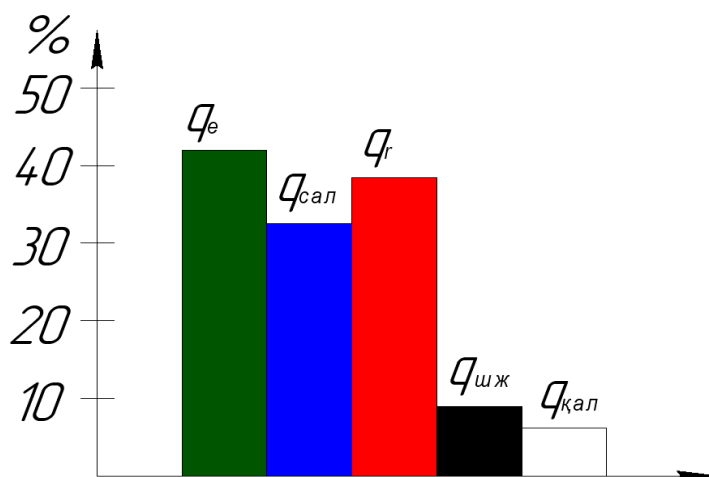
$$Q_{қал} = Q_{ж} - (Q_e + Q_{сал} + Q_r + Q_{шж})$$

Жылулық балансты есептеу нәтижесін кестеге жинақтаймыз.

4-кесте – Мотордың жылулық балансы

$Q_{ж}$ кДж/с	Q_e кДж/с	q_e %	$Q_{сал}$ кДж/с	$Q_{сал}$ %	Q_r кДж/с	q_r %	$Q_{шж}$ кДж/с	$Q_{шж}$ %	$Q_{қал}$ кДж/с	$Q_{қал}$ %

Кестедегі мәлімет бойынша сатылы түрлі-түсті диаграмма құру қажет.



1-сурет – Жылулық баланс диаграммасы

6 Индикаторлық диаграмманы құру

6.1 Жалпы мәлімет

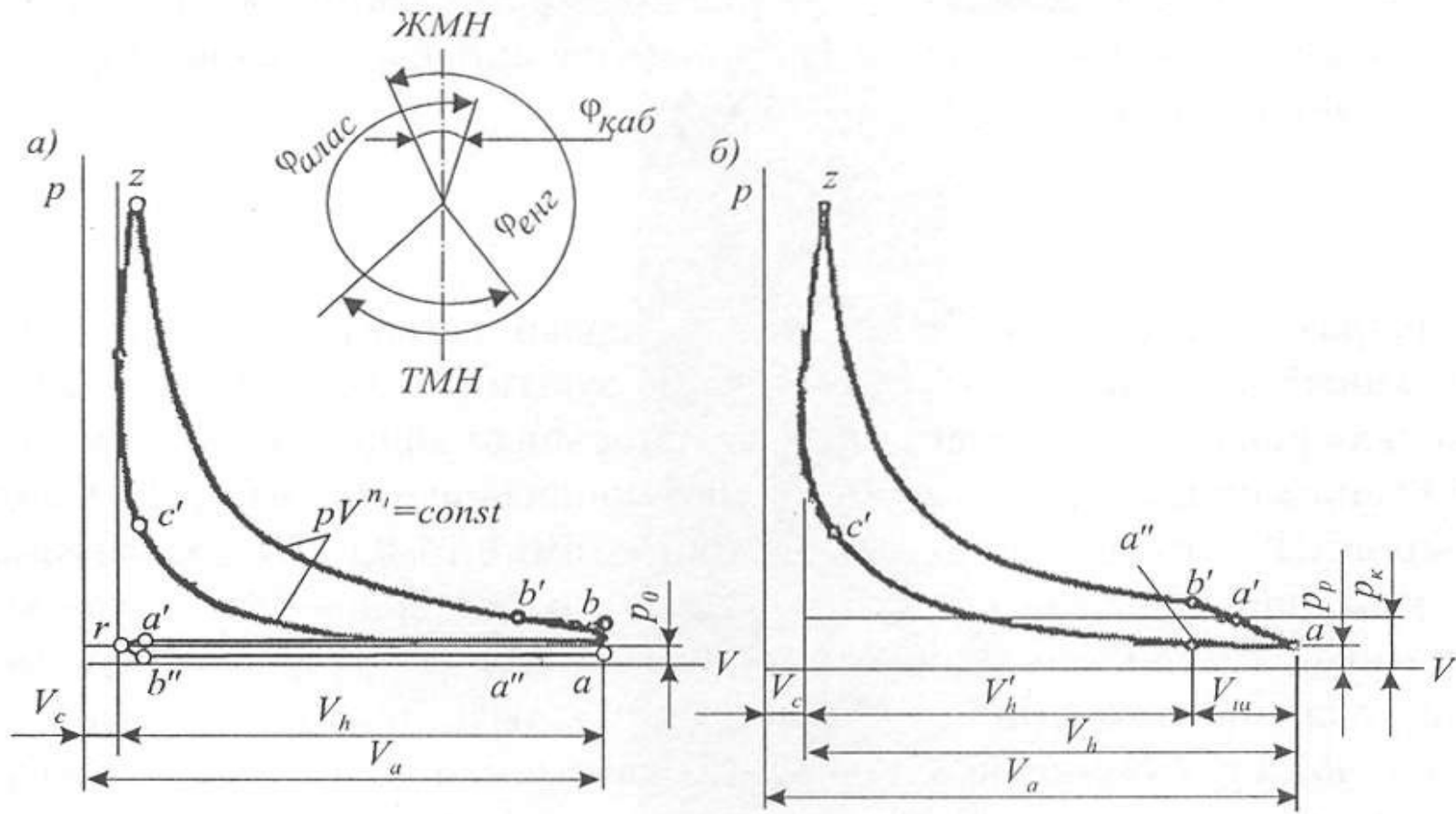
Нақты циклдің көрнекі бейнесі – цилиндрдегі газ қысымының цикл процестерінің барысында өзгеруін көрсететін индикаторлық диаграмма. Бұл сызба $p - V$ (қысым – көлем) немесе $p - \varphi$ (қысым – иінді біліктің айналым бұрышы) координат жүйесінде суреттеледі.

