

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы  
Қазақ ұлттық техникалық университеті

Қ.К. Елемесов, Е.Ө. Қилыбаев, Ұ.Қ. Кәкімов

## **МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫН МАЙЛАУ**

5В072400 – Технологиялық машиналар мен жабдықтар

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі  
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2013

ЖОК 669.0 (075.8)

ББК 34.5 я 73

- Е 45** Елемесов Қ.К., Қилыбаев Е.Ө., Кәкімов Ұ.Қ. *Металлургия машиналарын майлау: Оқу құралы.* – Алматы: ҚазҰТУ, 2013. –169 бет.  
Сурет – 43. Кесте – 3. Библиогр. – 21 атау.  
ISBN 978–601–228–488–1

*Оқу құралында технологиялық жабдықтарды майлау негіздері, үйкеліс тораптарында пайда болатын үйкеліс түрлері, осыған байланысты машина бөлшектерінде пайда болатын ақаулар және олармен күресу жолдары, жағармай материалдарының түрлері, оларды белгілі жабдықтарға таңдау ерекшеліктері келтірілген. Сонымен қатар, механикалық жабдықтар мен агрегаттарда қолданылатын майлау жүйелері, олардың ерекшеліктері, пайдаланылған жағармайды өңдеу, тазарту, қалпына келтіру, лас заттармен күресуге арналған көмекші жабдықтар, жағармайды сақтау және өндірісте жағармай шаруашылығын ұйымдастыру, майлау жүйелерін пайдалану және жөндеу жұмыстарын ұйымдастыру, жағармайдың сапасын бақылауға арналған аспаптар келтірілген. Соңында металлургия саласында қолданылатын ірі жабдықтардың бөлшектерін майлау жүйелері берілген.*

*Оқу құралында майлау процесінде қолданылатын материалдар мен жабдықтарды таңдаудың әдістемесі жеткілікті дәрежеде қарастырылған, студенттерге және болашақ инженер-техник мамандарға пайдалы деп есептейміз.*

ЖОК 669.0 (075.8)

ББК 34.5 я 73

Пікір жазғандар:

*Айтенов К.Д.,* Тау-кен институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары, техн. ғыл. канд., доцент, ҚазҰТУ;

*Юсупов Х.А.,* «Кен-металлургия кешені» АҚ басқарма төрағасының орынбасары, техн. ғыл. док., профессор;

*Ескулов С.С.,* Қазақстан Ядролық университеті директорының оқу-әдістемелік жұмыстары жөніндегі орынбасары, техн. ғыл. канд., доцент.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2013 жылғы басылым жоспары бойынша басылды.

ISBN 978–601–228–488–1

© Елемесов Қ.К.,  
Қилыбаев Е.Ө.,  
Кәкімов Ұ.Қ., 2013  
© ҚазҰТУ, 2013.

## КІРІСПЕ

Елбасы Н.Ә. Назарбаев әлемдегі бәсекеге барынша қабілетті 50 елдің қатарына кіру стратегиясының бірінші басымдығы: «Халықаралық маңыздағы «серпілістік» жобаларды іске асыру, индустрияны дамыту, әлемдік нарықтың белгілі бір тауашаларында бәсекеге қабілетті бола алатын тауарлар мен қызметтерді өндіруге байланысты қазіргі заманғы талаптарға сай өндірістерді іске қосу – Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының алғышарты болып табылады» –, деп атап көрсетті. Сондықтан, еліміздің ірі кәсіпорындары, зауыттар мен кен байыту фабрикаларындағы технологиялық жабдықтардың жұмыс қабілетін арттыру және жетілдіру негізгі мәселелердің бірі болып табылады.

Металлургия саласындағы технологиялық жабдықтардың механикалық бөлігінің массасы (механикалық жабдықтар) 2Мт дейін жетеді, ал олардың саны 100 мыңнан асады.

Металлургия өндірісіндегі ғылыми-техникалық дамудың негізгі бағыттарының бірі – қолданыстағы жабдықтарды жетілдіру немесе барлық жабдықтарды жаңарту болып табылады. Бірақ осы шаралардың негізгісі болып, жабдықтарға механикалық қызмет көрсету жатады.

Механикалық жабдықтардың техникалық деңгейі мен жағдайына өндірістің нәтижелілігі тікелей тәуелді болып келеді. Сондықтан, жабдықтардың сенімділігін металлургия кәсіпорындарын жобалау және машиналар мен агрегаттарды құрылымдауда алдын-ала анықтай отырып, өндіру мен қондыру, пайдалану мен жөндеу және техникалық қызмет көрсетуде қамтамасыз етіледі және жаңғырту арқылы жетілдіріліп отырады. Жабдықтардың сенімділігін арттырумен – *теротехнология, трибоника және химмотология* ғылымдары айналысады.

*Трибология (трибоника)* (грек тілінде «tribos» – үйкеліс, ағыл. – «tribology») – үйкеліс, тозу, майлау және өзара ауысу кезінде бір-бірімен жанасатын беттердің қатынасы туралы ғылым. Шетелдерде «трибология» термині қабылданды, ал ТМД елдерінде – үйкеліс, тозу және майлау ғылымдарын белгілеу үшін «трибоника» термині қолданылады. Инженерлік тәжірибеде үйкеліс және тозу теорияларының қосымшасы ретінде қарастырылатын «триботехника» термині қабылданған.

Әрбір машинаның тұрақты жұмыс жасау режимінде қозғаушы күштің жұмысы мен пайдалы және зиянды кедергілер күштерінің жұмысы арасында мынадай тепе-теңдік бар:

$$A_{\kappa,\kappa} = A_{n,\kappa} + A_{z,\kappa}, \quad (1)$$

мұндағы  $A_{\kappa,\kappa}$  – қозғаушы күштердің жұмысы (электр тогының күші, сұйықтық немесе газ, будың қысым күші);  $A_{n,\kappa}$  – пайдалы кедергілер күштерінің жұмысы (яғни, осы кедергілерді өту үшін жасалған машиналар);  $A_{z,\kappa}$  – зиянды кедергі күштердің жұмысы, негізінде үйкеліс күштері.

Машинаның үнемділігін пайдалы әсер коэффициенті  $\eta$  арқылы анықтайды:

$$\eta = A_{n,\kappa} / A_{\kappa,\kappa}. \quad (2)$$

(1)-ден  $A_{n,\kappa} = A_{\kappa,\kappa} - A_{z,\kappa}$  шамасын (2)-ге қойғанда  $\eta = (A_{\kappa,\kappa} - A_{z,\kappa}) / A_{\kappa,\kappa} = 1 - (A_{z,\kappa} / A_{\kappa,\kappa})$  болады.

Неғұрлым  $\eta$  көп болса, соғұрлым машина жұмысы үнемді болады. Зиянды кедергі күштердің жұмысын толықтай шегеріп тастауға болмайды, яғни мәңгі қозғалтқышты жасау мүмкін емес, сол себептен үйкелісті толық жоюға болмайды. Оның маңызы – денелер беттерінің материалды табиғатында. Бірақ зиянды кедергі күштерін (үйкеліс) максималды төмендетуге және п.э.к. жоғарылатуға ұмтылу керек.

Металлургия кәсіпорындары машиналарының П.Э.К. 0,7 – 0,75 аралығында болады. Егер кеңжолакты 2000 илемдеу орнағының жетек қуаты 200 МВт құрайтынын ескерсек, онда осыдан трибониканың рөлі мен маңызы артады. Үйкеліс

зандарын білмей оны басқару мүмкін емес. Үйкеліске энергия пайдасыз шығындалады, оның салдарынан машиналардың бөлшектері тозады. Оларды қалпына келтіруге көп қаражат шығындалады.

*Үйкеліс пен тозу* – материалдарға тән қасиет емес, олар инженерлік жүйенің сипаттамасы, олар реттелмелі.

Сыртқы үйкеліс пен тозудың жалпы түсініктері, түрлері мен сипаттамалары, үйкеліс пен тозу кезіндегі құбылыстар мен процестерді МЕСТ 27674–88 «Үйкеліс, тозу және майлау. Терминдер және анықтамалар» бойынша анықтайды.

*Тозу* деп қатты дененің бетінен материалдың бүліну мен бөліну процесін және (немесе) дене өлшемдері мен (немесе) формаларының біртіндеп өзгергенде үйкеліс кезінде оның қалдық деформацияны жинауын айтады. *Тозу* – белгіленген бірліктерде анықталатын тоздырылу нәтижесі. Тозу шамасы ұзындық, көлем, масса, т.б. бірліктерде белгіленуі мүмкін. *Тозу төзімділігі* – белгілі бір үйкеліс жағдайларында материалдың тоздырылуға қарсылық қасиеті. Ол тоздырылу жылдамдығының немесе тоздырылу қарқындылығының кері шамасымен бағаланады.

*Жағар материалдар* – үйкеліс күштері және (немесе) тоздырылу белсенділігін азайту үшін үйкеліс бетіне енгізілетін материалдар. Жағар материалдар: сұйық, пластикалық, қатты және газтәріздес, қоспасы бар материалдарға бөлінеді. *Гидродинамикалық (газдыдинамикалық) майлау* – сұйықтықты (газды) майлау, мұнда үйкелу беттерінің толықтай бөлінуі, беттердің салыстырмалы қозғалысы кезінде сұйықтық (газ) қабатында өздігінен пайда болатын қысым арқылы жүзеге асады. *Гидростатикалық (газдыстатикалық) майлау* – сұйықтықты (газды) майлау, мұнда салыстырмалы қозғалыс пен тыныштық күйде болатын бөлшектердің үйкелу беттерінің бөлінуі, беттердің арасындағы саңылауларға сыртқы қысым арқылы сұйықтықтың (газдың) келуі арқылы жүзеге асады. Жартылай сұйықтықты майлау – жарым-жартылай жүзеге асырылатын сұйықтықты майлау.

## **1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ТОЗУ ЖАҒДАЙЛАРЫ**

### **1.1. Металлургия жабдықтарының жұмыс істеу жағдайлары**

Көптеген металлургиялық машиналар ауыр жүктелу, соққылар, діріл, жиі өшірілу, реверс жағдайында жұмыс істейді. Жоғары статикалық жүктемелер бөлшектердің сынуына, ал циклді күштер бөлшектердің қажу бұзылысына әкеліп соқтырады, яғни металлургиялық машиналардың тораптары мен бөлшектеріне физика, химия, механикалық әсерлердің деңгейі өте жоғары болады. Сондықтан, оларды ауыстыруға көп шығын кетеді. Дүниежүзі бойынша балқытылған болаттың 5 %-ы бөлшектер мен ауыстырылатын жабдықтарды жасауға кетеді. Осы салада істейтін барлық қызметкерлердің 30 %-ы жөндеу жұмыстарымен айналысады.

Металлургиялық жабдықтарды пайдалану кезінде физикалық тозудың әртүрлі түрлері кездеседі: пластикалық деформациялар және сынықтар, эрозиялық-кавитациялық, коррозиялық, коррозиялық-механикалық және механикалық зақымдар.

*Сынық* – материал сапасының төмендігі, жабдықты жасау кезіндегі ақаулар, жабдықты пайдалану ережелерін бұзу, кездейсоқ механикалық зақымдар, т.б. нәтижесінде бөлшектің қирауы. Бөлшектердің қирау сипатына байланысты сынықтар: статикалық және қажулық болып екіге бөлінеді. Статикалық сынықтар қысқа мерзім ішінде шектен тыс жүктемелердің әсерінен болады (мысалы, салқын металды илемдеу нәтижесінде илемдеуші пішімбіліктің сынуы). Материалдың бастапқы құрылымына және жүктелу жылдамдығына байланысты сынықтар морт және тұтқырлы болуы мүмкін.

Қажулық сынық циклді жүктемелердің әсерінен пайда болады. Сыртқы көрінісі әртүрлі болуы мүмкін, бірақ олардың бәрі кішкентай жарықшақтан басталады, үлкейе келе бөлшектің істен шығуына (сынуына) әкеліп соқтырады.

*Коррозиялық зақымдар* – бөлшектің қоршаған ортамен химиялық немесе электрхимиялық әсерлесуі нәтижесінде қирау үрдісі. Электрлі-нейтралды ортада бөлшектің материалы мен қоршаған ортаның активті компоненттерінің (оттегі, күкіртті газ) өзара әсерлесуі (реакция) нәтижесінде, химиялық текті зақымдар пайда болады. Реакция нәтижесінде, тотықтардың тұрақсыз қабыршақтары пайда болады және олардың эксплуатациялық жағдайлардан бұзылуы, бөлшектердің геометриялық өлшемдерінің өзгеруіне әкеліп соқтырады.

*Электрхимиялық коррозия* бөлшектің бетінде электрон потенциалдары әртүрлі аймақтар пайда болған кезде орын алады. Мысалы, металл дәнінің ортасы және жиегі, таза металл және тотық, металлға күш түскен және түспеген аймақтары. Анодтық аймақтарда электрондық потенциал ылғи жоғары болады, олар тозуға ұшырайды.

*Коррозия* – қоршаған ортаның сипатына байланысты *электролиттегі* коррозия, *атмосфералық* және *газдық коррозияны* ажыратады. Атмосфералық коррозия қалыпты қысым жағдайында және температура 80 °C аспаған кезде орын алады. Metallургиялық цехтардың атмосферасында ылғал, әртүрлі тұздар, сілтілер мен қышқылдар бар, ал олардың судағы ерітіндісі электролит болып табылады. Олардың бөлшектердің беттеріне отыруы, микрогальваникалық элементтердің пайда болуына әкеледі. Алғашқы кезеңде бөлшектердің тозуы нүкте түрінде, әрі қарай жаппай түрде болады. Газды коррозия дамитын орталар – газдар, булар, ыстық ауа. Бөлшектер беттерінің газдармен әсерлесуі нәтижесінде, металлургиялық жабдықтардың көптеген түрлері тозудың осы түріне ұшырайды (мысалы, домна пешінің ауа қыздырғышының арматурасы).

*Эрозиялық-кавитациялық зақымдар* бөлшектер үлкен жылдамдықты сұйық немесе газ ағынымен түйісуі нәтижесінде орын алады. Беттердің тозу механизмі тотық қабыршақтарының үздіксіз пайда болуы және беттеп үзілуінде деп есептеледі. Ағында қатты бөлшектер болған жағдайда тозу жылдамдығы өседі.

*Коррозиялық-механикалық зақымдар* – коррозиялық және механикалық факторлардың қабаттасқан әсері нәтижесінде болады. Коррозиялық қажу – коррозияның және циклді кернеулердің қабаттасқан (бірлескен) әсері нәтижесінде бөлшектердің қарқынды бұзылу үрдісі.

*Коррозиялық жарылу* – статикалық кернеулер мен коррозияның нәтижесінде орын алады.

*Фреттинг-коррозия* керіліп қондырылған бөлшектердің арасында бір-біріне қатысты кішкене қозғалыс пайда болған кезде болады. Түйіскен беттердің арасында тотықтардың қорғаушы қабыршақтары периодты түрде пайда болады және бұзылады.

## **1.2. Металлургиялық жабдықтардың қирау және тозу түрлері**

Трибоникамен зерттелетін тоздырылу түрлерінің ең бірінші себебі ретінде, үйкеліс заңдарын көптеген ғалымдар – Леонардо да Винчиден (1452–1519) бастап, қазіргі күнге дейін қарастырды. Қазіргі таңда да Амонтон (1699) және Ш. Кулонның (1785) классикалық үйкеліс заңдылықтары қолданылады.

1940 ж. С.Ф. Чукмасов әрбір үйкеліс жүйесін өзара қарым-қатынаста және үздіксіз өзгеруде үш біртұтас бүтін (екі қатты бет және аралық орта) ретінде қарастыруды ұсынды. Осы ұсыныс негіз болып қабылданды: әрбір үйкеліс торабын үйкелістің триадасы деп түсінуге болады. Аралық орта тек тоздырылу өнімдерінен (майлау материалы жоқ үйкеліс кезінде), немесе тоздырылу өнімдері бар майлау материалынан (майлау материалы бар үйкеліс кезінде) тұрады. С.Ф. Чукмасов майлау материалының анықтамасын ұсынды. Ол үйкелісетін дене беттерінің арасына жасанды енгізіледі. Оның мақсаты – бір-біріне тікелей әсер етуден үйкелісетін беттерді бөлу, тоздырылу өнімдерін сіндіру және оны үйкеліс ошағынан тыс шығару, үйкелісетін беттердің сырғанауға қарсылығын максималды төмендету болып табылады.

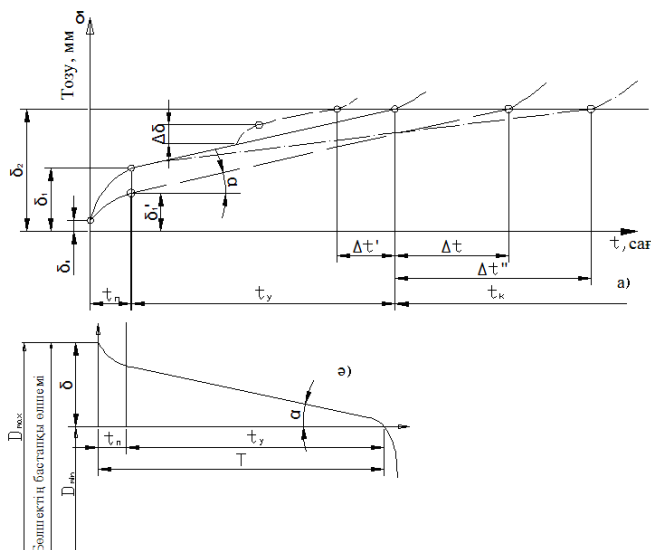
1952 ж. И.В. Крагельский қажулық тоздырылу негізінде *молекулярлы-механикалық теорияны* жасады. Осы теорияны

адгезиялы-деформациялық деп те атайды. Ол қатты денелердің фрикциялы түйіспелі өзара қатынасының қазіргі үлгісі болып табылады. Осы теорияның негізінде қажак (абразив), тығындар, т.б. болған кездегі кейбір машиналар мен механизмдер элементтерінің, тісті берілістердің тозуға инженерлік есептеу әдістері жасалды.

Академик Я.М. Колотыркин бастаған бір топ ғалымдар жеке бейтарап (пассивтік) жағдайда, анодты электрмеханикалық өңдеу нәтижесінде, механикалық өңдеуден кейін қалған кондиционды емес беттік қабаттың жойылатыны, және зақымы жоқ реттелген құрылымы бар жаңа қабат қалыптасатынын анықтады. Мұнда металдың микробөктері тезірек еріп кетеді, өткір бөктері доғал болады және микрорельефі белгілі таза механикалық өңдеу әдістерінде мүмкін болмайтын толқын тәріздес түрге ие болады. Сондықтан, анодты өңделген болаттың үйкеліс коэффициенті, беттің кедір-бұдырлық класы бірдей болған механикалық өңделген болатқа қарағанда 2,5–3 есе төмен болады. Анодты электрмеханикалық өңдеумен алынатын қабат қалыңдығы бар жоғы 20–30 мкм құрайды. Бұл әдіс машинажасау саласына енгізіліп жатыр. Тозу қисығы 1а-суретте бірқалыпты ұлғаятын функция түрінде көрсетілген. Тоздырылу кезеңі үш кезеңмен сипатталады: жаңадан жұмыс жасау  $t_n$ , қалыпты (немесе нормалды) тозылдыру  $t_y$  және прогрессивті тоздырылу немесе апатты тозу  $t_k$ . Осы кезеңдердің әрбіреуі үйкеліс триадасының сапалы қалпын айқындайды. Бір сападан басқа сапаға өту, қарапайым зақымдардың сандық жинақталуымен анықталады.

Жаңадан жұмыс жасау кезеңінде бөлшек беттерінің микро кедір-бұдырлығы арқасында жартылай сұйық майлау кезінде үйкеліс басталады. Мұнда едәуір жылу бөліну қатар жүреді. Дәл сол кезеңде үйкеліс процесі құбылыстарының беттесуі қарқынды жүреді: серпінді және пластикалық деформациялар, микрокесу, адгезия, үйкелетін беттердің құрылымдық өзгеруі. Сонымен, осы кезеңде үйкелетін беттердің тек сандық қана емес, сонымен қатар сапалық өзгерулері жүреді. Бірақ, үйкеліс беттерінің микро кедір-бұдырлығының өзгеру жылдамдығы,

сонымен бірге тоздырылу жылдамдығы ( $\operatorname{tg} \alpha = \Delta \delta / \Delta t$ , мұнда  $\alpha$  – тозу бұрышы) біртіндеп төмендейді, және екінші кезең басталады. Оның тоздырылу жылдамдығы тұрақты болып қалады.



1-сурет. Тоздырылу қисықтары

*а – жалпылама сипаттамасы, б – С.Ф. Чукмасов бойынша*

Шекті тозуға (шекті мүмкін саңылаудың  $\delta_2$  берілген шамасына) жеткеннен кейін жаңа факторлар әрекетін бастайды: динамикалық жүктемелер, діріл, майлау режимінің бұзылуы, апатты тозудың өсуі. Егер бұл жағдайда бөлшектерді ауыстырмаса, апатқа ұшыратады. Сол себептен С.Ф. Чукмасов, апатты тоздырылудың мүмкін еместігіне сүйеніп, оны қарастырудың қажеті жоқ деп тауып, графикте тек екі кезеңді ( $t_n$  және  $t_y$ ) қалдырып, апатты тозудың басын күрт түсетін үзік сызықпен көрсетті.

Тоздырылу қисығын қарастырған кезде, номиналды (бастапқы) саңылаудың  $\delta_n$  және шекті мүмкін саңылаудың  $\delta_2$  берілген шамасының тұрақты тоздырылу кезеңі ұлғаюының мүмкіндігі көрінеді. Жаңадан жұмыс жасау кезеңінде, саңылауды азайту арқасында  $\delta_1$ -ден  $\delta'_1$ -ге дейін  $t_y$ -ті  $\Delta t$ -ға, тоздырылу жылдамдығын төмендету арқасында ( $t_g$  төмендеуі) –  $\Delta t$ -ға дейін өсіруге болады. Егер жанасуды  $t_y$  кезеңінде сұрыптаса, онда осыдан кейін екінші қайта жұмыс жасау және  $\Delta\delta$ -ға саңылаудың ұлғаюы басталады, ал  $t_y$  –  $\Delta t$ -ға төмендейді. Егер жанасқан бөлшектер біркелкі берік болмаса, жанасудың аралық жөндеу қорын ұлғайтуды, тез тоздырылатын бөлшектермен тез және қарапайым аралық алмастырумен жасауға болады. Оның қызмет мерзімі аса тозуға төзімді бөлшектердің еселі қызмет мерзіміне тең болуы керек.

Жалпы түрде тозу қисығының теңдігі  $f(\delta) = d\delta/dt$ . Қарапайым сызықты тәуелділік түрі:  $d\delta/dt = A+B\delta$ , мұнда  $A$  және  $B$  – коэффициенттер. Жаңадан жұмыс жасау кезеңі үшін  $B$  коэффициенті, теріс шамаға ие болады. Қалыпты тоздырылу кезеңі үшін  $B$  коэффициенті, әдетте нөлге тең немесе нөлден шамалы үлкен. Апатты тоздырылу кезеңінде  $B$  коэффициенті оң шамаға ие болады, қалыпты тоздырылу кезеңі үшін оның шамасы күрт асып кетеді. Барлық айтылған мәселелерден келесі қорытынды жасауға болады: механиктердің негізгі мақсаты – тозу бұрышын азайту.

### 1.3. Тозудың механикалық түрлері

Механикалық тозу деп – бөлшектер беттерінің өзара салыстырмалы қоғалысы кезінде біртіндеп бұзылу үрдісін (М.М. Хрущев, И.В. Карагельский, Б.И. Костецкий және т.б.) айтады.

Бөлшектердің түйісуші беттері өзіндік микрорельеф, толқындықпен сипатталады. Олар үйкеліс торабының бастапқы жұмыс кезінде іс жүзіндегі түйісу ауданын, меншікті кернеулер деңгейін және жұмысқа бейімделу уақытын анықтайды. Пайдалану кезінде жұмысшы кернеулер мен деформациялар

әсерінен жұмысшы бедер (рельеф) пайда болады, олар ойықтар мен шоқылардан тұрады. Олардың өлшемдері бөлшектер материалдарының ішкі құрылысына және пластикалық деформация үрдістеріне тәуелді. Салыстырмалы қозғалыс кезінде түйіскен беттердің сыртқы қабаттарында серпімді-пластикалық деформациялар пайда болады.

Олар өз кезегінде қайтарма үрдістердің (физика, химия, механикалық) пайда болуына әкеліп соғады.

Профессор Б.И. Костецкий механикалық тозудың бес түрін анықтады: I және II текті жабысынды тозу, тотықтырғыш тозу, шешек тәріздес және абразивті тозу.

*I – текті жабысынды тозу* сырғанау үйкелісі жағдайында кездеседі. Оның пайда болу шарттарымен жылдамдықты салыстырмалы қозғалыс (болаттан жасалған бөлшектерден тұратын үйкеліс торабында 1 м/с дейін), іс жүзіндегі түйісу беттерінде аққыштық шегінен жоғары меншікті кернеулер ( $\sigma_{\phi} > \sigma_r$ ), жағар майдың немесе тотықтың қызу температура-сының төмендігі ( $<100^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ ) болып табылады.

*Тозу механизмі.* Меншікті қысымдар аққыштық шегінен жоғары болғандықтан, жұмысшы бедерлердің (рельефтің) өзара әсері нәтижесінде, қарқынды пластикалық деформациялар орын алады. Оның нәтижесінде тотық қабыршақтары жойылып, химиялық таза металл беттері ашылады. Оған қоса пластикалық деформациялар бөлшектердің барынша жақындауына және олардың сыртқы қабаттарында шекті деформацияланған кристалдардан тұратын текстуралар пайда болуына әкеледі. Деформацияланған кристалдар салыстырмалы қозғалыстың бағытына сәйкес орналасады. Егер беттердің арақашықтығы атомдық тордың өлшемдерімен шамалас, яғни өте жақын болғанда, екі бөлшектің бағытталған кристалдарының арасында металл-байланыс (жабысынды) пайда болады. Бөлшектердің одан әрі салыстырмалы орын ауыстыруы металл-байланыс пайда болған жерлердің бекуіне әкеледі. Қаттылық пен морттықтың шекті мәндерінде байланыстар бұзылады. Беріктігі төмен металл бетінен материал жұлынады, ал беріктігі жоғары бөлшектің бетіне металл бөлшектері жабысады. Қаттылығы

жоғары жабысқан бөлшектер, жергілікті пластикалық деформациялардың қайтып дамуына және үйкеліс беттерінің микрокесілуіне әкеледі. *I – текті жабысынды тозу* жағдайында жұмыс істейтін бөлшектердің сыртқы көрінісін қалай болса, солай орналасқан жұлымдар мен жабысындар құрайды  $v_{\text{тозу}} = 10 \div 15$  мкм/сағ.

Жол беруге болмайтын тозу түрлері.

Егер  $\sigma_{\text{уд}} < \sigma_{\text{т}}$  болса, пластикалық деформациялардың қарқындылығы күрт төмендейді, үйкеліс беттерінде тотықтардың берік қабыршықтары пайда болады, *I – текті жабысынды тозу* тотықтандырғыш тозуға ауысады.

*Тотықтандырғыш тозу* тербелмелі және сырғанау үйкелісі жағдайларында бөлшектердің салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы 1,5-7 м/с (майлаусыз) болғанда орын алады. Шекаралық майлау жағдайында жылдамдық диапазоны 20 м/с дейін кеңейеді. Беттердің тозу механизмі бөлшектер материалының қоршаған орта оттегісінің күрделі әсерлерімен анықталады: химиялық реакциялардың есебімен металдарды оттегімен қанықтыру (хемосорбция), оттегінің бөлшектердің сыртқы қабаттарына енуі (диффузия) және сырқы қабаттарда оттегінің енуі (адсорбция). Бұл үрдістер, әдетте қаттылығы және аққыштық шегі жоғары материалдардан жасалған бөлшектерге тән. Аталған үрдістердің сипаты мен қарқындылығына сәйкес негізгі металл қабаттарда тотық қабыршықтарына, қатты ерітінділерге және металл мен оттегі түрлі химиялық қосылыстарына айналуы мүмкін  $v_{\text{т}} = 0,1 \div 0,5$  мкм/сағ, мүмкіндігінше.

*II – текті жабысынды тозудың* пайда болу шарттары – үйкеліс, жоғары меншікті қысымдар және салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы  $v_{\text{с}} > 4$  м/с. Бұл жағдайлар үйкеліске энергияның үлкен шығынына, бөлшектердің сыртқы қабаттарында температураның жоғарғы градиентіне және тез өсуіне ( $< 600^{\circ}\text{C}$ ) әкеледі. Тозу механизмі сыртқы механикалық әсерлердің мөлшеріне және материалдардың қасиеттеріне байланысты.

*II – текті жабысынды тозудың* үш сатысын ажыратады:

*I-саты* – материалдардың механикалық қасиеттері аз өзгертін температура аралығына (болаттар үшін  $< 600^{\circ}\text{C}$ )

сәйкес келеді. Температура өскен кезде болаттың механикалық қасиеттері төмендейді де, бір мезгілде меншікті қысымдар аққыштық шегінен асып түсуі мүмкін. Бұл сәтте жұмысшы беделдердің өзара әсері қарқынды пластикалық деформацияларға әкеледі, тотық қабаттары бұзылып металл-байланыстар пайда болады. Тозу механизмінің жүрісі I – текті жабысынды тозуға ұқсас, бірақ олардың сыртқы көріністерінде елеулі айырмашылықтар бар. Беріктігі төмен бөлшектің бетіндегі жұлымдар қалай болса, солай емес, шамамен біркелкі арақашықтықта орналасады.

2-саты – 600 – 1400 °C температура аралығында жүреді. Мұндай температура аралығында металл жұмсарады, оның механикалық қасиеттері едәуір төмендейді. Қаттылығы жоғары түйісу бетінде металдық жабысындылар мен жағындылар байқалады.

3-саты – балку температурасына сәйкес келеді. Металдың балқыған қабаттары жағар маймен келіп, үйкеліс беттерінде балқыған жолақтар пайда болады  $v_T = 1 \div 5$  мкм/сғ.

#### 1.4. Майлаудың гидродинамикалық теориясы

Майлаудың гидродинамикалық теориясын Н.П. Петров (1837–1920) жасаған болатын және қазіргі трибониканың маңызды бөлімі болып табылады [1, 14–17]. Осы теория сұйықтық қабаттарының арасындағы ішкі үйкеліс заңдарына негізделген. Қарапайым түрі майлы қабатта ламинарлы (сорғалау) ағу болып табылады. Ламинарлықтың шарты  $Re = v\eta/\eta < 2320$  ( $Re$  – Рейнольдс саны). Ол сұйықтықтардың ішкі үйкелісі үшін Ньютон теңдігімен сипатталуы мүмкін:

$$F_m = \eta S (dv/dx), \quad (3)$$

мұнда  $F_m$  – ішкі үйкеліс күші;  $\eta$  – сұйықтықтың (майдың) динамикалық тұтқырлығы;  $S$  – үйкелетін беттердің ауданы;  $v$  – қарастырылып жатқан сұйықтық қабаттарының салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы.

Н.П. Петров теория және тәжірибе жүзінде жақсы майланған цилиндрлі мойынтіректе үйкеліс күші пайда болатынын дәлелдеді. Ол келесі заңдылықпен анықталады:

$$F_m = \eta S v/h, \quad (4)$$

мұнда  $F_m$  – ішкі (сұйықтықты) үйкеліс күші;  $h$  – сұйықтық қабатының қалыңдығы;  $S$  – сырғанау бетінің шамасы;  $v$  – салыстырмалы сырғанау жылдамдығы. Гидродинамикалық майлау заңы 1883 ж. Н.П. Петровтың «Машиналардағы үйкеліс және оған майлау сұйықтықтарының әсері» жұмысында жарық көрді. Осы заңнан келесі мәселелер шығады: 1) сұйықтық үйкеліс күші тұтқырлық, аудан және қозғалмалы үйкеліс беттерінің салыстырмалы жылдамдығына тура пропорционал, және де майлау қабатының қалыңдығына кері пропорционал; 2) сұйықтық үйкеліс, бетке түсірілетін қысымға және беттің күйіне тәуелсіз. Бірақ тұтқырлық тек температураға ғана емес, сонымен қатар қысымға да тәуелді болады. Ол үлкен жүктемелерде жұмыс істейтін үйкеліс тораптары үшін өте маңызды болып табылады.

Н.П. Петров (4) формуласы бойынша білік – майлы қабат – мойынтірек қарапайым триадасы үшін сұйықтықты үйкеліс күші анықталады, бұдан

$$f_c = F/P = \eta v S/hP, \quad (5)$$

мұнда  $f_c$  – сұйықтықты үйкеліс коэффициенті;  $P$  – мойынтірекке түсірілетін жүктеме.

Сыртқы үйкеліс және майлаудың негізгі түрлерінде үйкеліс коэффициенті өзгеруінің шектері бар: майлау материалынсыз үйкеліс кезінде (бұрында «құрғақ үйкеліс» деп атаған)  $f > 0,1$ ; майлау материалы бар үйкеліс кезінде: шекті және жартылай сұйықтықты майлаумен  $f_{жс} = 0,1 \div 0,005$ , сұйықтықты үйкеліспен  $f_c = 0,005 \div 0,0005$ . Бұдан, майлау материалы үйкелістің күші мен қуатын жүз есеге төмендететіні анық көрінеді.

Гидродинамикалық майлау мойынтірегі үшін (2-сурет)  $P/S = p$ , мұнда  $p$  – салыстырмалы қысым;  $v = \pi r n / 30$ , мұнда  $r$  – білік радиусы;  $n$  – айналу жиілігі,  $\text{мин}^{-1}$ . Сонда (5) теңдіктен

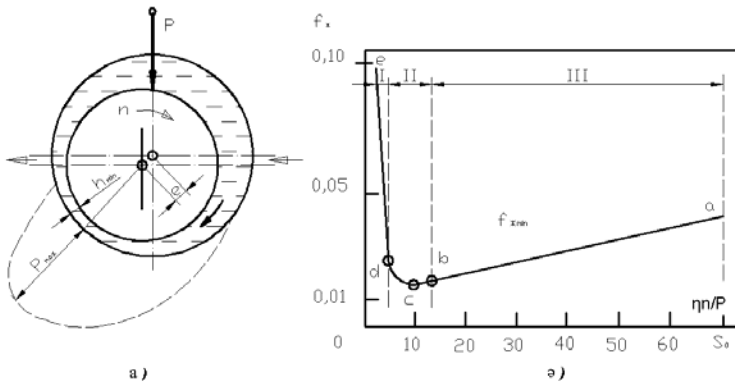
$$f_c = \frac{\pi}{30h} \cdot \frac{\eta n}{p} = k \frac{\eta n}{p}.$$

Белгілі мойынтірек конструкциясы үшін  $k$  коэффициенті тұрақты шама болып табылады, және де сұйықтықты үйкеліс коэффициенті  $\eta n / p$  ара-қатынасына – режим сипаттамасы немесе Зоммерфельд саны  $So$  деп аталатын өлшемсіз параметрге тәуелді болады:

$$So = (r/\delta)^2 \eta n / p,$$

мұнда  $\delta$  – мойынтірек саңылауы.

Сонымен, сырғанау мойынтірегіндегі сұйықтықты үйкеліс коэффициенті айналу жиілігіне, тұтқырлыққа және салыстырмалы қысымға тәуелді болады. Осындай графикалық тәуелділік (Герси – Штрибек диаграммасы) режим сипаттамасынан сұйықтықты үйкеліс коэффициентінің тәуелділігі болып табылады (2-сурет). Гидродинамикалық майлау режимінің  $ba$  облысы Петров заңына сәйкес келеді.  $b$  нүктесінен бастап, сырғанау жылдамдығы төмендеген кезде, майлау қабатымен ажыратылмаған, үйкелісетін беттердің байланысы кейбір жерлерде ғана пайда болады.  $c$  нүктесінде сұйықтықты үйкеліс коэффициенті минималды болады, бірақ бұл нүкте аса тұрақсыз, және де  $de$  сызығының бойымен айқасып қалу ықтималдылығы жоғары.  $cd$  қысқа учаскесі майлау қабатымен ажырамаған үйкелісетін беттер үлесінің жоғарылауын сипаттайды, және осы уческеде тұрақсыз жұмыс жасау режимін растайды. Сұйық майлау аймағында ( $ba$ ) сырғанау мойынтіректері эксплуатациялық режимдердің кең диапозондарында тұрақты жұмыс істейді.



2-сурет. Мойынтіректерде майлы жұқа қабаттың пайда болу механизмі

*a* – гидродинамикалық майлау мойынтірегінің сұлбасы;  
*ә* – сырғанайтын беттер жұптарының үйкеліс пен майлау түрлерінің диаграммасы (Герси – Штрибек диаграммасы);  
 I – жартылай сұйық майлау; II – өтпелі учаскесі;  
 III – гидродинамикалық майлау

$\eta n/p$  шамасындағы май тұтқырлығы  $\eta$  реттегіш рөлін атқарады. Ол мойынтіректің жұмыс істеу режимінің өзгеруі кезінде, тұтқырлықтың бастапқы шамасын қалпына келтіруге ұмтылады.

### 1.5. Таңдамалы тасымалдау

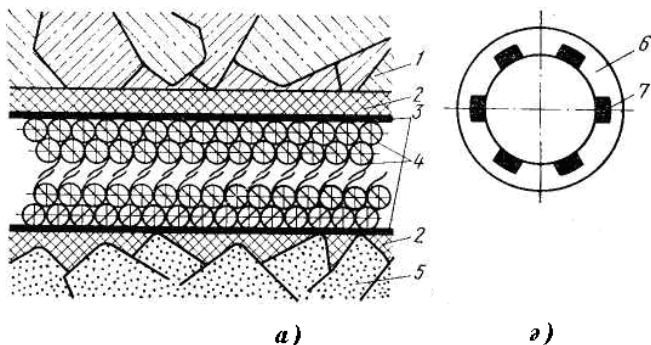
1956 ж. Д.Н. Гаркунов пен И.В. Крагельский «Үйкеліс кезіндегі тозусыз эффект (таңдаулы тасымалдау)» атты жаңалық ашты. Ол трибоника және триботехникада негізгі бағыттардың бірі болып табылады [2, 14].

Біркелкі бірдей параметрлер (жүктеме мен жылдамдық) кезінде Герси – Штрибек диаграммасының сол жағында (2-сурет, *bcd* аймағы) шекті, жартылай сұйық майлау және таңдаулы тасымалдау жүруі мүмкін. Бірақ таңдаулы тасымалдауда үйкеліс коэффициенті бір есе, ал тозу – екі есе

төмен. Таңдаулы тасымалдау эффектісін көптеген металдар қамтамасыз етеді, олардың ішінде: Cu, Zn, Sn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, V, Fe, Mn, W, Bi, Tl, Ti, Ag, Au. Мысалы, кремнийорганикалық негізде жағар материалдары жасалды. Олар 350 °C температурада және 2000МПа меншікті жүктемелерде жұмысқа қабілетті. Осындай жағар материалдары *металл плакирлеуші* деген атқа ие болды.

Таңдамалы тасымалдауды жаңа жағар материалы мен үйкеліс түрі деп сипаттауға болады. Бұл жағдайда жұмыс істеу барысында, үйкеліс беттерінде өзінен-өзі жұқа пластикалық металл қабаты қалыптасып, онда жылжымалы деформациялар пайда болады (Д.Н. Гаркунов бойынша, осы қабатты *сервовитті* (латын тілінен «servus» – қамтамасыз ететін және «vita» - өмір) деп атайды).

Таңдаулы тасымалдаудың шартты сұлбасы 3 - суретте көрсетілген. Үйкеліс триадасында таңдаулы тасымалдау кезінде келесі тұрақты қосылыстар болады: трибо – БАЗ (ПАВ), коллоидтер және полимерлік қалыптасулар.