Төрт ырғақты мотордың қалыпты индикаторлық диаграммасы 2-суретте (а) бейнеленген. Цилиндрге жанғыш қосынды (сырттай қосынды түзетін мотор) немесе таза ауа (дизель) толтыру піспек жоғарғы межелік нүктеге (ЖМН) жетпей (a' нүктесінде) басталып, піспек төменгі межелік нүктеден (ТМН) өткеннен кейін (a'' нүктесінде) аяқталады. Демек, толтыру процесінің ұзақтығы иінді біліктің айналым (ИБА) бұрышының 180° астам; бұл цилиндрге түсетін ауа немесе жанғыш қосынды мөлшерін барынша молайту мақсатында жасалады.

Циклдің 1-ырғағында цилиндрдегі орташа қысым атмосфералық қысымнан p_0 төмен (үрмелі емес моторда), сондықтан газ ағыны цилиндр ішіне бағытталады. Цилиндрде сорғыштық әсер тудыруға, әрине, энергия жұмсалады. Әрбір цикл аяқталғанда (аластау процесінің соңында) цилиндр ішінде (V_c көлемінде) айналымнан шыққан газдың біраз бөлігі қалады, оны **қалдық газ** деп атайды. Цилиндрге түсетін отын-ауа қосындысы қалдық газбен араласып **жұмыстық қосынды** түзеді.

Нақты циклде сығымдау процесі (2-ырғақ) енгізу қақпақшасы жабылған соң (a'') басталады да, оның барысында газдың қысымы мен температурасы ұлғаяды. Піспек ЖМН-ге жақындағанда, яғни сығымдаудың соңына таман (c') жұмыстық қосындыны тұтату үшін ұшқын шағылады немесе сығымдалып қатты қызған ауаға моторлық отынды бүрку басталады. Мұнан әрі жану процесі басталып, қысым мен температура күрт көтеріледі. Піспек ЖМН-ден өтіп, **газ** қысымы ең биік деңгейге жеткен соң жану ұлғаю процесіне ұласады (3- ырғақ). Жылу механикалық жұмысқа газ ұлғаю барысында айналатындықтан бұл ырғақты піспектің **мәнді жүрісі** деп атайды.

Аластау қақпақшасының ашылуы және айналымнан шыққан газды цилиндрден аластау піспек ТМН-ге жетпей басталады (b'). Бұл сәтте цилиндрдегі қысым атмосфералық қысымнан әлдеқайда жоғары, сондықтан қақпақшадан газ шегіне жеткен жылдамдықпен шығады; піспек ТМН-ге жеткенде газ қысымы көп төмендейді.



а) 4 ырғақты мотор

б) 2 ырғақты мотор

2-сурет – Индикаторлық диаграммалар

Піспек жоғары жылжығанда (4-ырғақ) атмосфералық қысымнан сәл астам қысыммен газды цилиндрден ығыстырып шығарады. Аластау процесі піспек ЖМН-ден өткеннен кейін (b'') ақталады; мұндағы мақсат – цилиндрді толығырақ тазарту.

Нақты циклде енгізу және аластау қақпақшаларының ИБА бұрышымен өлшенетін ашық кезеңі немесе газ алмастыру **фазасы** 180° мөлшерінен, яғни піспектің бір жүрісінен астам. Осыған орай аластау процесінің соңы мен толтыру процесінің басында екі қақпақшаның да біраз уақыт ашық қалатынын аңғару қиын емес. Бұл қақпақшалардың **қабаттасу кезеңі** деп аталады. Газ алмастыру фазасының кеңдігі мотордың жүркектігіне байланысты.

Соңғы жылдары мотор жасау тәжірибесіне газ алмастыру қақпақшаларының ашылып-жабылу сәтін, яғни аталмыш фазаның ұзақтығын иінді біліктің айналым жиілігіне байланысты өздігінен өзгертіп тұратын жүйе енгізілді. Осыған қоса әр цилиндрге 3 немесе 4 қақпақша орнату газ алмастыру сапасын айтарлықтай жақсартты. Бұл мотордың қуаты мен отын үнемділігіне, сондай-ақ газ құрамындағы зиянды заттардың азаюына оң әсерін тигізді.

Есептемелік индикаторлық диаграмма мотордың лайықталған ($Ne_{max}, \eta_{ном}$) режимі үшін тұрғызылады. Бұған қажет мәліметті кестеге жинақтап алған қолайлы.

Индикаторлық диаграмманы есептеу цилиндрдің жұмыстық көлемінің V_h (піспек жүрісінің S) өзгеру ауқымында сығымдау және ұлғаю политропаларының 7 – 8 аралық нүктелерінің координаталарын айқындау болып табылады. Бензин моторы мен дизель үшін есептеу әдісінде біршама айырмашылықтар бар.

5-кесте – Индикаторлық диаграмманы есептеуге қажет мәлімет

Құрылымдық өлшемдер		Жылулық есеп нәтижесі	
Аталуы	Мағынасы	Өлшем	Мағынасы
Сығымдау дәрежесі ϵ Піспек жүрісі S , мм Цилиндрдің жұмыс көлемі V_h , л		Қысым, МПа: – толтыру p_a , – сығымдау p_c , – жану p_z , – қалдық газ p_r . Дәреже (дизель үшін): – бастапқы ұлғаю ρ – кейінгі ұлғаю δ	

6.2 Бензин моторы

Мұндай моторда сығымдау және ұлғаю политропасы цилиндрдің жұмыстық көлемі $V_h = V_a - V_c$ шеңберінде бейнеленеді. Ең алдымен жұмыстық көлемнің V_h өзгеру ауқымында сығымдау дәрежесінің ағымдық мағыналарын ε_x белгілеу қажет. Бұл үшін $\varepsilon - 1$ ауқымын 7 – 8 аралыққа бөлу керек. Мысалы, тапсырма шартына сай $\varepsilon = 10,4$ тең болса, ε_x мағынасы $10,4 - 10 - 9,5 - 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 3 - 1$ болады. ЖМН тұсында нүктелер жиірек орналасқаны дұрыс.