3-сурет. Таңдамалы тасымалдау механизмі

*а – сервовитті қабаттағы адсорбциялық қабаттар; б – майлайтын қосымшалары бар мойынтірек; 1 – мыс қорытпасы; 2 – сервовитті қабат; 3 – серфинг-қабат; 4 – жағар материалының коллоидты қабаты және полимерлік қалыптасулар; 5 – болат; 6 – металдық төлке, 7 – қосымшалар*

*Таңдамалы тасымалдауды қолдану тәжірибесі* кеңінен ұлғайып келе жатыр. 1981 ж. оны қолдану салдарынан бұрынғы КСРО-да экономикалық нәтижелік 8 млн сом берді. Көрнекі мысал ретінде, тұрмыстық тоңазытқыштар компрессорларының үйкеліс тораптарын келтіруге болады. Мұнда үйкелетін болат беттері жұмыс істеу кезінде қалыңдығы 1 мкм мыс қабатымен өздігінен қапталады. Осы қабаттар жағар материалдарынан мыс иондарының түзілуінен қалыптасады. Осы иондар жағар материалы (50 % май және 50 % фреон) мен суытқыштың мыс түтікшелерімен өзара әрекеттесуінен туындайды. Нәтижесінде компрессорлар көп жылдар аралығында жөндеусіз жұмыс істейді.

Триботехникадағы таңдаулы тасымалдауды қолданудың басқа мысалы ретінде, қызмет көрсетілмей, суда жұмыс істейтін үйкеліс торабын жасау болып табылады. Композициялық материалдың (3-сурет) үйкеліс беті кезектесіп тұратын металдан және полимерлі материалдардан тұрады. Металдық негізді мыс қорытпаларынан жасайды, қосымшалар үшін графитпен толтырылған фторпласты қолданады. Тораптың жұмыс істеу барысында қосымшалардың тоздырылу өнімдері айналатын білікпен тасымалданып, металдардың түйісу аймағына келіп түседі. Үйкеліспен тез жылдамдатылған мыс қорытпасының таңдамалы еруі су әсерінен пайда болады. Қалыптасқан сервоитті қабатта үлкен қорғау қабілеттілігі бар.

Сумен «майлау» сияқты қарастырылған мысалдағыдай – үйкеліс тораптарының тұз және кышқыл ерітінділерінде, әртүрлі эмульсияларда жұмыс жасау кезіндегідей, таңдамалы тасымалдау, минералды жағар материалдарды қолданбайтын жерлерде өзінің қолданысын тапты.

*Финишті үйкеліске қарсы қажасқыз өңдеу* (ФААӨ) таңдаулы тасымалдау негізінде, үйкеліс кезінде бөлшектердің үйкелу беттеріне жез, қола немесе мыстың жұқа қабатын тасымалдаудан тұрады. ФААӨ процесі технологиялық жағынан қарапайым болғандықтан, болат немесе шойынның үйкелу беттері жоғары антифрикциялық қасиеттерге ие болады. Мұнда

ол қола бетіне ауысқандай болады, ал үйкеліс коэффициенті 2 есеге төмендейді.

Агрессивті орталарда жұмыс істейтін тербеліс мойынтіректері үшін қола жоңқасы қосылған (масса бойынша 40 %) фторопласт – 4-тен тұратын сепаратор жасалған. Жұмыс істеу барысында фторопласт қола жоңқасымен өзара әрекеттесіп, соның салдарынан шариктердің беттері және тербелу жолдары негізінен мыстан тұратын сервовитті қабатпен қапалады. Осындай сепараторы бар мойынтіректердің сенімділігі едәуір ұлғайған.

Таңдамалы тасымалдау құбылысының мағынасын қарастырсақ, оны жүзеге асыру үшін түйіспелі қысым, үйкеліс пен қызуды тудыратын екі дененің өзара жылжуы қажет. Осы шарттар машиналардың әртүрлі жұмыс жасау режимдерінде орын алады. Осының негізінде машина бөлшектерін «жұмыс жасау кезінде» қалпына келтіру әдісі жасалды – яғни, тоқтатусыз және бөлшектемей. Өйткені, бөлшектердің негізгі металы мен плакирлейтін қабат арасындағы металдық байланысты қамтамасыз ететін физика-химиялық процестер, тереңдігі бойынша, кристалдық торға өлшемдес беттік қабаттарда жүреді. Тіпті баяу және жеңіл жүктелген үйкеліс тораптарында едәуір түйіспелі қысымдар пайда болады, және байланыс жерлерінде таңдамалы тасымалдауды қамтамасыз ететін едәуір жылу мөлшері бөлінеді. Жылдамдықтар мен жүктемелердің өзгеруі процеске кедергі жасамайды. Жұмыс жасау барысында, жоғары жылдамдықты тербелмелі мойынтіректері мен оларға ұқсас үйкеліс триадаларды жөндеу мүмкіндігі іс жүзінде дәлелденді. Өсірілу қабатының қалыңдығы 50 мкм құрайды, бірақ осы көрсеткішті өсіру үшін көптеген жұмыстар жасалып жатыр. Осы әдіс *өзіндік емдеумен жөндеу* деген атқа ие болды.

Металдардың үйкелетін беттерінде майлау ортасына трибополимеркұраушы қоспаларды енгізу арқылы полимерлердің пайда болу идеясын ғалымдар Ю.С. Заславский және Р.Н. Заславский (1971) ойлап тапқан. Трибополимерлі қабаттың тоздырылу мен қырналуға қарсы және коррозияға

төзімді қасиеттері бар. Мысалы, индустриалды майға 1% (масса бойынша) трибополимеркұраушы қоспаларды қосу, үйкеліс коэффициентін 4 есеге төмендетеді. Айқасып қалу жүктемелері 3,5–4 есеге өседі.

Трибополимерлеу эффектісінің негізінде жасалған жағар майларды, пластикалық және қатты жағар материалдарды майлап-суытатын сұйықтықтар шығарылды.

### **1.6. Антифрикциялы өзін-өзі майлайтын материалдар**

Антифрикциялы өзін-өзі майлайтын материалдар – ол қарапайым сұйық немесе пластикалық жағар материалдарды қолданбай-ақ, үйкеліс коэффициенттерін төмендетуге және тозуға төзімділікті жоғарылатуды қамтамасыз ететін материалдар класы. Оларды технологиялық процестің шарттары немесе машинаның құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты жағар материалдарын қолдану мүмкін болмаған жағдайларда қолданады. Осы класқа күйдірілген, полимерлі, композициялық материалдар жатады. Күйдірілген материалдар илемдеу, агломерациялық жабдықтар, т.б. сырғанау мойынтіректерін жасау үшін қолданады. Мысалы, илемдеу орнақтары рольгангтерінің мойынтіректерін жасау үшін, жұмыс температурасы 60–80 °С, меншікті қысым 8,8 МПа жұмыс істейтін «Азовсталь» комбинатының 3600 орнағында темірграфит және қолаграфит қолданылды.

Осы жағдайда тоздырылу жылдамдығы 0,01–0,015 мм/г құрап, қайта жұмыс жасауы жақсарып, қырнауы жоқ және үйкеліс коэффициенті орташа шамамен 0,08 құрады.

Агломашина арбашалары (палетті) жүріс роликтерінің мойынтіректері ЖГр7Д1,5К1,5 темірграфиттен жасалынды. Осындай мойынтіректердің ұзақ мерзімділігі майланатын конусты роликті мойынтіректерден 2 – 3 есеге үлкен.

«Антифрикциялық материалдар» термині оларды дәстүрлі конструкциялық металдар мен қорытпалармен қосарлана қолдануды түсіндіреді.

### 1.7. Сутегілік тозу

1967 ж. Д.Н. Гаркунов пен А.А. Поляков үйкеліс физикасында жаңа құбылысты белгіледі – «үйкеліс кезінде қираудың өздігінен ұйымдастырылуы» немесе *сутегілік тозу*. Үйкеліс кезінде болаттың қызуынан жүретін жағар материалы, пластмассалар, әрбір көмірсутегілер, ауадағы су байланыс аймағында сутегіні түзеді. Ол бөлшектің толық көлеміне тарамай, тек қызу аймағында шоғырланып, гидрофильді (сутегіні сіңіретін) аймақты құрайды. Үйкеліске ұшырамайтын аймақтарға қарағанда, ол сутегіні 10 есе қарқынды сіңіреді. Сутегі морттылықты тудырып, микрожарықшақтардың пайда болуына әкеліп соғады. Сутегі ионы – протон аса жоғары белсенді болады. Жарықшақ түйнектерінде оған электрон қосылады және алдымен сутегі атомы, ал сосын молекуласы пайда болып, ақау жерлерді керіп, беттік қабатты бұзады.

Негізінде болат, шойын, титан және басқа да металдар мен қорытпалардан жасалған барлық бөлшектердің үйкеліс беттерінде сутегінің мөлшері жоғары болады, сондықтан олардың сенімділігі төмендейді. Төмен температураларда және атмосфераның ылғалдылығы жоғары болғанда, бөлшектер беттеріне сутегінің аса қиратқыш әсері артады. Осы құбылыс солтүстік жағдайында техниканың аса үлкен тозуының себептерінің біреуіне жатады. Сутегілік тозумен күресудің әртүрлі әдістерінің бірі – пластмассаларды қолдану. Олар үйкеліс кезінде түйіскен болат беттерін оң электрлік зарядпен зарядтайды, соның салдарынан оң зарядталған протондар кері тебіліп кетеді.

Қазіргі таңда суда жұмыс істейтін үйкеліс тораптары үшін қорытпа жасалды. Оған сутегі сіңбейді, оның тозуға төзімділігі басқа қорытпалардан бірнеше есе артық.

**Бақылау сұрақтары:**

1. Трибология ғылымының негізі неде?
2. Тозу және тоздырылу құбылыстарының айырмашылығы неде?
3. Н.П. Петровтың майлаудың гидродинамикалық теориясының ерекшелігі неде?
4. Таңдаулы тасымалдау эффектісіне мысал келтіріңіз.
5. Антифрикциялық материалдар қандай үйкеліс тораптарында қолданылады?
6. Сутегілік тозу қандай жағдайларда пайда болады?

## **2. МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫНЫҢ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЖАҒАР МАТЕРИАЛДАРЫ**

### **2.1. Металлургия машиналарының эксплуатациялық қасиеттері**

Академик А.И. Целиков: «Металлургия машиналары өндірісінің өзіндік сипаты, олардың құнының жоғарылығы, жүздеген тоннаға дейін жететін кейбір бөлшектердің металл сыйымдылығы, жалғыз осы машиналарға ғана тән ерекше эксплуатациялық жағдайлары, прототип-машиналарды жасау арасындағы үлкен уақыт интервалы – осының бәрі оларды есептеу үшін үлкен сандар заңына негізделген сенімділік теориясының сандық тәсілдерін қолдануға мүмкін болмауына әкеліп соқтырады. Сондықтан металлургия машиналарының сенімділігін қамтамасыз ету үшін шешуші рөлді істен шығу статистикасы емес, олардың эксплуатациялық қасиеттерін жақсартуға бағытталған әсер жасау атқарады», - деп анықтады.

Машиналар элементтерінің эксплуатациялық қасиеттері дегеніміз – олардың алғашқы күйін өзгертуге әкеліп соқтыратын әртүрлі әсерлерге қарсыласу қабілеті.

Машиналар және олардың элементтерінің күйлері оларды жұмыс кезінде болатын өзгерістерімен сипатталады. МЕСТ-13377-75 бойынша жарамды, жарамсыз, жұмысқа қабілетті, шекті және жұмысқа қабілетсіз күйлерді ажыратады.

*Жарамды күй* – машинаның нормативті-техникалық құжаттарда тағайындалған барлық талаптарға сәйкес күйі.

*Жарамсыз күй* – машинаның нормативті-техникалық құжаттарда тағайындалған талаптардың кемінде біреуіне сәйкес емес күйі.

*Жұмысқа қабілетті күй* – машинаның тағайындалған параметрлерді нормативті-техникалық құжаттарда көрсетілген шектерде ұстап, жүктелген міндеттерді орындауға қабілетті күйі.

*Шекті күй* – жарамсыз және жұмысқа қабілетсіз күйлермен шектес болады. Жабдықтардың шекті күйін анықтау ең маңызды әрі күрделі сұрақтардың бірі болып табылады.

*Жұмысқа қабілетсіз күй* – объектінің жүктелген міндеттерді орындау қабілеттілігін анықтайтын параметрлердің кемінде біреуі, нормативті-техникалық құжаттарға сәйкес келмейтін күйі. Жұмысқа қабілеттілігі, жоспарлы – алдын алу жөндеулері жүйесі кезінде, кез-келген себептермен істен шығудың алдын алуға негізделген металлургия машиналары үшін жұмысқа қабілетсіз күй – қалыпсыз және жол бермеуге болмайтын жағдай болып табылады.

Машиналар элементтерінің бастапқы күйінің өзгеру дәрежесі, бірнеше белгілер бойынша, олардың бастапқы өлшемдері мен машинаның шекті күйіне сәйкес мөлшерлерін салыстыру арқылы бағаланады.

Бұл белгілер:

- 1) бөлшектердің физикалық күйінің өзгеруі;
- 2) машинаның жұмыс параметрлерінің өзгеруі;
- 3) машинаның істен шығуы;
- 4) өңделетін өнім сапасының өзгеруі;
- 5) қоршаған ортаға әсерінің өзгеруі;
- 6) қауіпсіздік деңгейінің өзгеруі;
- 7) қалпына келтіру шығындарының өзгеруі.

Әртүрлі металлургиялық жабдықтардың жұмыс істеу ерекшеліктері МЗМЖ курсына қарастырылатындықтан, біз эксплуатациялық жағдайларын негізгі әсерлер түрлері бойынша қарастырамыз.

## **2.2. Күштік жүктемелер түсетін элементтердің эксплуатациялық қасиеттері**

*Сыртқы күштерді* беттік және көлемдік, біркелкі және біркелкі емес; үздіксіз және мерзімдік; тұрақты және ауыспалы, статикалық және динамикалық, серпімді тербелістер және өзіндік тербелістер, шарасыз және параметрлік деп айырады. Тербелісті үрдістердің нәтижесінде металлургия машиналарының

жетектерінде статикалық үрдістермен салыстырғанда 2-4 есе артық моменттер пайда болады.

*Ішкі күштер* – тұрақты және ауыспалы болады.

*Серпімді деформация.* Әдетте, жобалау кезінде машиналардың элементтері оларда жұмыс кезінде болатын кернеулер бойынша есептеледі, ал олардың қатаңдығы ескерілмейді. Эксплуатация кезінде конструкциялардың жеткіліксіз қатаңдығы механизмдердің қалыпты жұмысына нұқсан келтіреді. Корпустық элементтер (мысалы, редуктор корпусының) қатаңдығының жеткіліксіздігі үйкеліс және қозғалмалы элементтердің ілісу шарттарын өзгертеді. Көпірлі крандар конструкцияларының жеткіліксіз қатаңдығы шеткі балкалардың қиғашталуына және жүріс дөңгелектерінің ребордаларының тез тозуына әкеліп соқтырады. Біліктердің иілуі тербеліс мойынтіректерінің тербеліс денелерінің, обоймаларының қысылып қалуына және қирауына, сепаратордың істен шығуына әкеледі.

Металлургия машиналарының көптеген бөлшектерінің қатаңдығын арттыру қажет, бірақ кейбір жағдайларда бөлшектердің қатаңдығын жоғарылату кері нәтиже беруі мүмкін. Бөлшектердің өлшемдерін үлкейту арқылы олардың қатаңдығын жоғарылату, қозғалыстың қалыптаспаған режимдерінде инерциялық күштердің өсуіне әкеледі. Жетектердің қатаңдығын жоғарылату, динамикалық күштердің өсуіне әкеліп соқтырады.

*Қалдық деформациялар* – кернеулер материалдың ағу шегінен  $\sigma_T$  асып кеткен кезде пайда болады. Бұл жағдайда тұтас бөлшектердің немесе олардың беттерінің жеке учаскелерінің пішіні, геометриясы өзгереді. Бөлшектердің қалыпты жұмысын бұзатын, яғни жөндеу жұмыстарын керек қылатын, иілу, бұралу, созылу, жаншылу деформациялары пайда болады. Қалдық деформациялар, әдетте эксплуатация ережелерінің бұзылуының, соққы жүктемелердің, механизмдердің қысылу нәтижесінде болатын кернеулердің шекті өлшемдерден асып кетуінің нәтижесі болып табылады. Қалдық деформациялар мөлшері ағу шегінен жоғары күштің бір рет түсуі нәтижесінде пайда болуы

немесе көп қайтара түскен күштердің әсерінен қалдық деформациялар біртіндеп өсуі мүмкін. Бөлшектер қосылысының түйісу беттерінде әр жүктеме циклі кезінде пайда болған қалдық деформациялар қосылыстардағы саңылаулардың өсуіне, яғни динамикалық күштердің өсуіне әкеледі. Сөйтіп, қалдық деформациялар өсу жылдамдығы біртіндеп ұлғая береді.

Қирау толық (көлемдік) және шала болуы мүмкін. Шала қирау дегеніміз – бөлшектердің макрокопиялық элементтерінде немесе конструкциялардың элементтерінде мортты немесе шаршаз жарықшақтарының пайда болуы (бөлшектерге бөлінбейді). Бастапқы сатыда шала қирау бөлшектің (машинаның) жұмысқа қабілеттілігіне әсер етпейді. Толық қирау машинаның (бөлшектің) істен шығуына әкеліп соқтырады, яғни ол күйге жеткізуге болмайды.

*Көлемдік тұтқырлы қирау* үлкен мөлшердегі пластикалық деформациялары жүруімен сипатталады.

*Көлемдік морт қирау* бір немесе бірнеше рет қайталанған соққылық жүктемелер нәтижесінде аз деңгейлі жергілікті пластикалық деформациялар жағдайында болады да, максималды созғыш кернеулер әсері жазықтығына нормалды жазықтықта үлкен жылдамдықпен тарайды.

*Көлемдік шаршау (қажу) қирауы.* Metallургия машиналары көп ауыспалы күштер жағдайында жұмыс істейтіндіктен, эксплуатация кезінде бөлшектердің көлемдік қирауының 80 % қажуы нәтижесінде болады. Қажу қирауының үлкен үлесі прокат өндірісі машиналарына түседі де, 25–40 %-ға дейін жетеді. Бұл олардың ауыр жұмыс режиміне, жоғары динамикалық жүктемелерге байланысты. Қажу жарықшақтарының пайда болуына кернеу концентраторларының болуы үлкен әсер етеді.

*Күштік жүктемелер жағдайында эксплуатациялық қасиеттерді жоғарылату әдістері.*

Конструкциялар элементтерінің эксплуатациялық қасиеттеріне серпімді деформациялардың зиянды әсерлерін олардың қатаңдығын арттыру арқылы азайтуға болады. Ал қатаңдық материалдың серпімділік модуліне, қиманың геометриялық

сипаттамаларына (созылу – сығылу кезінде қиманың ауданына, иілу кезінде инерция моментіне, бұралу кезінде полярлық инерция моментіне), конструкцияның деформацияланатын бөліктерінің тізбектік өлшемдеріне тәуелді. Конструкцияның қатандығын оның материалын өзгерту арқылы өз деңгейінде ғана жоғарылатуға болады. Өйткені болат үшін серпімділік модулі аз мөлшерде өзгереді. Конструкцияның қатандығына қиманың өлшемдері мен пішіні үлкен әсер етеді. Қиманың өлшемдерін ұлғайту көп жағдайда тиімді емес, өйткені өнім массасының өсуіне әкеледі. Әдетте, қиманың тиімді пішінін таңдау, жүктеме жағдайлары, тіректерді орналастыру түрін дұрыс тағайындау, иілу орнына созылу-сығылу деформацияларына жұмыс істейтін конструкцияларды таңдау ұтымды болып табылады.

Шаршау беріктігін жоғарылату үшін қолданылатын конструктивтік шаралар: ішкі күштердің мүмкіндігінше біркелкі бөлінуін (таралуын) қамтамасыз ететін пішін беру, әртүрлі геометриялық кернеу концентраторларының әсерін азайту болып табылады. Концентраторларды бөлшектің күш көп түсетін бөлшектерінен кернеудің деңгейі төмен бөлшектеріне немесе әсері төмен концентраторларға ауыстыру қажет. Әдетте, кернеу концентрациясын төмендету үшін қима өзгеру учаскелерінде галтельдер енгізеді. Көп жағдайда галтельдің радиусын аздап өзгерту арқылы қирауды түгел болдырмауға болады. Ауыспалы кернеулердің номиналды мөлшерін азайтатын конструктивтік шаралар да шаршау беріктігін арттыруға мүмкіншілік береді. Олар: тіректерді ұтымды орналастыру, әсер етуші күштердің деңгейін төмендету, олардың тиімсіз түсу жағдайларына жол бермеу, максималды кернеулер әсер ететін учаскелерде бөлшектің қимасын үлкейту, бөлшектердің жанасу аудандарын ұлғайту. Конструктивтік әдістермен ауыспалы созу кернеулерінің мөлшерін, олардың үстіне тұрақты сығу күшін салу арқылы азайтуға болады. Бұл әдіс алдын ала жүктелген прокаттың шойын біліктерінде қолданылады.

*Динамикалық күштер* түсетін машиналардың жұмыс мерзімін жоғарылату үшін, ол күштердің мөлшерін мүмкіндігінше азайту керек. Динамикалық жүктемені азайтуды машинаны жобалау сатысынан бастау қажет. Бөлшектердің қатандығы, қосылыстардағы саңылаулар мен әртүрлі эксплуатациялық режимдердегі қозғалтқыштың сипаттамаларын ескере отырып, ЭЕМ-да динамикалық есептерді жүргізу немесе модельдеу массалардың, қатандықтардың ұтымды бөлінуі, динамикалық күштердің минималды болуы және тез басылуын қамтамасыз ететін машинаның кинематикалық және динамикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Ұзын және күрделі трансмиссиясыз механизмдерді, әр механизмге жеке жетектерді, редукторсыз динамикалық сипаттамаларын жақсартады.

Машиналардағы *соққы күштер* олардың элементтерінің қатандығына пропорционал болады: қатандық жоғары, яғни, машинадағы максималды динамикалық соққылық күштерді азайту үшін, қатандықтың келтірілген мөлшерін төмендету қажет. Бұған амортизаторлар, түрлі резиналық төсемдер, басқа серпімді байланыстарды қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Мысалы: саңылауларды компенсациялау үшін, едендік тиеу машинасы көпірінің төменгі бағыттаушы рельсінің астына резина-металды амортизатор, ал жоғарғы рельстің астына сына салу арқылы соққылық күштерді азайтуға болады. Сорттық, құбырлы, т.б. орнақтар рольгангтері тірек мойынтіректері тұғырларының астына резина төсемдер орнату роликтердің қызмет мерзімін ұлғайтады.

Көп жағдайларда жоғары мөлшерлі таңбасы ауыспалы кернеулердің болуы, машина бөлшектерінде вибрациялық, резонанстық тербелістердің пайда болуына байланысты. Бұл кернеулерді болдырмау үшін, демпферлер (серіппелі, маятникті, гидравликалық немесе үйкелістік) элементтерді виброизоляциялық немесе вибрацияны басушы амортизаторларға асу арқылы азайтады. Электрмагнитті крандарда жүк шайбадан тасталған кезеңде өзіндік тербелістер пайда болады. Бұл тербелістердің тез басылуын қамтамасыз ету үшін полиспастың қозғалмайтын

блоктарының обоймасын серіппелі-гидравликалық амортизаторларға іледі. Осындай вибробасқышты (амортизатор) қолдану тербелістердің басылуын 10 есе тездетеді.

Бөлшектер мен тораптардың жасалу сапасын көтеру арқылы динамикалық күштерді азайтуға болады. Ол үшін құрастырма біліктерді өңдеу және монтаждау дәлдігін жоғарылатады, қосылыстардағы саңылау мөлшерін азайтады, серіппелі немесе жүктемелі қондырғылардың көмегімен қосылыстағы саңылауды компенсациялайды.

*Қажу беріктігін жоғарылату технологиялық әдістері:*

- термиялық немесе химиялық-термиялық өңдеу;
- беттік-пластикалық деформациялау;
- механикалық өңдеу арқылы беттің тазалығын жоғарылату.

Термиялық және химиялық-термиялық өңдеу әдістерін қажу беріктігін жоғарылату әсерінің деңгейіне байланысты төмендегі ретпен орналастыруға болады: жақсарту және нормалдау, төменгі босатумен шынықтыру, цементтеу, жоғары жиілікті токтармен шынықтыру, циандау, нитроцементтеу, азоттау.

Химиялық-термиялық өңдеу негізгі металдың құрылымымен салыстырғанда, үлкен меншікті көлемді құрылымдар пайда болуына байланысты, беттік қабатта қалдық сығу кернеулерінің болуына әкеліп соқтырады (~400-800 МПа) → цементтеу кезінде мартенсит, циандау, нитроцементтеу, азоттау кезінде нитридтер мен карбонитридтер. Алдын ала сығу цикл орташа созу кернеулерін азайту мен циклдік асимметрия коэффициентін ұлғайтумен тең, бұл бөлшектің қажуға қарсылығын жоғарылатады. Бұған қосымша термиялық өңдеу кезінде беттік қабаттың беріктігі жоғарылайды, қажу жарықшақтарының пайда болу ошақтары беттен төменгі қабаттарға ауысады. Ескеретін жай – көлемдік және беттік термиялық өңдеуді, технологиялық нұсқаулардың талаптарын қатаң сақтай отырып жүргізу қажет. Әсіресе күйдіріп жіберу қауіпті.

Химиялық-термиялық өңдеу түрлерінің ішінде ең тиімдісі – азоттау, бұл үрдіс кернеу концентраторларының әсерін азайтады. Азоттау концентраторлары бар бөлшектердің –

шпонкалық және шлицтік ойықты, тесікті, галтельді бүртікті - қажу беріктігін күрт көбейтеді. Азоттау кезінде бөлшектердің пішіні мен өлшемдері өзгермейді, сондықтан оны ақырғы операция ретінде қолдануға болады.

Қажу беріктігін жоғарылатудың ұтымды әдістерінің бірі – беттік пластикалық деформация болып табылады, яғни беттік қабатта қалдық қысу кернеуін тудыру және беттің қаттылығын жоғарылату үшін оны нығыздау. Негізгі тәсілдері – бытыра ағынымен өңдеу, роликтермен нығыздау, чеканка, алмазбен тегістеу, ультрадыбыстық бекіту. Роликтермен нығыздау арқылы бөлшектің тегіс учаскелерінің төзімділігін 20–40 %, ступицалардың астында 80–100 %, бұрандаларды 2–3 есе жоғарылатуға болады.

Қажу беріктігін жоғарылатудың эксплуатациялық шараларына жүктелген және жауапты бөлшектерді зақымдаудан (сызаттар, жырықтар) сақтау, машинаның жоғары жүктемелер жағдайында ұзақ жұмыс істеуіне жол бермеу, машинаның бірқалыпты іске қосылуы және тежелуін қамтамасыз ету жатады. Конструкция элементтерінің морт қирауға қарсылығын жоғарылату морттықтың шекті температураларын төмендету және мүмкін қирау кернеулерін жоғарылату арқылы жүзеге асырылады. Морттықтың шекті температураларын төмендету жолдары – кернеу концентрациясын болдырмау немесе азайту, динамикалық күштердің асып түсуіне жол бермеу, термиялық өңдеу.

### **2.3. Тозу жағдайында жұмыс істейтін металлургия машиналары элементтерінің эксплуатациялық қасиеттері**

*Металлургия машиналары элементтеріндегі үйкеліс түрлері.*

Қазіргі заманғы металлургия машиналарының сенімділігі мен ұтымдылығы сыртқы үйкеліске байланысты құбылыстарға көп тәуелді. Машиналар массалары, жылдамдықтары, жүктемелері, қуаттары, өнімділіктерінің өсуіне байланысты үйкеліс тораптарына қойылатын талаптар да өсуде. Машиналар

және олардың бөлшектерінің істен шығуының 80–90 %-ы патологиялық үйкеліске байланысты. Машиналардың сенімділігі мәселелерінің ішіндегі ең маңыздыларының бірі – үйкеліс кезіндегі беттік беріктік сұрақтары.

Машиналар мен технологиялық үрдістерде денелердің өзара әсері кезінде үйкеліс пайдалы немесе зиянды рөл атқаруы мүмкін. Пайдалы үйкеліс – дөңгелек пен негіздің ілінуін қамтамасыз ету үшін, немесе керулі, бұрандалы қосылыстарда, тексегіштерде, ременді берілістерде, илемдеу, кесу, шлифтеу технологиялық үрдістерде қолданылады.

Үйкелістің зиянды әсерлері, мысалы, қуат шығындарында, контакт беттерінің тозуы сияқты құбылыстарда байқалады. Көптеген ғалымдардың зерттеулері нәтижесінде, тораптағы күштер мен үйкеліс коэффициенттерінің сыртқы параметрлерден жүктеме жағдайлары, жылдамдық, беттердің күйлері, материалдардың қасиеттері, үйкеліс шарттарынан іргелі тәуелділіктерін анықтауға талаптанған. Бірақ, өзара әсерлесудің күрделілігіне байланысты бұл мүмкін болмады. Сондықтан, машиналардың құрылымын жасау кезінде, инженерлік практикада тәжірибелік тәуелділіктер пайдаланылады. Олар белгілі үйкеліс жағдайларында алынған, бірақ, әдетте бұл тәуелділіктер үйкеліс торабының іс жүзіндегі жұмыс шарттарын толық қамти алмайды.

Қозғалыс кинематикасы, жағар майдың қатысуы, контакт ұзақтығына байланысты сыртқы үйкеліс бірнеше түрлерге бөлінеді.

*Қозғалыс кинематикасына байланысты сырғанау үйкелісі*, тербеліс үйкелісі және айналу үйкелісін ажыратады. *Сырғанау үйкелісі* кезінде (1-текті үйкеліс) бір дененің беті екінші дененің бетімен сырғанайды. Үйкелістің бұл түрі металлургиялық машиналарында кең тараған. *Тербеліс үйкелісі* (2-текті үйкеліс) жоғары кинематикалық жұптарда таралған. Мысалы, тірек дөңгелектері, роликтері, т.б. Тербеліс үйкелісі сырғанау үйкелісімен салыстырғанда, көп төмен үйкеліс коэффициентімен сипатталады. *Айналу үйкелісі* кезінде салыстырмалы қозғалыс ортақ нормалды айнала жүргізіледі, екі дененің жанасу

жазықтығында орналасқан барлық нүктелер центрлес шенберлер бойынша қозғалады (мысалы, қысу механизмдерінің бұрандалары, түрлі табандар).

Үйкеліс беттерінде жағар майдың қатысуы бойынша құрғақ, шекаралық және сұйықтықты үйкелісті ажыратады. *Құрғақ үйкеліс* жанасу беттерінде жағар май болмаған кезде орын алады. *Шекаралық үйкеліс* жанасу беттерінде жағар майдың жұқа қабаты (0,1 мкм-ге дейін) болған кезде орын алады. Үйкелістің бұл түрі негізінен бағыттағыштар және салыстырмалы сырғанау жылдамдығы төмен мойынтіректерде кездеседі. Шекаралық үйкеліс кезінде жағар майдың сығылуға қарсылығы жоғары, ол ығысуға қарсылықты бірнеше есе төмендетеді, тозуды біршама азайтады. Шекаралық үйкелістің негізгі функциялары – беттерді (физикалық) бөлу, кернеулердің концентрациясын төмендету және беттерді химиялық қалқандау. Шекаралық үйкеліс шарттарының өзгеруі үйкелістің жартылай құрғақ немесе жартылай сұйықтық түрлеріне ауысуына әкеліп соқтырады. Жартылай құрғақ үйкеліс кезінде жанасудың жеке учаскелерінде шекаралық, ал қалған жерінде құрғақ үйкеліс орын алады. Жартылай сұйықтық үйкеліс сұйықтық үйкелісі мен шекаралық үйкелістің немесе сұйықтық үйкелісі мен құрғақ үйкелістің қосындысы болып табылады және мөлшері төмен жүктемелер мен жылдамдықтар, сұйықтық үйкелісі жағдайларында іске қосылу немесе тежеу кезеңдерінде кездеседі.

Сұйықтық үйкелісі жағар майдың қабаттарының қылындығы 0,1 мкм кем емес және беттердің кедір-бұдырлығы биіктіктерінің қосындысынан жоғары болған кезде пайда болады. Қозғалыстағы беттер майдың жұқа қабаттарын ілестіре кетеді де, өте жұқа саңылауда сыртқы жүктемені толық теңестіретін гидродинамикалық қысым дами бастайды. Майдың беттердің арасындағы саңылаудағы жұмысы гидродинамикалық заңдылықтарына бағынады, сондықтан үйкелістің бұл түрін гидродинамикалық үйкеліс деп те атайды. Үйкелістің бұл режимінде беттердің арасында жанасу болмайды, қатты денелердің сыртқы үйкелісі жағармай қабаттарының ішкі

үйкелісіне ауысады. Үйкеліс коэффициенті айтарлықтай төмендейді, себебі үйкеліс күштері бұл жағдайда үйкеліс беттерінің қасиеттеріне емес, жағармайдың қасиеттеріне байланысты. Сұйықтық үйкелісі кезінде тозу нөлге жақын. Мысалы, дұрыс эксплуатация жағдайында, сұйықтық үйкеліс мойынтірегі 10–20 жыл жұмыс істейді, бұл роликті тербеліс мойынтіректерінің жұмыс мерзімінен бірнеше есе жоғары.

*Жанасу динамикасы бойынша* тыныштық үйкелісі және қозғалыс үйкелісі деп ажыратады.

Тыныштық үйкелісі жанасқан денелердің қозғалысына сыртқы күштердің мөлшері белгілі шекті мөлшерден асып түскенше бөгет жасайды. Денені тыныштық жағдайында ұстап тұрған үйкеліс күші мөлшері бойынша сыртқы күшке тең және оған бағыты қарама-қарсы. Бұл күшті тыныштық үйкеліс күші деп атайды. Ол барлық қозғалыстарда болады. Көп жағдайларда оның әсері пайдалы болады да, оны көбейтуге тырысады. Тыныштық үйкеліс күші қозалыстағы бөлшектердің өзара тартылу күшіне және олардың арасындағы үйкеліс коэффициентіне тәуелді. Кейбір жағдайларда, жағармайларды, үйкеліс коэффициенті төмен үйкеліс түрлерін қолдану арқылы тыныштық үйкеліс күшін азайтуға тырысады. Мұндай шаралар жетектің жүргізілу сипаттамаларын төмендетеді. Тыныштық үйкелісінің табиғаты таза механикалық деформациялық текті байланыстарымен түсіндіріледі.

Қозғалыс үйкелісі сыртқы күштің мөлшері тыныштық үйкелісі күшінен асқан кезде пайда болады. Әдетте, қозғалыс үйкеліс күштері тыныштық үйкеліс күштерінен төмен болады. Олардың айырмашылығы – құрғақ үйкеліс кезінде ең үлкен, ал тербеліс үйкелісі кезінде өте төмен.

Жанасу жағдайларына және өзара қозғалыс траекторияларына байланысты, қосылыстағы үйкеліс пен бос беттердің өңделетін материалдармен (сусымалы массалар мен монолитті металл) үйкелісін ажыратады.

Қолданылу облыстары бойынша үйкелісті: фрикциялық және антифрикциялық түрлерге бөледі. Фрикциялық үйкеліс коэффициентімен сипатталады да қозғалыссыз қосылыстар,

тежегіштер, таспалы берілістер, фрикциялы жалғастырғыштар, вариаторлар, т.б. қолданылады. Антифрикциялық үйкеліс қуаттың шығынын төмендету және оның тозуын азайту үшін төмен үйкеліс коэффициентіне ие болуы керек.

Ұзақтығы бойынша үйкеліс қалыпты және патологиялық болып бөлінеді. Қалыпты қосылыстағы үйкеліс коэффициентінің мөлшері, тұрақты дерлік және басқа жағдайлардағы мөлшерлерімен салыстырғанда, минималды болған кезде өтеді. Егер қорғау қабаттарының бұзылуы жағдайында, бөлшектің негізгі металы тозу үрдісі жүреді. Оның механизмінің табиғаты әртүрлі болуы мүмкін, олар – микрокесілу, ендірілу, жырту, жабысу, фреттинг-процесс, т.б. үйкелістің бұл түрін патологиялық үйкеліс деп атайды.

#### **2.4. Коррозиялық орталардың әсері жағдайында жұмыс істейтін металлургия машиналары элементтерінің эксплуатациялық қасиеттері**

Металлургия машиналары немесе олардың жеке элементтері жұмыс істейтін сыртқы орталарды 3 түрге бөлуге болады: атмосфералық, газдық және сұйықтықтық.

Атмосфералық орта ылғалдылығы мен құрамындағы коррозиялық активті заттар, химиялық қосындылар буларының мөлшеріне сәйкес бейтарап (нейтралды) немесе агрессивті болуы мүмкін. Ылғалдық деңгейіне байланысты атмосфералық орталар құрғақ, ылғалды және аса ылғалды болып бөлінеді.

*Құрғақ атмосфералық орта* ылғалдықтың төмен деңгейімен ( $\leq 60\%$ ) және металдың бетінде ылғал қабатының адсорбциялану мүмкіншілігінің болмауымен сипатталады (жабық ғимараттар).

*Ылғалды атмосфералық ортаға* атмосферадағы ылғалдың деңгейі ( $< 100\%$ ) дейін болғанда, адсорбциялық капиллярлық және химиялық конденсация нәтижесінде металдың бетінде өте жұқа ( $\sim 1\text{ мкм}$ ) ылғал қабыршағы пайда болатын орталар жатады.

Аса ылғалды атмосфералық орта – ауаның салыстырмалы ылғалдығы  $100\%$ -ға тең ортаны айтады.

Атмосфералық ортаны құрғақ, ылғалды, аса ылғалды деп бөлу шартты нәрсе. Өйткені нақты жағдайда олар бір-біріне ауысуы мүмкін. Металлургия машиналары немесе металл конструкцияларды қоршаған ортада, әдетте түрлі агрессивті газдар бар ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  буы, т.б.). Металлургиялық цехтардың атмосферасында агрессивті газдармен қатар қышқылды немесе сілтілік қасиетті айтарлықтай мөлшерлі шандар болады. Құрамында сульфатты, көміртекті бөлшектері бар шандар газдарды сіңіреді де, коррозияның дамуына мүмкіндік туғызады.

Ылғалды атмосфералық ортадағы ылғал қабыршақтарының белсенділігі (активтігі) қоршаған ортадан отынның жану өнімдерінің, күкіртті газдың, күкіртті сутегінің, т.б. ( $\text{HCl}$ ,  $\text{NO}_2$ ) еруінің, көмірдің, әктің, құмдардың қатты бөлшектерінің тұнуының нәтижесінде сілтілер мен қышқылдың пайда болуының есебінен жоғарылай түседі.

Газды ортаға жоғары температураға дейін қыздырылған ауа, әдетте оттегімен байытылған, отынның жану өнімдері, пештік агрегаттардың газдары жатады. Машиналардың элементтеріне әсер ететін газдық орта жоғары температуралармен ғана зиянды компоненттердің болуымен сипатталады.

Сұйықтық ортаға су, қышқылдар, сілтілер, көптеген органикалық заттар (бензин, керосин, т.б.) жатады. Бұл орталардың көп кездесетіні – су (әсіресе, сыртқы және ішкі салқындату жүйелерінде). Бөлшектер үшін бұл су агрессивті орта болып табылады, өйткені, әдетте салқындату үшін құрамында түрлі тұз, хлорид, сульфаттар, күкіртті сутегі бар химиялық тазартылмаған су қолданылады. Газдарды тазарту қондырғыларында судың агрессивтігі күкірт, азот, көміртегі, кальций тотықтарының еруі және қышқылдар мен сілтілердің пайда болуы нәтижесінде жоғарылайды. Кейбір зауыттарда жоғары агрессивті теңіз суы қолданылады. Кей жағдайларда тіпті жағар майлар, әсіресе күкірттің жоғары мөлшерінде коррозиялық активті болуы мүмкін.

### **Коррозиялық орталар әсерлерінің зардаптары**

Коррозия – металдардың қоршаған ортамен физика-химиялық әрекеттестігі нәтижесінде бұзылу үрдісі (металл бөлігінің тотықтар, тұздар құралуы немесе еруі арқылы иондық күйге өтуі). Коррозия екі түрге бөлінеді – химиялық және электрхимиялық.

Химиялық коррозия деп, металл мен электр тотығын өткізбейтін сыртқы ортаның химиялық өзара әсері нәтижесінде металдың қирау үрдісін атайды.

Электрхимиялық коррозия – металда көптеген гальваникалық элементтердің пайда болуы нәтижесінде металдың қирау үрдісі. Металда гальваникалық элементтердің пайда болуының міндетті шарттары – металдың бетінде ток өткізгіш ортаның, яғни электролиттің және электрхимиялық біртекті элементтің болуы.

Металдың бетінде коррозиялық гальваникалық элемент пайда болған кезде екі электродтық үрдіс жүреді:

1) анодтық үрдіс, яғни артық электрондардың тиісті мөлшерін (санын) металда қалдырумен металл иондары ерітіндіге өтеді;

2) катодтық үрдіс, яғни артық электрондарды иондармен байланыстыру (ассиметрия) үрдісі. Анодтық және катодтық үрдістер бір-бірімен байланысты, бірақ металдың әртүрлі беттерінде қатар жүруі мүмкін.

Коррозияның қарқындылығын белгілі уақыт мерзімінде бөлшек массасының азаюы немесе зақымдалған орындар тереңдігінің үлкеюі бойынша бағалайды. Металдардың коррозиялық беріктігін бағалау 10 балдық шкала бойынша жүргізіледі. Коррозияға беріктігі жоғары металдардың (3–5 балл) тозу жылдамдығы – 0,01-0,1 мм/жыл, ал беріктігі төмен металдардың (7–9 балл) тозу жылдамдығы – 1–10 мм/жыл.

### **Машиналар мен металлоконструкцияларды коррозиядан қорғау**

1) Коррозиялық ортаның зиянды әсерін төмендету:

а) технологияны өзгерту;

ә) агрессивті орталардың таралуын азайту;

б) конструкторлық әдістер.

2) Коррозияның ингибиторларын қолдану. Коррозиялық ингибитор – коррозиялық үрдістерді тежейтін заттар. Ингибиторлардың әсер ету механизмі төмендегідей: олардың бөлшектері металды қоршаған ортадан айыратын қоршаушы қабат құрайды. Ингибитор бөлшектерінің металмен өзара әсері нәтижесінде, берік молекулалық байланыстар құрап, металдың бетінде ұсталады.

Металдың бетінде коллоидты желе тәрізді қабыршақтар құрайтын немесе үгілмелі тотық қабыршақтарын нығыздайтын және жағар май ингибиторлары болуы мүмкін.

Коррозиялық ингибитор:

- сұйық ортаның ингибиторы;
- газды ортаның ингибиторы;
- ұшпалы ингибитор;
- ұшпалы емес ингибитор;
- контактілі;
- жылжыма.

3) Металдарды қорғаушы материалдармен қаптау – лактар, сырлар, эмальдар, шайырлар, пластмассалар, резина, фторопласт, арнайы коррозияға қарсы жағармайлар.

4) Коррозияға беріктігі жоғары материалдарды қолдану:

- тот баспайтын болаттар – 16-25% O<sub>2</sub>, 8-20% Ni, Mo, Ti, аустенитті (X18H10, 12X18H10T, т.б.).

5) Металдарды коррозияға берік материалдармен қаптау (ыстықтай немесе гальваникалық) – қалайылау, мырыштау, хромдау, никельдеу, алюминдеу, алюмомырыштау.

6) Берік тотық қабаттармен қорғау – тотықсыздау, т.б.

7) Плакитирлеу, яғни илемдеу арқылы биметалдар алу (болат+томпак, болат+алюминий, болат+тот батпайтын болат).

8) Электрлік химиялық қорғаныс:

- а) протекторлық;
- ә) катодтық;
- б) анодтық.

а) протекторлық қорғаныс – коррозиялық ортаға бөлшекпен қатар, онымен сыммен жалғанған тезірек тозатын металдан жасалған пластина (протектор) салынады. Протектор тозу кезінде өзінің электрондарын қорғалатын бөлшекке береді де, ол бөлшекте коррозияның дамуын тежейді.

ә) катодтық қорғаныс – бөлшек тұрақты ток көзінің теріс полюсіне жалғанады да, қорғалатын бөлшектің бетінде артық электрондар пайда болады.

б) анодтық қорғаныс кезінде бөлшек тұрақты ток көзінің оң полюсіне жалғанады да, электр потенциалының әсерінен біраз уақытта активті бұзылудан кейін бөлшектің бетінде қорғаушы қабат (қабыршақ) пайда болады.

## **2.5. Химмотология негіздері**

«Химмотология» – химия, мұнай технологиялары, жылу техника, машинатану және экономика түйіскенде пайда болды. «Химмотология» – химия, мотор, логия (грек тілінен «logos» – ғылым) сөздерінен қысқартылған күрделі сөз. Алғашында бұл термин техникалық әдебиеттерде 1964 ж. «жанар-жағар материалдарды қолдану» сөз тіркесі орнына қолданылды. Терминнің авторы – химмотология ғылымының атақты ғалымы профессор К.К. Папок болды. Ол осы ғылымның мағынасын былай анықтады: «Химмотология – ол техникада жанар-жағар материалдарын тиімді қолданудың теориясы мен тәжірибесі. Оның негізгі мақсаты жанар-жағар майларды қолданудың тиімділігін арттыру болып табылады». К.К. Папок химмотологияның негізіне қозғалтқыш – жанармай – жағармай – пайдалану төрт түйінді жүйені қойды [3,14-18]. Қазір химмотология барлық машиналармен жағармайлардың түрлерін зерттейді.

Жағар материалдарының классификациясы 27674–88 МЕСТ бойынша анықталады.

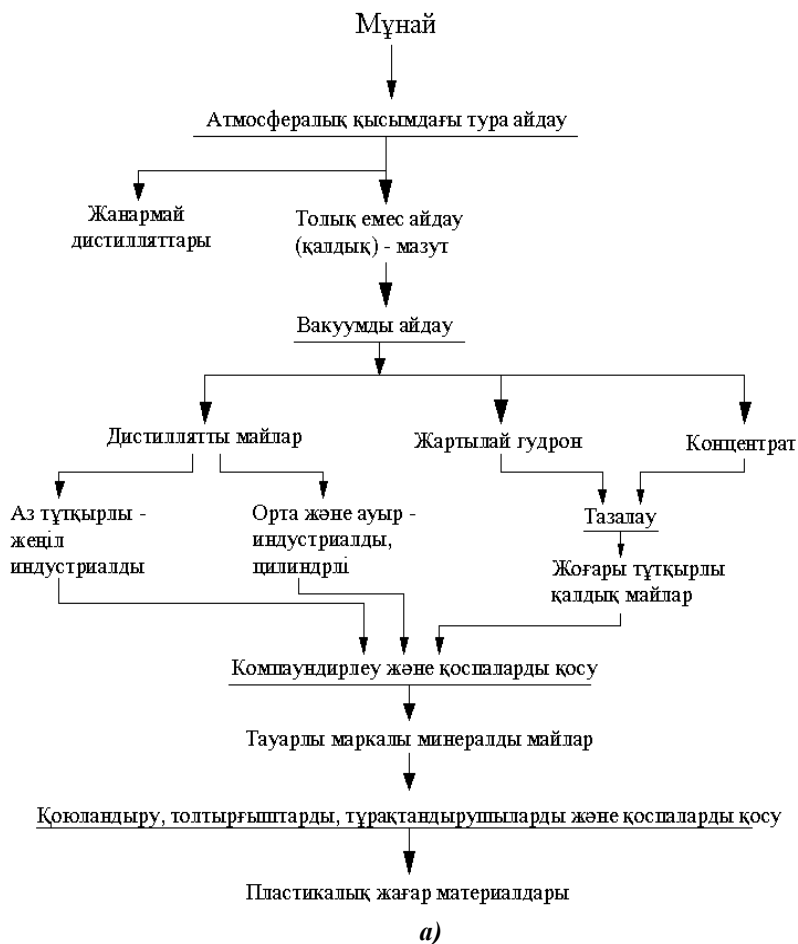
*Пластикалық жағар материалы* – жартылай қатты немесе қатты өнім, сабындармен немесе басқа қоюлатқыштармен тұрақтандырылған, басқа да компоненттері бар болуы мүмкін болатын минералды немесе синтетикалық майдың қоспасынан тұрады. Бұл термин «консистентті» деген анық емес терминнің орнына енгізілді, себебі «консистенция» сөзі (латын тілінен «consistere» – тұру) заттың күйі, тығыздығы және қаттылық дәрежесін білдіреді; барлық осы күйлер әртүрлі болуы мүмкін.

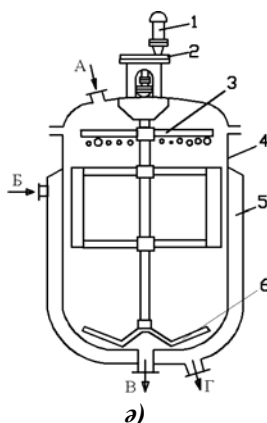
Тегі бойынша минералды жағар материалын (мұнай және сланецті) өсімдік, жануар және синтетикалық деп ажыратады. Металлургияда қолданылатын негізгі майлар – минералды.

Жағар материалдарын алу үшін химиялық шикізат ретінде мұнайдың құндылығына дүние жүзі ғалымдарының арасында бірінші болып көңілін аударған ұлы орыс ғалымы Д.И. Менделеев болды. Ол 1867 ж. Баку мұнайынан мазутты өндеп, жағармайларды алуды ұсынды. Бұдан бұрын тек керосин ғана қолданылып, мазут керексіз қалдық деп саналатын.

*Мұнай* көміртегі мен сутегі қосылысының күрделі қоспасы болып табылады. Оның элементтік құрамы: көміртегі 83–87 %; сутегі 11–14 %; оттегі 0,1–1,2 %; азот 0,02–1,7 %; күкірт 0,01–5,5 %.

*Мұнайөңдеудің бірінші сатысы* мұнайды тура айдау, *екінші сатысы* – мазутты вакуумда айдау болып табылады. Бұл жағдайда майлы фракциялардың қайнау температурасы 450 °C дистилляттар түрінде және қайнау температурасы 500 °C-ден жоғары қалдық түрінде алынады. *Үшінші сатысы* – компоненттерді араластырудан (компаундирлеу) және қоспаларды қосудан тұрады (4а-сурет).





4 - сурет. Жағар материалдарын өндірудің қарапайымдалған сұлбасы  
(а) және пластикалық материалдарды өндіру үшін пісіру  
аппаратының сұлбасы (ә)

1 – электрқозғалтқыш, 2 – редуктор, 3 – көбік басқыш қалақ,  
4 – қазан корпусы, 5 – булы көйлек, 6 – қаңқалы бұлғауыш,  
А – шикізатты тиеу, Б – жылутасымалдауышты беру,  
В – өнімді шығару, Г – жылутасымалдауышты аластау

Өндіру технологиясын пластикалық жағар материалдарының қасиеттерін дайындауда анықтайды. Пластикалық жағар материалды дайындауда бірнеше сатысы болады: шикізатты мөлшерлеу, қоюлатқышты дайындау, қоюлатқышты маймен араластыру (пісіру), суыту, құрылымды реттеу (гомогенизация), ауадан құтылу (деаэрация), өлшеп орау (расфасовка). Атмосфералық қысымда пластикалық жағар материалдарын алу үшін пісіру аппараты (4ә-сурет) негізгі агрегат болып табылады, жоғары қысымдағы – автоклав.

## 2.6. Жағар материалдар

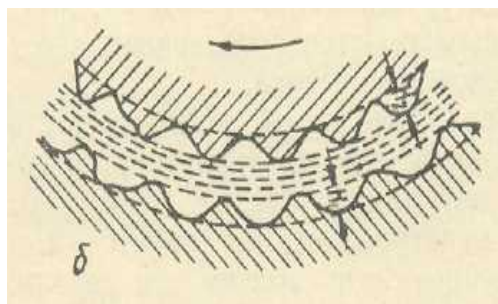
**Жағар материалдар.** Жағармайларға минералды майлар мен консистентті жағармайлар жатады. Майлар – олар бөлме температурасында (20 °С) аққыштығы әртүрлі деңгейлі сұйықтар,

олай сұйық жағар майларға жатады. Консистентті жағар майлар бөлме тепературасында қою болады.

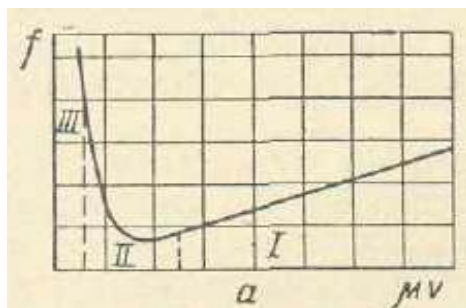
Үйкеліс беттерінің арасында май қабаттарының болуына және олардың қалыңдығына байланысты сырғанау үйкелісінің 4 түрі ажыратылады (5-сурет): құрғақ, шекаралық, жартылай сұйық және сұйықтық.

Шартты 5 қабатқа бөлінеді: 1 – шетмойын жылдам айналады (оған жабысқандықтан); 2, 3, 4 – біртіндеп қала беретін май қатпарлары (қабаттары); 5 – қозғалмайтын май қабаты.

Модельде көрсетілгендей, үйкеліс май қабаттарының арасында пайда болатын (орын алатын) күштермен анықталады. Май қабатының қалыңдығы азайып, майдың ішкі үйкелісіне үйкеліс беттерінің түйісуі қосылса, ондай сұйықтық үйкеліс жартылай сұйық үйкеліске ауысады. Олардың арасында айқын шекара жоқ, ауысу біртіндеп жүреді. Жартылай сұйық үйкеліс кезінде тозу және беттердің бір-біріне бейімделу үрдісі сұйықтық режимді бұрмалауы соншама, классикалық гидродинамика теңдеулері өз мағынасын жоғалтады. Сұйықтық үйкелісі – қалыңдығы 10–15 мкм жағармай үйкеліс беттерін толық ажыратып, металл беттерінің өзара үйкелісін жағармай қабаттарының қатпарларындағы ішкі үйкеліс айналған жағдайда орын алады (6-сурет).



5-сурет. Май қабатының үлкейтілген күйі



6-сурет. Грен-Штрибек қисығы

мұнда  $\mu$  – жағармайдың динамикалық тұтқырлығы;

$\nu$  – үйкеліс беттерінің салыстырмалы сырғанау жылдамдығы;

$P$  – беттердегі меншікті жүктеме;

$f$  – үйкеліс коэффициенті.

I – сұйықтық үйкеліс аймағы:

Сырғанау жылдамдығы азайған кезде немесе жүктеме өскен кезде беттердің арасындағы саңылауға сорылатын май қабаттарының қалыңдығы төмендейді;

II – жартылай сұйық үйкеліс аймағы:

Үйкеліс коэффициенті минималды мөлшері үйкеліс беттерінің кедір-бұдырлығына тәуелді жағармайлар қабатының шекті қалыңдығы, үйкеліс беттерінің материалдары және жағармайдың тұтқырлығына байланысты.

III – үйкелістің қалған түрлері:

Үйкеліс беттерінің материалдары, майлау тораптарының конструкциясы және оларға жағармайдың тиісті сорттарын таңдау ережелері практика нәтижесінде анықталған.

Жағармайды таңдау кезінде ең бірінші консистенттік жағармай майлауға болатын беттерді анықтау қажет.

*Консистентті жағармайдың артықшылықтары:*

1) сұйық жағармаймен салыстырғанда олар үйкеліс беттерінде ұзағырақ сақталады (ұсталады), өйткені олар қалыпты температурада қою күйінде болады және тек жоғары температурада ғана аға бастайды;

2) консистентті жағармай сұйық жағармаймен салыстырғанда жұмыс беттеріне түрлі текті кірлердің түсуінен жақсы қорғайды, бұл әсіресе қоршаған ортаның күшті кірлену жағдайында маңызды.

*Консистентті жағармайдың кемшіліктері:*

1) олардың циркуляциясы мүмкін еместіктен жағармай біржола жоғалады, сондықтан машиналарды консистентті жағармаймен майлау минералды майлармен майлаумен салыстырғанда қымбатқа түседі;

2) үйкеліс орындарынан артық жылуды алыстау қажет болған жағдайларда консистентті жағармай әсері төменірек;

3) консистентті жағармай тұтқырлығының жоғарылығына байланысты майлау қабаттарындағы ішкі үйкеліс дұрыс қабылданған минералды майлармен салыстырғанда едәуір көп болады.

Үйкелістің жоғары болуының келесі себебі – олардың құрамында түрлі қоспалардың (мысалы, ерімейтін әктің) болуы. Олар үйкеліс беттерінен жуылмайды да, май қабатында қалып, үйкеліс беттерінде қажамалардың пайда болуына және тозу жылдамдығының өсуіне әкеледі.

*Сұйық жағармай артықшылықтары* – үлкен айналу жиіліктерінде қолдану мүмкіндігі, төмен ішкі үйкеліс коэффициенті; үйкеліс беттерінен артық жылуды алыстау мүмкіндігі, әсіресе салқындату жүйелерімен жабдықталған циркуляциялық жүйелерді қолдану кезінде; әртүрлі сүзгілерді, бақылау приборларын қолдану, тораптарды бөлшектемей майды ауыстыру мүмкіндіктері.

*Сұйық жағармай кемшіліктері* – тұрқылардан жеңіл ағып кетуі, бұл түрлі қымтамалар жүйелерін пайдалануды және сиымдылықтарды оқтын-оқтын толтырып отыруды қажет етеді. Жобаланушы машиналардағы консистентті жағармай майланатын үйкеліс тораптары дәлденгеннен кейін, әр машина үшін жағармай сорты таңдалады. Бұдан кейін жағармай жұмыс істей алатын шекті температуралары бойынша (88°, 120°, 180 °С) 2–3 сорт қолданылады.

Жағармай шығу тегіне және құрамына байланысты сұйық минералды, өсімдік және малдың майлары, консистентті жағармай және малдың қою жағар майы (жиры), сулық (эмульсиялық) жағармай болып бөлінеді.

Майлау жүйелерін жинақтау жұмыстарын 3 түрге бөлуге болады: майлау жабдықтарын жинақтау, сықау және ағызу құбыржолдарын жинақтау және құбырларды машиналар бойынша бөлу. Аталған жұмыстардың әрқайсысын қатар немесе бір-бірінен бөлек жүзеге асыруға болады.

Сұйық майлау жүйелерін жинақтауды негізгі жабдықтарды өндіруші-зауыттың сызбаларымен және майлау қондырғыларын, аппараттар мен құрылғыларды жеткізіп тұратын зауыттардың басқа құжаттамалары, нұсқаулықтары және паспорттарымен қатаң сәйкестікте жүргізу қажет. Тасымалдау және тиеу-түсіру операциялары барысында пайда болуы мүмкін ақауларды анықтап, оларды жою мақсатымен, майлау жабдықтарын төмендегідей ревизиялау ұсынылады:

а) жинақтауға келіп түскен жүйе жабдықтарын өндіруші-зауыт сертификаттары бойынша тексеру қажет;

ә) ревизия барысында анықталған ақаулар мен зақымдануларға ақаулық актісі жасалады, оның көшірмесін өндіруші-зауытқа жібереді;

б) майлау жабдықтарын ревизиялау барысында ішкі беттердің, қосқыш келтекұбырлар мен тесіктердің ластануын анықтаған жағдайда, оларды мұқият тазалап, маймен шаю қажет.

Бұл жағдайда майлау жабдықтарын негізгі жабдықтарды өндіруші-зауытқа апармастан, бірден жинақтау орнына жөнелтетінін ескеру қажет. Орталықтандырылған майлауды машиналар бойынша разводкалау үшін, арматураны, құбырлар мен фитингілерді сәйкес сызбаның спецификациясы бойынша жинақтап, негізгі жабдықтармен бірге тиейді.

Сұйық майлау жүйесі болмаған арнайы жағдайларда зауытшілік сынақтар өткізіле алмайды, жүйені толығымен өзі арналып жасалған машинамен жинайды, бірге сынап, жинақталған күйінде тапсырады.

Станциялар сорап, сүзгі, баспақ бак және сұйыққойма-тұндырғыштар астына іргетастармен жабдықталған майлы төлелерде орналастырылады. Барлық жабдықтар майлы төлеге төленің төбесінде қарастырылған жинақтауыш қолтесіктер арқылы беріледі.

Жинақтауды дұрыс ұйымдастыру және жүргізу үшін, сұйық майлаудың орталықтандырылған жүйелері түрлі, айтарлықтай күрделі жабдықтармен және автоматикамен жабдықталғандығын ескеру қажет. Бұдан басқа, жүйе құрамына металлқұрылымдар, құбыржолдар және түрлі аппаратура кіреді. Бұл жағдайлар жинақтау бригадасын оның құрамына механикалық жабдықтарды жинақтау бойынша темір ұсталар мен автоматика құралдарының жөндеушілері, құбыржолшы-ұсталар мен түрлі жоғары білікті пісірушілер кіретіндей етіп, таңдауға мәжбүр етеді. Жинақтау тәжірибесінен білетініміздей, тіпті жабдықтармен толық қамтамасыз етілген және құрылыс бөлімі дайын болған жағдайда, жинақтау жұмыстарының нәтижелері әркезде қанағаттанарлық бола бермейді; жұмыс орындары, құралдар мен құрылғылар жеткілікті даяр болмайды.

Тұндырғышты жинақтау алдында оларды су өтпеушілігіне сынау қажет, бұл үшін су құйылады (тесіктен су ағуына және тамшылардың бөлінуіне жол берілмейді). Сұйыққойма-тұндырғыштардың пісіру тігістерінің тығыздығын, оларды сыртқы жағынан борлы сыламамен, ал ішкі жағынан – керосинмен майлап сынайды. Тігістің ақталған бөлігіндегі сары дақтар, оның тығыздығының аздығын көрсетеді. Жылу ауыстырғыштар, сүзгі тұрқылары, қыздырғыш иректүтіктерін  $0,8 \text{ Мн/м}^2$  ( $8 \text{ кГ/см}^2$ ) қысымымен 15 мин аралығында (тесіктен су ағуына және сулануға жол берілмейді) гидравликалық сынақтан өткізеді, ал ауа қалпақтарын, баспақ бактар мен арматураны қысылған ауамен  $0,6 \text{ Мн/м}^2$  ( $6 \text{ кГ/см}^2$ ) қысым астында 10 мин аралығында баспалайды. Жұмысқа кіргізу алдында жылуалмастырғыштардың түтіктерін тез айналдыру қажет.

Сораптық агрегаттар, сұйыққойма тұндырғыштар мен бусұйықтықты қайтарғыштарды деңгей бойымен дәл көлденеңінен, ал майсалқындатқыштар мен сүзгілерді – қиық

бойымен орнату қажет. Құбыржолдардың (сорғыш және сықағыш) сорапқа түрлі күш салулардың берілуін болдырмайтын дербес тіреулері болуы тиіс. Сорғыш құбыржолында ауа қапшықтарының қалыптасуын болдырмас үшін, ол қысқа және сорапты қоректендіретін ыдысқа сораптан тік бұрыш астында болуы тиіс. Сорғыш құбыржолдарын жинақтау барысында бағдар ұстау үшін, олардың сорапқа дұрыс және дұрыс емес қосылуы көрсетілген.

Барлық жүйелерді жинақтаудың аяғында оларды жуу мен сынамалы іске қосылуына көшіп, барлық ақауларды жойғаннан кейін – күнбе-күнгі пайдалануына көшу қажет.

## **2.7. Жағар материалдарына қойылатын талаптар**

Негізгі мақсатты іске асыру үшін жағар материалдары әртүрлі, кей жағдайда сыйыспайтын талаптарға сай, және де келесі қасиеттерге ие болуы керек: сырылуға қарсылық (айқасып қалу кезінде тоздырылуға қарсылық), тозуға қарсылық (механикалық тоздырылуға қарсылық), антифрикциялылық (төмен үйкеліс коэффициентін қамтамасыз ету), жоғары жүктемелік қабілеттілік, температуралы тұрақтылық (төмен және жоғары температураларда жұмысқа қабілеттілік), тұрақтылық (температура, тотығу, қабатқа ажырау, ыдырау әрекеттеріне қарсы тұрақтылық), антикоррозиялылық, температурадан тұтқырлықтың аз өзгеруі, және де экономика жағынан тиімді болу, уыттысыздық және минималды қоспалардың бар болуы.

Барлық жеке талаптарды ұстанудың қиыншылығы майға қойылатын жалпы талаптан көруге болады: әмбебап жағармай, толық мерзімді, жұмысшы-консервациялық және машинаның сенімді жұмысын, машинаның толық қызмет мерзімінде немесе оның капиталды жөндеуіне дейін оны ауыстырмауды қамтамасыз ету.

Жағар материалдарының барлық қасиеттерін үш топқа бөледі: физика-химиялық (әртүрлі анализ әдістермен зертханалық жағдайларда анықталатын), эксплуатациялық (тікелей машиналарда

қолданған кезде пайда болатын) және экологиялық (сақтау, қолдану, тасымалдаудың барлық жағдайларында қоршаған ортамен әрекеттесу кезінде пайда болатын).

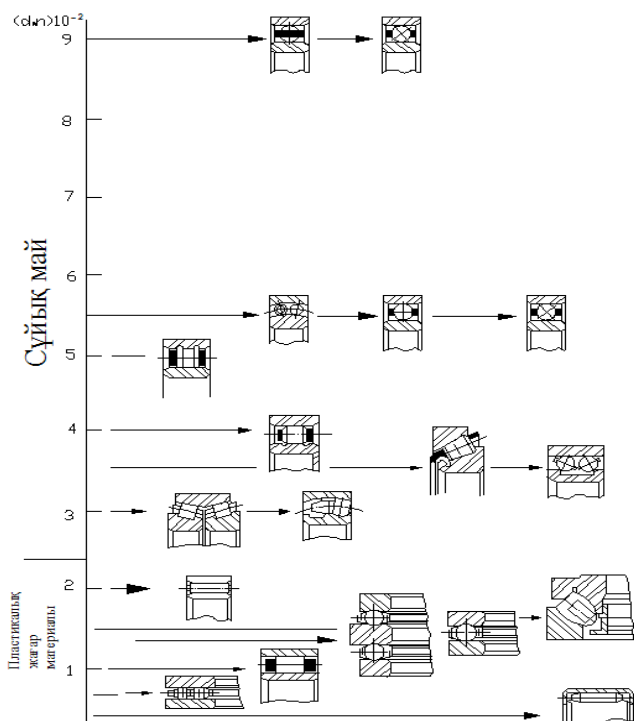
Сапа көрсеткіштері болып табылатын қасиеттерді бағалау үшін, зертханалық физика-химиялық әдістерден басқа, квалификациялық әдістер және эксплуатациялық сынақтар қолданылады.

*Пластикалық жағар материалдарын жиі реверстермен аз айналу жиілікпен немесе бұрылмалы – қысқа мерзімді режимде жұмыс істейтін ауыр жүктелген тербелмелі және сырғанау мойынтіректерде; оңай қолжетерлік құралдармен үйкеліс түйіндерін сенімді нығыздауды қамтамасыз ету қиын болған кезде; керек болса, үйкеліс бетіне шаң, ылғал, күйік түсуден қорғау; вертикальды және көлбеу біліктердің мойынтіректерін, жалпақ және цилиндрлік бағыттаушыларды майлау үшін; мойынтірекке картерден майды шашыратуды қамтамасыз етпейтін (егер орталықтандырылған майлау жүйесі тиімсіз болған кезде), баяу жылдамдықта редукторлардың мойынтіректерін майлау үшін қолданады.*

7-суретте Е.Ф. Чуб бойынша тербелмелі мойынтіректер үшін сұйық және пластикалық жағар материалдарын қолдану ұсыныстары келтірілген. Оларда негізгі критерий жылдамдықты параметр  $d_m n \cdot 10^{-5}$  ( $d_m$  – мойынтіректің орташа диаметрі, мм;  $n$  – айналу жиілігі,  $\text{мин}^{-1}$ ) болып табылады.

*Бағалаудың квалификациялық әдістері* – жағар материалдарының бір немесе бірнеше эксплуатациялық қасиеттерін тікелей бағалау үшін модельді қондырғылар, стенділер, натуралық машиналардағы сынақтар (негізінде).

*Эксплуатациялық сынақтар* – жағар материалының барлық эксплуатациялық қасиеттерін жан-жақты бағалау үшін металлургиялық өндірістің эксплуатациялық жағдайларда нақтылы жабдықтарда өткізілетін ұзақ мерзімді сынақтар. Жағар материалдарының қасиеттерінің барлық бағалау әдістері МЕСТ-пен қарастырылған.



7-сурет. Өртүрлі тербелмелі мойынтіректердің типтері үшін жағар материалдарын қолдану салалары (Е.Ф. Чуб бойынша)

$d_m n$  – жылдамдықты параметр;  $d_m$  – мойынтіректің орташа диаметрі;  $n$  – айналу жиілігі,  $\text{мин}^{-1}$

Жағар материалдарының қолдану шектері оның негізгі қасиеттері және олардың жұмыс істейтін нақты жағдайларымен анықталады. Майлаудың гидродинамикалық теориясына негізделіп, сырғанау жылдамдығы 5 м/с-тан жоғары болған кезде, реверсивсіз жұмыс кезінде (гидродинамикалық мойынтіректерді ескермесек), сенімді нығыздау жағдайында, үйкеліс түйінінен жылуды алыстату керек болған кезде сұйық жағар материалдарды қолданады.

## 2.8. Сұйық жағар материалдары

Бұл – жағар материалдарының ең үлкен тобы. Осыған қалыпты температурада ( $20^{\circ}\text{C}$ ) әртүрлі аққыштық дәрежелі сұйықтықтар (майлар) түрінде болатын жағар материалдары жатады. Майлардың сапасын сипаттайтын негізгі қасиеттері: катаю температурасы, от алу температурасы, қышқылдық саны, механикалық қоспалар мен судың мөлшері.

Тұтқырлық – минералды майлардың универсалды физика-химиялық және эксплуатациялық негізгі қасиеттерінің бірі, белгілі механикалық жабдықтар үшін негізгі жарамдылық критерийі. МЕСТ 27674–88 тұтқырлықты газтәріздес, сұйықтық, жартылай сұйықтықты немесе жартылай қатты заттың оның қабаттарының салыстырмалы орын ауыстыруға қарсылығын көрсетудің көлемді қасиеті ретінде анықтайды. Тұтқырлықтың түрлері: динамикалық («абсолюті»), кинематикалық, шартты (салыстырмалы). Майжүйелерін есептеу үшін кинематикалық тұтқырлықтың көрсеткіші қолданылады – майдың динамикалық тұтқырлығының анықтау температурасында оның тығыздығына қатынасын айтады. *Динамикалық тұтқырлық немесе ішкі үйкеліс коэффициенті* – әсер етуші жанама кернеудің жылдамдық градиентіне қатынасы – сұйықтық ағуға қарсы қарсыласу мөлшері болып табылады. Динамикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігі ретінде ауданы  $1\text{ м}^2$ , бір-бірінен  $1\text{ м}$  қашықтықта орналасқан сұйықтың екі қабаты  $1\text{ м/с}$  салыстырмалы жылдамдықпен қозғалған кезде, ал қозғалысқа  $1\text{ Н}$  кедергі жасайтын сұйықтың тұтқырлығы қабылданады. СИ жүйесінде –  $\text{Па}\cdot\text{с}$ , практика жүзінде сантипуаз  $\text{сП} = \text{мПа}\cdot\text{с} = 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$ . Температурасы  $20^{\circ}\text{C}$  судың динамикалық тұтқырлығы  $1\text{ мПа}\cdot\text{с} = 1\text{ сП}$ . Динамикалық тұтқырлықты МЕСТ 7163-84 ( $1\text{-ден } 3\cdot 10^5\text{ Па}\cdot\text{с}$ ) бойынша анықтайды.

*Кинематикалық тұтқырлық немесе ішкі үйкелістің меншікті коэффициенті* – сұйықтың динамикалық тұтқырлығы сол температурадағы тығыздығына қатынасы – сұйықтың гравитация күштерінің әсерінен ағуына қарсыласу өлшемі болып табылады. Кинематикалық тұтқырлықтың СИ жүйесіндегі

өлшем бірлігі –  $\text{м}^2/\text{с}$ . Бұл өте үлкен бірлік, тәжірибе жүзінде  $10^6$  есе кем бөлшекті бірлігін ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) немесе сантистокс (сСт) қолданылады. Кинематикалық тұтқырлықты МЕСТ 33-2000 бойынша анықтайды. Индустриалды майлар үшін бұл көрсеткіш шектері 4-тен  $1400 \text{ мм}^2/\text{с}$  - қа дейін шамасы өте үлкен болғандықтан.

*Шартты тұтқырлық* дегеніміз – ВУ типті вискозиметрден 200 г сыналатын майдың ағып шығу уақытының тура сондай мөлшерлі температурасы  $20^\circ\text{C}$  дистилденген судың ағып шығу уақытына қатынасы. Шартты тұтқырлықты майдың температурасы  $50^\circ\text{C}$  немесе  $100^\circ\text{C}$  сәйкес келетін градустарда  $^\circ\text{ВУ}$  50 немесе  $^\circ\text{ВУ}$  100 өлшейді. МЕСТ 33-2000 бойынша өнімдердің тұтқырлығын анықтау мүмкін емес болатын болса, МЕСТ 6258–85 бойынша анықталады. Майдың сСт өлшенген кинематикалық тұтқырлығы мен ВУ градустарының байланысы:

$$\nu = 7,32 \text{ ВУ} - \frac{6,81}{\text{ВУ}}. \quad (6)$$

$\text{ВУ}_{50} \geq 10$  болған кезде бұл тәуелділік пропорционалды болады, яғни  $\nu = 7,4 \text{ ВУ}$ .

Өртүрлі тұтқырлы екі минералды майды араластырған кезде олардың шартты тұтқырлығы

$$^\circ\text{ВУ} = \frac{a \cdot ^\circ\text{ВУ}_1 + b \cdot ^\circ\text{ВУ}_2 - \kappa (^\circ\text{ВУ}_1 - ^\circ\text{ВУ}_2)}{100}, \quad (7)$$

мұндағы  $a, b$  – қоспадағы компоненттердің мөлшері, көлемдік пайызы ( $a + b = 100\%$ ;  $^\circ\text{ВУ}_1, ^\circ\text{ВУ}_2$  – майлардың шартты тұтқырлығы;  $\kappa$  – тәжірибелік коэффициент компоненттердің мөлшеріне байланысты табылады.

Тұтқырлы-температуралық касиеттер, яғни температураға байланысты тұтқырлықтың өзгеруін *тұтқырлық индексі* сипаттайды (ТИ). Бұл өлшемсіз салыстырмалы шама. Эталонды май тұтқырлығының өзгеру дәрежесімен салыстырғанда температура көтерілуіне байланысты сипатталатын майдың тұтқырлығының төмендеуінің дәрежесін көрсетеді. Эталонды

май үшін ТИ 100 деп қабылданады. Қазіргі кезде майларға қойылатын талаптар қатаңдығына байланысты, ТИ – жеке майлар үшін 105-ке, кейде 140–160-қа дейін көтерілді.

8а-суретте тұтқырлық индексін анықтайтын график көрсетілген. Ордината осі бойынша градуспен шартты тұтқырлық SU («Сейболт-Универсал»), абцисса осі бойынша – температура белгіленді. Егер нашар майдың шартты тұтқырлығын (SU) ТИ-0 -ді Н-пен және эталонды майдың ТИ-100-ді L-мен (99 °C осы майлардың тұтқырлығы бірдей) белгілесек, онда әрбір салыстырылатын майдың тұтқырлық индексі келесі тәуелділікпен табылады (Ю.В. Жиркин бойынша).

$$ТИ = 100 (L - U) / (L - H),$$

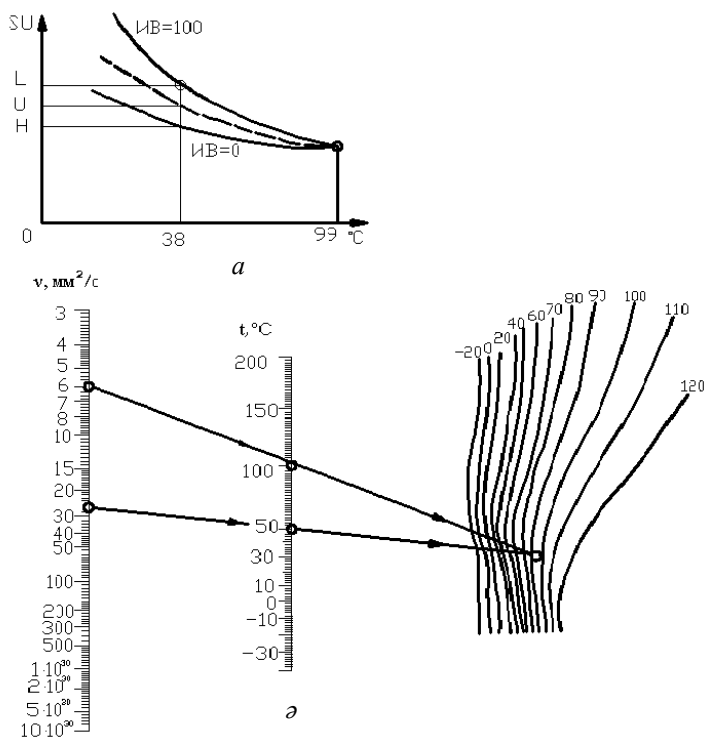
мұнда U – салыстырылатын майдың шартты тұтқырлығы.

8ә-суретте ТИ анықтайтын номограмма көрсетілген.

ТИ-нің анықтамалық кітапшаларында майдың сапа көрсеткіші келтіріледі, оны сонымен қатар ТИ мәндерінің стандартты кестесі арқылы анықтауға болады.

Майлардың тұтқырлық-температуралық қасиеттерін *тұтқырлықтың температуралық коэффициенті* (ТТК) сипаттайды. Ол кинематикалық тұтқырлықтың 0-ден 100 °C-ге дейін қыздырған кезде өзгеруінің 50 °C-де кинематикалық тұтқырлыққа қатынасымен анықталады:  $ТТК = (v_0 - v_{100}) / v_{50}$ , мұнда  $v_0$ ,  $v_{50}$ ,  $v_{100}$  – 0, 50 және 100 °C температураларындағы кинематикалық тұтқырлық.

Тұтқырлық қатаң физикалық мағына (ішкі үйкелісті сипаттайды) және тікелей техникалық қолданысы бар. Әдетте, майды таңдау негізінде тұтқырлықтың деңгейі жатыр. Майлардың тұтқырлығы температураға кері пропорционал. Стандарттарда майдың тұтқырлық-температуралық сипаттамасы 50 °C және 100 °C кинематикалық тұтқырлықтың сандық мәндерінің қатынасымен көрсетіледі. Неғұрлым бұл қатынастың мөлшері аз болған сайын, соғұрлым тұтқырлық индексі және майдың сапасы жоғары болады. Температураға байланысты тұтқырлықтың өзгеруінің қарқындылығы тұтқырлықтың температуралық коэффициентімен сипатталады.



8-сурет. Жағармайлардың тұтқырлық индексін анықтау  
a – график, ә – номограмма

Тұтқырлықты анықтаудың 30 шақты эмпирикалық формулалары бар. Мысалы,  $v_p = v_t(t/t_p)^m$ , мұнда  $v_p$  мен  $v_t$  – майдың жұмыс және зерттеу температураларындағы кинематикалық тұтқырлығы;  $t$  мен  $t_p$  – зерттеу (кестелік мәндер) және жұмыс температуралары;  $m$  – дәреженің тәжірибелік көрсеткіші; әртүрлі майлар үшін 1,9-3,0 ( $v_{50} = 20 \div 120$  болғанда).

Тәжірибелік есептемелер үшін Вальтер теңдігінде қолданылады:  $\lg \lg(v+0,8) = A + (B/\lg T)$ , мұнда  $v$  –  $T$  температурасындағы кинематикалық тұтқырлық,  $A$  мен  $B$  – эмпирикалық тұрақтылар;  $T$  – абсолютті температура.

Динамикалық тұтқырлық ( $\eta$ ) үшін Френкель теңдігін қолданады:  $\eta = Ae^{U/KT}$ , мұнда  $A$  – тұрақты;  $U$  – ағын активациясының энергиясы,  $K$  – Больцман тұрақтысы;  $T$  – абсолютті температура.