Цилиндрдегі газ қысымы индикаторлық диаграмманың ординатасы, ал жұмыстық көлем V_h немесе піспек жүрісі S абсцисса болып табылады. Демек диаграмма тұрғызу үшін аталған координаттардың ағымдық мағынасын анықтау қажет.

Абсцисса өсінде цилиндрдің толық V_a көлеміне сай OB , жұмыс V_h көлеміне сай AB , откамера V_c көлеміне сай OA сызықтарын белгілейді. OB , AB , OA – тұрақты шамалар, ал V_h өзгеруін көрсететін координата OX – айнымалы (ε_x мағыналарына сәйкес) шама.

AB ұзындығын белгілі бір масштабта піспек жүрісіне сәйкес анықтайды, мм

$$AB = \frac{S}{\mu_s}$$

Әдетте масштаб коэффициентін $\mu^s = 1$ мм/мм тең, яғни піспек жүрісінің 1 мм координатаның 1 мм тең деп алады. Егер $S < 80$ мм болса, диаграмманы ұлғайту мақсатында $\mu^s = 0,5$ мм/мм масштабын қолдануға болады.

Откамера көлемін айқындайтын OA ұзындығы, мм

$$OA = \frac{AB}{\varepsilon - 1}$$

Олай болса, цилиндрдің толық көлемі, мм

$$OB = AB + OA$$

Ал өзгермелі көлем координатасы, мм

$$OX = \frac{OB}{\varepsilon_x}$$

Аралық нүктелердегі газ қысымы (2 – координата) – сығымдау политропасы үшін

$$p_x = p_a \cdot \varepsilon_x^{n_1}$$

– ұлғаю политропасы үшін

$$p_x = p_s \cdot \varepsilon_x^{n_2}$$

Мұндағы n_1 мен n_2 – сығымдау және ұлғаю политропаларының көрсеткіштері.

Ескертпе: 1) n_1 және n_2 шамасын сығымдау және ұлғаю процестерін есептеуден алу қажет (3-тарау);

2) p_x шамасын есептеуді бір нүкте үшін ғана көрсету жеткілікті.

Есептеу нәтижелерін кестеге топтастырған ыңғайлы.

6-кесте – Бензин моторының индикаторлық диаграммасының аралық нүктелерін есептеу

Нүкте №	ε_x	ОХ, мм	Сығымдау политропасы		Ұлғаю политропасы	
			$\varepsilon_x^{n_1}$	p_x , МПа	$\varepsilon_x^{n_2}$	p_x , МПа
1	ε					
2	...					
...	...					
...	...					
10	1					

6.3 Дизель

Дизельдің индикаторлық диаграммасында сығымдау политропасын салу бензин моторы үшін көрсетілген әдіспен жүргізіледі (6.2-тармақты мұқият қарап шығыңыз). Жұмыстық V_h көлемі ε_x арқылы 7 – 8 аралыққа бөлінеді. Мысалы, жылулық есептегі $\varepsilon = 17$ болса, ε_x мағынасы 17–16,5–16–15–13–11–8–4–1 болуы мүмкін. Әрі қарай сол әдіспен OA , OB сызықтары белгіленіп, өзгермелі OX координаты және газ қысымы p_x табылады.

Дизельде өтетін ұлғаю процесі 2 кезеңнен тұратындықтан ұлғаю политропасын салуда өзгешеліктер бар. Ең әуелі тұрақты қысым жағдайында өтетін көлем өзгеруі табылады

$$Z'Z = OA \cdot (\rho - 1)$$

мұндағы ρ – бастапқы ұлғаю дәрежесі(5-кестені қараңыз).

Ескертпе: $Z'Z$ сызығының ординатасы p_z шамасына тең.

Ұлғаю политропасының қисық бөлігі жұмыстық көлемнің $V_z - V_6$ аралығында салынады. Оған кейінгі ұлғаю дәрежесінің δ анықталған шамасынан 1 дейін азаюы сай келеді. Сондықтан $\delta - 1$ ауқымын аралық нүктелерге еркін түрде болу қажет. Мысалы, $\delta = 12$ болса, оның ағымдағы шамасы δ_x : 12 – 11,5 – 11 – 10 – 9 – 8 – 6 – 4 – 1 болуы мүмкін.

Онан кейін өзгермелі көлем координаты табылады.

$$OX = \frac{OB}{\delta_x}$$

OB – цилиндрдің толық көлеміне сәйкес сызық.
Координаттық нүктелерге сәйкес газ қысымы.

$$p_x = p_6 \cdot \delta_x^{n_2}$$

Ескертпе: 1) n_1 және n_2 шамасын сығымдау және ұлғаю процестерін есептеуден алу қажет (3-тарау);

2) p_x шамасын есептеуді бір нүкте үшін ғана көрсету жеткілікті;
Есептеу нәтижелерін кестеге топтастырған ыңғайлы.

7-кесте – Дизельдің индикаторлық диаграммасының аралық нүктелерін есептеу

Нүкте №	Сығымдау политропасы				Ұлғаю политропасы									
	ε_x	$OX,$ мм	$\varepsilon_x^{n_1}$	$p_x,$ МПа	δ_x	$OX,$ мм	$\delta_x^{n_2}$	$p_x,$ МПа						
1	ε				δ									
2														
...														
...														
...														
10														
					1							1		

6.4 Индикаторлық диаграмманы құру әдістемесі

Диаграмма тұрғызуды біркелкі шкаласы бар көлем координаты (абсцисса) өсінде μ_s масштабын ескере отырып, откамера көлеміне сәйкес нүкте (OA сызығы) мен цилиндрдің толық көлеміне сәйкес

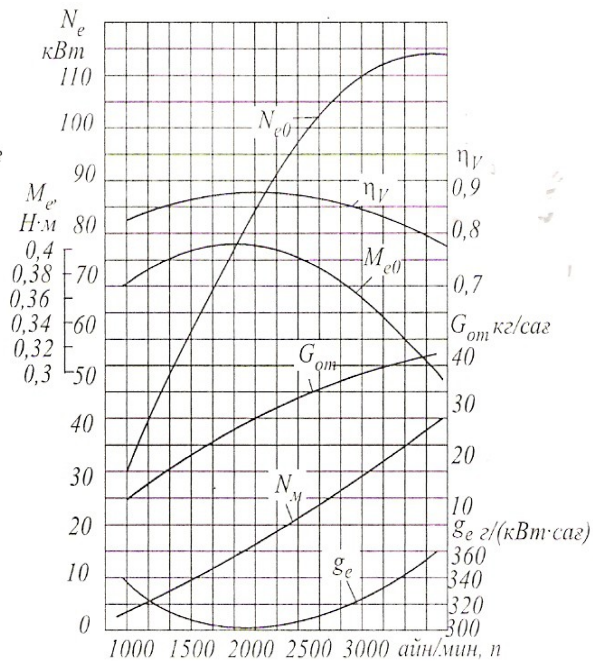
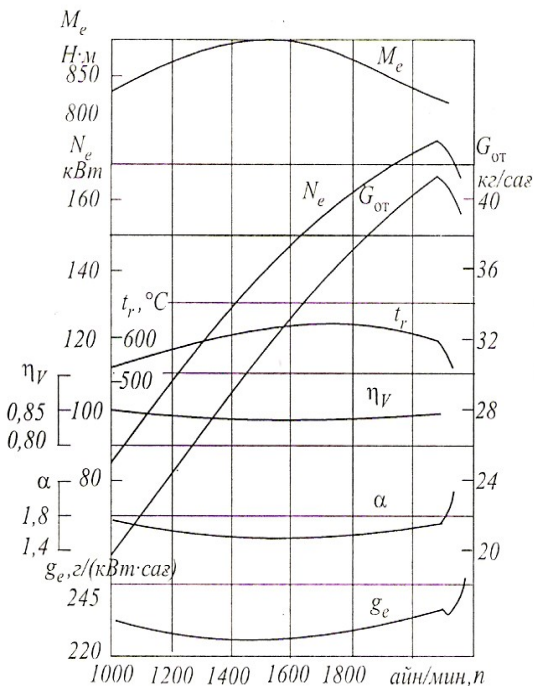
нүктені (OB сызығы) белгілеуден бастайды. Қысым координаты (ордината) өсінде де біркелкі шкала орнатып, өлшем бірлігін көрсетеді. Қысым масштабы μ_p мөлшерін индикаторлық диаграмманың биіктігі (p_z) оның табанынан (V_h) 1,5 – 2,0 есе үлкен болатындай қылып таңдайды. Әдетте, $\mu_p = 0,05$ МПа/мм немесе $\mu_p = 0,1$ МПа/мм.

Мұнан соң $p - V$ координат жүйесінде 5-кестеге жинақталған белгілі p_a, p_b, p_c, p_z, p_r шамаларын нүктелейді. Нүктелерді жатық сызықпен қоса отырып, диаграмма тұрғызады. Енгізу және аластау процестері шартты түрде тұрақты қысым жағдайында өтеді деп есептеп, p_a және p_r шамасына сәйкес түзу сызықпен бейнелейді. Сондай-ақ диаграммада бензин моторы үшін атмосфералық қысымды p_o , ал дизель үшін үрмелеу қысымын p_k көрсетеді.

7 Мотордың сыртқы жылдамдық сипаттамасын құру және талдау

7.1 Жалпы мәлімет

Мотордың негізгі көрсеткіштерінің (N_e, M_e, G_{om}, g_e және т.б.) айналым жиілігіне сай өзгеруін жылдамдық сипаттамасы деп атайды. Егер мұндай сипаттама бензин моторының дроссельдік қақпақшасы толық ашылған немесе дизельдің отын айдағышының реттегіш тетігі (рейка) шектегішке тірелген, яғни циклдік отын мөлшерінің максимум шамасына сәйкес (әр нүктеде) анықталса, ол мотордың **сыртқы жылдамдық сипаттамасы (СЖС)** болып табылады.



а)

б)

а – бензин моторы; б – дизель

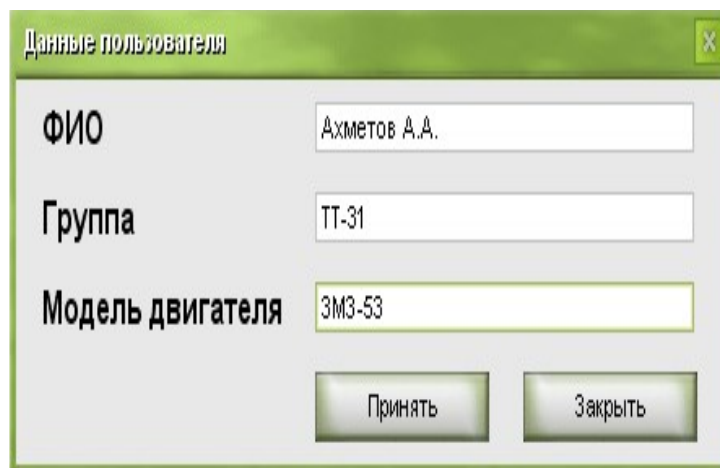
3-сурет – сыртқы жылдамдық сипаттамасы

СЖС – мотордың негізгі (паспорттық) сипаттамасы. Бұл сипаттама бойынша мотордың лайықталған (номинал) қуатын және өзге де маңызды көрсеткіштерін анықтайды.

СЖС диаграммасын сынақ негізінде немесе жылулық есеп нәтижелерінің негізінде белгілі эмпирикалық өрнектерді қолдана отырып тұрғызуға болады. Курстық жобада соңғы әдіс «ВСХ ДВС» компьютерлік есептемелік бағдарлама түрінде берілген.