Май тұтқырлығының қысымнан өзгеруін Барус теңдігі бойынша анықтайды:  $\eta_p = \eta_0 e^{\alpha p}$ , мұнда  $\eta_p$  – есептік қысымдағы динамикалық тұтқырлық;  $\eta_0$  – атмосфералық қысымдағы динамикалық тұтқырлық;  $p$  – май жұмыс істейтін бөлшектердің контактілік зонасындағы есептік қысым;  $\alpha$  – тұтқырлықтың пьезокоэффициенті, оның шамасы қысымға кері. Температура жоғарылағанда тұтқырлықтың пьезокоэффициенті төмендейді. Оның шамасы 1,96-дан ( $v_{40} = 32$  мм<sup>2</sup>/с) 8,15-ке ( $v_{40} = 108$ ) дейін өзгереді.

Кинематикалық және шартты тұтқырлықтың арасында келесі тәуелділік  $v = 0,0731BU - 0,063/BU$  бар. Кең тараған майлар үшін динамикалық және шартты тұтқырлықтар келесі арақатынаспен  $\eta = 0,00065 BU$  байланысады.

*Қатаю температурасы* МЕСТ 20287–91 бойынша анықталады. Ол диаметрі 30,0–33,5 мм стандартты шыны түтікте, оның горизонтальды жағдайында (сынақ өткізу уақыты 5 с) майдың жылжуының жоғалту температурасы. Қатаю температурасында майдың деңгейі өзгермей, беті (мениск) шыны түтікшенің қабырғаларына перпендикуляр болып қалады. Минералды майлар үшін бұл көрсеткіш минус 60-тан плюс 37 °С аралығында орналасқан.

*Тұтану температурасы* – май булары қоршаған ауамен қоспа түзіп, оған жалынды жақындатқанда жана бастайтын (МЕСТ 4333–87 және 6356-75) температураны айтады. Ол булану көрсеткіші және майдың тез қабынғыштығы, әсіресе балқыған және қызған металы бар машиналарды майлау кезінде байқалады. Майдың булануы тұтану температурасынан 65–85 °С төмен басталады. Минералды майлар үшін бұл көрсеткіш 165-тен 325 °С дейін құрайды.

Тұтану температурасы мен *от алу температурасын* ажырата білу керек, бұл жағдайда май өздігінен жана бастайды және жану ұзақтығы 5 с -тан асады ( $T_{жану} \geq 5$  с).

*Қышқылдық сан* – майдағы еркін органикалық қышқылдардың мөлшерін сипаттайды. Бұл сан 1 г майды нейтралдауға қажетті ащы калийдің КОН миллиграмдық мөлшерімен (МЕСТ 11362-96 (ISO 6619-88) немесе МЕСТ 5985-79) анықталады. Минералды майларда бұл көрсеткіш 0,05–0,35 құрайды. 35–100 °С-де жұмыс істейтін майларды ауыстыру үшін қышқылдық санның шекті нормасы 3-ке тең болып табылады.

Машинаның жұмыс істеудегі нақты жағдайларында майды қолдану мүмкіндігі механикалық қоспалар мен судың бар болуына тәуелді. Абразивті әрекет жасайтын қоспалар (шаң, құм, күйік) майда болмауы керек; циркуляциялық жүйелердің майларында механикалық қоспалардың бар болуы (шлам, пластикалық жағар материалдары) 0,1 %, құймалы (картерлік) жүйелерде 0,5 % -дан аспауы керек, кейбір жағдайларда 1–2 % рұқсат етіледі. Механикалық қоспалардың мөлшерін МЕСТ 6370-83, судың мөлшерін МЕСТ 2477-65 бойынша анықтайды. Тәжірибеде майда судың мөлшерін анықтау қарапайым әдісі қолданылады. Майға қыздырылған электрдәнекерлегіштің жұмысшы бөлігін (бізгек) 2–3 мин батырады: егер батырған жердің айналасында май қайнаса, бу бөліну және көпіршіктену байқалса, онда майда судың бар екендігі мәлім. Осы әдістің дәлдігі өте жоғары, майда судың мөлшері 0,003 %-дан кем болғанда да анықтауға болады.

Көп жылдық тәжірибе көрсеткендей, майды тазарту қандай да алдыңғы қатарлы әдістер қолданғанымен, қазіргі машиналар мен механизмдердің талаптарына толығымен сай болатын майлар жоқ. Сондықтан, майлардың эксплуатациялық қасиеттерін арттыру үшін, оларға аз мөлшерде арнайы химиялық және синтетикалық қосылыстары (*қоспа*) енгізіледі (0,01–10 %). Осы операцияны майлау материалдары легірлеу деп аталады.

МЕСТ 27674–88 майлау материалына қоспа – жағар материалына қосылатын зат, оған жаңа қасиеттерді беру немесе өзгерту үшін қолданылады. Басында қоспаларды моторлық майлар үшін ғана жасап қолданды, бірақ кейін қоспалардың саны ұлғайып, оларды барлық майлардың маркаларына қосатын болды. Майларға қосылатын қоспалар – олардың эксплуатациялық

қасиеттерін жақсартудың тиімді, қарапайым және арзан әдісі болып табылады.

Қоспаларды майдың белгілі сапасын арттыру мүмкіндігі бойынша: депрессорлы – майдың қатаю температурасын төмендетеді, майлардың төменгі температураларда аққыштығын жақсартады; антифрикционды, тозуға қарсы, сырылуға қарсы және секіріске қарсы майлардың жағар қасиеттерін жақсартады. Антифрикционды қоспалар үйкеліс коэффициентін төмендетеді немесе тұрақтандырады, берілістің П.Ә.К. арттырады, яғни «майлылығын» жоғарылатады; тозуға қарсы – шамалы температуралар мен жүктемелерде беттің тозуын төмендетеді; сырылуға қарсы – жоғары түйіспелі жүктемелер мен температураларда беттердің аяқасып қалуын болдырмайды немесе азайтады; секіріске қарсы – тыныштық үйкеліс күші мен қозғалыс үйкеліс күшінің арасындағы айырмашылығын азайтады (кейде оларды фрикционды деп атайды); тұтқырлы – майлардың тұтқырлығын ұлғайтады және тұтқырлы-температуралық қасиеттерін жақсартады.

Барлық қоспалардың атаулары мен терминдері МЕСТ 27674–88 келтірілген.

Қазіргі кезде бірфункционалды, яғни майдың бір эксплуатациялық қасиетін жақсартатын қоспаларда тағайындалуынан басқа, универсалды – көпфункционалды қоспалар, және де қоспалардың дайын қосындылары – композициялар қолдана бастады. Қоспалардың композицияларын құруда олардың тек араласуы емес, күрделі химиялық әсерлесуі болады. Сондықтан, жеке қоспалардың қасиеттері жақсарып, жаңа қасиеттер де пайда болады.

Майларды легірлеу, олардың бағасын жоғарылатқанымен, легірленген майларды қолдану әрқашан экономикалық жағынан тиімді болады, себебі жабдықтардың күрделі жағдайларда үздіксіз жұмыс істеу өнімділігін жоғарылатады және майлардың шығындалуы едәуір төмендейді. Легірленген майларды қолданудың деңгейі, майлау жұмыстарының техникалық деңгейін сипаттайды, механикалық қызмет көрсетудің техникалық мәдениетін анықтайды.

Өндірісте жаңа жоғары тиімділікті қоспалар қолданыла бастады: сульфонатты (С-150, НСК), амидті (А-3250), тозуға қарсы және сырылуға қарсы (ВИР-1 және АБЭС).

Соңғы жылдары жоғарытұрақты жағар материалдары шығарылды – *синтетикалық көмірсутексіз майлар*. Егер көмірсутектерде барлық сутегі атомдарын фтор және хлормен ауыстырсақ, онда фторхлоркөміртегі пайда болады. Оның негізінде қайнау температурасы және тұтқырлы-температуралық қасиеттері жоғары майларды жасайды. Фторкөміртекті және хлорфторкөміртекті майларды, мысалы, оттектік автоклавтардың араластырғыш құрылғыларының жетектерінде қолдануға болады. Себебі, олар от алмайтын майларға жатады.

Жағармайларды әдетте тұтқырлық, қолдану салалары, өндіріс технологиясына байланысты кластарға бөледі. Өндірістік жабдықтардың агрегаттары мен механизмдерін майлауға арналған минералды майлардың негізгі бөлігі *индустриалды майлар* деп аталады. Бүкілодақтық мұнай өндеу ғылыми-зерттеу институты *индустриалды майлардың жаңа классификациясын* ұсынған болатын. Мұнда индустриалды майлардың тұтқырлық және қолдану салалары бойынша (ИСО/ТК 28) халықаралық классификациясы ескерілген және қоспалардың сапа кластары бойынша функционалдық қасиеттері, өндірісті ұйымдастырудың ерекшеліктері, жағар материалдар бөлу және қолдану ескерілген. Өндірісте кең қолданылатын жабдықтарға арналған легірленбеген (қоспасыз) және легірленген минералды жағар майларға классификация таратылады: тісті және бұрамды редукторлар, жетектер, престер, илемдеу тұрақтары, гидравликалық жүйелер, т.б. майлауға арналған легірленбеген және легірленген минералды жағармайлар жатады. Оның негізіне 40 °С температурадағы кинематикалық тұтқырлықтың деңгейі, сапасы (қоспа пакетінің бар немесе жоқ болуы, ерекше қасиеттері) және тағайындалуы бойынша майлардың бөліну принциптері жатыр.

## **2.9. Пластикалық жағар материалдары**

Пластикалық жағар материалдары сұйық майлар мен қатты жағар материалдарының қасиеттеріне ие болады. Олардың құрылымы кеңістікті үшөлшемді каркастан, осы каркастың ұяларын толтыратын (дисперсионды орта) қатты түйіршіктер – қоюлатқыштан (дисперсті фаза) және сұйық майдан қалыптасқан. Осы жағар материалдарының ерекшелігі – қалпын сақтау және аз жүктемелердің (өзіндік салмағы) әсерінен деформацияға ұшырамау қабілеті болып табылады. Бірақ, еселенген жүктемелер пластикалық жағар материалдарының деформациясын тудырады, олар тұтқырлы сұйықтық – жағармай сияқты ағады. Жүктемені алған мезетте кейінгі деформация тоқтайды, құрылымдық каркастың тұтастығы қалпына келіп, пластикалық жағар материалы қатты дененің қасиетіне ие болады. Бұзылу процесінің және құрылымдық каркастың қалпына келу қайтымдылығы пластикалық жағар материалдарының жағымды ерекшелігі болып табылады.

Пластикалық жағар материалдарының құрамына жағармай (75–90 %), қоюлатқыш (10–25 %), толтырғыштар, тұрақтандырғыштар мен қоспалардың шамалы мөлшері кіреді. Қоюлатқыштың үлесі пластикалық жағар материалы массасының 10–25 %-ын құраса да, ол осы материалдың эксплуатациялық қасиетіне шешуші әсерін тигізеді. Қоюлатқыштың түріне қарай келесі пластикалық майлау материалдарын айырады: сабынды, көмірсутекті, пигментті, силикагельді, бентонитті, полимерлі, т.б. Сабынды жағар материалдарын жоғары майлы қышқылдардың сабындарымен қоюландыру арқылы алады. Металдық негіздің түрі бойынша сабынды майлау материалдары – натрийлі, кальцийлі, литийлі, мырышты, барийлі, алюминийлі, және де аралас – натрий-кальцийлі, литий-қорғасынды, т.б. болып бөлінеді.

Көмірсутекті пластикалық майлау материалдарын цезерин мен парафинді маймен қорыту арқылы алады.

Майлы негіздің түрі бойынша минералды, синтетикалық (силикондардан) майлардан, және минералды майлар мен

силикондардың қоспаларынан жасалған пластикалық майлау материалдарын айырады. Майлық негіздің қасиеттері көбінесе пластикалық майлау материалының сипаттамаларын анықтайды. Толтырғыштың түрі бойынша, оларды: графитті, молибденді және аралас, қолдану температурасы бойынша пластикалық майлау материалдарын: төмен балқымалы, орта балқымалы, қиын балқымалы, суға қатысты оларды суғатөзімді (гидрофобты) және суғатөзімсіз (гидрофильді) деп бөледі.

Пластикалық жағар материалдарын, сонымен қатар қолдану сипатына байланысты екі топқа бөледі – әмбебап (басымдылықты таралуымен) және арнайы (арнайы қолдану жағдайындағы үйкеліс түйіндері үшін).

Пластикалық жағар материалдарының қасиеттерін қарастырайық.

*Жылжуға беріктік шегі* пластикалық жағар материалдарының негізгі сипаттамаларының бірі болып табылады және майды қолдану мүмкін емес немесе тиімсіз жағдайларда оларды қолдануды анықтайды. Осы қасиет тік және көлбеу беттерде, динамикалы жұмыс істеген бөлшектерде, аз герметикаланған машина тораптарында пластикалық жағар материалдары шегерілуінің қабілеттілігін көрсетеді. Жылжуға беріктік шегі – қоюлатқышпен қалыптасқан құрылымдық каркас қиайтын минималды жылжу кернеуі. Оны екі әдіспен өлшейді – МЕСТ 7143-73 бойынша беріктік өлшейтін аспаппен немесе пластомермен, өлшем бірлігі – Паскаль (Па).

*Тиімділікті тұтқырлық* жағар материалдарын үйкеліс тораптарына механикаландырылған беру мүмкіндігі және оның антифрикционды қасиеттерін, әсіресе төмен температурада сипаттайды. Өлшем бірлігі – Паскаль-секунд (Па·с), жағар материалын қолмен беру жағдайында оның тұтқырлығы 500-1000 Па·с аспауы керек; ең төменгі температурада тұтқырлық қолдану (деформация жылдамдығы 10 1/с болғанда) 1500-2000 Па·с аспауы керек. МЕСТ 7163-84 бойынша тұтқырлықты АКВ-2 немесе АКВ-4 автоматты капиллярлы вискозиметрлерде анықтайды.

*Пенетрация* – жағар материалының жанама көрсеткіші. Ол сан жағынан сыналатын материалға 5 с ішінде массасы 150 г арнайы конустың кіру тереңдігіне (миллиметрдің ондық бөлшегі) тең, егер сынақтар арнайы пенетрометрде (МЕСТ 5346-78) немесе 60 с ішінде 100 немесе 200 г массалы инелермен сыналатын болса.

*Механикалық тұрақтылық* пластикалық жағар материалдарының деформациядан кейін (үйкеліс тораптарына құбырлар арқылы тербетіп жіберу кезінде) және келесі «дем алудың» көлемді-механикалық қасиеттерін сақтау қабілеттілігін көрсетеді. Сынақтарды арнайы приборда – МЕСТ 19296-73\* бойынша тиксометрде өткізеді. Жағар материалының қалпына келу және де беріктіктің өсу қасиеті деформацияның айқасуынан кейін *тиксотропия* деп аталады. Аса тиксотропты беку зиянды болады.

*Термобеку* – пластикалық жағар материалдарының балку температурасынан төмен қыздырғаннан кейін беріктік шегінің өсуі. Термобекуді СК (МЕСТ 7143-73) беріктік өлшегіште анықтайды. Аса беку кезінде (10 – 20 кПа жоғары) пластикалық жағар материалдарының тербеліп айдалуы нашарлайды.

*Коллоидты тұрақтылық* – пластикалық жағар материалдарының жұмыс істеу және сақтау кезінде ұзақ мерзімді қызмет атқару көрсеткіші. Оны пластикалық жағар материалдарынан престелген дисперсиялық фазаның мөлшері мен МЕСТ 7142-74 бойынша КСА аспабында табады.

*Тотығуға қарсы тұрақтылық* жағар материалының 10 сағ ішінде жұқа қабатта 120 °С дейін қыздырған кезде ауада тотығу қабілеттілігімен сипатталады (МЕСТ 5734-76).

Пластикалық жағар материалдарынан *майдың булануын* арнайы аспаптың (МЕСТ 9566-74) кішкентай шыны аяқ – буланғышта сынақтар массасының өзгеруі бойынша анықтайды.

*Коррозияға сынау* МЕСТ 9.080-77 бойынша өткізеді, 5–3 сағ ішінде жоғары температурада (70–100 °С) сыналатын жағар материалында металдық пластинкаларды ұстау.

*Тамшы таму температурасы* – жанама көрсеткіш, онымен кальцийлі, натрийлі және көмірсутекті пластикалық жағар материалдарын қолданудың жоғары температуралық шегін

табады. Осы көрсеткішті арнайы аспапта (МЕСТ 6793-74) бірінші тамшының тамуынан анықтайды. Пластикалық жағар материалының жұмыс температурасы тамшы таму температурасынан 15–20 °С-ден төмен болуы керек. Қиын балқымалы қоюлатқыштары (литийлі, барийлі және басқа сабындар) бар пластикалық жағар материалдарының жаңа түрлері пайда болғаннан кейін, тамшы таму температурасы осындай материалдар температурасының жұмыс интервалын анықтай алмайды. Себебі, оларда қолданудың жоғарғы шегі, әдетте тамшы таму температурасынан 70–80 °С төмен болады.

Пластикалық жағар материалдарының сапасын жақсарту және арзандату үшін, оларға *қоспаларды* енгізеді – құрылым модификаторлары, қоспалары, толтырғыштар мен олардың композициялары. Қоспаларды дайындау және дайын жағар материалын араластыру кезінде енгізеді.

1979 ж. бастап атауларды реттеу үшін МЕСТ 23258-78 «Пластикалық жағармайлар. Аталуы мен белгіленуі» іске қосылды. Оның негізгі қағидалары: аталуы бір сөзден тұру керек; бір материалдың әртүрлі модификациялары үшін қосымша атауына әріпті немесе цифрлы индекстерді қолдануға болады. Пластикалық жағар материалының аталуы, оның тағайындалуы, құрамы мен қасиетін қысқаша сипаттайды. Ол бес әріптік және цифрлық индекстерден тұрады. Олар келесі тәртіппен орналасып, пластикалық жағар материалының тағайындалуына байланысты тобын (шағын топ), қоюлатқышты, ұсынылатын (шарты) қолданудың температуралық интервалын, дисперсиялық ортаны, материалдың консистенциясын көрсетеді. Тағайындалуына байланысты орнатылатын топтар және шағын топтар орыс алфавитінің бас әріптерімен белгіленеді.

Мысалы, СКа 2/8-2 С – әдетті температуралар үшін жалпы тағайындалуы бар пластикалық жағар материалын (солидол) белгілейді; Ка – кальцийлі сабынмен қоюланған; 2/8 – минус 20-дан 80 °С температураларда қолдануға тағайындалған (- 20 °С жағар материалының тұтқырлығы 2000 Па·с жақын); дисперсиялық орта индексінің жоқтығы – яғни, мұнай майында жасалған; 2–25 °С-де пенетрация 265–295.

## 2.10. Қатты жағар материалдары және қаптамалары

Қатты жағар материалдары аса жүктелген түйіндер үшін қолданылады. Яғни, осы түйіндердің өзі тұра алмайтын, пластикалық жағар материалы жүктемені көтере алмайтын жерлерде және жағдайларда қолданылады. Қатты жағар материалдарының жағар әрекеті, олардың кристалдық торларының қабатты құрылымымен келісілген, беттердегі атомдық байланыстардың жоғары беріктігі және тор тұратын параллельді беттердің арасындағы төмен беріктігімен сипатталады. Қатты жағар материалдарының қасиеттеріне бір топ заттар ие: графит, молибден дисульфиді, вольфрам дисульфиді, молибден мен вольфрамның селенидтері және теллуридтері, фторлы кальций, бор нитридi, йодты кадмий, қорғасын, висмут, күміс, кальций теллуридi, қорғасын сульфиді, тальк, слюда. Олардың кейбір сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген.

Қатты жағар материалдарын таза күйде және композицияларда сырық, брикет, ұнтақ, пасталар түрінде қолданады.

Үйкеліс зонасына қатты жағар материалдарын берудің ротапринтті әдісі жасалды. Мұнда жағар элементі жүктелмеген аймақта үйкелетін айналмалы бетке аз қысыммен қысылады және тұрақты қаптаманы жағады.

1-кесте

Қатты жағар материалдары қасиеттерінің сипаттамасы

|                           | C (графит)   | MoS <sub>2</sub> | WSe <sub>2</sub> | MoSe <sub>2</sub> | NbSe <sub>2</sub> |
|---------------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Балку температурасы, °C   | 3800         | 1185             | 1200             | 1200              | 800               |
| Қолдану температурасы, °C | -250÷<br>340 | -250÷<br>375     | -150÷<br>325     | -150÷<br>375      | -100÷<br>325      |
| Үйкеліс коэффициенті      | 0,04         | 0,03             | 0,02             | 0,02              | 0,06              |

ТЖ 32 ЦТ 658-74 бойынша МЭ-22 молибден дисульфидінің жағар сырықтары қолданылады. Олар локомотивтердің доңғалақ жұбы құрсауының жолдарын майлау үшін тағайындалған, сонымен қатар металлургия зауытарының зауыт іші жолдарында керекті дөңгелектену радиусы болмай, жылжу барысында арнайы жылжымалы составтың дөңгелек ребордалары үшін, крандардың жүріс дөңгелектерінің ребордалары, әсіресе көп дөңгелекті және рельстердің өзі үшін қолданылады. Сырықтардың диаметрі 18, ұзындығы 210 мм, НВ 3,6÷4,0. Рельстердің майлануы крандардың бұрылу рычагтарында қондырылған дисульфидмолибденді қарындаштарымен жүргізіледі.

Тербелмелі мойынтіректері үшін қаты жағар антифрикционды толтырғыштар жасалды [4, 13, 14]. Осы компаундтар термиялық күлсізденген графиттен және байланыстырғыштардан тұрады. Олардың қолдану технологиясы келесі: сақиналар, сепаратор мен майсызданған мойынтіректің тербелу денелері арасындағы бос кеңістік шикі паста тәріздес термореактивті компаундпен (құю машинасында) толтырылады. Сосын ол термоөңдеу процесінде 80–140 °С қатаяды, содан кейін сепараторда айналу денелерінің айналасында және сақиналарда саңылау жасау үшін мойынтіректі 1 мин ішінде айналдырды. Ол – АФЗ-1 (ТЖ 16.538.334-78), АФЗ-3 және АФЗ-5 (ТЖ ФЭ0.359.368) компаундтары. Жоғары температуралық жағар материалы СТ-16-32 (ТЖ 16.538.314-77) мойынтіректерді толтырудан кейін, ауада 24 сағ ішінде қалыпты температурада қатаяды. Осы материалдар ылғалды және шанды орталарда минус 60-тан 350 °С дейін жағар материалын қоспай төрт жыл ішінде жұмысқа қабілеті бар.

Қатты жағар жапсарлары қатты жағар материалдарынан, байланыстырушы (полимерлі материалдар, шайырлар) және ұшпалы еріткіштерден (спирт, бутилацетат) тұрады. Жапсарларды жағу әдістерінің бірі: үйкелетін бөлшектерге суспензияларды жағады, сосын бөлшектерді қыздырады немесе ауада кептіреді, соның салдарынан еріткіш буланып, байланыстырғыштар қатаяды, нәтижеде бөлшектерде құрғақ қатты жағар пленкалар қалады. Олар жоғары температуралар

мен вакуум жағдайында жоғары меншікті жүктемелерге шыдайды. Оларды жағу үшін әртүрлі суспензиялар жасалды: ВНИИНП 209, 212, 213, 229, 230, 232 және 250. Олар қатқаннан кейін молибден дисульфиді негізінде қатты жапсырма минус 60-тан 350 °С дейін, вакуумда – 600 °С дейін жұмыс істейді.

### **2.11. Металлплакирлеуші пластикалық жағар материалдары**

Осы материалдар үйкеліс кезінде таңдаулы тасымалдаудың тозусыз эффектісін іске асырады. Үйкеліс беттері болат – болат және болат – қола жұптарымен белгіленсе, олардың қолданылуы аса тиімді болады. Қазіргі таңда осындай материалдардың он бір түрі шығарылып жатыр.

1973 ж. ВНИИНП 254 жағар материалын ТЖ 28.401-73 бойынша шығарып жатыр. Ол қиын балқымалы дисперсионды ортасы арқасында 180 °С дейін жұмысқа қабілетті, барлық металл жұптарына 0,09 үйкеліс коэффициентін қамтамасыздандырады.

ЦИАТИМ-201 сериялы жағар материалына 10 % қола ұнтағын (массасы бойынша) қосқаннан кейін бронзоль-01 металлплакирлеуші пластикалық жағар материалы алынды. Сәйкес ЦИАТИМ-201 және 202-ге 10% ұнтақ тәріздес қорғасынды (массасы бойынша) қосқанда свинцоль-01 (ТЖ 38101577-76) және күкірті бар свинцоль-02 (ТЖ 38101578-76) пластикалық жағар материалдары алынды. Бронзольдер мен свинцольдар үйкеліс коэффициентін 0,08 және тозусыз эффекті қамтамасыз етіп, жылдамдығы 7м/с дейін, меншікті жүктемелер 150МПа, температурасы минус 60-тан 90 °С дейін жұмысқа қабілетті болады. Олардың сырылуға қарсы қасиеті бар – пісірілу жүктемесі  $P_{\pi}=2800\text{Н}$ . Қорғасынның жоғары уыттылығын ескерсек, онымен жұмыс жасау барысында техникалық қауіпсіздік шараларын қатаң сақтау керек.

Сонымен қатар, МСП-7(ТЖ 38201513-79) металлплакирлеуші жағар матералы жасалды. Ол синтетикалық майлы қышқылдардың литий-кальцийлі сабындармен қоюлатқан және ББЗ (ПАВ), антиқышқылдық қоспа және қосындылар – мыс пен мыстың

пассиваторының ұсақ дисперсті ұнтағы қосылған орташа тұтқырлы май. Тамшы таму температурасы  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ -де жылжуға беріктік шегі 200Па, сындық жүктемесі  $P_k=1400\text{H}$ .

## **2.12. Жағар материалдарының номенклатурасын қысқарту және унификациялау**

Металлургия жағар материалдарының ірі тұтынушысы болып табылады. Жыл сайын қара металлургия 275 мың т жағар материалдарын (оның ішінде 33 мың т пластикалық) 50 түрінен көп, ал түсті металлургия одан сәл аз жұмсайды.

Мұнай өнімдерінің ассортиментін унификациялау мұнайхимиялық және мұнай өңдеу өндірісінен басталады және тұтынушыларды қосады. Жоғары эксплуатациялық қасиеттері бар легіріленген универсалды көп мақсатты жағар материалдарын шығаруға көшетін тенденция бар. Оған арнайы термотөзімді және суыққа төзімді, химиялық төзімді, сырылуға қарсы жағар материалдары жатады. Өндірісті және жағар материалдарын тұтыну, унификациялау жабдықтары сенімділігі деңгейінің жоғарылауы кезінде олардың шығынының азаюына жағдай жасайды.

Қолданылатын жағар материалдарының номенклатурасын оптимизациялаудың негізгі бағыты – көп мақсатты (эмбебап) және арнайы жағар материалдарын қолдану негізінде оның едәуір қысқаруы және унификациясы [5, 20]. Төменде кейбір осындай материалдарды қолдану ұсыныстары келтірілген.

Жабдықтардың қартерлік және циркуляциялық жүйелері үшін көп мақсатты универсалды түрінде ТЖ 38101248-72 бойынша илемдеу тұрақтарының аса жүктелген берілістері үшін комплексті қоспасы бар П8П майын қолдану лайықты болады. П8П майы жұмыс температураларында салыстырмалы төмен тұтқырлығымен сипатталады, яғни оған жоғары термодинамикалық қасиеттерін береді; тұтқырлықтың жатық температуралық қисығымен сипатталады. Ол оны қыздырусыз циркуляциялық жүйелерде  $-20^{\circ}\text{C}$  дейін қоршаған орта температураларда қолдануға мүмкіндік береді, жоғары жағар қабілеттілігімен

сипатталады. 100 °С майдың кинематикалық тұтқырлығы 8–12, 50 °С 44–46 мм<sup>2</sup>/с. Ол илемдеу жабдықтары үшін әмбебап ретінде ұсынылған. Осы май барлық металлургиялық машиналарда кең қолданысқа енді.

Сонымен, Череповец металлургиялық комбинатында ол үлкен қуатты агломерациялық машиналарда (ауданы 312 м<sup>2</sup>), ыстық агломераттың сызықты суытқыштарында (ауданы 415 м<sup>2</sup>), ыстық және суық агломераттың өзіндік балансты даңғырларда, ауыр конвеерлердің редукторларында, т.б. қолданылады. Осыдан майланатын машиналардың жұмысқа қабілеттілігі жоғарылайды және майдың жұмыс мерзімі легірленбеген индустриалды майларға қарағанда, екі есе және одан да көп болады.

Сонымен қатар ИРп-40 және Ипт-20 майлары ұсынылуы мүмкін. ТЖ 38101451-78 бойынша қоспасы бар индустриалды редукторлы май (ИРп-40) – қоспасы бар селективті тазартудан кейін күкіртті мұнайлардан жасалатын минералды май. Ол сырылуға қарсы, тозуға қарсы, антикышқылдану, антифрикциялық және көбікке қарсы қасиеттерін жақсартады. Орташа және жоғары, сонымен қатар соққы жүктемелерде жұмыс істейтін өндірістік жабдықтардың тісті берілістері үшін және де аса жоғары жүктемелерде жұмыс істейтін әртүрлі механизмдерді майлаудың циркуляциялық жүйелері үшін кең қолданылады.

Аса тез жүретін машиналар үшін кең қолданылатын И20А индустриалды майдың орнына ТЖ 38101811-76 бойынша ЭФ-357 тозуға қарсы трибополимеркұрушы және В15/41 тотқа қарсы қоспалары бар селективті тазартудан кейін күкіртті мұнайлардан жасалатын дистиллятты минералды майды (ИРп-40) қолдануға лайықты болады. ЭФ -357 қоспасының әсері үйкеліс түйінін сырылу мен тозудан қорғайтын үйкелетін беттерде полимерлі жұқа қабықтың пайда болуына негізделген.

Ашық ауада жұмыс істейтін машиналар үшін жаңа универсалды барлық мезгілді трансмиссионды ТМ5-12РК (ТЖ 38101844-80) жұмысшы – консервациялық майды ұсынады. Ол – 55-тен 50 °С-ге дейінгі температуралық аралықта жұмыс істейді.

Бірыңғай көп мақсатты универсалды пластикалық жағар материалы ретінде МЕСТ 23510-79 бойынша Униол-2 қолдануға

лайықты болады. Ол мұнай майлары мен майлы синтетикалық қышқылдардың комплексті кальцийлі сабындары мен сірке қышқылы негізінде жасалады. МЕСТ осы жағар материалын металлургиялық жабдықтардың төсеніш үйкеліс тораптары мен орталықтандырылған майлау жүйелері үшін - 10-нан + 160 °С дейін температура аралығында қолдануын анықтайды. Техникалық әдебиеттерде осы жағар материалын -30-дан +150 °С-ге дейін температураларда қолдану ұсынылған. Униол-2 тамшы таму температурасы 200 °С асады, сондықтан үйкеліс тораптарында 180 °С дейін қысқа мерзімді қыздыру рұқсат етіледі. Униол-2 кең тараған майлы шикізат – синтетикалық майлы қышқылдардың фракцияларынан жасайды. Сондықтан, оның бағасы солидолдың бағасымен бірдей, бірақ Униол-2 шығыны 2,5–4 есе кем майлау интервалы 3–4 есе артық және де мойынтірек тораптарының жұмыс істеу ұзақтығы жоғарылай түседі.

Майлаудың төсеніш тәсілі кезінде нығыздалуы жоғары үйкеліс тораптары үшін ТЖ 38201342 бойынша Литол-24РК ұсынылады – әйгілі Литол-24 (МЕСТ 21150-87 бойынша) түрінің бірі. Айта кететін жағдай, Литол-24 орталықтандырылған жүйелердің құбырлары арқылы айдауға келмейді. Оның жылжуға беріктік шегі (20 °С) 600-1200МПа дейін жетеді, ал Униол-2 айдалуды сипаттайтын осы көрсеткіш 240 МПа тең.

ТЖ 38201117-76 бойынша ашық тісті берілістерді жағу және тісті жалғастырғыштарға төсеніш үшін тауарлы *битумды пластикалық жағар материалы* ретінде ОЗП-1 ұсынылған. Ол дефицит емес құрамы 2-кестеде көрсетілген шикізаттан жасалады.

## 2-кесте

ОЗП-1 битумды пластикалық жағар материалының құрамы

| Шикізат аты                                        | кг/т |
|----------------------------------------------------|------|
| Майлы гудрон (ТУ 38201184-74)                      | 580  |
| Битум БН-IV (МЕСТ 6617-76)                         | 300  |
| Синтетикалық кабельді май (октол) (МЕСТ 12869-77*) | 150  |
| Ұнтақталған күкірт (МЕСТ 127.5-93; СТ СЭВ 1417-78) | 20   |

Осы жағар материалының майланатын беттерге жақсы адгезиясы бар, майлайтын жұқа қабаттың жоғары бейімделу қабілеттілігімен сипатталады (сырылуға қарсы қасиеттерінің көрсеткіштері Литол-24-ке қарағанда 1,5–2 есе жоғары). Ал тамшы таму температурасы ( $30\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) төмен болғандықтан, үйкеліс тораптарына берілуін жеңілдетеді. Бірақ, қызатын тораптарда қолдану аймағын шектейді.

Қысымдалған ауамен шашырату үшін – ашық берілістердің тістеріне механикалық жағу – УСсА графитті жағар материалының орнына көпфункционалды *барийлі жағар материалы* ТЖ 38201-78 бойынша БСМ-2 жасалған. Ол орташа тұтқырлы минералды май негізінде өндіріледі, тозуға қарсы және антитотығу қоспалары бар комплексті барийлі сабындармен қоюланады;  $1500\text{--}2000\text{ МПа}$  дейін жүктемелерге шыдайды, суда ерімейді, шайылуға қарсылығы, механикалық және коллоидты тұрақтылығы жоғары, реологиялық және тозуға қарсы қасиеттері жақсы, тамшы таму температурасы  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  жоғары, пенетрациясы  $200\text{--}260$  бірлік шамасында.

Арқандар үшін дәстүрлі пластикалық жағар материал 39У орнына ТЖ 38301214-80 бойынша Торсиол-35 ұсынылған. Оның аязға төзімділігі 39У-ға қарағанда ( $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) жоғары.

XX ғасырдың 70-ші жылдары «жартылай сұйық» жағар материалдары жасалды. Олар майлар мен пластикалық жағар материалдарының ұстамды қасиеттерін алған. Ол *шахтол* (ТЖ 3820144-79,  $v_{100} = 17\div 22\text{ мм}^2/\text{с}$ ), *ЦИАТИМ-208* (МЕСТ 16422-79), *шахтол-К* (ТУ 3820149-79,  $v_{100} = 20\div 25\text{ мм}^2/\text{с}$ ), *трансол-300*. Осындай жағар материалдарында сырылуға қарсы қасиеттері жоғары: пісірілу жүктемесі –  $7\text{ кН}$  төмен емес. Оларды аса жүктелген редукторларда және берілістерде, егер жеткіліксіз болғанда нығыздалу қолдану лайықты болады.

Бір редуктор, жетек, беріліс әртүрлі сортты майлармен сенімді жұмыс істей алатынын ескеру керек. Жағар материалын таңдауда соңғы критерийі экономика болып табылады. Ол машина жұмысының ұзақ мерзімділігі мен тоқтаусыздығы, жағар материалдарының унификациясы, эксплуатация кезінде майдың қызу температурасы, оның ішкі үйкелісі және

араластырылуына энергия шығынын ескереді. Сондықтан, майларды таңдау кезінде, тәжірибелік жолмен қартерлі жүйелер үшін осы маймен жұмыс істеу барысында төмен температураны ( $50^{\circ}\text{C}$  дейін) қамтамасыз ететін майды қабылдайды. Бірдей температура кезінде аз тұтқырлы майды таңдайды. Себебі, жабдықтар осы маймен жұмыс істеген кезде аз энергия шығынын талап етеді.

Пайдаланудың ең жауапты кезеңінде, жаңадан жұмыс жасағанда, сырылуға қарсы легіріленген жағар материалдарын қолдану керек. Осы мақсаттар үшін ең қолайлысы молибден-дисульфиді *Лимол пастасы* (ТЖ 38201146-75) болады. Онда 60 %  $\text{MoS}_2$  бар, силикагель-аэросилмен қоюланған МС-20 авиациялық майдан жасалған. Металлургиялық комбинатта  $4 \times 13,5$  м және  $3,2 \times 15$  м диірмендерде баббитті нығыздауыштардың ауыстырғаннан кейін Лимолды қолдануы, жаңадан жұмыс жасау мерзімін 20 есе рет қысқартты (2 тәуліктен 2-3 сағ).

Термотұрақты бейорганикалық пластикалық жағар материалдарының арасында  $250^{\circ}\text{C}$  тамшы таму температурасы бар *аэрол* (ТЖ 38201171-79) және *графитолды* (ТЖ 38201172-77) айрықша атауға болады.

Химмотологияда *жағар материалдарының үйлесімділігі* термині ретінде, үйкеліс торабында араластырылу нәтижесінде олардың қасиеттерінің өзгеруін түсінеді. Майларды араластыру жағымсыз болады, себебі қоспалардың антагонистикалық әрекеті болуы мүмкін. Әртүрлі майларды қолдану кезінде, яғни бір майды басқа маймен ауыстырғанда, ыдыс-қойма мен жүйе өте жақсы жуылуы керек. Қазіргі заманда пластикалық материалдарға өту кезінде, тағайындалуы жалпы жағар материалдары (солидол, консталиндер) көпмақсаттылармен араластырылуы мүмкін. Қоспаның қасиеттері, оның құрамына сәйкес аддиативті өзгереді, сондықтан бұл жағдайда үйкелу торабын толық жуу қажет емес. Комплексіті кальцийлі және литийлі жағар материалдары жақсы үйлесімді болады.

Сұйықтықты үйкелу мойынтіректері үшін Пп-6, Пп-17 және Пп-28\* ( $v = 6; 17$  және  $28 \text{ мм}^2/\text{с}$ ) жаңа майлар жасалды [6, 14].

Суық климатты аудандар үшін ТМ5-12РК-дан басқа, ТСЗп-9гип, ТС-10ОТП, ТСп-10, ТСЗп-8 трансмиссионды майлар, Северол-1, Униол-3М, Зимол пластикалық жағар материалдары жасалды.

**Бақылау сұрақтары:**

1. Химмотология ғылымы неге бағытталған?
2. Жағар материалдарына қандай талаптар қойылады?
3. Тұтқырлық дегеніміз не және оның қандай түрлері бар?
4. Пластикалық жағар материалдарының негізгі қасиеттері қандай?
5. Қатты жағар материалдарының артықшылығы неде?
6. Үйкеліс кезінде таңдаулы тасымалдаудың тозусыз эффектiсін қандай материалдар қамтамасыз етеді?
7. Жағар материалдарының номенклатурасын унификациялау не үшін керек?

### **3. МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ НЕГІЗГІ МАЙЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІ**

#### **3.1. Металлургиялық жабдықтарды майлау**

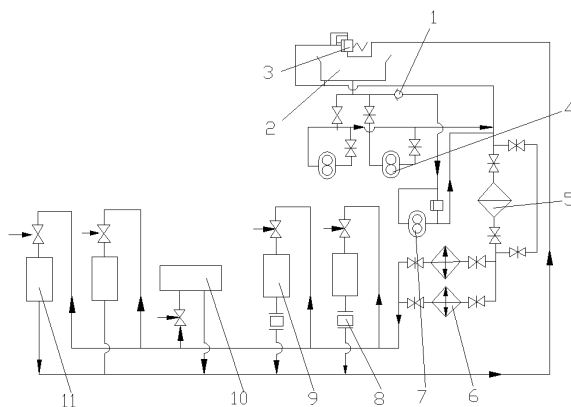
Майлау әдістерінің терминдері мен анықтамалары МЕСТ 27674-88 бойынша белгіленеді. Өрекет ету кезеңдеріне байланысты жүйелер үздіксіз және периодты майлауға бөлінеді. Майлау жүйелерінің түрлері МЕСТ 20765-87 «Майлау жүйелері. Терминдер мен анықтамалар» бойынша анықталады. Майлау материалдарының классификациясы 9-суретте көрсетілген. Майлау жүйелерінің аттары олардың майлау әдістерін жасайтындығы, және де конструкция, жұмыс пен бақылау ерекшеліктерін айқындайтындығын көрсетеді. Майлау жүйелеріне жалпы техникалық шарттар МЕСТ 19099-86 бойынша көрсетіледі.