7.2 Сыртқы жылдамдық сипаттаманы компьютерде есептеу тәртібі

1-қадам. Бағдарлама іске қосылғаннан кейін пайдаланушы өзі туралы мәлімет енгізуі қажет



Поле	Значение
ФИО	Ахметов А.А.
Группа	ТТ-31
Модель двигателя	ЗМЗ-53

4-сурет – Пайдаланушы туралы мәлімет терезесі

2-қадам. Бағдарламаның негізгі терезесіне төмендегі өлшемдерді енгізу керек:

N_e – жылулық есепте анықталған мотордың тиімді қуаты;

g_e – жылулық есепте анықталған үлестік отын шығыны;

$n_{ном}$ – мотордың техникалық сипаттамасында берілген лайықталған (номинал) режимнің айналым жиілігі;

n_{min} , 2, 3, 4, 5, 6, n_{max} – төмендегі ескертпе нұсқауға сәйкес қабылданатын айналым жиілігі (сипаттаманың аралық нүктелері).

Ескертпе: 1. Ең төменгі n_{min} айналым жиілігін бензин моторы үшін 800 – 1000 айн/мин, дизель үшін 600 – 800 айн/мин аралығында қабылдау қажет.

2. Аралық нүктелерді ($n_2 - n_6$) еркін түрде, $n_{ном}$ тұсында жиірек орналастыру қажет. Нүктелердегі n шамасын 100 дейін дөңгелеткен дұрыс (мысалы, $n_3 = 2567$ немесе 2641 айн/мин емес, $n_3 = 2600$ айн/мин болғаны ыңғайлы).

3. Дизельдің СЖС $n_{min} - n_{ном}$ аралағында есептейді, демек бағдарламаға дизель үшін n_{max} шамасын енгізу қажет емес!

4. Бензин моторы үшін $n_{max} = (1,05 - 1,20) n_{ном}$.

5-сурет – Негізгі терезе (толтыру үлгісі)

3–қадам. Барлық мәлімет енгізілгеннен кейін, есептеу процесі атқарылып, нәтижесі кесте түрінде мониторда бейнеленеді.

	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n ном	n max
Частота вращения(n, об/мин)	800	1300	1800	2300	2700	3000	3200	3500
Эффективная мощность (Ne, кВт)	25,23	42,86	59,58	73,44	81,17	84,36	85	83,44
Крутящий момент (Me, Н * м)	301,36	314,99	316,23	305,08	287,24	268,65	253,78	227,76
Удельный эфф. расход топлива (ge, г/(кВт * час))	279,12	254,49	244,01	247,69	260,83	276,63	290	314,3
Часовой расход топлива (Gt, кг/час)	7,04	10,91	14,54	18,19	21,17	23,34	24,65	26,22

6-сурет– Есептеу нәтижелерінің терезесі

Бұл кесте студенттің есебі ретінде HTML форматында сақталады.

Отчет

ФИО: Ахметов А.А.

Группа: ТТ-31

Модель двигателя: ЗМЗ-53

	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n ном	n max
Частота вращения(n, об/мин)	800	1300	1800	2300	2700	3000	3200	3500
Эффективная мощность (Ne, кВт)	25,23	42,86	59,58	73,44	81,17	84,36	85	83,44
Крутящий момент (Me, Н * м)	301,36	314,99	316,23	305,08	287,24	268,65	253,78	227,76
Удельный эфф. расход топлива (ge, г/(кВт * час))	279,12	254,49	244,01	247,69	260,83	276,63	290	314,3
Часовой расход топлива (Gт, кг/час)	7,04	10,91	14,54	18,19	21,17	23,34	24,65	26,22

7-сурет– Есеп нәтижелерін HTML форматында сақтау терезесі

Есептеу нәтижесі бойынша СЖС графигін салып, курстық жобаның сызба бөлігінде көрсету қажет.

7.3 Сыртқы жылдамдық сипаттамасын талдау

Бұл сипаттаманы жалпы талдау N_e , M_e , G_{OT} , g_e көрсеткіштерінің айналым жиілігінде байланысты өзгеру себептерін түсіндіруге негізделген. Мысалы, мотордың жылдамдық режимі өскенде N_e өсімінің бірте-бірте бәсеңдеуін, M_e шамасының төмендеуін, отын мөлшерін реттегіш тетіктің бір қалыпты жағдайында G_{OT} мөлшерінің ұдайы ұлғаюын, g_{emin} деңгейі қандай режимге сәйкес келетінін түсіндіре білу өте маңызды.

Курстық жобада міндетті түрде салыстырмалы талдау жүргізу қажет. Бұл үшін жобада есептелген және мотордың техникалық сипаттамасында көрсетілген N_{emax} және M_{emax} шамаларын салыстырып, айырмашылығын түсіндіру керек. Сондай-ақ айналдырғыш моменттің астамдық коэффициенттерін де анықтап, зерделеу қажет.

Талданатын көрсеткіштерді кестеге (8-кесте) жинақтаған ыңғайлы.