#### *Май жүйелерінің құрылғысы мен жабдықтары*

Салыстырмалы түрде шағын берілістерде  $v < 12$  м/с болғанда картерлік майлау жүйесі қолданылады (батырумен). Жақсырақ нәтижені орталықтанған майлау жүйесі береді. Май жүйесінің құрылысы үйкеліс тораптарына берілетін майды қабылданған мөлшерлеу әдісі бойынша (ағында дроссельдеу – айыру су құбырларында немесе қоректендіргіштермен көлемді мөлшерлеу), майды қолдану әдісімен (көпретті циркуляция немесе бір ретті ағын), майлау жабдықтарының ерекшеліктерімен анықталады. Жалпы түрде жүйе майлау станциясы, майлау материалдарының кондиционерлері, майлау кешендері, клапандар мен май мөлшерлегіштер, БӨП және автоматикадан тұрады. Metallургияда орталықтандырылған майлау жүйелері кең таралған. 10-суретте агломерациялық эксгаустердің майлау жүйесі көрсетілген. Осындай типті машиналар салыстырмалы қарапайым болып келеді, бірақ қарқынды ( $50 \text{ с}^{-1}$  дейін), жоғары өнімді ( $27000 \text{ м}^3/\text{мин}$  дейін), жетегі жоғары қуатты ( $5000 \text{ кВт}$  дейін).



Жүйе құрамына майажыратқыштар және сүзгіш кіреді. Іске қосу және авариялық ретінде айнымалы тоқты электржетегі бар тістегергішті сорғы, сонымен қатар, тұрақты тоқты электржетегі резервті сорғы ретінде қолданылады. Жүйе автоматтандырылған, берілген майдың температурасы мен қысымын бірқалыпта ұстайды. Бактан майды беттік қабаттың астынан қалқымалы сүзгішпен алады, себебі жоғарғы қабаттарда май таза болады. Осыған ұқсас СҮМ жүйелерде сенімділікті арттыру үшін пневмоаккумулятор енгізілген (пресс-бак). Осындай жүйелердің машина жетектерінде блокировка қарастырылған. Ол жүйеде қысым белгіленген мөлшерге жеткенше машинаның іске қосылуы және жұмыс істеуін болдырмайды. Қарастырылған типті жүйенің негізгі айырмашылығы – визуалды бақылаумен бірге дроссельдер (МЕСТ 20817-75) арқылы майды мөлшерлеу.



10-сурет. Агломерациялық эксгаустердің орталықтандырылған циркуляциялық майлау жүйесінің сұлбасы (үздіксіз беріс, дроссельді мөлшерлеу)

- 1 – қайтарма клапан, 2 – майлы бак, 3 – қорғаушы клапан,  
4 – электржетегі бар тістегергішті сорғы, 5 – сүзгі,  
6 – майсалқындатқыш, 7 – ротордың механикалық тістегергішті сорғысы, 8 – бақылау түтік, 9 – эксгаустер роторының мойынтіректері, 10 – тісті жалғастырғыш, 11 – электрқозғалтқыш роторының мойынтіректері

Әрбір май жүйесінің негізін майлау станциясы құрайды. «Электростальтяжмаш» АҚ СЖС (сұйық майлау станциясы) типті орталықтандырылған циркуляциялық станцияларды жасаған. Бұл станция үздіксіз беру жүйелерінде дроссельді мөлшерлеумен жұмыс жасауға арналған. Ең қуатты станцияда СЖС-50  $50 \text{ м}^3/\text{сағ}$  беруі бар, бактың сыйымдылығы  $25 \text{ м}^3$ , қуаты  $11 \text{ кВт}$  және массасы  $9,2 \text{ т}$ . Барлық станцияларда майдың қысымы  $0,4 \text{ МПа}$ , майды жылыту құрылғысы бар. Машинажасау зауытында суытқышпен қамтылған станцияларды жасайды, олардың да қысымы  $0,4 \text{ МПа}$  және майды айдау  $70 \text{ л/мин}$  (ЦС-70, ЦС-70М).

*Сорғылы агрегаттар* майлау станциясының негізі болып табылады. Сорғылардың әртүрлі конструкциялары қолданылады: плунжерлі, ротациялы-поршеньді, пластиналы, тістегергішті, бұрандалы. Плунжерлі және поршеньді сорғылар үлкен қысымда ( $150 \text{ МПа}$  дейін) майды беруді қамтамасыз етеді, бірақ беруі шағын болады. Ротациялы-поршеньді сорғылар тұрақты қысымды ұстап тұру үшін құрылғылармен қамтылған. Ең таралған тістегергішті және бұрандалы сорғылар; соңғысында өзіндік сору қабілеті жоғары және шусыз жұмыс істеумен ерекшеленеді. Сондықтан соңғы кезде олар кеңінен қолданылады. СЖС МЕСТ 20883-83Е бойынша үш винтті сорғылармен қамтамасыздандырылған.

#### *Май жүйелерін есептеу*

Есептеме үш сатылы операциялардан тұрады: 1) май маркасын таңдау; 2) майлау әдісін таңдау және сорғылы агрегаттың өнімділігі, қысымы және қуаттылығы бойынша майлау станциясын таңдау; 3) майлау желілерінің қимасын анықтау.

Техникалық әдебиеттерде легірленбеген майлардың тұтқырлығын анықтау үшін эмпирикалық теңдеулер берілген. Оларды шешу арқылы тұтқырлықтың тек деңгейін бағалау ғана болады. Радиалды сырғанау мойынтіректерде сұйықтықты үйкелісті қамтамасыз ету үшін, келесі теңдік қолданылады:  $v_t = 1,06 \cdot 10^{-3} W \psi^2 / l d \omega [So]$ , мұнда  $v_t$  – жұмыс зонасындағы шынайы температурада майдың кинематикалық тұтқырлығы,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $W$  – мойынтірекке түсетін жүктеме,  $\text{Н}$ ;  $\psi$  – салыстырмалы

саңылау:  $\psi = (D - d)/d$ ;  $D$  – төлке диаметрі, м;  $d$  – білік диаметрі, м;  $l$  – мойынтірек ұзындығы, м;  $\omega$  – бұрыштық жылдамдық,  $\text{рад}\cdot\text{с}^{-1}$ ;  $[So]$  – Зоммерфельд саны. Оны  $l/d$ ,  $\psi$  қатынасы бойынша және білік диаметрі немесе есептеулер бойынша анықтама-лардың кестелерінен табады немесе 1-бөлімде көрсетілген анықтама бойынша есептейді.

Жуықтама бағалау үшін УЗТМ теңдігі қолданылуы мүмкін:  $\eta_t = 6 \cdot 10^4 CkW/dln$ , мұнда  $\eta_t$  – динамикалық тұтқырлық, Па·с;  $C$  – тәжірибелік коэффициент;  $k$  – сұйықтықты үйкелісті қамтамасыз ететін коэффициент ( $k=3 \div 15$  эксплуатация жағдайларына байланысты: жабдықтарды өте жақсы, күтімді ұстаса  $k=3$ , жақсыда  $k=5$ , қанағаттанарлық  $k=15$ );  $W$  – радиалды жүктеме, Н;  $d$  және  $l$  – мойынтірек диаметрі мен ұзындығы, м; – айналу жиілігі,  $\text{с}^{-1}$ . Төменде  $C$  мәндері берілген:

|                     |               |               |                |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| $\psi$              | $<0,001^{*1}$ | $<0,001^{*2}$ | $<0,0075^{*3}$ |
| $C$ :               |               |               |                |
| шынықтырылған       | 0,0285        | 0,043         | 0,067          |
| тегістелген болатты |               |               |                |
| цапфа үшін          |               |               |                |
| сондай, жұмсақ      | 0,0360        | 0,060         | 0,071          |
| тегістелмеген       |               |               |                |

\*<sup>1</sup> – баббитті нығыздауыш

\*<sup>2</sup> – жұмсақ қоладан жасалған нығыздауыш

\*<sup>3</sup> – қатты қоладан немесе шойыннан жасалған нығыздауыш

Өздігінен орнатылатын қалыптары бар мойынтіректер (осьтік мойынтіректер) үшін:  $v_t = 4,8 \cdot 10^{-2} W h_{min}^2 / (\omega d n l^3)$ , мұнда  $h_{min}$  – майлау қабатының минималды қалыңдығы, м.

Салыстырмалы түрде шағын меншікті жүктемелерде және ілгері-кейін жазық қозғалысының салыстырмалы сырғанаудың жоғары жылдамдықтарында, мысалы, иінтіректі-қосиінді ұшпалы қайшылардың сырғанайтын қосиіндері үшін:  $v_{50} = \{ h_{min}^2 [1 + (L/B)^2] W \cdot 10^{-2} \} / (L^2 v B)$ , мұнда  $L$  және  $B$  – қосиіннің тіреуші бөлігінің ұзындығы мен ені, м;  $W$  – сырғанау бетінің нормалды жүктемесі, Н;  $v$  – сырғанау жылдамдығы, м/с.

Тісті берілістерге майды таңдау үшін келесі теңдік кеңінен қолданылады:  $ВУ_{50} = 0,5 \text{ qK}$ , мұнда  $ВУ_{50} - 50^{\circ}\text{C}$ -де майдың шартты тұтқырлығы;  $q$  – тіс ұзындығының бірлігіне жүктемесі, Н/м;  $K$  – тісті дөңгелектердің жылдамдығына тәуелді коэффициент: 1,6 – 8 м/с дейін; 1,2 – 8-10 м/с кезінде; 1,0 – 16-25 м/с кезінде;  $q = N/vb$ , мұнда  $N$  – берілетін қуаттылық;  $v$  – жылдамдық;  $b$  – тіс ені.

Шартты және кинематикалық тұтқырлық арасында есептемелерде қолданылатын эмпирикалық тәуелділіктер келесі:  $v = 7,58 ВУ$ ;  $ВУ = 0,132v$ .

Майлау станциясының беруін машина жетегіндегі үйкелуден пайда болатын барлық жылу мөлшері маймен әкетіледі дегеннен есептейді. Жетек тұрқысы мен қоршаған орта арасындағы жылуалмасу сенімділік қорына барады:  $V_t = \Sigma N_{тр} / c\rho\Delta T\eta_m$ , мұнда  $V_t$  – сорғының көлемді беруі,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Sigma N_{үйк.}$  – іліністерде, мойынтіректерде үйкелуге жұмсалатын қуаттылықтың соммалық жоғалтуы, кВт:  $c$  – майдың меншікті жылусыйымдылығы ( $(1,7-2,1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K}))$ , (майдың тығыздығына байланысты));  $\rho$  – май тығыздығы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\Delta T$  -ны 8-12K деп қабылдайды;  $\eta_m$  – үйкеліс тораптарында майдың пайдалы қолданылуының дәрежесі ( $\eta_m = 0,5\div 0,8$ ).

$$\Sigma N_{үйк.} = \sum_{i=1}^n N_{үйк. \text{ тіс.}} + \sum_{i=1}^n N_{үйк. \text{ мой.}},$$

мұнда  $N_{үйк. \text{ тіс.}}$  – тісті іліністің бір сатысындағы үйкелуге қуаттылық шығындары;  $N_{үйк. \text{ мой.}}$  – әр біліктегі мойынтіректердегі үйкелуге қуаттылық шығындары;  $n$  және  $m$  – ілініс сатылары мен біліктерінің саны.

$$N_{үйк. \text{ тіс.}} = N\pi\varepsilon_\gamma f [(1/z_{ш}) \pm (1/z_d)] \gamma \cos\beta,$$

мұнда  $N$  – беріліс қуаттылығы;  $\varepsilon_\gamma$  – іліністің қайта жабу коэффициенті (тік тістіде 1,2 – 1,8, қисық тісті және шеврондыларда  $>2$ );  $f$  – тіс арасындағы сырғанау үйкеліс коэффициенті; дәлдік кластарына байланысты  $f = 0,05\div 0,15$ ;  $z_{ш}$  мен  $z_d$  – тістегергіш пен дөңгелек

тістерінің саны;  $y$  – дөңгелек тістерінің формасы мен жұмыс алдын ескеретін коэффициент; тез жүретін жұмыс алды өткендер үшін  $y = 2 \div 3$ , баяу жүретін жұмыс алды өтпегендер үшін  $y = 5 \div 6$ ; сыртқы ілініс үшін квадратты жақшада плюс, ішкі үшін – минус.

$$N_{\text{үйк. мой.}} = \Sigma R f_m v,$$

мұнда  $\Sigma R$  – мойынтіректерге берілетін соммалық жүктеме;  $f_m$  – мойынтіректерде келтірілген сырғанау үйкеліс коэффициенті;  $v$  – сепаратордың орта қимасы немесе цапфалардың жылдамдығы.

Қарапайым түрде  $\Sigma N_{\text{үйк. i}} = N(1 - \eta_1, \eta_2 \dots \eta_n)$ , мұнда  $\eta_1, \eta_2 \dots \eta_n$  – жетектің кинематикалық тізбегі элементтерінің П.Ә.К.

Май жүйесінің гидравликалық қарсыласуын анықтау үшін, оның гидравликалық сұлбасын құрады және гидравлика әдістерімен барлық жергілікті қарсыласуларын ескере отырып қажетті қысымды анықтайды. Майлау желілерінің кескіні албыртты 0,6 – 1,0 м/с, төгу 0,15 – 0,25 м/с желілеріндегі майдың жылдамдығын ескере отырып қабылдайды.

Жүйенің жұмыс жасау сенімділігін арттыру үшін ең тиімдісі, желілерде майдың жүру режимдерін қамтамасыздандыру болады. Ол келесі теңдікпен анықталады:  $Re = vd/v < 2323 = Re_{кр}$ , мұнда  $Re$  – Рейнольдс саны;  $d$  – құбыр желісінің ішкі диаметрі;  $v$  – майдың кинематикалық тұтқырлығы;  $Re_{кр}$  – Рейнольдстың сындық саны. Майдың ламинарлық ағуын қамтамасыз ету үшін  $Re = 2000$  деп қабылдайды.

Сорғы жетегінің қуатын келесі теңдік бойынша анықтайды:  $N_c = V_t p k_k / \eta$ , мұнда  $V_t$  – сорғының көлемдік беруі;  $p$  – қысым;  $k_k$  – кор коэффициенті (1,3-1,6);  $\eta$  – сорғының П.Ә.К.

Құбыр желілерін беріктік, тұрақтылық, шекті деформациялар, дірілге есептейді. Құбыр желілердің құлашадымы ұзындығын (тіректер арасындағы арақашықтық) беріктік шарттары мен есептік жолмен дірілге жол бермеу жағдайларынан немесе номограммалар арқылы анықтайды.

### 3.2. Сұйық жағармай майлау жүйелері

1) Майды жеткізу әдісі бойынша:

- а) орталықтандырылған және орталықтандырылмаған;
- ә) ағынды (циркуляциялық).

2) Басқару әдісі бойынша: қолмен, жартылай автоматты, автоматты.

*Қолмен майлау* – түрлі масленкалардың (құймалы, білтелі, пресс-масленка, салмалы) көмегімен жауапты емес, аз жүктелген қысқа уақытты режимде жұмыс істейтін механизмдер үшін қолданылады (майлаудың ең ескі әдісі). Кемшілігі – үйкеліс тораптарына берілетін жағар майды реттеу және бақылау мүмкін емес, оған қоса аталған әдістің ұтымдылығы персоналдың біліктілігі және жауапкершілігіне тәуелді.

*Орталықтандырылмаған ақпалы жүйелер* әдетте бір үйкеліс торабын майлауға арналған. Түрлері: қолмен немесе жеке, білтелі, буксалы, тамшылы, тұмандау.

*Білтелі майлау жүйелерінде* жағар маймен майлау нүктесіне жүн не лисемақта білтесі арқылы беріледі ( $v = 0,5 - 5 \text{ см}^3/\text{сағ}$ ). Реттеу – майдың тұтқырлығын өзгерту, білтенің материалы мен көлденең қимасын өзгерту. Білтелі майлаудың бір түрі – буксалы майлау, жүріс дөңгелектерінің сырғанау мойынтіректерін майлау үшін қолданылады. Буксаның төменгі жағына май сіңірілген мақта үшін тесіліп салынады.

*Тамшылы майлау жүйелерінде* жағар май үйкеліс беттерінде тамшылы масленкалардың көмегімен беріледі. Тамшылау жиілігі үлкен интервалда реттелуі мүмкін.

*Тұманмен майлау* май құйылған сыйымдылық арқылы сығылған құрғақ ауаны ( $P = 0,1 \div 0,2 \text{ МПа}$ ) өткізу арқылы жасалады (пульвализатор секілді). Бұл әдіс шынжырлы берілістер, тербеліс мойынтіректер, қатты жүктелмеген тісті берілістерді майлау үшін қолданылады. Бірнеше (әдетте 4–16) майлау орындары бар жеке механизмдер мен тораптарды майлау үшін (мысалы, кішкене пресстер, компрессорлар) лубрикаторлар, яғни жағармай бірнеше майлау нүктелеріне бірден қысым мен айдайтын аппараттар, қолданылады. Лубрикаторлармен майлау кезінде май

автоматты түрде айдалады, қысым әдетте қолмен реттеледі. Көп жағдайда лубрикатор жетегі ретінде механизмнің жетегі пайдаланылады. Жетектің қозғалысы – айналмалы немесе тербелмелі болады.

Циркуляциялық майлаудың орталықтандырылмаған жүйелері: сақиналы, картерлік, өзағымды, қысыммен.

Сақиналы майлау жүйесі сырғанау мойынтіректері (11 - сурет) үшін  $\sqrt{pv^3} < 20$  болған кезде қолданылады, мұнда  $p$  – орташа қысым, МПа;  $v$  – біліктің шеңберлік жылдамдығы, м/с. Сақиналы жүйелер төмен және өте үлкен шеңберлік жылдамдықтарда іске қосылу және тоқтау кезеңдерінде сенімді майлауды қамтамасыз ете алмайды.

*Картерлік майлау* редукторлар (12-сурет), тісті жалғастырғыштар, рольгангтердің цилиндрлі және конусты тісті берілістерінде, т.б. кеңінен қолданылады. Картерлік майлау кезінде үйкеліс тораптарында бөлінетін жылу механизмінің тұрқысы қоршаған ортаға кетеді. Берілістің қуатына шеңберлік жылдамдыққа байланысты майлау:

- а) бөлшектерді майлық ваннаға батыру;
- ә) майды үйкеліс беттеріне шашырату;
- б) тура ілініс аймағына майды сорғымен айдау арқылы жүзеге асырылады.

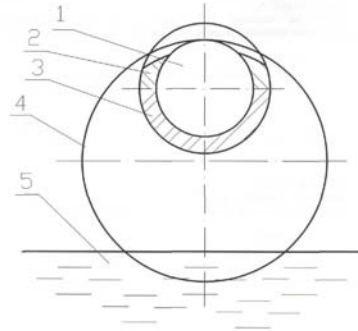
Картерлік майлаудың кемшіліктері:

- 1) май сүзгіленбейді, яғни тозу өнімдері жиналады;
- 2) майды араластыруға қосымша энергия шығындалады.

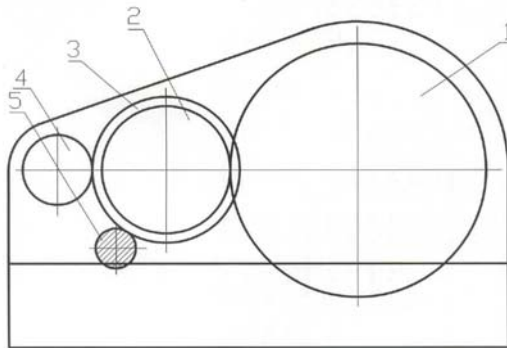
Сұйық майлаудың өзағымды-циркуляциялық жүйесі (13-сурет) тек қана үйкеліс тораптарын майлау ғана емес, жылуды аластау қажет болған металлургиялық машиналар үшін қолданылады. Май сыйымдылықтан 1 сорғымен 2 майланатын тораптардан жоғары орналасқан аралық ыдысқа 3 айдалады. Сосын өздігінен майлау нүктелеріне 4 ағып, қайта сыйымдылыққа 1 құйылады. Сыйымдылық 1 майды қыздыру мен тұндыру және механикалық қоспалар мен судан тазарту үшін қажет.

*Қою жағар маймен майлаудың орталықтандырылған жүйелері* металлургияда кеңінен қолданылады, өйткені олар

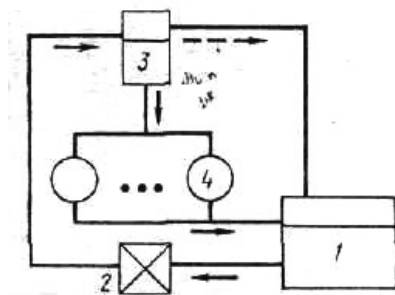
көптеген үйкеліс тораптарына жағар майды үздіксіз жеткізуге және әр нүктеге жеткізілетін майдың мөлшерін реттеуге және бақылауға мүмкіндік береді. Оған қоса жүйенің қымтаулы болуына байланысты жағар майдың сапасы жақсарып, өрт қауіптілігі төмендейді.



11-сурет. Сырғанау мойынтірегін майлау жүйесі  
1 – білік, 2 – жоғарғы ішпек (ойықты), 3 – төменгі ішпек,  
4 – еркін кигізілген сақина, 5 – май



12-сурет. Редукторды картерлік майлау сұлбасы  
а – батырып майлау: 1,2 – тісті дөңгелектер; б – қосымша  
тістегеріштің көмегімен: 3,4 – тісті дөңгелектерінің берілісі



13-сурет. Өзағынды-циркуляциялық майлау жүйесінің сұлбасы

1 – май үшін қолданылатын сыйымдылық, 2 – сорғы,

3 – аралық ыдыс, 4 – майлау нүктелері

Түрлері: жетектің түрі бойынша – қолдық және автоматты; құбырлардың саны бойынша – бір және екі тізбекті; магистральды құбырлардың жүргізілу әдісі бойынша – сақиналы және сызықтық типті.

Қою жағармаймен майлаудың орталықтандырылған қолдық жүйесі майлау нүктелерінің саны 50-ден артық емес және олардың әрқайсысындағы май шығыны  $\leq 0,25$  г/сағ-тан аспайтын жеке машиналар үшін қолданылады.

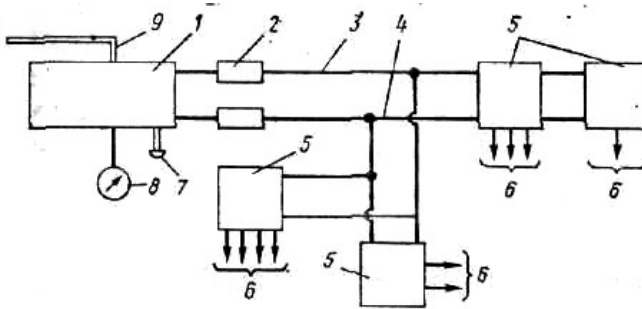
Қою жағармаймен майлаудың орталықтандырылған автоматты жүйелері, әдетте майлау нүктелерінің саны  $n < 1000$ , олардың әрқайсысындағы май шығыны  $> 0,25$  г/сағ және технологиялық үрдіспен байланысқан машиналар тобы үшін қолданылады.

Әдетте, бұл жүйелер төмендегі тораптардан тұрады: қолдық немесе автоматты сорғыштық станция, құбырлар (магистральдық, қайтару, тарату, қоректендіргіш, қоректендіргіштер, торлы сүзгілеу, құбырларды өшіру немесе ауыстыру үшін электрмагнитті реттығындар, бақылаушы және басқарушы аппараттар.

Сақиналы типті жүйелер бір алаңқайда бір-біріне жақын орналасқан жабдықтарды және өте жиі май жеткізуді қажет ететін жеке механизмдерді майлау үшін қолданылады.

Бір тізбекті майлау жүйелері майлау нүктелерінің саны аз және құбырлардың ұзындығы қысқа болған кезде қолданылады. Metallургияда екі тізбекті жүйелер кеңінен тараған, олардың сенімділігі жоғары және майды жоғары қысыммен 200 м қашықтыққа дейін жеткізуге болады.

Қою жағар майлар сызықтық типті орталықтандырылған қолдық жүйесінің жұмысы 14-суретте берілді.



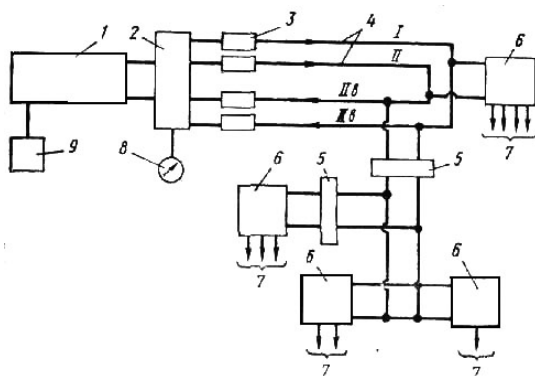
14-сурет. Қою жағар майлар сызықтық типті орталықтандырылған қолдық жүйесінің сұлбасы

1 – сорғы; 2 – сүзгілеу; 3, 4 – магистральды түтіктер;  
5 – қоректендіргіштер; 6 – үйкеліс

Сорғының 1 тұтқасының көмегімен манометрмен 8 өлшенетін жүйедегі қысымды белгілі деңгейге дейін көтереді. Бұл қысым деңгейі барлық қоректендіргіштердің іске қосылу шартынан анықталады. 1 сорғының рет тығынды таратқышы оң жақ шеткі жағдайда болсын. Жағар май торлы сүзгі арқылы арынды магистральды түтікке 3 және қоректендіргіштерге 5 барады.

Дәлелшегіш қоректендіргіштердің жұмысы кезінде пайда болатын артық май қайтарма магистральды түтік 4 арқылы сорғы 1 сыйымдылы қайтарылады. Барлық қоректендіргіштер іске қосылғаннан кейін, жағар май қоректендіргіш түтіктер арқылы үйкеліс тораптарына беріледі. Олардың ұзындығы мүмкіндігінше қысқа болуы керек (<4-5 м). Жүйені майлаудың келесі цикліне дайындау үшін реттығынды таратқыш 7 сол жақ

шеткі жағдайда ауыстырылады. Жағар майдың келесі порциясы магистральды түтік 4 арқылы қоректендіргіштерге беріліп, майдың артығы түтік 3 арқылы қайтарылады. Жағар маймен майлаудың автоматтандырылған орталықтандырылған сақина типті жүктемесінің жұмысы (15-сурет):



15-сурет. Жағар маймен майлаудың автоматты-орталықтандырылған сақина типті жүктемесінің сұлбасы

1 – сорғы; 2 – гидравликалық басқаруы бар таратқыш; 3 – сүзгілеу;  
4 – магистральды құбырлар; 5 – электромагнитті басқаруы бар таратқыштар; 6 – нәрленгіштер; 7 – үйкеліс тораптары;  
8 – манометр; 9 – басқарушы электропневматикалық құрал

Сорғы станциясы – жағар майды гидравликаның көмегімен басқарылатын реттығынды таратқышқа айдайды. Әрі қарай май сүзгілеу 3 арқылы екі тұйық сақина құрайтын магистральды құбырларға 4 жетеді. Сақиналар жеткізуші (I, II) және қайтарма (I<sub>в</sub>, II<sub>в</sub>) учаскелерден тұрады. Магистральды құбырларға таратқыш құбырлар арқылы қоректендіргіштер 6 жалғанады, олар өз кезегінде қоректендіргіш құбырлар 7 арқылы жағар майларды үйкеліс нүктелеріне жеткізеді. Магистральдар I және II кездесіп арынды және қайтарма болып ауысып тұрады. Жүйенің жұмысы өздігінен жазатын манометрдің көмегімен бақыланады, ол диаграммалық қағазда белгілі уақыт кезеңіндегі қысым мөлшерін тіркеп отырады. Майлау циклі жеке

кезендерінің ұзындығы және ретін командалық электр-пневматикалық аспаптың 9 көмегімен жеңіл реттеуге болады. Жағармай толтырылу кезеңдерінің арасындағы мерзімді ұлғайту үшін таратқыш құбырда электромагнитті жетекті желілік реттығынды таратқыш 5 орнатады. Олар бұйрық аспабынан 9 түсетін сигналдарға байланысты магистральды құбырлардан ажыратып отырады. Сорғының 1 сыйымдылыққа жағар майдың орталық толтыру станциясынан автоматты түрде түсіп тұрады.

Қою жағар майлармен майлаудың автоматты сызықтық жүйесінің сақиналық жүйелерден айырмашылықтары – олардың таратқыштарының құрылымдарында және қысым клапанының болуында. Ол сорғының қозғалтқышын өшіруге және сонымен бір мерзімде жағар майды бір магистральды құбырдан келесі құбырға ауыстыруға сигнал береді.

### **3.3. Аэрозольдық майлау жүйелері**

Майлық аэрозольмен майлау әдісі XX ғасырдың 60-шы жылдарының аяғында өндірістік қолданыс тапты, ал оның негізі пневматикалық механизмдерді майлау үшін бұрыннан жасалған болатын. Аэрозольдық майлау жүйелері (АМЖ) басында қарқынды жылдамдықты мойынтіректер үшін қолданылды. Мойынтіректердің айналу жиілігі пластикалық жағар материалын қолдану мүмкіндігіне жол бермеген, ал циркуляциялық май жүйелері, бөлінген жылудың мөлшері өте жоғары болғандықтан, май суытқыштарын енгізу керектігінен, өте қымбат және күрделі болды. Кейін АМЖ ыстық және суықтай илемдеу орнақтары пішінбіліктерінің габаритті мойынтіректерінде, редукторлар мен тістегергішті қапастарда, эмбебап айналдырықтардың ішпектерінде және басқа да үйкеліс тораптарында қолданылды.

АМЖ-де майлы аэрозольды арнайы құрылғы – майлы аэрозоль генераторларында (МАГ) қысылған газ ағынында майды тозаңдату арқылы жасалады. Әдетте, тозаңдату үшін 0,4–0,6 МПа қысымдағы қысылған ауаны қолданады. Келесі жағдайда АМЖ тез таратылуының себептері: мойынтіректердің

айналу жиілігі едәуір артқан сайын, майдың зиянды араласу жұмысы өседі, үйкеліске энергия шығыны мен мойынтіректердің температурасы, сонымен қатар машинаның сенімділігі төмендейді. АМЖ мойынтірекке минималды, бірақ ауа ағынында өлшенген ұсақ тамшылар түрінде жеткілікті май мөлшерін береді. Аэрозольде майдың мөлшері 12 % (масса бойынша) жетуі мүмкін. Үйкеліс торабына енгізу алдында аэрозольды арнайы коагуляциялайтын саңылау (коагулятор) арқылы өткізеді, майдың ұсақ бөлшектері ірірек бөлшектерге конденсацияланады. Ірі бөлшектер үйкеліс беттерін майлай суытады да, онда тұнады. Майдан босаған ауа, үйкеліс беттерін қатты суытады да, майланатын тораптан шығады. Онда май тамшылары ауамен барлық қиын қолжетерлік жерлерге енгізіледі. Пайдаланылған ауа, үйкеліс торабынан шығып, сыртқы шаңданған ауа, бу, ылғал, лас заттарға ішке кіруге жол бермейді.

Үйкелетін беттерге таза майды үздіксіз берудің салдарынан майлаудың тиімділігі жоғарылайды және тозу өнімдері жойылады. АМЖ СМЖ орталықтанған жүйелерінен қарапайым және сенімдірек. Майлы аэрозольмен майлау жабдықтары сенімділігінің арттырылуы, жабдықтарды ТҚК мен жөндеу, АМЖ-ін жасау және жинастыруға материалды және жұмыс шығындарының төмендеуі, сонымен қатар, циркуляциялық майлау жүйелеріндегі шығынымен салыстырғанда майдың шығыны 4–5 есе төмендеуі, майланатын жабдықтардың жөндеу аралық кезеңінің жоғарылауы, легірленген майларды қолданудың жоғары үнемділігі, майлы және басқа лас заттардан тазартылған металлургиялық өнімнің өндіріс мәдениеті, қызмет көрсету мен сапасының арттыруын қамтамасыз етеді. АМЖ қолдану отынды-энергетикалық қорларды үнемдеуге мүмкіндік береді.

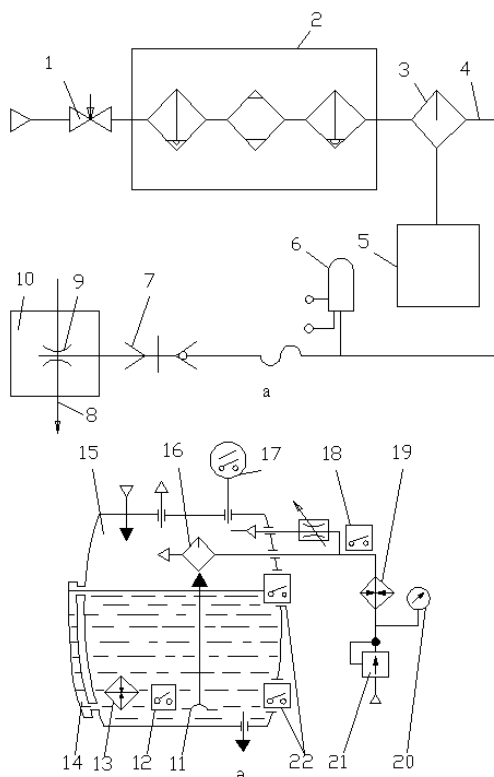
Майдың тұтқырлығы МАГ өнімділігі және аэрозольдың конденсациялануына әсер етеді. Тозаңдату кезеңінде, әлі майлы аэрозоль пайда бола алатын жағдайда, жылытқан майдың тұтқырлығы 120 – 160 мм<sup>2</sup>/с құрайды. Майдың ішінде 40 мкм-ден

ірі қатты түйіршіктер болмауы керек, МЕСТ 17216-2001 бойынша тазалық класы – 14-тен емес.

Бірақ, майлы аэрозольмен майлау – майлаудың универсалды емес әдісі болып табылады. Ол тек тозаңдатылатын майдың жарамдылығына сәйкес келетін жағдайларда ғана қолданылады, және пластикалық пен қатты жағар материалдарымен майлауды алмастырмайды.

АМЖ енгізу үшін келесі шарттар орындалуы қажет: қысылған ауа ылғалды тамшылар мен механикалық қоспаларсыз (МЕСТ 17433-80, СТ СЭВ 1704-79 бойынша ластану 7-ші кластан кем емес) болуы, «аэрозольжеліде» майдың тұнуын болдырмау үшін майланатын тораптарды МАГ-тан 100 м көп емес алыстату; үйкеліс тораптарын жақсы нығыздау керек. АМЖ аса жүктелген қарқынды тораптардың суытуын камтамасыз ете алмайды. Ол тораптарда температураны тек циркуляциялық жүйеден майды белсенді ағымды әдіспен беру арқылы төмендетуге болады. АМЖ және МАГ типті сұлбалар 16-суретте көрсетілген. Ауыстырмалы жабдықтарға майлы аэрозольды жеткізу үшін, мысалы илемдеу пішінбіліктеріне, серіппелген клапаны бар тез ажырайтын байонетті жалғастар қолданады. Ауаны дайындау блогында ылғал ажыратқыш және адсорбенті бар кептіргіш орнатылған. Жүйеге аэрозоль көрсеткіш датчикті орнату оның автоматтандырылған сенімді жұмысын камтамасыз етеді.

Майлы аэрозоль генераторы (МАГ) – АМЖ-ның негізгі элементі. МАГ екі түрлі – Вентури құбыры негізінде және құйынды болып қолданылады (17-сурет). Бірінші типті МАГ-та форсунка ішінде Вентури құбыры түрінде канал жасалған. Қысылған ауа, форсунка арқылы үстінен астына өткен кезде, Вентури соплосында шамалы вакуум туғызылады. Нәтижесінде, оған бактан дрессельді түтік пен мөлдір қақпақтағы тесік арқылы май сорылып әкелінеді. Ауа ағыны майды тозаңдатады.



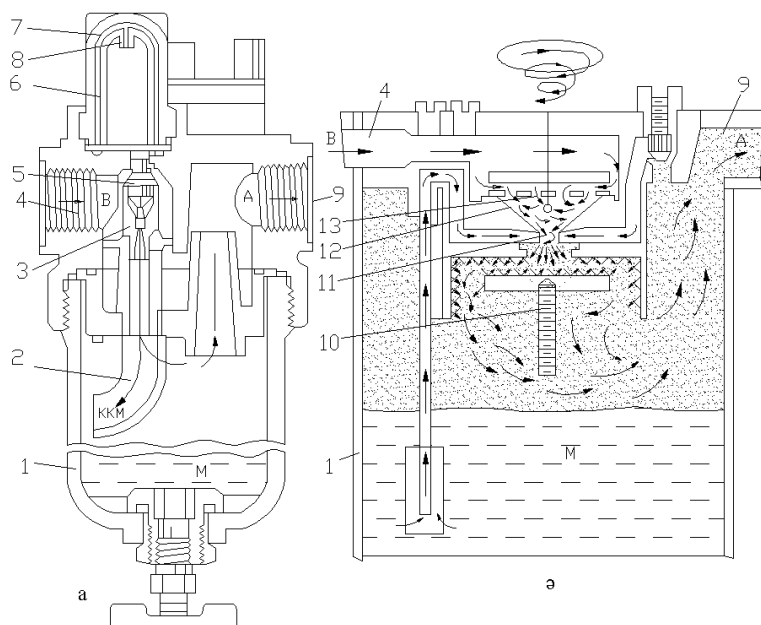
16-сурет. Аэрозольды майлау жүйесі

*а – жүйенің принципті сұлбасы; ә – майлы аэрозоль генераторы – айдаушы функционалды пневмогидравликалық сұлбасы; 1 – тығыздаушы вентиль; 2 – ауа дайындау блогы; 3 – майлы эрозоль генераторы; 4 – құбыр жолы; 5 – майды құйып алу станциясы; 6 – аэрозольдың бар болуының бақылаушы көрсеткіші; 7 – тез ажырайтын жалғас; 8 – ауаны аластату желісі; 9 – коагулятор; 10 – үйкеліс торабы; 11 – сорғыш желісі; 12 – май температурасының реле-реттегіші; 13 – май жылытқыш; 14 – шкаласы бар деңгей көрсеткіші; 15 – герметикалық май бағы; 16 – тозаңдатқыш құрылғы; 17 – майлы аэрозольдың электртүйіспелі қысым манометрі; 18 – ауа температурасының реле – реттегіші; 19 – ауа жылытқыш; 20 – манометр; 21 – ауа қысымының реттегіші; 22 – шекті деңгейлер релесі*

Майдың ірі тамшылары дефлекторда тұнады, ал майда тамшылы аэрозоль құбыр жолына барады. МАГ-та 0,5-тен 20 мкм өлшемді тамшылар пайда болады. Микрометрден әлдеқайда майда тамшылар (газ тәріздес күй) құбыр жолдарында және аэрозоль коагуляторларында тұнбайды (олардың майлау мүмкіндігі нөлге тең). Диаметрі 5–20 мкм үлкен тамшылар жақсы майлау қабілеті бар, бірақ олар құбыр желілерде тұнады, сондықтан оларды генераторда жасанды тұндырады. Тамшылардың оптимальды өлшемі 1–2 мкм. Екі типті МАГ-та дроссельдің ылғи ашылғанында, аэрозольдың пайда болуына майдың шығыны бактың ішіндегі майдың деңгейіне тәуелді. Бұрынғы ВНИИмехчермет, негізгі бакпен қосылған майға арналған қосымша герметикалық коректендіргіш сыйымдылықтан тұратын тұрақты шығынды ГМА конструкциясын жасап шығарды. Мұнда бактағы майдың деңгейі мен шығынын жалғастыру үшін түтік ұштарының калпын өзгерту арқылы реттейді.

Құйынды типті генераторлар аэрозольдың дисперсиялығын ұлғайтады. Ол диаметрі азаятын құйынды камераның шығу саңылауында газдың жылдамдығы дыбыс жылдамдығынан жоғары болуы арқасында жүзеге асады. Камерадағы құйынды ағынды тангенциалды арналар арқылы кіретін газ туғызады.