Мотордың техникалық сипаттамасында $n_{ном}$ режимі үшін M_e шамасы көрсетілмегендіктен, оны сипаттамадағы N_e үшін анықтап, кестеге енгізу қажет, Нм

$$M_{e \text{ ном}} = 9554 \cdot \frac{N_{e \text{ max}}}{n_{\text{ном}}}$$

Онан кейін айналдырғыш моменттің астамдық коэффициентін 8-кестедегі мәліметтер бойынша 2 рет – техникалық сипаттама бойынша және курстық жобада анықталған СЖС бойынша төмендегі формуланың көмегімен есептейді.

$$K = \frac{M_{e \text{ max}}}{M_{e \text{ ном}}}, \quad [1,10 - 1,25]$$

8-кесте – Мотордың техникалық сипаттамасы және есеп бойынша анықталған негізгі көрсеткіштері

Негізгі өлшемдер	Техникалық сипаттама бойынша	Есеп бойынша
Тиімді қуат N_e ($n_{\text{ном}}$ сәйкес), кВт	берілген	жылулық есептен
Айналдырғыш момент $M_{e \text{ ном}}$ ($n_{\text{ном}}$ режиміне сәйкес), Н·м	анықтау қажет	
Айналдырғыш момент максимум шамасы $M_{e \text{ max}}$, Н·м	берілген	СЖС графигі бойынша
$M_{e \text{ max}}$ шамасына сәйкес айналым жиілігі, айн/мин	берілген	
Айналдырғыш моменттің астамдық коэффициенті K	анықтау қажет	

Әрі қарай 8-кесте бойынша мотордың негізгі көрсеткіштерін салыстырмалы түрде талдау қажет. Ең әуелі техникалық сипаттамадағы және есептелген N_e , M_e шамаларының айырмашылығын (немесе теңдігін) түсіндіру қажет. Бұл үшін тапсырмада берілген есептеу шартын, оның бұл көрсеткіштерге әсері қандай екенін ескерген жөн. K коэффициентінің өзгеруін мотордың динамикасы тұрғысынан зерделеу қажет.

Отын үнемділігінің көрсеткіші – $n_{\text{ном}}$ режиміндегі үлестік отын шығынын көліктік ІЖМ озық үлгілеріне тән g_e шамасымен салыстыру керек. Атамыш көрсеткіш бензин моторы үшін $g_e = 220 - 230$ г/(кВт·сағ), дизель үшін $g_e = 200 - 210$ г/(кВт·сағ) деңгейінде.

8 Майлау жүйесін есептеу

8.1 Негізгі өлшемдер

Мотордың майлау жүйесі қосарланған тетіктердің үйкелісін азайтып, салқындауын қамтамасыз етеді. Көлік моторларында негізгі тетіктерге май қысыммен беріліп, ашық үйкеліс беттері шашырату әдісімен майланады.

Майлау жүйесін есептегенде белгілі бір уақыт ішінде айналымдағы май мөлшері, май радиаторының салқындату беті, май айдағыштың құрылымдық өлшемдері анықталады.

Айналымдағы май мөлшері қызған тетіктерден майлау жүйесіне түсетін жылу деңгейіне байланысты. Бұл жылу мөлшері, қДж/с

$$Q_M = (0,020 - 0,025) \cdot Q_{жс}$$

$Q_{жс}$ – отын жанғанда бөлінуге тиіс жалпы жылу мөлшері (жылу балансын қараңыз).

Демек айналымдағы май мөлшері, м³/с

$$V_{айн} = \frac{Q_M}{\rho_M \cdot c_M \cdot \Delta T_M}$$

ρ_M – май нығыздығы, $\rho_M = 900$ кг/м³ деп алуға болады;

c_M – майдың орташа жылу сыйымдылығы, $c_M = 2,1$ қДж/(кг·К);

ΔT_M – майдың мотор ішінде қызынуы, $\Delta T_M = 10 - 15$ К.

Майлау жүйесіндегі май қысымының қажетті деңгейі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін май айдағыштың жұмыс өнімділігін әдейі жоғарылатады, м³/с

$$V_{жс} = \frac{2V_{айн}}{\eta_{айд}}$$

$\eta_{айд}$ – айдағыштың май түсіру коэффициенті, $\eta_{айд} = 0,6 - 0,8$.

Олай болса, май айдағышты айналдыруға қажет қуат, кВт

$$N_a = \frac{V_{жс} \cdot p}{\eta_{ма}} \cdot 10^3$$

p – жүйедегі май қысымы (бензин моторында $p = 0,3 - 0,5$ МПа, дизельде $p = 0,3 - 0,7$ МПа);

$\eta_{ма}$ – айдағыштың механикалық ПӘК, $\eta_{ма} = 0,85 - 0,90$.

8.2 Май суытқыш радиатор

Көлік моторларында мұндай радиатордың ауамен немесе сұйықпен салқындатылатын түрлері қолданылады. Жобада ауамен салқындатылатын радиатор есебі берілген.

Радиатордың негізгі өлшемі – Q_m жылуын қоршаған ортаға сейілтетін салқындату бетінің тиімді ауданы, m^2

$$F_p = \frac{Q_m \cdot 10^3}{K_m \cdot (T_m - T_a)}$$

T_m – радиатордағы майдың орташа температурасы, $T_m = 350 - 365$ К;

T_a – ауаның радиатор алдындағы орташа температурасы, $T_a = 300 - 315$ К;

K_m – майдан салқындатқыш ауаға жылу беру коэффициенті, $K_m = 23 - 72$ Вт/($m^2 \cdot K$).

9 Салқындату жүйесін есептеу

9.1 Салқындату жүйесінің негізгі өлшемдері

Көлік моторларында басым түрде қолданылатын сұйықпен салқындату жүйесінің негізгі өлшемдеріне белгілі бір уақыт ішінде айналымдағы сұйық мөлшері, сұйық айдағыштың жұмыс өнімділігі мен қуаты жатады.

Айналымдағы сұйық мөлшері, m^3/c

$$G_{айн} = \frac{Q_{сал} \cdot 10^3}{\Delta T_c \cdot c_c \cdot \rho_c}$$

мұндағы $Q_{сал}$ – салқындату жүйесіне өтетін жылу (жылу балансын қараңыз);

ΔT_c – сұйықтың радиаторға енетін және шығатын жеріндегі температура айырмашылығы, $\Delta T_c = 8 - 14$ К;

c_c және ρ_c – салқындатқыш сұйықтың жылу сыйымдылығы мен тығыздығы. Қату температурасы төмен арнайы сұйық үшін $c_{жс} = 4000$ Дж/(кг·К), $\rho_{жс} \approx 1070$ кг/ m^3 .