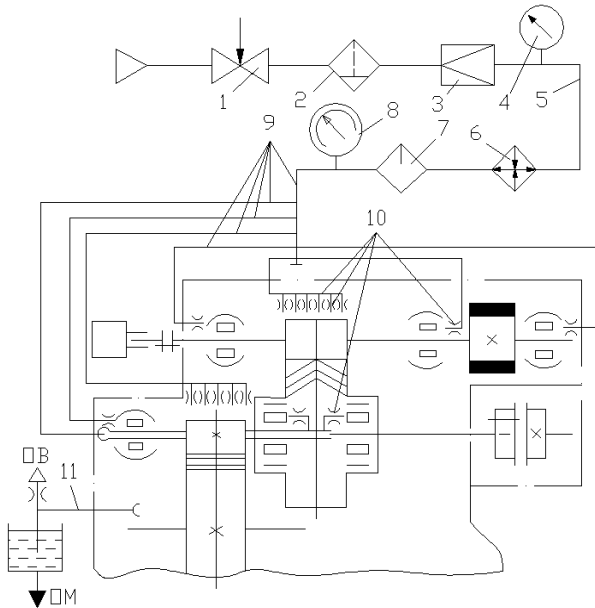
Бұрынғы ВНИИметмаш пен ВНИИчерметте жасалған МАГ құйынды принцип бойынша құрастырылған. «Елгавмаш» ВНИИметмаштың май шығыны 200 және 300 см<sup>3</sup>/сағ, аэрозоль қысымы 0,06 МПа, май мен ауаны қыздыру температурасы – 60<sup>0</sup>С-дан, ГМА-200 және ГМА-300 типті генераторларды жасайды. Осы ГМА-лар «Келга» («К» – ВНИИметмаштың Колпинск филиалы, «Елга» – «Елгавмаш» машинажасау зауыты) деп аталған.



17-сурет. Майлы аэрозоль генераторларының конструкциялары  
 а) Вентури құбырлы; б) құйынды типті; 1 – бак; 2 – дефлектор;  
 3 – форсунка; 4 – қысылған ауа беру; 5 – төмен қысымды аймақ;  
 6 – мөлдір қалпақ; 7 – қақпақ; 8 – мөлдір қалпақтағы тесік;  
 9 – аэрозоль шығуы; 10 – экран; 11 – шығу тесігі; 12 – құйынды  
 камера; 13 – тангенциалды арна; В – ауа; М – май;  
 А – аэрозоль; ККМ – майдың ірі тамшылары

Майлы аэрозоль коагуляторлары май түйіршіктерін ірілендіреді. Олардың әрекеті екі процеске негізделген: түйіршіктердің бір-бірімен қақтығысы және олардың ауадағы қосылуы («аэрозольды коагуляция»), түйіршіктердің механикалық бөгетпен қақтығысуы және қабырға жанындағы қабатта коагуляциялар («тамшылы коагуляция»). Тәжірибе жүзінде әртүрлі типті коагуляторларда бір уақытта осы екі процесс жүреді, бірақ біреуі екіншісінен басымды болады. Аэрозольды коагуляция кезінде

коагуляторға 1–5 мкм түйіршіктер «күрғақ» аэрозоль кіреді, ал коагулятордан «сулы» іріленген түйіршікті аэрозоль шығады. Ол үйкелетін бөлшектерде аяғына дейін коагуляцияланады («тамшылы коагуляция»). 18-суретте жұмыс істейтін АМЖ сұлбасы келтірілген.



18-сурет. Ыстықтай металл кесу қайшылары редукторының аэрозольды майлау жүйесінің сұлбасы

1 – ауа вентилі; 2 – сүзгі – ылғалбөлгіш; 3 – қысым редукторы;  
4 – манометр; 5 – ауа құбыржолы; 6 – ауа жылытқыш; 7 – майлы  
аэрозоль генераторы; 8 – электртүйіспелі манометр; 9 – майлы  
аэрозоль құбыры; 10 – коагуляторлар; 11 – бұрушы магистраль;  
ОВ – пайдаланылған ауа; ОМ – пайдаланылған бу

Сонымен, қайшыларда АМЖ-ін енгізгеннен кейін май шығыны 4-тен 0,88 т/жыл дейін төмендейді.

### 3.4. Аэрозольдық майлау жүйесін есептеу

Есептеме ВНИИметмаш зерттеген және дайындаған РТМ 24.290.13–81 «Тербелмелі мойынтіректердің аэрозольды майлау жүйесін жобалау туралы ұсыныстар» АМЖ-де май шығынының меншікті шамасын қолдануға негізделген.

Есептеме реті: әртүрлі майлау тораптарының жұмыс жасау жағдайларын қанағаттандыратын АМЖ үшін май типін таңдау; май және аэрозоль шығындарын анықтау; коагуляторлардың өтпелі қимасын есептеу және генераторлардың типі мен санын таңдау; құбыржолының өтпелі қимасын анықтау.

Массалық май шығыны:  $Q_i = q_i S_i$ , мұнда  $Q_i$  –  $i$ -лі майлау торабында уақыт бірлігінде массалық май шығыны;  $q_i$  – уақыт бірлігінде майдың меншікті шығыны (белгілі үйкеліс торап түрінің аудан бірлігіне);  $S_i$  – үйкеліс торабының есептік ауданы. Тісті және бұрамды берілістер үшін  $q_i$ , г/(дм<sup>2</sup> · сағ): реверсивсіз 0,8 (аз жүктемеде) және 1,2 (үлкен жүктемеде); реверсивті сәйкесінше 1,2 және 1,5. Есептік аудан:  $S_i = 0,25b \cdot (d_{\text{ш}} + D_{\text{д}})$ , мұнда  $b$  – ені,  $d_{\text{ш}}$  және  $D_{\text{д}}$  – тістегергіш пен іліністі тісті дөңгелектің бөлгіш диаметрлері.

Бағыттаушылар үшін  $q_i = 0,15$  г/(дм<sup>2</sup> · сағ); сырғанау мойынтіректері үшін: 1 – қоңыржай жұмыс жасау кезінде; 1,8 – ауыр жұмыс жасау кезінде; 3,7 – майдың көп мөлшерде ағып кетумен ауыр жұмыс жасау кезінде. Цилиндрлік сырғанау мойынтіректерде есептік аудан  $S = dl$ , мұнда  $d$  және  $l$  – сәйкесінше диаметр және ұзындық. Айналдырықтардың нығыздауыштары үшін  $q_i = 3,7$  г/(дм<sup>2</sup> · сағ).

Тербелмелі мойынтіректер үшін  $Q_i = q_i di/100$ , мұнда  $q_i$  – берілген типті және берілген жұмыс жасау жағдайларындағы диаметрі 100 мм шартты бір сатылы мойынтірек үшін майдың меншікті шығыны;  $d$  – мойынтіректің ішкі диаметрі, мм;  $i$  – тербелмелі денелерінің қатарлар саны. Шарикті мойынтіректер үшін  $q_i$ , г/сағ: 0,5 – қалыпты жұмыс жасау жағдайында; 1,0 – ауыр; роликті мойынтіректер үшін – сәйкесінше 1,0 және 2,0.

Жүйеге майдың жалпы шығыны, г/сағ:  $Q_{\Sigma} = \sum_1^n Q_i$ .

Аэрозольдың көлемдік шығыны (майлы ауалы қоспасы), м<sup>3</sup>/сағ,  $V_i = Q_{\Sigma}/k$ , мұнда  $k$  – аэрозольдегі май концентрациясы, г/м<sup>3</sup>. Вентури құбырлы, МАГ-ның жұмыс барысында  $k = 4$  г/м<sup>3</sup>, құйынды типті  $k = 6$  г/м<sup>3</sup>. Каогуляторларды әр  $V_i = Q_i/k$  торап үшін аэрозольдың көлемді шығыны бойынша таңдайды. Сонда әр каогулятор типті аэрозольдің номиналды шығынын қысымның өсіп-түсуі 0,03-0,04 МПа кезінде қабылдайды.

Құбыржолының өту қимасын аэрозольдың көлемдік шығыны бойынша, аэрозольдың жылдамдығы 7 м/с аспайтын етіп қабылдап анықтайды.

Вентиляциялық арналарды жалпы вентиляциялық желіге қосады, оның аяқ жағын 150–200 мм тереңдікке майы бар сыйымдылыққа батырады. Вентиляциялық желінің қимасын ауа шығыны бойынша анықтайды. Ауаның жылдамдығын 1,5 м/с жоғары емес етіп қабылдайды. Осындай вентиляция жүйесі конденсацияланбаған майдың қажетті тіректі және утилизациясын қамтамасыз етеді, ал ең бастысы – майланатын жабдықтардың жанындағы атмосферасында май концентрациясының ШМК = 5 мг/м<sup>3</sup> санитарлы нормаларын ұстану болып табылады.

### 3.5. Пластикалық жағар материалдарды беру жүйелері

Пластикалық жағар материалдарды беру жүйелері жеке және орталықтандырылған, қолмен және автоматты деп бөлінеді.

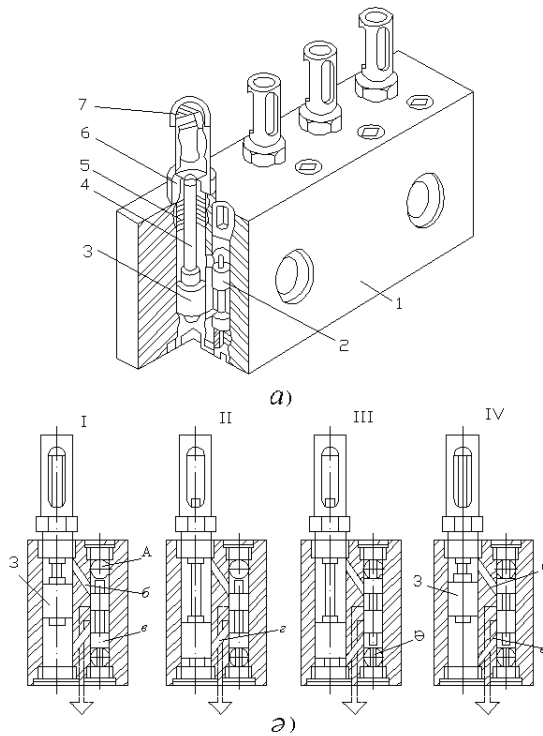
Мөлшерлегіш коректендіргіштер орталықтандырылған жүйенің негізгі элементі болып табылады. Гидравликалық басқару және параллельді қосылу арқылы жұмыс істейтін екі магистральды коректендіргіштер көлемді реттелетін мөлшерлеуді және коректендіргіштердің тәуелсіз іске қосылуы мен жоғары сенімділікті қамтамасыз етеді. Сондықтан олар металлургиялық машиналардың майлау жүйелерінде кең қолданысқа ие болды.

Орталықтандырылған майлаудың екі магистральды коректендіргіштер (МЕСТ 6911-71) – орталықтандырылған автоматты

және колмен майлау жүйелерінде үйкеліс беттеріне жағар материалының (пластикалық және сұйық) мөлшерленген порцияларын периодты беру үшін, магистральдардағы қысым 20 МПа дейін болғанда қолданылады. Әр қоректендіргіштің тұрқысында (19-сурет) төрт тесігі бар (екі жағынан), яғни оны жүйенің екі магистральдарына және бір немесе бірнешеуін (екі, үш немесе төрт тесіктер) майлау нүктелеріне бұру арқылы қосу үшін қолданылады. Бұру санына байланысты қоректендіргіштерді бір-, екі-, үш-, және төрт бұрмалы деп атайды.

I жағдайда жағар материалды толтыру жоғарғы *A* магистралі бойымен жүреді. Гидравликалық қысым әсерінен реттеуіш реттығын табан тірескен жерге дейін шеткі төменгі жағына жылжиды, және *A* магистралінен жағар материалы еңкіш бұрғыланған тесік *b* бойынша поршень үстінен мөлшерлегіш цилиндр кеңістігіне барады. Жағар материалдың қысымымен мөлшерлегіш поршень шеткі төменгі жағына да жылжиды (II). Поршень астындағы кеңістікте орналасқан бұрын мөлшерленген майлау материалының көлемі, еңкіш бұрғыланған тесік *z* бойынша реттеуіш цилиндрдің орталық бөлігіне, ал сосын, сұлбада пунктирмен көрсетілгендей, бұрғыланған тесіктер бойынша, және бұрма бойынша – майлау нүктесіне қарай енгізіледі. Осымен жұмыс жүрісі аяқталады.

Ә магистралі бойынша жағар материалын толтыру кезінде, жоғарыда айтылғандай, бірінші болып реттеуіш реттығын жылжиды (III жағдай). Реттығынның жоғарғы шеткі жағына ауысуы кезінде, реттеуіш кеңістігінде реттығын үсті орналасқан жағар материалы, сол кезде қысым астында болмаған және орталықтандырылған майлау станциясының сыйымдылықпен қосылған *A* магистралінің ішіне қарай айдалады. Еңкейтілген тесік *z* бойынша жағар материалы поршень астындағы мөлшерлегіш кеңістікке барады. Ал поршень жоғарғы шеткі орнына жылжиды (IV). Бұрын мөлшерленген және поршень астында орналасқан жағар материалы еңкіш тесік *z* арқылы реттегіш қуысына, ал одан – бұрма арқылы майлау нүктесіне қарай енгізіледі.



19-сурет. Екімагистральды майлау қоректендіргіш  
*a* – жалпы көрініс; *б* – жұмыс жасау сұлбасы; 1 – тұрқы;  
 2 – реттеуіш реттығын; 3 – мөлшерлегіш поршень; 4 – соташық;  
 5 – нығыздауыш; 6 – шектеуіш тұрқысы; 7 – реттеуіш және  
 тоқтатқыш бұрандалар; А, Б – магистральдар; б, в – еңкіш тесіктер;  
 I, II, III, IV – циклдің жұмыс сатыларының реттілігі

Реттеуіш винт-тірек көмегімен мөлшерлегіш поршеньнің жүрісін өзгертуге болады, және осыдан, берілетін жағар материалының көлемін реттеуге болады. Әрбір шектеуіште екі винт болады: үстіңгі астыңғыға тоқтатқыш рөлін атқарады. Бірақ осы реттеуді номиналды өнімділіктен оның өлшемінің 25 %-ға дейін жүргізу ұсынылады.

Қосарланған құбыр жолына қоректендіргіштерді қосқанда, барлық қоректендіргіштер – поршеньдердің соташықтары олардың іске қосылуынан кейін бірдей жағдайда (жоғарғы немесе төменгі) орналасуы керек. Майлау нүктесіне берілетін (2, 5, 10 және 25 м<sup>3</sup>), жағар материалының порциясына байланысты, қоректендіргіштерді төрт типті өлшемді жасайды.

Қос магистральды қоректендіргіштер негізінде құрылған жүйелерді екі типке бөледі: сызықты және сақиналы (20 а, ә-суреттер). Сызықты жүйелер майланатын машиналардың сызықты орналасуында, сақиналы – тығыз орналасуы мен жиі майлаудың (15–30 мин сайын) керектігінде қолданылады. Осы екі типті жүйелердің жұмыс жасау кезінде магистральдардың біреуі сорғымен, екіншісі – қоректендіргіштің іске қосылуы – реттегіш цилиндрлерден жағар материалдарының қалдықтарын қайтару үшін сыйымдылықпен қосылған.

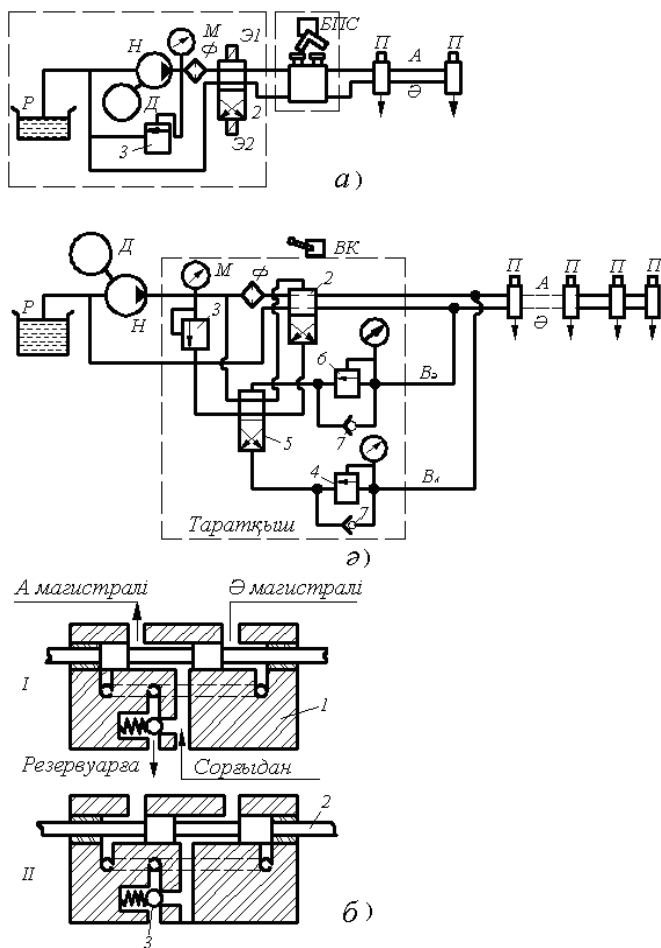
Сорғымен қосылған магистраль бойымен жағар материалын толтыру барлық қоректендіргіштер іске қосылған кезде және таратқыштың қайта қосылған кезге дейін жүргізіледі. Жүйелердің маңызды ерекшелігі таратқышты басқарудың әдісінде болады: сызықты жүйелерде – электрмагниттерді электрлік басқару, сақиналы жүйелерде – жағар материалының өзін гидравликалық басқару. Ол үшін сақиналы жүйелерде магистральдардан реттегішке қайтармалы желілерді (жүйеге берген аты – «сақина») қосады. I жағдайда (20 б-сурет) сызықты типті жүйе станциясының сорғысымен А магистралі қосылған. Барлық қоректендіргіштер іске қосылғаннан кейін, А магистраліндегі қысым өсе бастайды. Осы қысым ең алыстағы қоректендіргіштің іске қосылу қысымының шамасынан 1 МПа -ға жоғары болған кезде, қайта қосу блогы соңғы қосқышқа әсер етеді, реттегіш электромагниттерінің біреуі іске қосылып, соташықты өзіне тартып және реттегішті II-ші жағдайға ауыстырады. Станцияның тоқтауы немесе жұмысқа қосылуы басқару аспаптың күйге келтіруіне байланысты (BC-10-66У типті бағдарламалық электронды уақыт релесі). Келесі толтырылу Ә магистралі бойынша жүзеге асады. Жүйені қоректендіргіштің екі жұмысшы жүріс цикліне келтіру тиімді

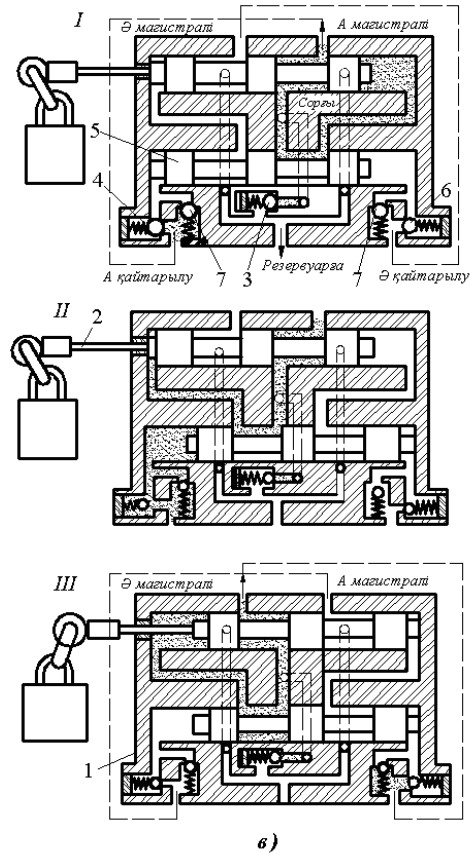
болады. Онда паузада дәлмөлшерлегіш поршень төменгі жағдайда болуы керек және соташық тұрқысының ішіне тартылады, онда оның бетінде шаң аз болады.

Сақиналы жүйеде (20 в-сурет) І-ші жағдайда толтырылу А магистралі бойымен жүреді. Барлық қоректендіргіштердің іске қосылуынан кейін және осы магистраль реттегішінің серіппе күшінің шектен тыс өсуі жағар материалының қысымы 1МПа-ға өсуі, алдымен басқару, сосын реттеуіш золотнигі қайта қосылады.

Электржетекті *қосмамагистральды майлау станцияларын* МЕСТ 11700-80Е бойынша сызықты (2 тип) және сақиналы (1 тип) типті болып шығарады. Екі типті станциялар бірдей құрылымдалған, бірақ сыртқы көрінісінде және сұлбалар бойынша да айырмашылықтары бар: сақиналы типті станциядан төрт құбыржолы шығады (екі магистральды және екі қайтармалы – «сақиналы»), сызықты типті станциядан – тек екі магистральды. Сақиналы типті станцияның таратқышы гидравликалық басқару принципі бойынша жұмыс істейді, сызықты типті станцияның таратқышында таратушы реттығынды ауыстырып қосылуы, электрмагнит арқылы жүргізіледі: таратқыштың ауыстырылып қосылуына әсерін тигізетін қысым мөлшері, сақиналы типті станцияда таратқыштың өзінің реттегіштерін күйге келтірумен анықталады, сызықты типті станцияларда жүктеменің ауыстырылып қосылу шамасы майлаудың ауыстырылып қосылу блогының реттегішін күйге келтіруімен анықталады. Оны магистральды құбыржолдардың соңында немесе станция жанында орнатады.

Сақиналы станцияның таратқышында үш қысым реттегіштері орнатылған: шеткілерімен қос магистральдың қысымын орнатады, олар барлық қоректендіргіштердің іске қосылуын қамтамасыз етеді; сақтандырғыш клапан болып табылатын, ортаңғы реттегішпен ең жоғарғы қысымды реттеуге болады, ол шектен тыс кеткенде жағар материалы сұйық қоймаға қайтадан келеді. Сызықты станциясының таратқышында бір реттегіші болады – ол сақтандырғыш клапан.





20-сурет. Көлемді мөлшерлеу орталыктандырылған қос магистральды майлау жүйелерінің жұмыс жасау сұлбалары

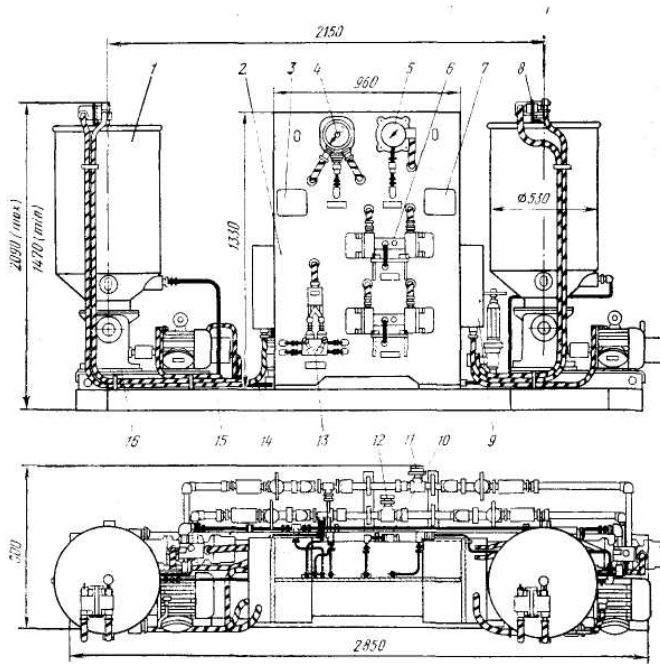
*а – сызықты типті, ә – сақиналы типті; б – электр басқарылуы бар таратқыш; в – гидравликалық басқарылуы бар таратқыш;*  
*1 – тұрқы; 2 – таратқыш реттегіші; 3 – сақтандырғыш клапан;*  
*4 – А магистралінің қысым реттегіші; 5 – басқарушы реттегіші;*  
*6 – Ә магистралінің қысым реттегіші; 7 – қайтарма клапан; В<sub>А</sub>, В<sub>Ә</sub> – А және Ә магистральдарының қайтарма сақиналары;*  
*Р – сыйымдылық; Д – қозғалтқыш; М – манометр; Н – сорғы;*  
*П – қоректендіргіш; БПС – майламалы ауыстырып қосу блогы;*  
*ВК – шеткі ажыратқыш; Ф – сүзгіш; Э1, Э2 – таратқыш электрмагниттері; I, II, III – жұмыс реттілігі*

Екі типті станцияның үш моделі шығарылады. Олар станцияның сұйықтықты айдау шамасына сәйкес 0075, 0150, 0600 (0,75; 0,150 және 0,6 л/мин) болып белгіленеді.

Сызықты станцияларды жасаған кезде ең алыс қоректендіргіш жанында майлауды қайта қосу блогы МҚБ орнатылады. Тәжірибеде ауыстырып қосу қысымының шамасы 1 МПа-ға жоғары қысымды орнатса, яғни ең алыс қоректендіргіш немесе жағар материалының жүруіне ең үлкен қарсыласуымен майлайтын үйкеліс торабының қоректендіргіші іске қосылған кезде, онда тікелей станция жанында майлау орнағының бөлмесінде МҚБ орнатуға болады. Нәтижеде, жүйенің механикалық және электрлік жинастырылуын, қызмет көрсетуін жеңілдетеді және блок пен барлық жүйенің сенімділігін арттырады. Осындай блокты майлау станцияның сұлбасы (21-сурет) УЗТМ орнатпасы бойынша жасалған. Ол екі 0600-2-1-1 станциядан жалпы қаңқада жинастырылған. Енді сақиналы жүйелердің қайтарма магистральдары станцияның жанында орнатылады.

Магистраль басында, таратқыштан кейін сүзгілерді орнатуға қарағанда, сорғы мен таратқыш арасында сүзгілердің орнатылуы станцияның сенімділігін арттырады. «Елгавмаш» зауытының баяу жүрісті (минутына 60 жүріс орнына 30), ұзын жүрісті (14 мм орнына 30 мм) сорғыларымен станцияларды шығаруы, олардың кепілденген жұмыс қорын 10000 сағатқа, плунжерлі және клапанды жұптарды – 3000 сағатқа дейін жеткізді.

*Пневматикалық жетекті қосмамагистральды автоматты станциялар* өте жоғары өнімділігімен ерекшеленеді, бірақ төмендегілген қысымды тудырады. Одан басқа, қысылған ауа қысымы төмендеген сайын олардың өнімділігі мен қысымы да төмендейді. Бұрын осындай станциялардың үш түрі шығарылатын: САГП-800 (сызықты және сақиналы) және САГП-2000П (сақиналы). Қазір өндірісте сыйымдылығы 150 дм<sup>3</sup> қысымы 10 МПа кезінде 0,3–2,0 дм<sup>3</sup>/мин жағар материалын беретін тек САГП-200ПМ моделі қалдырылған. Ол қысылған ауаның қысымы 0,4–0,6 МПа-да жұмыс істейді.

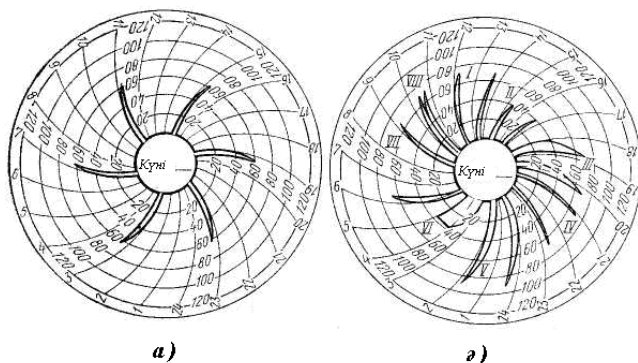


21-сурет. СЦПС-0,6-2 пластикалық жағар материалы үшін блоктық қосарланған орталықтандырылған станциясы

1 – 0600-2-1-1 станциясы; 2 – гидравликалық панелі – станцияны басқару блогы; 3 – техникалық мәліметтер кестешесі; 4 – электрлік шығу сигналды МП4-VI типті манометр; 5 – сигнал беруші электртүйіспелі ЭКМ VI×250 типті манометр; 6 – РДЭ типті реттығынды таратқыш; 7 – принципті гидравликалық сұлба кестешесі; 8 – сыйымдылықтағы жағар материалы деңгейінің шеткі ажыратқыштары; 9 – клеммалы қорап; 10 – орталықтандырылған құю станциясынан магистраль; 11, 12 – майлау магистральдары; 13 – БПС-22 типті ауыстырып қосу блогы; 14 – металмен қапталған жеең; 15 – қаңқа; 16 – 0600-2-1-1 станциясының сорғысы

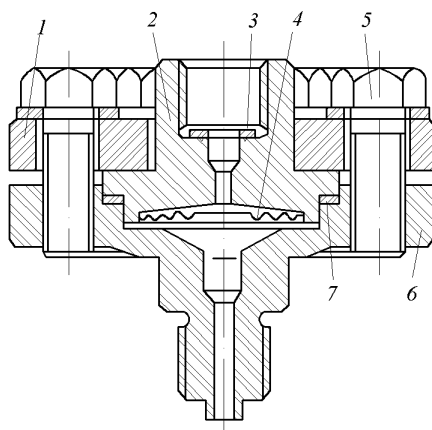
Қолжетектік майлау станцияларының параметрлері МЕСТ 24443-80Е анықталады. 22-суретте станцияның қалыпты жұмыс жасауы және оның бұзылуы көрсетілген: I – бастапқы реттеу

(қалыпты режим): ауыстырып қосу қысымы 7 МПа, цикл 1,5 сағ, толтыру кезеңі 15 мин; II – ауыстырып қосу қысымы 4 МПа дейін төмендетілген; III – құбыржолдар, қоректендіргіштер, құбыржолындағы ауа қапшықтарының тығындаусыздығы, сызықты сүзгілер торларының ластануы, сорғының плунжерлі жұбының тозуынан толтыру уақыты 45 минутқа ұзартылған; IV – таратқыш реттығындермен тармақтар бөліктерінің ажырауы, құбыржолдардың жалпауы немесе қоректендіргіштердің ластанудан сыналануынан толтыру кезеңі 5 минутқа дейін азайтылған; V – сүзгілердің және таратқыш немесе БПС арналарының ластануынан ауыстырып қосу қысымы 9 МПа дейін және толтыру кезеңі 20 минутқа дейін ұзартылған; VI – ауыстырып қосу қысымы әдеттегі жұмысшыдан төмен, таратқыштың сақтандырғыш клапаны серіппесінің босауынан, сорғыға жағар материалын берілуі азайған немесе жағар материалының көп тыс таралуынан толтыру кезеңі 2 сағатқа ұзартылған; VII – бағдарламалық электронды уақыт релесінің немесе басқару электрпневматикалық аспабының ақауларынан цикл екі есе ұлғайтылған; VII – таратқыштың ауыстырылып қосылған кезінде шеткі ажыратқыш іске қосылмай қалды.



22-сурет. Пластикалық жағар материалын берудің орталықтандырылған станциясының жұмыс істеу диаграммасы  
а – қалыпты жұмыс, ауыстырып қосу қысымы 6 МПа, цикл 4 сағ, толтыру кезеңі 10 мин; б – жұмыстың бұзылуы

Жағар жүйелерінің жұмыс істеу сенімділігін арттыру үшін арнайы аспаптар қолданылды. Манометрлер мен реттегіштердің арасына мембраналық бөлгіштері орнатылып (23-сурет), оларды мембранадан жоғары бөлгіш жұмысшы сұйықтықпен толтырады (құрғатылған трансформаторлық немесе аз тұтқырлы индустриалды маймен). Мембрана периметр бойынша тығыз жікпен тұрқыға пісірілген. Осы себептен манометрдің жұмысшы сұйықтығы пластикалық жағар материалынан толығымен бөлінеді.



23-сурет. 5321 модельді РМ типті мембраналық бөлгіш  
1 – жоғарғы ернемек; 2 – тұрқы; 3 – құбыржолдан манометрге  
нығыздаушы төсемше (төсем); 4 – бөлгіш мембрана; 5 – болт;  
6 – төмеңгі ернемек; 7 – мембрана асты кеңістігінің нығыздалуы

Сүзгіштерді пластикалық жағар жүйелерінің сенімді жұмыс істеуі үшін станциялардың алдында (құю желілерінде) және жүйеде орналастырады. Торлы сызықты сүзгілеу құбыржолдармен 20МПа-ға дейін қысыммен берілетін пластикалық жағар материалдарын, 250 мкм номиналды қалыңдықпен сүзгілеуді қамтамасыз етеді. Осы жағдайда жағар материалын,

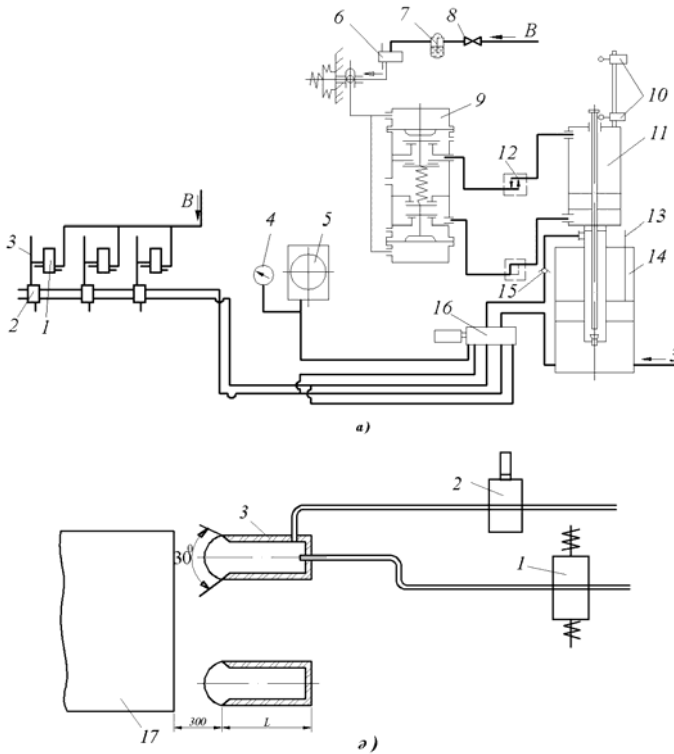
алдын-ала сүзгілеуден қалған немесе құбыржолдардың ішкі беттерінен түскен (үгінділер, күйіктер, абразивті қатты қосындылар, т.б.) механикалық қоспалардан тазартады. Торлы сызықты сүзгілеу МЕСТ 6918-69 бойынша жасалынады. Барлық сүзгілеудегі қысым тұрақсыздығы 0,85 МПа, сүзгіэлемент – 0,25 мм ұялары бар жез торы. Екі сүзгіштен сатылы етіп орнату тиімді болып табылады. Қысымның тұрақсыздығының шамалы өсуі, жүйенің сенімді жұмыс істеуінің жоғарлауымен компенсацияланады.

НПШГ типті *сорып тасымалдайтын тістегергішті сорғы* орталықтандырылған станциялардың сұйық қоймаларын пластикалық жағар материалымен механикаландырылған түрде толтыру үшін, және де ұзындығы шамалы құбыржолдарды толтыру үшін қолданылады.

*Пневможетекті автоматтандырылған құйма станциясы* (ЗАП-2000М) САГП-2000ПМ станциясына конструктивті тәрізді, одан тек таратқыштың жоқ болуымен ерекшеленеді.

Құю операциясын керек етпейтін прогрессивті техникалық шешім, ол ауыстырмалы сұйық қоймалар ретінде стандартты металл бөшекелерді қолдану болып табылады. Оларға майлау станциясының рөлін атқаратын аспапты сорғыш агрегатты орнатады.

Даңғырлы диірмендер, араластырғыштар, ірілеткіштер, рейкалы берілістердің ашық тісті берілістерді механикаландырылған майлау пластикалық жағар материалы ауамен шашырату арқылы жүзеге асырылады. Майлы аэрозольмен майлау әдісіне қарағанда, осы үрдіс шашыратқыштан пластикалық жағар материалының белгілі мөлшерін механикалық үрлеу түрінде болады (24-сурет).



24-сурет. Ашық тісті берілістерге пластикалық жағар материалын шашырату сұлбасы

*а* – жүйенің жалпы сұлбасы; *б* – шашырату торабының бөлек сұлбасы; 1 – шашыратудың ауатаратқышы; 2 – майлау қоректендіргіші; 3 – шашырату тесігі; 4, 5 – көрсеткіш және өздігінен жазатын манометрлер; 6 – САГП-200ПМ станциясының ауатаратқышы; 7 – В44-23 майтаратқышы; 8 – жабу вентили; 9 – КПЭМ-10 мембраналық электромагнитті пневматикалық клапан; 10 – шеткі ажыратқыш; 11 – пневматикалық цилиндр; 12 – ауа дроссели; 13 – пластикалық жағар материалының мөлшер көрсеткіші; 14 – пластикалық жағар материалы үшін сұйық қоймалар; 15 – қайтарма клапан; 16 – гидравликалық басқарылуы бар таратқыш; 17 – ашық тісті беріліс; В – ауа; 3 – құйып толтыру

Жүйе САГП-2000ПМ станциясы, В-64-23 ауатаратқыштары және 2-2500-1К майлау коректендіргіштерінің жұмыс істеу негізінде құрылған. Бір жүйе 4-12 диірмендерді, олардың диаметрлері мен жұмыс істеу жағдайларына байланысты, майлауы мүмкін. Бұрын сақиналы форсункалы арнайы шашыратқыш коректендіргіштері қолданылған болатын. Бірақ олардың сенімділігі төмен болатын, себебі қолданылатын жағар материалын – графитті солидолдан (УСсА) сақиналы саңылау графит қабыршақтарымен ластанатын. Қазіргі кезде қарапайым және сенімді сұлбасы жасалған болатын (НИИтяжмаш – НКМЗ). Шашыратқыштарды (22×4 мм) құбырлардан жасайды. Оның ұзындығын  $L$  коректендіргішпен толық берілетін мөлшері шашыратқышта сыятындай етіп қабылдайды. Барлық коректендіргіштер іске қосылғаннан кейін және майлау станциясы сөнген соң, 1–2 минуттан кейін бағдарламалық реле шашырату ауатаратқыштарын қосады да сығылған ауа, жағар материалының белгілі мөлшерлерін тістерге, шынжырларға, т.б. үрлей бастайды. Шашырату ұзақтығы 2–3 с; жағар материалының жұмыс істеу жағдайы мен қасиетіне байланысты шашырату кезеңділігі 0,5-тен 8 сағ дейін болады. Станция мен ең алыстағы машина арасындағы арақашықтық – 50 м артық болмауы керек.

### **3.6. Пластикалық жағар материалымен майлаудың орталықтандырылған автоматы жүйелерін есептеу**

Май жүйелерін есептеу сияқты осындай есептеу жағар материалы мен жүйе түрін таңдау, жағар материалының шығынын анықтау, майлау коректендіргіштерін қабылдау, жүйені құру, майлау желілерінің қимасын таңдау, жүйе қарсыласуын есептеу, есептеме негізінде және де жұмыс істеу жағдайларының сәйкестігінің негізінде алынған және қабылданған номиналды мәліметтер сәйкестігіне байланысты майлау станциялары мен аспаптарын таңдаудан тұрады.

Жағар материалдарын химмотология бөлімінде айтылған кепілдемелер арқылы, сәйкес жабдықтардың жұмыс істеу тәжірибесін ескере отырып таңдайды.

Жағар материалының шығынын П.М. Вавилов (ВНИИметмаш) әдістемесі бойынша есептейді. Ол уақыт бірлігінде үйкеліс торабы бетінің бірлігіне жағар материалының меншікті шығын нормаларының қатынасы мен жұмыс істеу жағдайларын ескеретін түзету коэффициенттерінің жүйесі негізінде құрылған:

$$q_i = q_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5,$$

мұнда  $q_i$  – бір үйкеліс торабы үшін орташа сағатты жағар материалының шығыны,  $\text{см}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ})$ ;  $q_0$  – жағар материалының меншікті сағатты шығыны (ол ИП-1 жағар материалы үшін анықталған («индустриалды илемдеу» майлы солидол типті  $q = 11 \text{ см}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ})$  диаметрі  $d = 100$  мм шартты мойынтірек үшін бұрыштық жылдамдығы  $\omega = 10$  рад/с, УНИОЛ-2 типті аса тиімділікті жағар материалдарына  $q = 5 \text{ см}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сағ})$  қолдануға болады);  $k_1$  – мойынтіректің шынайы диаметрінен шығынның тәуелділік коэффициенті;  $k_2$  – мойынтіректің шынайы жылдамдығын ескеру коэффициенті;  $k_3$  – үйкелу беттерінің сапа коэффициенті (сапалы кезінде  $k_3 = 1$ , қанағаттанарлық сапа кезінде  $k_3 = 1,3$ );  $k_4$  – мойынтіректің шынайы температурасын ескеру коэффициенті ( $t_p < 75^\circ \text{C}$  кезде  $k_4 = 1$ ,  $t_p = 75 \div 150^\circ \text{C}$  кезде  $k_4 = 1,2$ );  $k_5$  – мойынтіректің жүктелуін ескеру коэффициенті (нормалды жүктеме кезінде  $k_5 = 1,0$ , жоғары жүктемеде  $k_5 = 1,1$ ).  $k_1$  – келесі формула арқылы анықтауға болады:  $k_1 = 1 + 0,001 A$  ( $d=100$ ), мұнда сырғанау мойынтіректері үшін  $A=4$  және тербелмелі мойынтіректер үшін  $A=1$ ;  $d$  – диаметр, мм. Одан басқа,  $k_1$  келесі мәліметтер арқылы алуға болады:

|                  |     |     |     |      |     |
|------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| Мойынтірек d, мм | 100 | 200 | 300 | 400  | 500 |
| Мойынтірек:      |     |     |     |      |     |
| сырғанау         | 1   | 1,4 | 1,8 | 2,2  | 2,5 |
| тербелмелі       | 1   | 1,1 | 1,2 | 1,25 | 1,3 |

$k_2$  келесі формула бойынша анықталады ( $n$  – айналу жиілігі,  $\text{мин}^{-1}$ ):  $k_2 = 1 + 0,001 (-100)$  немесе келесі қатынас арқылы:

|             |     |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| n .....     | 100 | 200 | 300 | 400 |
| $k_2$ ..... | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 |

Қоректендіргіштерді келесі формула бойынша таңдайды:

$$q_{\text{п}} = k_{\text{ц}} q_{\text{і}} S T_{\text{ц}},$$

мұнда  $k_{\text{ц}}$  – циклде қабылданған жұмысшы жүрістер санының коэффициенті ( $k_{\text{ц}} = 1$  немесе  $2$ );  $q_{\text{п}}$  – бір бұрма бойынша жұмысшы жүріс кезінде қоректендіргіш беруі,  $\text{см}^3$ ;  $S$  – үйкеліс бетінің ауданы,  $\text{м}^2$ ;  $T_{\text{ц}}$  – майлау кезеңділігі (цикл жалғасуы), сағ, жұмыс жағдайына байланысты, және де Д.М. Юделев (Механобр), П.К. Гедык (УЗТМ) жұмыстарындағы номограммалар мен кестелер бойынша  $T_{\text{ц}} = 0,25 \div 24$ .

Техникалық әдебиеттерде, әдетте қоректендіргіштерді номиналды берудің жақын шамасымен таңдауға ұсыныс беріледі. Сенімділік теориясына сүйене отырып, сонымен қатар көп жылдық тәжірибе негізінде жауапты үйкеліс тораптарының бір майлау нүктесі үшін жоғары типтіөлшемді бір бірбұрмалы қоректендіргіш орнына, бірдей соммалық беруі бар төменгі типтіөлшемді бір екібұрмалы қоректендіргішті немесе екі жауапты магистральдары бір майлау нүктесін майлау үшін төменгі типтіөлшемді екі бірбұрмалы қоректендіргішті қабылдауға ұсыныс жасауға болады. Мысалы, бір нүктеге  $10 \text{ см}^3$  беру 2-1000-1 бір бірбұрмалы қоректендіргіш немесе 2-0500-2 бір екібұрмалы қоректендіргіш (бір майлау нүктесіне  $5 \text{ см}^3$ -тен екі бұрма), немесе 2-0500-1 екі бірбұрмалы қоректендіргіш қамтамасыз етеді. Осындай «артықшылық» сенімділік жоғарылауымен өзін-өзі ақтайды, әсіресе бірегей машиналарда. Мысалы, жылжымалы мұнаралы вагонтөңкергіш конструкциясында люльканың екі цапфасы бар. Ол диаметрі 350 мм қола төлкелерде әр вагонды босату кезінде екі рет бұрылады. Әрине, осы сырғанау тіректері майлау сапасы толық вагонтөңкергіштің жұмысына тәуелді болады. Сондықтан, әрбір цапфаға екі бірбұрмалы қоректендіргішті орнатады.

Жазық үйкеліс беттерін (агломерациялық машиналардың бойлық нығыздау пластиналары, илемдеу орнақтарының жұмысшы қапастарының пішінбілік жастықтарының бағыттаушылары, т.б.) майлау үшін майлау қоректендіргіштерді таңдау

кезінде ВНИИметмаш әдістемесі бойынша осы үйкеліс тораптарын диаметрі  $d = l/\pi$  ( $l$  – үйкеліс бетінің ұзындығы, мм) және үйкеліс бетінің еніне тең ұзындықты эквивалентті болатын сырғанау мойынтіректерімен ауыстырады. Осындай мойынтіректің бұрыштық айналу жылдамдығын:  $\omega = 2v/d = 2\pi v/l$  деп қабылдайды. Мұндағы  $v$  – сырғанау жылдамдығы, м/с.

Сонымен қатар, келесі теңдікті қолданады:  $n = 60 v/l$ , мұндағы  $n$  – айналу жиілігі, мин<sup>-1</sup>.

Бір майлау цикліндегі жағар материалының жалпы шығыны  $Q_{\text{ц}}$  (см<sup>3</sup>).

$$Q_{\text{ц}} = \sum_1^n k_{\text{ц}} q_{\text{ц}} z_i, \quad (8)$$

мұнда  $q_{\text{ц}}$  – бір бұрмаға жұмысшы жүріс бойынша коректендіргіш беруі, см<sup>3</sup>;  $z$  – беру бойынша бірдей бұрмалар саны.

МЕСТ 6911-71 ескере отырып (8) теңдікті келесі түрде көрсетуге болады

$$Q_{\text{ц}} = k_{\text{ц}} (2z_1 + 5z_2 + 10z_3 + 25z_4),$$

мұнда  $z_1, z_2, z_3, z_4$  – 2-0200, 2-0500, 2-1000 және 2-2500 типтіөлшемді коректендіргіштерден сәйкес бұрмалар саны.

Майлау жүйесін құру кезінде жалпы жүйеге бірлесетін майланатын машиналардың жұмыс жасау режимдерін, және олардың жөндеу режимдерін ескереді. Жүйеде майлау нүктелерінің санын сирек қосылулар мен үлкейтілген цикл ( $T_{\text{ц}} = 6 \div 8$  сағ) кезінде  $T_{\text{н}} \leq 12$  мин және сирек қосылулар мен кіші цикл ( $T_{\text{ц}} = 1 \div 2$  сағ) кезінде  $T_{\text{н}} = 5 \div 8$  мин толтыру кезеңінің оптималды ұзақтығы бойынша анықтайды:

$$T_{\text{н}} = (Q_{\text{ц}} + Q_{\text{сж}})/(1000\beta Q_{\text{ст}}), \quad (9)$$

мұнда  $Q_{\text{сж}}$  – жағар материалының сығылу қасиетінің салдарынан бір магистральда босатылатын көлем (см<sup>3</sup>), оны әрбір циклде станция беруімен компенсациялау қажет:  $Q_{\text{сж}} = \beta_v V_{\text{м}} p_{\text{ср}}$ ,  $\beta_v$  – пластикалық жағар материалының көлемдік сығылу коэффициенті,

МПа<sup>-1</sup> (П.К. Гедык мәліметтері бойынша  $\beta_v = 0,001$  МПа<sup>-1</sup> деп қабылдауға болады);  $V_m$  – бір магистраль, бұрмалар және коректендіргіштер көлемі, см<sup>3</sup>;  $p_{cp}$  – магистральдың орташа қысымы, МПа, ол теориялық жағынан ең алыстатылған коректендіргіштің іске қосылу қысымының жартысына тең (сенімді болу үшін іске қосылу қысымына тең етіп қабылдауға болады);  $T_n$  – толтыру кезеңінің ұзақтығы, мин;  $Q_{ст}$  – майлау станциясының номиналды өнімділігі, см<sup>3</sup>/мин (МЕСТ 11700-80Е бойынша);  $\beta$  – беруді төмендету коэффициенті (осы бойынша МЕСТ 3000 сағаттан кейін 15 %-ға рұқсат етіледі)  $\beta = 0,85$ . Жүйеге ауаның кіруі беру кезеңінің ұзақтығын ұлғайтады, жүйенің сенімділігін төмендетеді.

0075 станциясынан майлау нүктелерінің санын шамамен 75 дана, 0150 станциясынан 150 дана, 0600 станциясынан – 600 дана деп қабылдауға болады.

Магистральды құбыржолдардың ұзындығы мен диаметрін желі қарсыласуының есептемесі бойынша және келесі шектеулерді ескере отырып қабылдайды: жағар материалының тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қос магистральдағы жағар материалының көлемі, оның 6 ай ішіндегі шығынынан аспауы керек. Қысым шығындарын төмендету үшін, диаметрді үлкейту тиімді болады, бірақ ол жағар материалының, оның үйкеліс торабында қолдануына дейін магистральда болу уақытын ұлғайтады. Бұдан басқа, жоғарыда айтылған есептемеде, магистральды құбыржолдардың серпімді деформациясы ескерілген жоқ болатын. Оны әрбір циклде станция сорғысы өзінің беруімен компенсациялау қажет. П.К. Гедык мәліметтері бойынша, станцияның жұмыс істеуі кезінде, үйкеліс тораптарына келетін жағар материалының көлемі, станцияның беретін көлемінен 20–25 %-ды құрайды. Магистральдың ұзындығы 250 м және ішкі диаметрі 50 мм (60×5 құбыры), қысымы 15 МПа кезінде жүйелердің жұмыс қабілеттілігі тәжірибе жүзінде расталды. Болжау үшін келесі эмпирикалық формуланы қолдануға болады:  $d_y = 5 + 0,4 l$ , мұнда  $d_y$  – магистраль өтуінің шартты диаметрі, мм;  $l$  – магистраль ұзындығы, м.

Жүйелерді жобалау кезінде жағар материалды аз порцияларда жиі беруі, үлкен порцияларда сирек беруден қарағанда сенімдірек екенін ескеру қажет.

Пластикалық жағар материалы ағуының Г.Б. Фройштетермен құрылған реологиялық моделі, құбыржолда қысымның өсіп-түсуін теориялық жағынан анықтауға мүмкіндік берді [7, 14, 15].

### **3.7. Майлау жүйелерін жинақтау және жөндеу (күйге келтіру)**

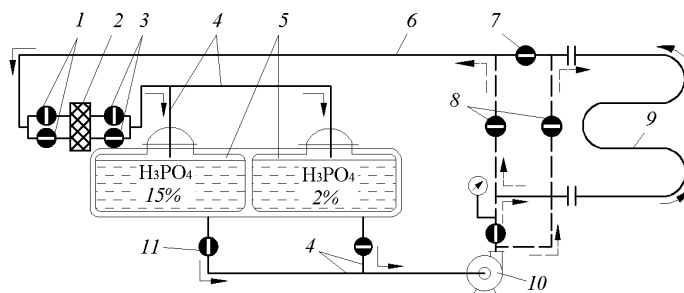
Майлау жүйелері мен олардың жабдықтарын *жинақтау тәртібі* майланатын технологиялық жабдықтардың спецификасына, құрылысты – жинақтау жұмыстарының технологиясы мен оны ұйымдастыруға тәуелді болады. Оны 4 негізгі түрге бөлуге болады: 1) майлау жабдықтарын, арматуралары мен бақылаушы – реттегіш аспаптарды жинақтау; 2) магистральды құбыржолдарды жинақтау; 3) майлау нүктелеріне жақын дәлмөлшерлегіш коректендіргіштерді орнату; 4) құбырларды жабдықтар бойынша орналастыру. Аталған жұмыс түрлерін бір-бірінен тәуелсіз – құрылысты – жинақтау жұмыстарының бағыты дайын болуына байланысты сатылы немесе қосарланған – сатылы жүргізуге болады. Осы жұмыстарды келесі мамандар – пластикалық және сұйық орталықтандырылған майлау (код 17507) жүйелері бойынша слесарь-монтажниктер жасауы керек.

Майлау жүйелерін жинақтау кезінде негізгі талаптар – олардың тазалығы (әсіресе ішкі қуыстары) мен тығыздығын қамтамасыз ету. Майлау жабдықтарының ревизиясы кезінде спецификалық талап – сұйық қоймалардың, сорғылардың ішкі қуыстарын сүрту үшін мақта-маталы «ұштарын» қолдануға тыйым салу; тек салфеткаларды қолдану рұқсат етілген.

Құбыржолдардың дайын тораптары мен бөлек құбырларды *уландыру* екі әдіспен жүргізіледі: дәстүрлі – 20 % тұз немесе күкірт қышқылының ерітіндісі және қазіргі таңдағы – 15–20 % ортофосфор қышқылының ерітіндісінде. Бірінші әдіс бойынша құбырларды уландыру олардың коррозиясына байланысты 3–10 сағ жүреді. Ерітіндіні 40–80 °С жылыту уландыруды

тездетеді. Сосын құбырларды жуады, 3 % ізбесті ертіндіде нейтралдайды, 80–90 °С қыздырылған сумен екінші рет жуады. Екінші әдіс қарапайымырақ болады. Жинастырылған құбыржолды сығылған ауамен үрлейді, сосын 50–70 °С қыздырылған 15–20 % ортофосфор қышқылымен 4–8 сағ ішінде үздіксіз ырғаумен уландырады, ертіндінің жүру жылдамдығы 3 м/с кем емес. Осыдан кейін құбыржолды 1 сағ ішінде ортофосфор қышқылының 2–3 % ертіндісімен пассивацияға ұшыртады. Үрдіс механикаландырылған жылжымалы кондырғыда қолданылады. Ол автомобильді тіркеме орнатылған, сорғы мен арматура, екі бөлімді сұйық қоймада тұрады (25-сурет). Екінші әдістің артықшылығы, құбыржолдарды дайындауда еңбек көлемі 30 %-ға төмендейді, және де құбырлардың ішкі беттерінде, оларды келесі коррозиядан қорғайтын жұқа кабыршақ пайда болуы болып табылады.

Магистральды құбыржолдарды герметикалық тұрақтылығына жұмысшы жағар материалымен жұмыс қысымынан 25 % жоғары қысыммен гидравликалық сынақтан өткізеді. 20–30 мин ішінде кезекпен әр құбыр жолы сынақтан өткізіледі.



25-сурет. Құбырларды уландыруға арналған УТТ-2 жылжымалы кондырғының принципті сұлбасы

- 1 – сүзгі алдындағы кран; 2 – торлы сүзгі; 3 – сүзгіден кейінгі кран;  
4 – ауыстырмалы майысқақ иланг; 5 – ортофосфор қышқылының ертіндісіне арналған цистерналар; 6 – ертіндіні тазартуға беруге арналған құбыржол; 7 – құбыржолды тура жууға арналған кран;  
8 – қайтарма жзуға арналған крандар; 9 – жуылатын құбыржол;  
10 – қышқылға төзімді сорғы; 11 – ағызу краны

**Бақылау сұрақтары:**

1. Майлау жүйелерінің классификациясы қандай?
2. Майлау жүйелерінде қандай жабдықтар қолданылады?
3. Майлау жүйелерін есептеудің қандай әдістемелері бар?
4. Аэрозольды майлау жүйелерінің ерекшеліктері неде?
5. Пластикалық жағар материалдарды беру жүйелері қалай бөлінеді?
6. Майлау жүйелері мен олардың жабдықтарын монтаждау тәртібі қалай жүргізіледі?

## **4. МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫНЫҢ ЖЕКЕ ТҮРЛЕРІН МАЙЛАУ**

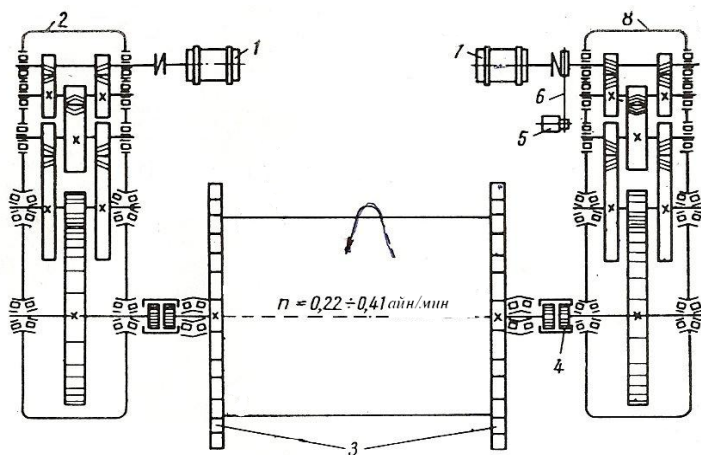
### **4.1. Аломерациялық машиналардың жеке тораптарын майлау**

«Уралмаш» зауытында шығарылған агломерациялық машина негізгі қаңқа, күйдіру арбашасының таспа жетегі, арнайы жетекті тиеуші бөлік, төсеме материалды нәрлендіргіш, шихта тиеу қабылдағыш (нәрлендіргіш), газбен күйдірілетін горндар, газ соратын вакуум камералар және сыналы тығыздау, газ әкетушінің жоғарғы бөлігіндегі гидротығыздау майлау, шанақтан түсу баспанасы, редукторларды циркуляциялық сұйық майлау жабдықтары, мойынтірек тораптарын орталықтандырылған майлау жүйесінен майлау, күйдіру арбашаларының комплектісі, электржабдықтарды майлау үшін қолданылатын арнайы қондырғылардан тұрады [13, 21].

Машинаның бас бөлігінде орналасқан күйдіру арбашаларының жетегі (26-сурет), әрбір арбашалардың төменгі еңкіш жолы мен горизонтальды жолындағы көтерілуі және осы жолдағы барлық таспалардың жылжуы үшін арналған. Жетек құрамы: жұлдызшалы негізгі білік 3, тісті жалғастырғыштар мен жалғанған 4 білік шығатын редукторлар 2 және 8, екі электрқозғалтқыш 1 және 7, басқару аппараттары 5 және оған берілетін берілістен 6 тұрады. Электрқозғалтқыштардың айналу сандарын реттеу өте баяу жүреді. Агломерациялық машиналардың жетегіндегі аса жауапты майлану тораптарына үнемі бақыланатын негізгі біліктің жұлдызшалар мойынтіректері жатады. Қалыпты жағдайда жұмыс істейтін жетектің температурасы қоршаған ауаның температурасынан кем дегенде 25 °С аспауы керек. Жетектің қалыпты жұмыс істеуі, жұлдызшалар күйдіру арбашалардың жүк роликтерімен бірдей ілінісуін қамтамасыз етеді. Дұрыс ілінісуді әрдайым қадағалап тексеріп отыру қажет. Жұлдызшалардың тозған тістері (сегменттері) дер кезінде ауыстырылуы тиіс.

Таспа жетегінің тісті жалғастырғыштарын әр жалғастырғышқа  $42 \text{ дм}^3$  майды құю арқылы майлайды және оны 4 айда кем дегенде 1 рет ауыстырып тұрады.

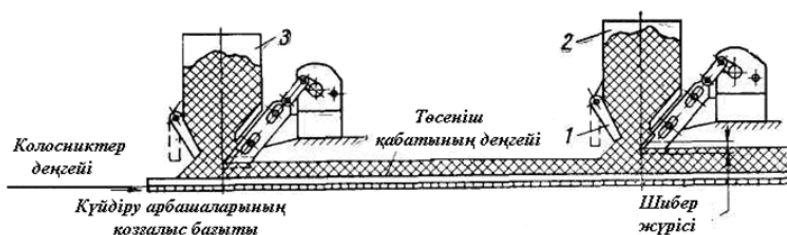
Жоғарғы жүру жолының басында, іліндіру паллеталарынан тұратын таспаға нәрленгіштен үздіксіз шихта беріледі (27-сурет). Шихта екі қабат болып толтырылады. Алдын ала толтырылған төсеніш материал қабатына екі толтыру құйғыштар арқылы шихтаның күйдірілуін қамтамасыз ететін қабат беріледі. Шихтаны жандыру үшін нәрленгіштердің жанында қаңқаның бас жағында арнайы газды горндар орналасқан. Шихта құрамына байланысты горн жалынының температурасы  $1100 - 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$  құрауы керек. Тұтану температурасы берілетін ауаның мөлшерімен реттеледі.



26-сурет. Күйдіру арбаша таспасының жетегі

Шихтаны тиеу үшін, төсеніш материалдың нәрлендіргішінен кейін, машинаның бас бөлігінде бірінен кейін бірі екі құйғыштарды орналастырады. Құйғыш мойыншасы тарылған шанақтан 2 және 3 тұрады. Олардың тесіктерінің ауданын бағыттаушы роликтері бар еңкіш шиберлер 1 арқылы реттеуге

болады. Шиберлердің жылжуы әрбір құйғыш үшін жеке жетек арқылы жүзеге асырылады. Реттелумен күйдіру таспасында, шихта қабатының қажетті қалыңдығы қамтамасыз етіледі. Шиберлер жетегінің редукторы айналуы баяу жүрісті біліктер арқылы кривашиптерге беріп, сырға арқылы шибердің қабырғасымен топсалы жалғасады. Шиберлерді жылжытатын редукторлар өте сирек жұмыс істейді, сондықтан шприцті немесе құймалы маймен қамтамасыз етілген.

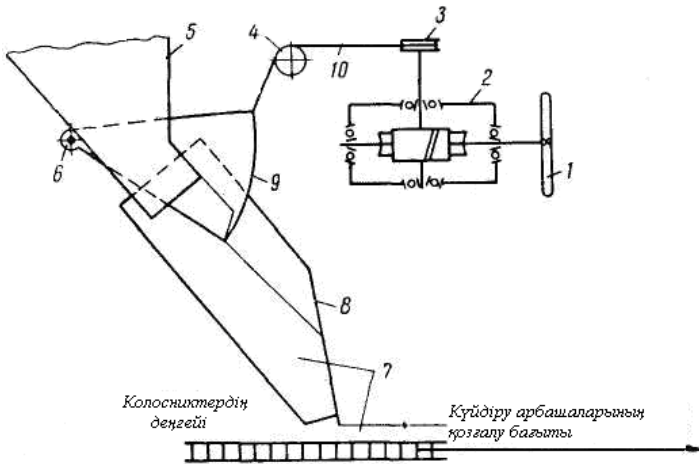


27-сурет. Шихтаны тиеу үшін арналған құйғыштар (воронкалар)

Мойынтірек тораптарын ИП1-Л маркалы майымен периодты түрде толтырады. Редуктордың майлы ванналарына трансмиссиялы автотракторлы майларын, жоғарғы жақта орналасқан аса таяқты май көрсеткішке дейін құяды. Майды бақылау терезелерінде орналасқан сүзгіш немесе тор арқылы құю керек, себебі құйылатын май таза болуы қажет. Машинаны жұмысқа қосқаннан 4 айдан кейін редукторлардағы майды ауыстырады. Майды ағызғаннан кейін редуктордың тұрқысын керосинмен жуады да, құрғатып сүртеді, ал содан кейін жаңа майды құяды. Уақыт өте майды 6 ай сайын ауыстырып тұрады. Түспелер үшін шанақ баспанасында тіреу домалақшаларында орналасқан және жетекті роликтері бар жылжып шығатын бөлігі болады.

Бұрамдық редукторды және мойынтірек тораптарын ИП1-Л қою жағар майымен майлайды. Майлауды редуктор кеңістігін тіреу мойынтіректері мен жетек домалақшаларының камераларын, периодты (айына 1–2 рет) толтыру жолымен жүзеге асырады. Төсеніш материалдың нәрлендіргіші (28-сурет) машинаның

жоғарғы бөлігінде орналасады. Ол шанақтан 5, тиеу науасынан 7 жапқыштан 8 және цапфаларға 6 бекітілген секторлы бөгеуіштен 9, оның көтерілуі арқан 10 арқылы және блок жүйесінен 3 және 4 бұрамды берілістің көмегінен 2, қолдық маховиктен 1 жүзеге асады. Шанақтан төсеніш материал науа арқылы, жылжып келе жатқан арбашалардың колосникті торына біркелкі қабатпен тиеледі. Бұрамдық редукторды майлау ИП1-Л маркалы майымен жүзеге асады, содан кейін онымен редуктордың тұрқысы периодты түрде толтырылып отырады.



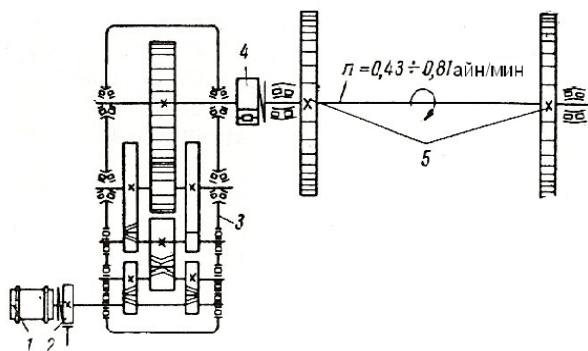
28-сурет. Төсеніш материалдың нәрлендіргіші

Бөгеуіш, науа және блоктар осьтері, сонымен қатар редуктор біліктерінің тіреу мойынтіректерін периодты түрде ИП1-Л маркалы майымен, майсауыттарының қақпақтарын айналдыру жолымен майлайды.

Машинаның жүктіеу бөлігі шанақтан келетін агломерат қорымтасын тасымалдау үшін дірілді құбыр қондырғысы және жұлдызшалы біліктің ортасынан төмен орналасқан қабылдау плитасы, жұлдызшалы білік 5 (29-сурет), тежеу режимінде жұмыс істейтін электрқозғалтқышы 1 бар арнайы жетектен

тұрады. Машинаның аялдау кезінде, жүктіеу бөлігіндегі жұлдызша білігін тоқтату үшін, электрқозғалтқыш білігінде тежегіш 2 орналасқан. Редуктордың шығу білігі 3 мен жұлдызшалы білік 5 майысқақ жалғастырғышпен 4 қосылған. Оның көмегімен электрқозғалтқыштың айналу кезеңі, арбашаның қозғалу бағытымен беріледі.

Майысқақ жалғастырғыш әркездегі қадағалауды қажет етеді. Оның қалыпты барлық агломерациялық машинаның апатсыз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

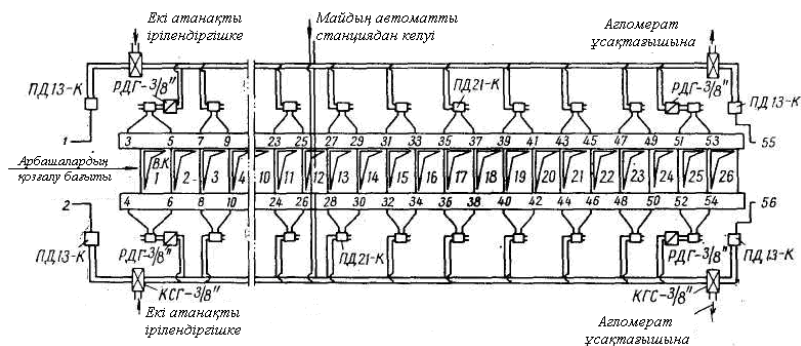


29-сурет. Агломерация машинасының тиеу бөлігінің жетегі

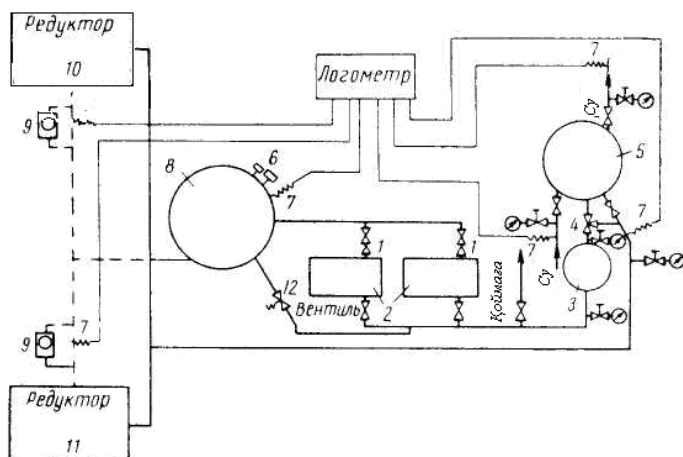
Жалғастырғыштың сыртқы қабатында балшық пен майдың болмауы керек. Жаз мезгілінде майысқақ жалғастырғыштың мойынтірек тораптарын ИП1-Л маркалы, ал қысқы мезгілде ИП1-3 майымен майлайды. Периодты түрде жағармайды шприц арқылы толтырады. Мойынтірек тораптары, басты және жүк түсіру бөлігіндегі редукторлары, сонымен қатар күйдіру арбашаларының пластиналарын майлау сұлбасы 30-суретте көрсетілген. Басты және жүк түсіру бөлігінің мойынтіректерін майлау, агломерациялық машинаның тұрқысында орнатылатын СК-500А типті орталықтандырылған қою майлау станциясынан жүзеге асады. Жаз мезгілінде ИП-1Л маркалы майды, ал қысқы мезгілде ИП1-3 маркалы майды қолданады. Таспа жетегінің

редукторлары және жүк түсіру бөлігін сұйық циркуляциялық жағармаймен майлайды. Жаз мезгілінде П-28 майымен, ал қысқы мезгілде П-28 немесе индустриалды 50 маркалы маймен майлайды. Май подвалының жабдықтары машина комплектісімен бірге жіберіледі.

Жүк түсіру бөлігінің редуктор жетегін, өнімділігі  $0,583 \text{ дм}^3/\text{сек}$  станция жүйесінен берілетін маймен майлайды, ал күйдіру арбашалары таспасының редуктор жетегін 10 және 11 (31-сурет) өнімділігі  $1,417 \text{ дм}^3/\text{сек}$  станциясымен майлайды. Гидротығыздаудың сырғанау пластиналарының майлануы САГ 2005 А типті орталықтандырылған қою майлау станцияның көмегімен жүзеге асады, және олар арнайы режимде жұмыс істейтін айрықша аспаптармен жабдықталған. ИП1-Л сортты майды бағыттаушыларға жеткізілу, ПД типті екі сызықты нәрлендіргіштер арқылы жүзеге асады. Майды майлау нүктесіне жеткізу периоды 1–2 мин ішінде  $1\text{--}2 \text{ см}^3$  көлемде болады. Редукторларды 10 және 11 циркуляциялық сұйық майлау жүйесіне және оның ішіндегі барлық аппараттар мен аспаптарға қызмет ететін, өнімділігі  $1,417 \text{ дм}^3/\text{сек}$  станциясы 31-суретте көрсетілген.



30-сурет. Машина мен гидротығыздалу сырғанау пластиналарының басты және тиеу бөлігінің мойынтірек тораптарын майлау сұлбасы



31-сурет. Басты жетек редукторының циркуляциялық майлануы

Көлемі  $2 \text{ м}^2$  майтұндырғышты 8 кернеуі 200В болған кезде әрбіреуінің қуаты 1,1 кВт болатын ЭТ-160 типті тоғыз электр жылытқыштан және ВК-211 екі соңғы қайта қосқышпен жабдықталған деңгей шектеуішінен жасайды. Сорғыш қондырғы 2, қуаты N 2,8 кВт,  $n=980$  айн/мин болатын АО 51-6 электрқозғалтқышпен жабдықталған. Бірінші қондырғы жұмысшы, ал екіншісі қосалқы болады. ФДЖ-80 бір патронды өздігінен тазаланатын дискілі сүзгіш 3 қуаты N=1 кВт,  $n=1410$  айн/мин, АОЛ 32-4 электрқозғалтқышпен жабдықталған. Тоназытқыштың 5 суыту ауданы  $20 \text{ м}^2$ . Клапандар: КПрЖ-50 типті сақтандырғыш 12 және қайтарма  $1 \frac{1}{2}$ " (1). ЭТМХ1 типті алты кедергілі термометрлер 7. ТР-200 типті 6 типті екі температуралы релелер. М-1 қалқымалы екі релелер (9) МП-1М типті екі микро қайта қосқыштармен жабдықталған. Көрсететін магнит электрлі профильді логометр. 0-100  $^{\circ}\text{C}$  шкаласы, градуировкасы №2 ЛПр-53.

Өркезде май температурасын бір деңгейде болуын қамтамасыз ететін ЭТ электр-жылытқыштармен сұйық қойма – тұндырғының, төменгі бөлігіндегі сүзгіштің орналасуы, сұйық

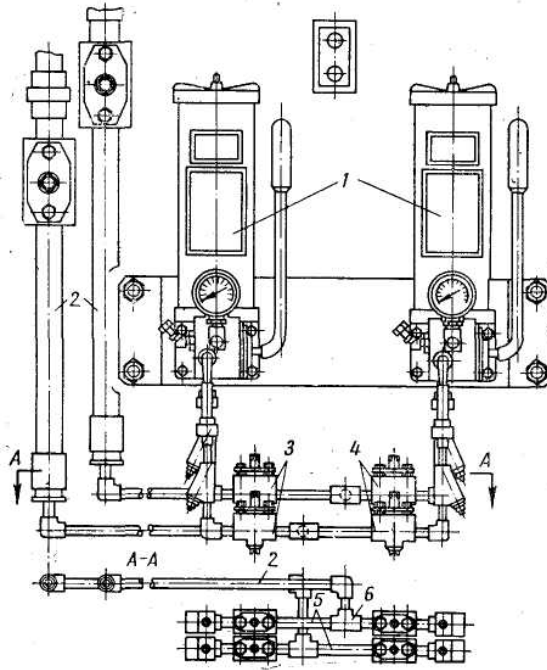
қойманың төменгі жағынан жоғары деңгейге дейін көтеріліп келетін майларға, құрамындағы механикалық қоспаларды түбіне тұндыруға мүмкіндік береді. Жаңа майларды қақпақтың саңылауы мен вентиль арқылы құйып, тістегергішті сорғыға дейін жеткізеді. Ол тұтқырлығы  $10^0$  ВУ<sub>50</sub> және температурасы 50 °С дейін жететін минералды майларды қолдану кезінде май желісіндегі қысымды 1,3 МН/м<sup>2</sup> дейін жеткізуге мүмкіндік береді. Май сорғы мен вентиль арқылы сүзгішке 3 құйылады. Басқа вентиль жабық болады. Сүзгіш патронын тазалауға қосылуы, КЭП–3 типті электрпневматикалық прибормен автоматты түрде әр 8 сағ жұмыс істеу сайын, 2–3 минутқа жүзеге асырады. Дискілі сүзгіштен өтіп, май үш жүрісті кран 4 арқылы тоңазытқышқа 5 келеді, мұнда радиатор арқылы өтетін циркуляциялық сумен суытылады. Радиатор құбырының ішіндегі су, вентиль арқылы құйылады да, содан кейін радиатордан шығып, вентиль арқылы цех магистраліне жөнелтіледі. Майды суыту қажет болмаған жағдайда, тоңазытқышқа келмей, қайтарма магистралі арқылы жіберіледі. Үш вентиль де жабық болғанда, кран 4 майлау нүктесіне баратын майды, тікелей май желілеріне беру үшін ашық болады.

Түрлі түсті сигнал беруде, 3 түсті шамдар жұмыс істейді: қызыл, жасыл және сары. Жалпы шамның қызыл түспен жануы, майлау жүйесінің бүлінген жерін хабарлайды, ал жасыл түстің сөнуі кезінде, ақау пайда болған жерін анықтауға болады. Қызыл шам өшірілмейді, ал жасыл шам жөндеу жұмыстары аяқталмағанша жанып тұрады. Қосалқы сорғының іске қосылуы кезінде, қызыл шаммен бірге сары шам да жанады және ол жұмыс аяқталғанша жанып тұрады. Электр сұлбасында станцияның жанында сорғы қондырғыларының тікелей өшірілу мүмкіндігі көрсетілген. Мұның нәтижесінде жөндеу немесе тексеру жұмыстары кезінде, майлау жүйесі жалпы пульт басқаруымен қосылмайды. Жарықты белгі берілуі басқару пультінде орналасуы мүмкін, және кезекші операторға көрінетін жерде орналасуы қажет. Себебі, ол сигналдың берілуін қадағалап көріп отыруы керек.

## 4.2. Домна пешінің колошникті механизмдерін майлау

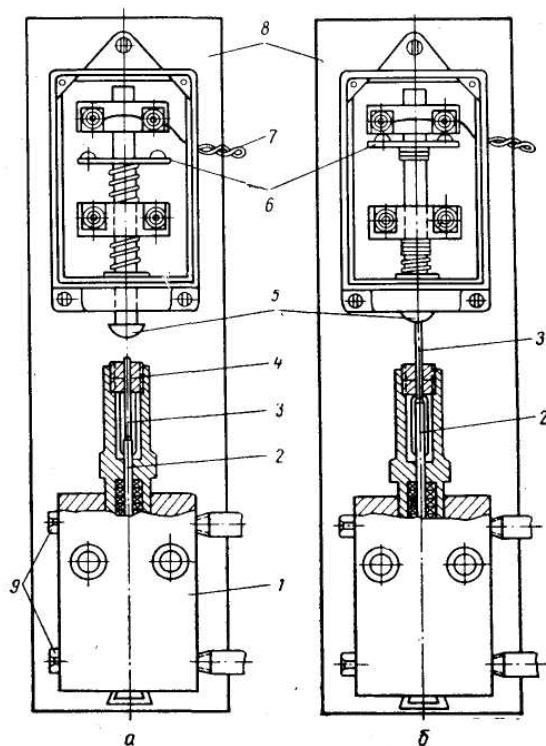
Қазіргі кездегі үлкен көлемді домна пештерінде (2000-2700 м<sup>3</sup>) жағармай колошникті механизмдердің барлық майланатын нүктелеріне, скип көтергіштің машиналық ғимаратында орнатылатын майлар орталық станциялардан автоматты түрде беріледі. Ескі домна пештеріндегі механикалық бөліктер модернизациялау кезінде, оларды орталықтандырылған майлау жүйесіне ауыстыру тиімді болады. Осы жағдайда майлау станциясын автоматты және қолды режимінде қолдануға болады. Скипті жүк көтергіш цехтың қасына жеке ғимаратта 2 қол жетекті майлау станция қондырғы орнатылады. Станцияларды 1 қабырғаға бекітеді (32-сурет) және май беруге арналған жұмыстарды жасау үшін қолайлы, сонымен қатар әртүрлі зақымдардың пайда болуын болдырмайтын жерлерде орналастырады.

Майлау материалы басты магистральға 2 бір станцияның сорғысы көмегімен беріледі, ал оны жөндеу және тексеру жұмыстары кезінде екінші (қосымша) станция қарастырылған. Сорғылардың біреуін іске қосу өту крандары <sup>3</sup>/<sub>8</sub> көмегімен іске асырылады. 3 және 4 крандары, станция 1 байланыстыратын қысқа мазьды құбырларда 5 орналастырылған. Басты магистраль 2 мазь құбырға 5 ұштармақтар 6 арқылы жалғасқан. Егер сол жақтағы (сызба бойынша) сорғы жұмыс істесе, онда мазь құбырлар 5 өту крандарымен 4 жабылып қалады және крандар 3 ашық болғанда жағармай бас магистральға беріледі. Оң жақтағы (сызба бойынша) сорғы жұмыс істеуі кезінде кран кері тәртіппен іске қосылады. Автоматты және қол жетекті станцияларды толтыру үшін, майлау бөлмесінде қажетті май қоры және толтыру жабдығы, әсіресе электржетегімен болуы керек. Мысалы, НППШ-200 тістегергішті типті қайта сору сорғысы [13, 21].



32-сурет. Колошник механизмдерін орталықтандырылған майлау үшін қол жетекті станцияларының қондырғысы

Әрбір майлау нүктесіне берілетін консистенті жағармайдың белгілі мөлшерінің берілуін коректендіргіш шектеуіштерінде соташық жылжуына байланысты бақылап қарайды. Адам өміріне қауіп төнетін жерлерде орналасатын және коректендіргіштердің соташықтарының жылжуын бақылауға ыңғайсыз болатын домна пештерінің механизмдерінде майлау нүктелерінің көп болуы, стацияның әр жұмыс істеу циклінен кейін жағармай беру, барлық желілерінің жұмысын басқару мүмкін емес. Мұндайда жиі жөндеу және тұрақты күтім қажет етпейтін, арнайы сыйымды сигналды жабдықтар керек. 33-суретте П.К. Гедык ұсынған шеткі коректендіргіштерде орнатылатын, автоматты әрекетті электрлі сигналды аспап көрсетілген.