Айдағыштың жұмыс өнімділігі, m^3/c

$$G_{жс} = \frac{G_{айн}}{\eta}$$

η – айдағыш коэффициенті, $\eta = 0,8 - 0,9$
Айдағыштың айналдыру қуаты, кВт

$$N_a = \frac{G_{ж} \cdot p_a}{\eta_m} \cdot 10^3, \quad [0,005 - 0,01]N_g$$

η_m — сұйық айдағыштың механикалық ПӘК, $\eta_m = 0,7 - 0,9$;
 p_a – сұйық айдағыштың қысымы, $p_a = 0,10 - 0,15$ МПа.

9.2 Сұйық салқындатқыш радиатор

Жылу алмастыру құралы болып табылатын радиатордың негізгі өлшемдері – салқындату беті, 1 с ішінде радиатор арқылы өтетін сұйықтың және салқындатқыш ауаның массасы.

Радиатордың тиімді салқындату беті, м²

$$F = \frac{Q_{сал}}{K \cdot (T_c - T_a)}$$

K – радиатордың жылу шығару коэффициенті, $K = 100 - 160$ Вт/(м²·К);

T_c – радиатордағы сұйықтың орташа температурасы, $T_c = 358 - 365$ К;

T_a – радиатор арқылы өтетін ауаның орташа температурасы, $T_a = 323 - 328$ К.

Радиатордан өтетін сұйық мөлшері, кг/с

$$G_c = G_{айн} \cdot \rho_c$$

$G_{айн}$, ρ_c – айналымдағы сұйықтың мөлшері мен тығыздығы.

Радиатор арқылы өтетін ауа мөлшері, кг/с

$$G_{pa} = \frac{Q_{сал}}{c_a \cdot \Delta T_a}$$

c_a – ауаның жылу сыйымдылығы, $c_a = 1000$ Дж/(кг·К);

ΔT_a – радиатордан өткенде ауа температурасының ұлғаюы, $\Delta T_a = 20 - 30$ К.

Әдебиеттер

- 1 Автокаталог. Модели 1999 г. – М. : За рулём, 1998. – 384 с.
- 2 Володин А. И. Локомотивные двигатели внутреннего сгорания. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1990. – 256 с.
- 3 Двигатели внутреннего сгорания : учебник в 3 кн. / под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высшая школа, 1995. – 1478 с.
- 4 Ордабаев Е. К. Автомобиль моторының теориясы : оқулық. – Астана : Арман-ПВ, 2009. – 126 б. – (Сер. «Кәсіптік білім»)
- 5 Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов – М. : Высшая школа, 2002. – 496 с.
- 6 Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / под ред. В. М. Школьников. – М. : Изд. центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
- 7 Энергетические установки подвижного состава : учебник / В. А. Кручек, В. В. Грачёв, В. В. Крицкий. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 352 с.

КЖ 050713. 23-03. 38. 11

Лект. прүймөн.

Спранб. №

Лект. п. дата

Лект. №

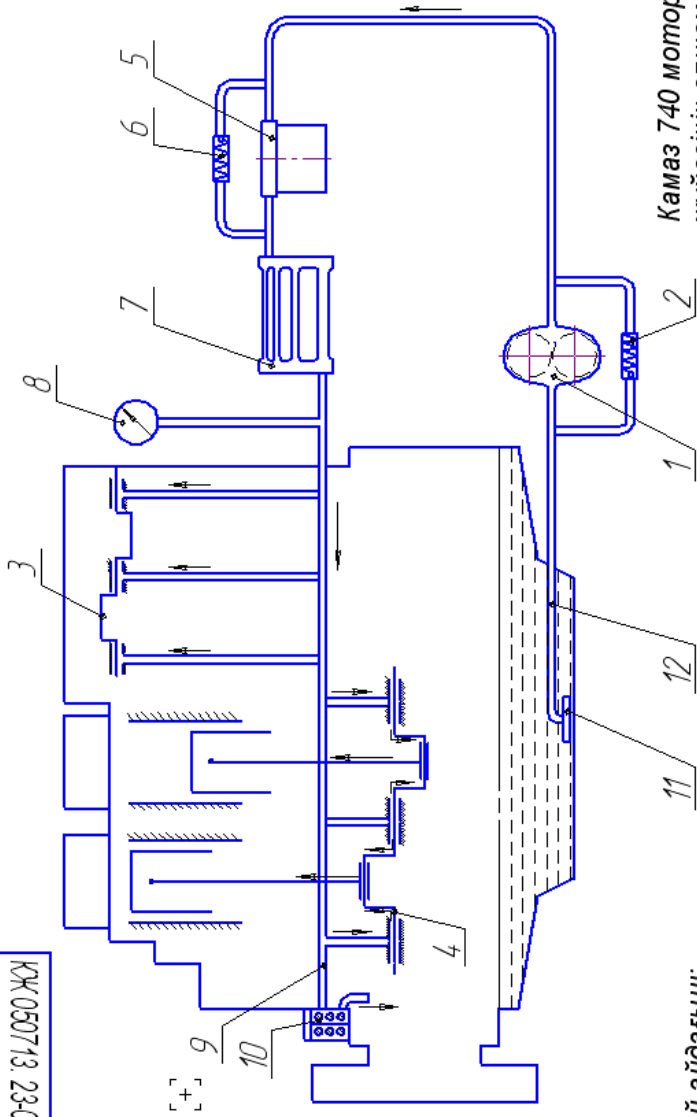
Лект. №

Лект. №

Лект. №

Лект. №

Лект. №



Камаз 740 моторының майлау жүйесінің өлшемдері

Айналымдағы май мөлшері $V_{\text{айн}}$, м ³ /с	0.004
Май айдағыш қуаты N_a , кВт	12
Радиатордың тиімді салқындату беті F_p , м ²	14,5

- 1 - май айдағыш;
- 2,6 - сақтағыш қақпақшалар;
- 3 - газ таратқыш білік;
- 4 - инді білік;
- 5 - сүзгіш;
- 7 - май салқындатқыш;
- 8 - манометр;
- 9 - басты май магистралі;
- 10 - редукциялық қақпақша;
- 11 - майсорғыш;
- 12 - май өткізгіш түтік

КЖ 050713. 23-03. 38. 11		Лект.	Масса	Масштаб
Майлау жүйесінің сұлбасы		У		
		Лект.	Лект.	Лект.
		ТМУ		
		КТ(301)-301		
		Фермат А.Д		

КЖ 050713.23-03.41.11

Көз. түзетін.

Сарап. №

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

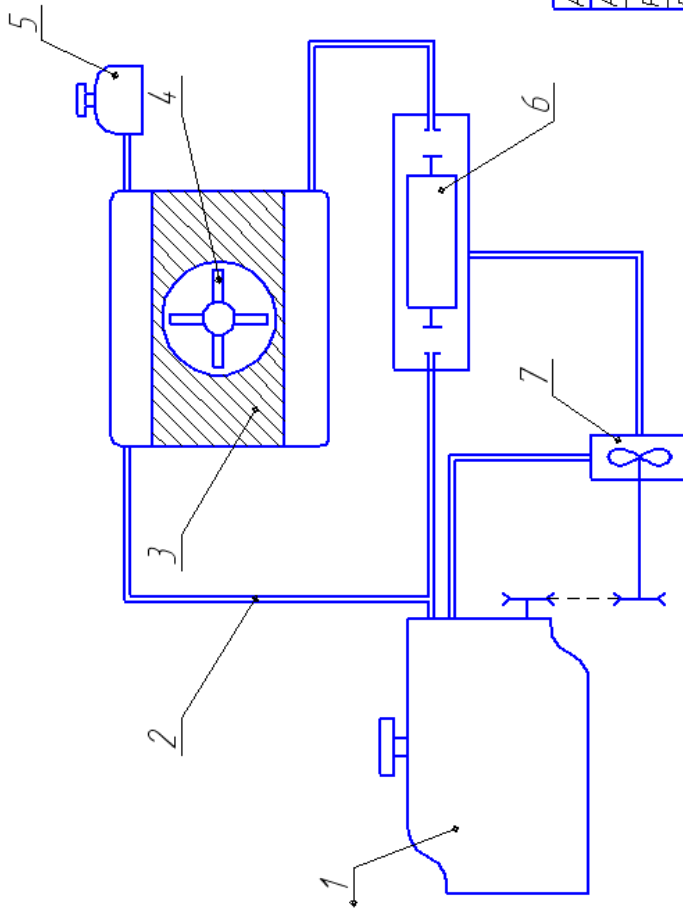
Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.

Көз. түзетін.



- 1 - мотор
- 2 - құбырлар
- 3 - радиатор
- 4 - желдеткіш
- 5 - ұлғаю құтысы
- 6 - термостат
- 7 - айдағыш сорал

Lexus GS 300 моторының салқындату жүйесінің өлшемдері

Айналымдағы сұйық мөлшері G айн, m^3/c	0,004
Айдағыштың айналыру қуаты N_a , кВт	0,7
Радиатордың тиімді салқындату беті F , m^2	25,98
Радиатордан өтетін сұйық мөлшері G_c , kg/c	0,17
Радиатор арқылы өтетін ауа мөлшері $G_{ра}$, kg/c	0,529

КЖ 050713.23-03.41.11		Лист	Магста	Машинад
Салқындату жүйесінің сұлбасы		У		
Көз. түзетін	М.Р. Әбдішев	Лист	Лист	Лист
Қарап	Бүтін			
Тексеру	Ордабаев Е.С.			
Масштаб	Көпмәліметті			
Масштаб	КТ (в.в.ш.)-301			
	Формат А3			

Мазмұны

	Кіріспе.....	3
1	Моторды жобалаудың негізгі қағидалары мен қойылатын талаптар.....	7
1.1	Негізгі қағидалар.....	7
1.2	Құрылымдық талаптар.....	8
2	Курстық жоба бойынша жалпы нұсқаулар.....	10
2.1	Курстық жобалау тапсырмасы.....	10
2.2	Курстық жобаның көлемі, құрамы және жасалуы.....	14
3	Бензин моторының жұмыс циклін есептеу.....	16
3.1	Жұмыстық заттың өлшемдері.....	16
3.2	Толтыру процесі.....	17
3.3	Сығымдау процесі.....	18
3.4	Жану процесі.....	19
3.5	Ұлғаю процесі.....	20
3.6	Циклдің индикаторлық көрсеткіштері.....	21
3.7	Мотордың тиімділік көрсеткіштері.....	21
4	Дизельдің жұмыс циклін есептеу.....	22
4.1	Жұмыстық заттың өлшемдері.....	22
4.2	Толтыру процесі.....	23
4.3	Сығымдау процесі.....	24
4.4	Жану процесі.....	24
4.5	Ұлғаю процесі.....	26
4.6	Циклдің индикаторлық көрсеткіштері.....	26
4.7	Мотордың тиімділік көрсеткіштері.....	27
5	Мотордың жылу балансы.....	29
5.1	Жалпы мәлімет.....	29
5.2	Жылу балансын есептеу.....	30
6	Индикаторлық диаграмманы құру.....	33
6.1	Жалпы мәлімет.....	33
6.2	Бензин моторы.....	36
6.3	Дизель.....	37
6.4	Индикаторлық диаграмманы салу әдістемесі.....	38
7	Мотордың сыртқы жылдамдық сипаттамасын құру және талдау.....	39
7.1	Жалпы мәлімет.....	39
7.2	Сыртқы жылдамдық сипаттаманы компьютерде есептеу тәртібі.....	40
7.3	Сыртқы жылдамдық сипаттамасын талдау.....	42
8	Майлау жүйесін есептеу.....	44
8.1	Негізгі өлшемдер.....	44
8.2	Май суытқыш радиатор.....	45

9	Салқындату жүйесін есептеу.....	45
9.1	Салқындату жүйесінің негізгі өлшемдері.....	45
9.2	Сұйық салқындатқыш радиатор.....	46
	Әдебиеттер.....	48

А қосымша