33-сурет. Автоматты сигналды аспап

Қоректендіру желінің соңында орналасқан сигналды аспаптың жұмыс істеуі, мазь берілу кезінде бақылауға тағайындалған орыннан белгілі мөлшерде түсті сигнал беру болып табылады. Сигналды аспап келесі түрде жұмыс істейді: әрбір жағармай беру кезінде шеткі қоректендіргіштің штогы 2 төмен (33 а-сурет) немесе жоғары (33 б-сурет) жылжиды және шеткі қайта қосқыштың жылжымалы стерженіне 5 әсер етеді. Байланыс пластинасы 6 жоғары қозғалуы кезінде, онымен байланысқан стержень 5 қозғалмайтын байланыспен түйісіп, электрлік сым 7 көмегімен түсті сигнал – қызыл шамды қосады. Сигналды шам май берудің келесі жұмыс істеу циклі кезінде

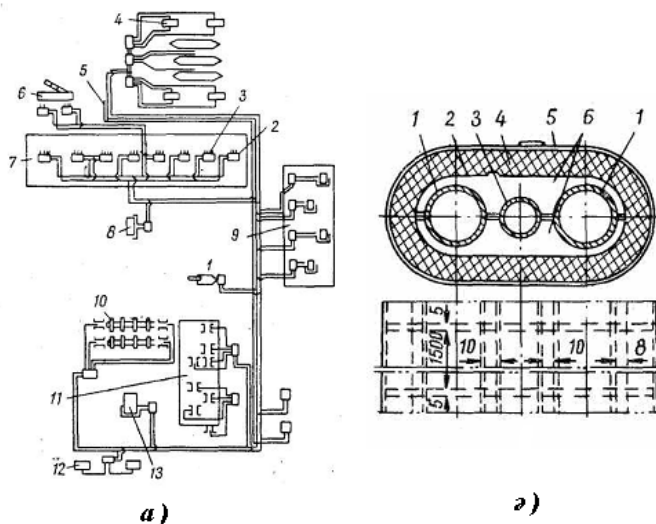
соташық 2 пен стержень 5 төмен түскенше жанып тұруы керек. Сигнализацияның негізі – сигналды шам біресе жанып, біресе сөнуі сәйкес май беру циклінде қоректендіргіш штогының орналасуына байланысты болады. Егер мазь соңғы шеткі қоректендіргішке жетпесе немесе ол басқа себептердің салдарынан жұмыс істемесе, онда сигналды шамдар өз күйін өзгертпейді, яғни егер ол жанса, онда ол өшпейді және керісінше болады.

Арнайы реттеу бұрандалардың 4 бұрғыланған тесіктеріне, соташық 2 пен стержень 5 байланысуы үшін, соташықпен бірге қозғалатын штифт 3 орнатылады. Реттеу бұрандалардағы тесіктің диаметрі, соташықтың диаметрінен кіші болуы керек, яғни оның жылжу шамасын реттеу мүмкіндігі болуы үшін жасалады. Стерженьнің 5 және соташықтың 2 осьтері бір жазықтықта орналасуы үшін, шеткі қайта қосқышты бұрандалар – қоректендіргішпен жалпы бағанаға 8 бекітеді. Мазьді құбырларды қосуға арналған және осы жағдайда ашық қалатын шеткі қоректендіргіштердің тесіктеріне тығын – бұқтырмаларды 9 бұрап орнатады. Шеткі қоректендіргіш 1 соташықпен 2 электрлік түрде белгі шамымен бекітілген. Қысым белгілі деңгейіне жеткен кезде қоректендіргіш іске қосылады және шамның жануына соташық импульс арқылы хабарлайды. Егер басқарушы майлау жүйесі постысына жеке сигнализацию беру қажеттілігіне байланысты, аталған аспап бірнеше қоректендіргіштерде орнатылуы мүмкін. Бірнеше белгі шамдарын орнату кезінде, сигналдар беретін майлау нүктелерін нөмірлеу қажет және осы нөмірлерді сигналды қалқанда әр шамға сәйкес қайталап қою керек. Электрлік сигнализатор, егер оны қысым клапанының артында орналасқан қоректендіргіштерге қоятын болса, шеткі типті жүйелерде қысым клапандарының жұмыс істеуін бақылай алады.

34-суретте майлау станцияларынан қоректендіргіштерге колошникті механизмдердің үйкеліс тораптарына жағармай беретін мазьқұбырларының тарату сұлбасы көрсетілген. Басты майлау магистральдарын көпірлі кран фермасының бүйір жағынан тартады. Олар балансиірлердің мойынтіректеріне, скип

көтергіштің бағыттаушы шкивтеріне және басқа колошниктің механизмдеріне жағармай жеткізуге қызмет етеді. Осы магистральдарға диаметрі 50 мм құбырларды тандайды, себебі 20 °С-ден төмен температурада диаметрі төмен құбырларда май жүруі өте қиын болады. Басқа қос тізбекті магистральды тармағында диаметрі 25 мм құбырлар қолданылады. Оны машиналық бөлменің еденіне орнатады, және жүк тартқыштардың мойынтіректеріне және төменгі бағыттаушы шкивтерге жағармай беруге арнайды.

Қыс мезгілінде төменгі температурада майлау жүйесінің бірқалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету, майлауды жылытуға мүмкіндіктер қарастыруы керек. Мұндай жағдайларда бас магистральдың екі құбыр желілері арасына және оларға бойлай диаметрі  $D_y = 25$  мм жылуфикациялық құбырды салады. Бұл құбырмен мезгілімен бу немесе ыстық су жеберіліп тұрады. Мазьқұбырдың қабырғасында майдың күйіп кетпеуі үшін, оны бу құбыр желісімен жақындаспауын қарастыру қажет. Олардың арасындағы керекті арақашықтықты (10–15 мм) керігіштер 6 (34-сурет) көмегімен орнатады, оларды магистральдың толық ұзындығына бір-бірінен 1–1,5 м арақашықтықта орнатады. Оларды бекіткеннен кейін, мазь құбырларын 1 жылуфикациялық құбырмен 3 бірге темір жаппалы беттермен 2 орайды, оның үстінен қалыңдығы 30 мм дейін 10 мм қабаттармен изоляцияны 4 (қожды мақта, асбестерит, т.б.) төсейді. Сосын булы мазь құбырлары темір немесе толь жаппалы беттермен 5, ал механикалық зақымдардың қауіпі жоқ жерде мақта-мата қағазымен қаптайды. Құбыржолдардың біркелкі изоляциясын жүйені, өткізбеушілікке толық сынауды аяқтаған соң және анықталған ақаулар мен май ағуларын жойғаннан кейін, жүзеге асырады.



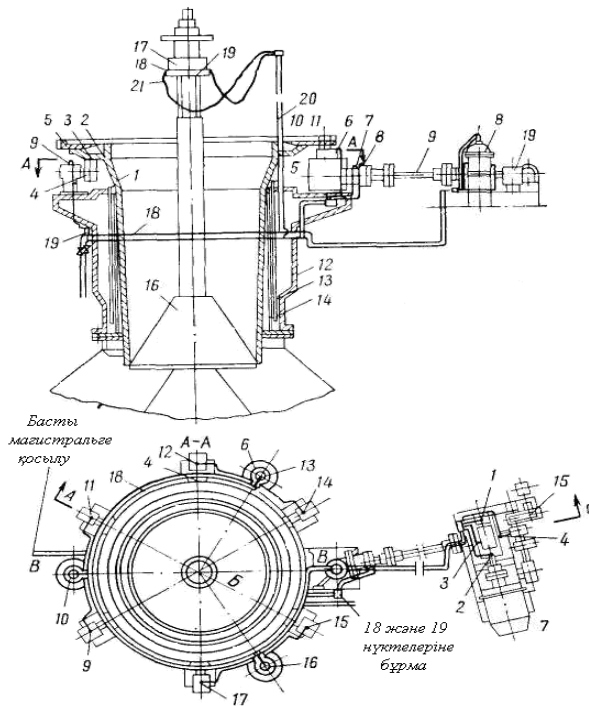
34-сурет. Жағармайды колошник механизмдері бойынша тарату сұлбасы

*а* – орталықтандырылған майлау тарату сұлбасы; 1 – майлау станциясы; 2, 3 – ажырағыштар саны әртүрлі болатын қос тізбекті ПД қоректендіргіштері; 4 – балансирлі құрылғы; 5 – жылуфикациялық құбыр желілері; 6 – тарту құрылғысы; 7 – шихта реттеуіші; 8 – тепе-теңдікті клапан; 9 – бұрмалы шкивтер; 10 – бағыттаушы шкивтер; 11 – скипті тарту құрылғысы; 12 – зондты тарту құрылғысы; 13 – конустармен әрекет етудің тарту құрылғысы; б – жылуфикациялық құбыр желінің қимасы

*Шихта реттегішті майлау.* Шихта реттегішті домна пешінің колошникінде орнатады және үлкен конусты төгу аппараттарының айналасына шикізат материалдарын біркелкі болуы үшін арналған. Шихталы материалдарды осылай реттеу шихтаның барлық қабаттарында газдардың тең жүруін қамтамасыз етеді. Кейбір домна пештерінде «Уралмаш» зауытының конструкциясы бойынша шихта реттегіштігі орнатылып, пайдалануда сенімді екенін көрсетті.

«Уралмаш» зауытының конструкциясы бойынша шихта реттегішінің майлау сұлбасы 35-суретте көрсетілген. Ол цилиндрлік құйма құйғышынан 1 тұрады, жоғарғы бөлігінде көтерме (ернемек) болады. Ернемектің төменгі бөлігіне тіреуші сақинасы 3 орнатылған, ол конусты роликтері бар алты роликті тіреуіштерінде 4 орнатылған. Ернемектің шеңбері бойымен құйғышты ортаға дәл келтіру үшін үш горизонтальды бағыттаушы роликтер 6 орнатылған, олар ернемектің өңделген қабатымен жанасады. Құйғыш бұрамдық редуктор 8 және горизонталь білік 9 арқылы электрқозғалтқышпен 7 айналысқа келтіріледі. Горизонтальды білік конусты редуктор 10 арқылы өз қозғалысын тік білікке береді, оның шығу жағында тістегергіш бекітілген, ал ол ернемекпен 2 жалғасқан тісті тәжімен 5 ілініседі. Тұрқының 12 ішінде цилиндр 13 орнатылған. Тұрқы мен цилиндрдің арасындағы сақиналы кеңістік сумен топтырылған, судың бағана деңгейі 1,5 м құрайды. Құйғыштың ернемегіне 2, суды екі бөлікке бөліп тұратын, бүркеніш 14 орнатылған. Бүркеніш құйғышпен 1 бірге айналады. Домна пештерінен шыққан газдар бүркеніш 14 пен цилиндр 13 арасында пайда болатын сулы бөгетін қысып, суды бүркеніш 14 пен тұрқы 12 арасындағы сулы цилиндрдің бөлігіне ығыстырады. Сонымен, сулы бөгетті қолданған кезде, газдың ешқандай арнаулы сальникті тығынсыз шығуына сенімді бөгет жасалады. Нәтижеде, ешқандай арнаулы сальникті тығындарын пайдаланбай, сулы бөгетті қолданған жағдайда, газдардың шығуына сенімді тосқауыл қойылады.

Электрқозғалтқыш 7 және бұрамды редуктор 8 ерекше аланда орнатылған. Осы жерде конусты беріліс пен цилиндрлі редуктор 15 арқылы редуктордың горизонтальды білігімен 8 байланысқан сельсин қондырылады, және ол реттегіш жұмысын басқарады. Құйғыштың тесігі 1 астынан кіші конуспен 16 жабылады және ол құйғышпен бірге айналады. Конус ілінген қондырғысына 17 бекітілген, онда роликті өкшелігі болады. Механизмнің барлық тіреуші және бағыттаушы роликтері екі қатарлы сфералы роликті мойынтректерде орнатылған. Білік 9, және де конусты редуктордағы тік білік конусты роликті мойынтіректерде айналады.



35-сурет. Сулы тығыздаушы бар шихта реттегішінің сұлбасы

Бас магистраль арқылы сорғы станциясынан шыққан консистентті жағармай, тұрқыны 12 белбеулейтін сақиналы мазь құбырына 18 барады. Қысқа бұрмалар көмегімен сақиналы мазь құбырымен қоректендіргіштер байланысқан, олар мойынтіректердің роликтеріне және конусты редукторға май беріп отырады. Ұзындығы шамамен 5 м тік мазь құбыры 20 арқылы май сақиналы мазь құбырынан қоректендіргішке жеткізіліп, одан майысқақ шлангтар арқылы аспалы қондырғының роликті мойынтірегіне 17 барады. Майысқақ шлангтарды қолдану қажеттілігі, кіші конустың 16 тік бағытта қозғалуының себебінен болады. Ол салпыншақпен бірге қозғалады және оның қозғалу адымы 1 м құрайды.

Шикізат реттегіштің барлық он тоғыз майланатын нүктелері 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте

Шикізат реттегіштің майланатын нүктелері

| Майланатын нүктенің нөмірі | Майланатын нүктелердің аты               | Жағармай берілетін бөлшек |
|----------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| 1, 2                       | Бұрамдық біліктің роликті мойынтірегі    | Қақпақ                    |
| 3, 4                       | Біліктің роликті мойынтірегі             | Тұрқының орталық бөлігі   |
| 5, 6                       | Тік біліктің роликті мойынтірегі         | Қақпақ                    |
| 7, 8                       | Горизонталь біліктің роликті мойынтірегі | Төлке                     |
| 9                          | Роликті мойынтірек                       | Тұрқы                     |
| 10                         |                                          | Білік                     |
| 11, 12                     |                                          | Тұрқы                     |
| 13                         |                                          | Білік                     |
| 14, 15                     |                                          | Тұрқы                     |
| 16                         |                                          | Білік                     |
| 17                         |                                          | Тұрқы                     |
| 18, 19                     | Роликті өкшелік                          | Төменгі роликті тірек     |

Кейбір домна пештерінде, айналатын құйғыш және қозғалмайтын бөлігінің жанасу жерінде, жоғарыда айтылып кеткен сулы бөгеттің орнына, тығындағыш сақина – сальник орнатылады. Сальниктің тығыздауышы ретінде мыс сымы бар асбесті графиттелген майлы тығыздау қолданылады. Осы сальникті уақытында майлап тұру керек, себебі майлау болмаған жағдайда, тығыздауыш бу, газ, шаң және жоғары температураның әсерінен тез (1–2 апта ішінде) бұзылады. Шихта реттегішті орталықтандырылған майлау кезінде, сальникті тығыздауышты майлау үшін сақиналы мазь құбырынан ондаған бұрмаларды алдын ала ойластыру қажет. Оларды тығыздайтын сақина шеңберінің бойымен біркелкі реттеп орнату керек. Домна пештерінің қуаттылығы өскен сайын тораптардың конструкциялары да күрт өзгереді.

#### **4.3. Илемдеу тұрқыларын орталықтандырылған майлау және суыту**

Ауыр жағдайда жұмыс істейтін илемдеу цехының жабдықтары, илемдеу орнағының көптеген механизмдердің әртүрлі режимдерімен жағдайлары бойынша жұмыс істейді. Мысалы, температура, жылдамдық, берілетін күштер, жабдықтардың ауданы едәуір болғанда, осының бәрі илемдеу орнағының үйкеліс тораптарын майлайтын құрылғыларға да өте жоғары талаптар қояды.

Илемдеу орнағының көптеген редукторлары құйылмалы майлау құрылғысымен жабдықталған, мысалы, металды ыстықтай илемдеу орнағы рольгангісінің редукторлары: блюмингтер, рельстібағаналы, барлық өлшемдегі сортты орнақтар, қалың және жұқа беттерді ыстықтай илемдеу орнағы және де болатты үздіксіз құю құрылғысы. Кейбір жағдайларда, бұл орнақ редукторының ванналарын, әсіресе топты жетекті деп аталатын рольгангтерді, құйылып майлау құрылғысынан басқа, температуралы немесе басқа жағдайда қажетті жерлерде тамызып майлау құрылғысымен жабдықтайды. Ванналарға құйылатын майдың көлемі өте жоғары болғандықтан, оның ауыстырылуы орталықтандырылған түрде қарастырылған. Жұмысшы қапастың бас жетегінің ірі редукторлары, түзету машиналары, қайшылар және басқа механизмдерді, сонымен қатар тістегергішті, қапасты ереже бойынша, орталық станциядан циркуляциялық сұйық майлау жүйесімен жабдықтайды. Оны да ірі электрқозғалтқыш мойынтірегі, қайта құрылғыш агрегаты және басқа да машиналар бөлмелерінің электрмашиналарына қолданады [13, 21].

Консистентті майлауды қолдануды талап ететін машиналардың үйкеліс жерлері өте көп. Кейбір орнақтарда, мысалы рельсті бағаналы, мұндай орындардың саны 6000–7000-ға дейін барады. Осылардың көбісіне СК немесе СП–500 типті орталық автоматты станциясынан жағармай жеткізіледі. СК немесе СП-500 типті бір станциясынан 100–120 м арақашықта орналасқан 500–600 нүктеге май жіберіледі. Одан басқа қою

майлау станциясының санын анықтауда машинаның әртүрлі режимде жұмыс істеуі, үйкеліс тізбегінің конструкциясы, температуралық жағдайы, т.б. әсер етеді. Кейде, рельсті бағаналы немесе ірі сортты орнақтарға 20–25 қою майлау жүйелерін қарастыруға тура келеді. Мұнда, жүйе деп, бір НРГ типті қолмен немесе автоматты майлау станциясымен механизмдер немесе машиналар қатарын айтады.

#### ***4.3.1. Илемдеу цехындағы майлау қоймалары***

Илемдеу цехындағы сұйық және қою майлау орталық станциялары, әдетте подвалды бөлімдерде орналасады, оның тереңдігі редукторлар тереңдігі және олардың подвал мен арақашықтығына тәуелді. Майлы деп аталатын подвалдарда станциялардың сенімді және үзіліссіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін мынадай жабдықтар орналасады: сұйық майды тазалауға арналған сепараторлар, лай суларды және сорғылар мен жылу алмастырғыштан ағып кеткен майды айдауға арналған сорғылар, шаятын және ағызатын арналар, май тұндырғышты тазалалайтын ағызындылар, т.б. қолданылады. Құймалы және ағымды майлау ванналарынан май ауыстырған кездегі лас майды қабылдайтын май тұндырғыштар, май тұндырғыштағы лас майды ауыстырған кезде майды айдайтын сорғылар; станцияны бақылайтын аспапты щиттар; технологиялық майлау станциясы, егер бұлар орнақтың жұмыс жағдайына қажет болса, әдетте суықтай илемдеу орнақтарында болат, алюминий және басқа табақты илемдеуде болады. Бұл орнақтар үшін – эмульсионды қондырғылар, шаю ерітіндісі бар қондырғы, эмульсияны тазалау үшін арналған магнитті сепараторлар; технологиялық майлау және эмульсияны дисперсиялық дайындауға арналған ультрадыбыстық гидродинамикалық араластырғыш қолданылады.

Майлау жүйесі жұмысын автоматтандыруда қатаң талаптар қойылады. Жобалау кезінде, ірі май подвалының майлау жабдықтарын басқаруға арналған аспаптарды орталық басқару пульті деп аталатын жеке бөлмелерге шығарады, ал шағын май

подвалының жабдықтарын басқаруы орнақ машинасының басқару пультіне қосылады. Орталық басқару пультін цехта немесе цех еденінен төмен подвалда орналастырады, бұл жерде біріктіріп басқару мақсатымен орналасқан бірнеше май подвалдары орналасқан.

Орталық басқару пультінде барлық майлау станциялары электрлі басқару аппараттары, апатты және ескерту дабыл-қаққышын құрастырады, бақылау және автоматика аспаптарын орналастырады, майлау станциясының мнемонабайы панелін қарастырады. Май подвалында әрбір станцияның жанына қосу және тоқтату басқышы, сорғы жетегінің тежегіші және көрсеткіш аспаптардың щитін орнатады. Олар жөндеу немесе қажетті тоқтатудан кейін қызмет көрсету персоналына станцияны дұрыстауға мүмкіндік береді.

Жүйені электрлі жапқыштармен жабдықтайды, оны біріншіден, үрдістерді автоматты және дистанционды басқаруды қажет ететін тораптарына орнатады, мысалы судың жылу алмастырғыштан шығатын жерінде, жылу алмастырғышты айналып өтетін және жылу алмастырғыштың май асты құбырына, сүзгіш алдында және артында, май тұндырғыш құйғысында, станция құрамына екі май тұндырғыш кірген кезде, майды сорғыға айдаған, тағы да осы станция май тұндырғыштарында; екіншіден, электр жапқыштарды  $D_0 > 100$

диаметрлі құбырын пайдаланып, эмульсиялық құрылғыларына және сұйық майлау станцияларында орнатады. Станцияның автоматты режимде жұмыс істеуі үшін, немесе оның жұмысын дистанционды бақылау және оны басқару үшін, оны бірнеше аспаптармен жабдықтайды. Өнімділігі аз станцияларды толықтай автоматтандыру қажет емес, себебі аспаптар бағасы станция жабдығы бағасынан асып түседі.

Қою майлау станциясын автоматты түрде қосып өшіру үшін КЭП-12У аспабын орнатады. Бұл аспапты кей кезде өздігінен тазаланатын сүзгіштерде автоматты түрде қосу үшін қолданады, олардың жұмыс режимі уақыт бойынша реттеледі және қысымның түсуіне бағынбайды.

Ыстықтай илемдеу орнағын, блюмингтік, рельсті бағаналы, ірі сұрыпты, т.б. орнақтарда илемдеу машиналарының тораптарын майлау үшін типтік сұлбалар жасалады.

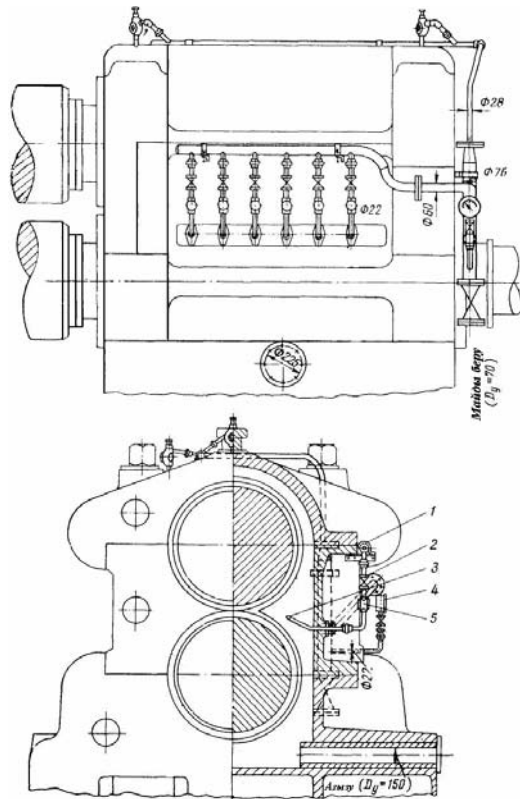
Типтік сұлбаларды тағы да мынадай тораптарын майлау құрылғысымен қамтамасыз еткенде қолданады: топтық жетегі бар рольгангтің әмбебап қапасының басу механизмі, әмбебап айналдырық шарнирі, итергіш, манипулятор сызғыштары және тістегергішті қапасты. Суықтай илемдеу орнағында бірқапасты және көпқапасты орнақтардағы жұмыс қапасының басу құрылғысын, орағышты және таратқышты, айналмалы және дискілі қайшыларды, әртүрлі транспортерлерді, қапастағы жұмысшы білік жетегінің редукторларын, т.б. тораптарды майлау, типтік сұлбалар арқылы іске асырылады. Кейбір айтылған тораптардың майлау жүйесінің типтік сұлбалары төменде немесе әртүрлі орнақтарды майлау сұрақтарымен бірге қарастырылған.

#### ***4.3.2. Тістегергішті қапастарды және илемдеу орнақтары бас жетектерінің редукторларын майлау***

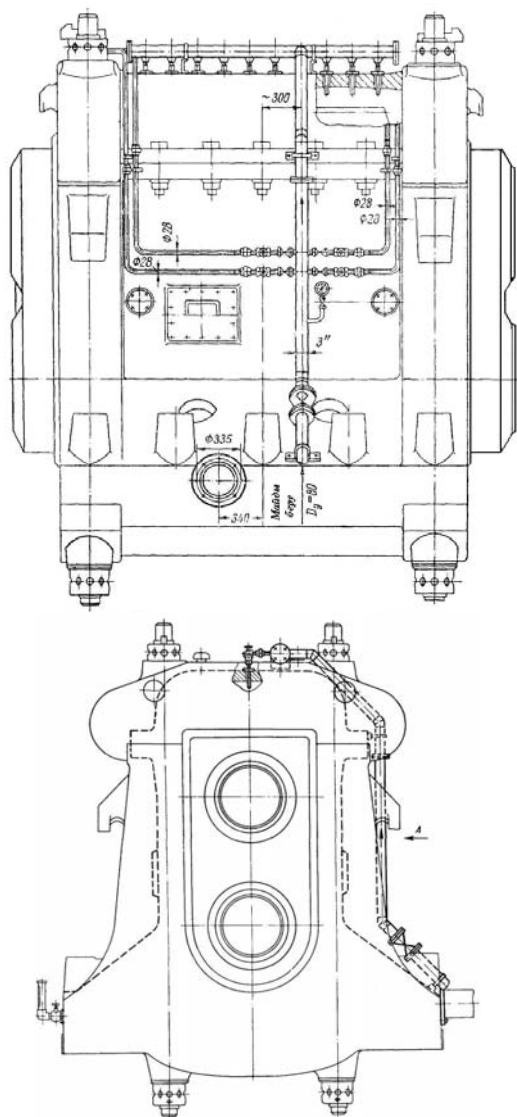
Бас жетек редукторы мен тістегергішті қапастарды майлау қондырғыларын жобалаған кезде, басқа да редукторлардағыдай ережелерді ұстану қажет. Ілініске майды тартуын жобалағанда келесіні ескеру қажет: горизонтальды тісті дөңгелектерге, олардың шеңберлі жылдамдығы 12 м/сек төмен болғанда, тік дөңгелектерге олардың шеңберлі жылдамдығы 4-5 м/сек дейін болғанда, айналу бағытына қарамай, майды тек үстінен беру қажет. Шеңберлік жылдамдығы 12 м/сек дейінгі тік тісті берілістерде майды айналу бағытынан тәуелсіз әр жағынан беруге болады (36-сурет). Жылдамдығы едәуір қиғаш тісті және шевронды берілістерде майды тістердің ілініске кіретін жағынан, ал түзу тісті берілістерде шығатын жағынан беру қажет.

Илемдеу орнағының үзіліссіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету керек екенін ескере отырып, редукторлар мен тістегергішті қапастарға коллектор және тесікше орнатқанда, оларды

эксплуатация үрдісі кезінде бөлшектеу мүмкін болуы және редуктор тұрқысын немесе іліністі демонтаждаусыз үрленіп тазалануы қажет. Барлық майлау қондырғыларының бөлшектерін редуктор тұрқысының немесе тістегергішті қапастың сыртқы бетіне бекіту қажет (37-сурет), оның ішінде бұрандалық қосылыстарды болдырмау керек. Өйткені ілініс бұзылған немесе редукторлар жұмыс істеген кезде құбырлар бөлшегі өздігінен бұралып кетуі мүмкін.

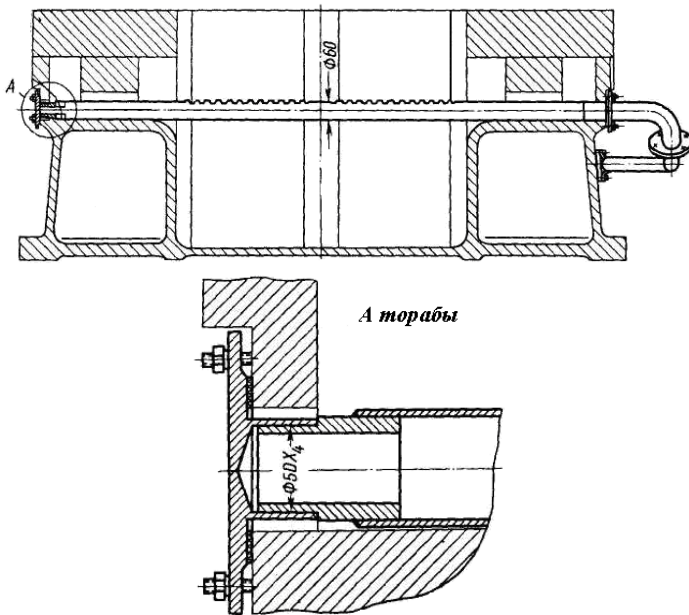


36-сурет. Тік орналасқан тісті дөңгелектерге жағармай беру  
1 – коллектор; 2 – жаппалы вентиль; 3 – тесікше (сопло);  
4 – манометр; 5 – май көрсеткіш



37-сурет. Редуктордың сыртқы бетінде майлау желілерінің бөлшектерін бекіту

38-суретте редуктордың ілінісуіне майдың келуі көрсетілген, қорап ішінде бірде бір құбыр бөлшегі бұранда арқылы бекітілмеген. Кейбір шетел фирмаларында, әсіресе неміс, майдың барлық құбырлы таратуы редуктор ішінде жүргізілген, бірақ осыдан майдың ағып кетуін қадағалау мүмкін емес. Америкалық конструкцияларда құбырлардың ішкі таралуы әдетте кездеспейді.



38-сурет. Редукторда шашпа арқылы майды ілініске беру

Берілетін майдың мөлшерін реттейтін вентилі және май ағынының көрсеткіші бір жерде орналасуы керек (майлау нүктесіне тартылатын реттелетін ағын көрсеткішін қоспағанда), механизмнің жұмыс істеу барысында қызмет көрсету және бақылау мүмкіндігі болуы үшін. Әрбір редуктор тағайындалуы бойынша жалпы техникалық манометрмен немесе ерекше

жауапкершілік жағдайда ЭКМ-160Х10 типті электрлі түйіспелі манометрмен жабдықталған.

Сырғанамалы ірі мойынтіректі тістегергішті қапаста мойынтіректен шығатын майдың температурасын өлшеу үшін арнаулы аспап орнатады. Бұл ТСМ-ХІ термометрі немесе ТСМ-100 аспабының датчигі болуы мүмкін. ТСМ-ХІ термометрін қолданған кезде, оны қапасқа немесе орнақ басқарғыш пультіне май жіберетін майлау подвалында орналасқан логометрге жалғайды.

**Бақылау сұрақтары:**

1. Металлургия саласында қолданылатын машиналардың қандай түрлерін білесіз?
2. Агломерациялық машинаның жеке тораптарына не жатады?
3. Агломерациялық машинаның гидротығыздалу сырғанау пластиналарының басты және тиеу бөлігінің мойынтірек тораптарын майлау сұлбасын айтып беріңіз.
4. Домна пешінің колошникті механизмі не үшін керек?
5. Колошник механизмдерін орталықтандырылған майлау үшін қандай жүйені қолданады?
6. Жағармайды колошник механизмдері бойынша қалай ажыратады?
7. Илемдеу цехындағы майлау қоймаларының ерекшелігі неде?
8. Тістегергішті қапасты және илемдеу орнағы бас жетегінің редукторын қандай жүйенің көмегімен майлайды?

## **5. МЕТАЛЛУРГИЯ ЗАУЫТТАРЫНЫҢ МАЙЛАУ ШАРУАШЫЛЫҒЫ**

### **5.1. Майлау шаруашылығын ұйымдастыру және техникасы**

Қазіргі заманғы металлургиялық кәсіпорындарда майлау шаруашылығы ұйымдастырылған және техника жағынан майлау үрдісі қамтамасыз етілуі керек. Майлау шаруашылығында 3 негізгі элемент бар: майлау қызметін көрсету, материалды қамтамасыздандыру (техникалық құралдар және майлау материалдары), нормативті-техникалық құжаттамалар.

Майлау шаруашылығының материалды базасы – кәсіпорын жағар материалдарының орталық регенерациялық станциясы мен аналитикалық зертханасы бар орталық қоймасы; бұталы және цех қоймалары; сұйық (циркуляциялық) және пластикалық жағар материалдары үшін цехтық орталықтандырылған жүйелері; қоймалардан цехтарға пластикалық жағар материалдар құбыржолдары арқылы тарату жүйелері және пайдаланылған майларды жинау; мөлшерленген пластикалық жағар материалдарын таратудың орталықтандырылған автокөлікті жүйесі; жаңа майларды жеткізу және пайдаланылған майларды жинау үшін автомайтолтырғыштармен жабдықталған орталықтандырылған автокөлік жүйесі; майлау материалдарын орталық зертханаға сынамаларды жеткізу және жағар материалдарының сынамаларын анализге тандап алатын лаборант үшін орталықтандырылған жолаушы көлігі; кәсіпорынның механикалық цехында майлау (және гидравликалық) жабдықтары мен аппараттарды жасау мен жөндеудің арнайы учаскесі; майлау операцияларын механикаландырылған түрде жасау үшін цех пен зауыт ішіндегі стационарлы және жылжымалы құрылғылар.

#### ***5.1.1. Майлау қызметінің мақсаттары мен құрылымы***

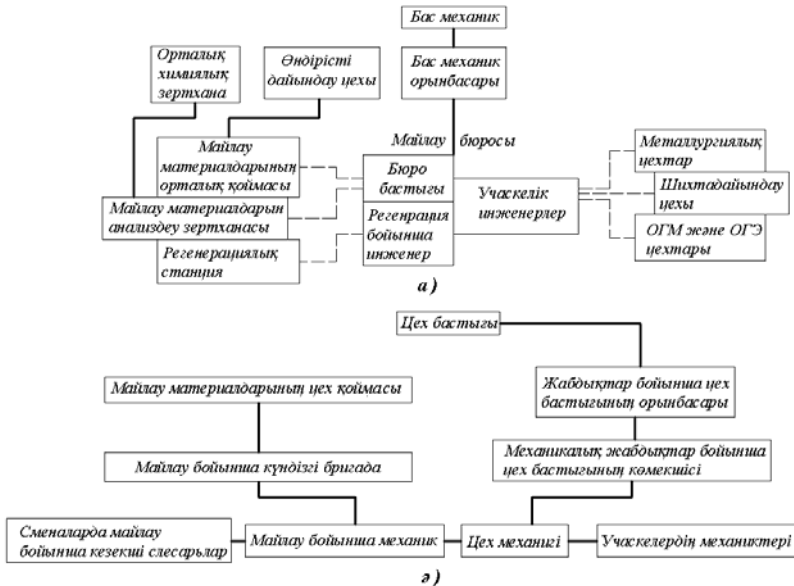
Майлау қызметінің негізгі мақсаты – жабдықтардың жобалаудан бастап конструкциялауға дейін жұмыс істеудің

барлық кезеңдерінде сенімді және тиімді майлауды қамтамасыздандыру. Ол – машина конструкциясының оптималды майлауға бейімделудің органикалық есебі және майлау материалын әрі техникалық тапсырма кезеңінде тең құқықты конструкциялы етіп таңдау, майлау әдістерін таңдау, белгілі кәсіпорын жағдайларында майлау материалдарының оптималды унификацияланған номенклатурасын қалыптастыру және іске асыру, майлау жүйелерін конструкциялау, пайдалану, жөндеу және модернизациясы, барлық қызмет көрсетуші персоналдың (технологтар, механиктер, т.б.) химмотологиялық оқуы, техникалық пайдалану ережелерін ұстануын бақылау.

Майлау қызметінің құрылымы екі принципке негізделген – мамандандыру және орталықтандыру. Қазіргі таңдағы мұнай химиясының және майлау техникасының деңгейі майлау жұмыстарымен арнайы дайындалған қызметкерлер айналысуын талап етеді – ИТҚ - ден орталықтандырылған майлау станциясының слесары (коды 17591) май подвалының операторына дейін болуы керек. Майлау қызметінің ИТҚ-нің арасында инженер-химмотологтар және инженер-механиктер саны шамамен тең болуы керек. Жалпызауыт құрылымында инженер-химмотологтар, ал цех құрылымында – инженер-механиктер көбірек болуы керек. Майлау қызметінің орталықтануы оның құрылымымен қамтамасыз етіледі (39-сурет). Қызмет көрсетуге майлау шаруашылығының меңгерушісі – майлау бюросының бастығы басшылық етеді.

Гидравликалық шаруашылығы едәуір болатын, ірі металлургиялық кәсіпорындарында, БМБ штатына майлау және гидравлика бойынша бас механиктің орынбасары қызметін енгізеді. Цехтың майлау қызметі жұмысшылары мен цех механиктері арасындағы жауапкершілік анық шектелген. Орталықтандырылған пластикалық майлау кезінде цех (учаске, бөлім) механигі дәлмөлшерлегіш қоректендіргіштен майлау нүктесіне дейін бұру үшін және жағар материалының өтуін қамтамасыз ететін майлау торабының қалпы үшін жауап береді. Қоректендіргіш пен одан әрі толық майлау жүйесі үшін майлау қызметі жауапты. Орталықтандырылған сұйық майлау кезінде

цех механигі майлау нүктесіне ең жақын ажыратқышқа жауап береді. Онда магистральды құбыржолымен ажырайтын қосылысы немесе одан тармақтар бар. Ол жөндеу үшін майлау объектісін бөлшектеу кезінде шешіліп алынады да, еркін майды беру және ағызуды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, цех механигі сұйықтықты майлау қартерлік жүйесіне және қорлы (кепілді) майлауға жауап береді.



39-сурет. Майлау қызметінің құрылымы (толық сызықтар – әкімшілік бағыну, үзік сызықтар – функционалды байланыс)  
а – металлургиялық кәсіпорын; б – цех

Әрбір цехта майлау шаруашылығы және майлау жүйелеріне жауапты адам белгіленуі қажет – майлау бойынша механик. Майлау қызметін цех жабдықтарын білетін, майлау ісінің теориясы және тәжірибесі бойынша қосымша дайындалудан өткен, тәжірибелі инженер-механик басқаруы керек.

Кәсіпорынның және цехтың майлау қызметімен функционалды түрде сенімділік зертханасы құрамында зерттеуші майлау тобы, БМБ ЖКБ-нің жобалау-конструкторлы тобы, жөндеу цехының жөндеу бригадалары байланысқан.

## **5.2. Жағар материалдарын қабылдау және сақтау**

*Жағар материалдарының орталық қоймасы* – майлау шаруашылығының материалды базасының бастапқы және басты элементі. Жыл бойы кез-келген уақытта кәсіпорынға келетін жағар материалдарын минималды жұмыс шығынымен, теміржол цистерналары мен вагондарының тоқтаусыз, жағар материалдарын араласпайтындай етіп тез қабылдауды, қазіргі таңдағы орталық немесе бұталы (цех топтары үшін) жағар материалдарының қоймасы қамтамасыз етеді. Қоймалар жағар материалдарының бастапқы қасиеттерінің тұрақтылығын, олардың толық сақтау мерзімінен цех-тұтынушыға беруге дейін, кез-келген уақытта минималды еңбек шығынымен кәсіпорын цехтары бойынша жағар материалдарының бірқалыпты мөлшерін тез және шығынсыз беруді қамтамасыз етеді. Қазіргі таңда қоймадағы жағар материалдарының бұратана қоспаларымен және атмосфералық шөгінділерімен ластану мүмкіндігіне шек қойылған, сандық (температураның мерзімді және тәулік өзгерулері) және сапалық майлардың (сулануы, қоспалардың жойылуы, пластикалық жағар материалдарының қабат-қабатқа бөлінуі) шығындары төмендегілген.

Қоймалардың негізгі орналасу принциптері: өрт қауіпсіздігі, тазалық, жағар материалдарының бөлек сақтау орны, жаңа жағар материалдарын қабылдау және таратуды механикаландыру мен автоматтандыру, пайдаланылған майларды жинау, регенерация және тарату болып табылады. Орталық қойманың сыйымдылығы металлургиялық кәсіпорынның географиялық орналасуы, оның ерекшеліктері, қамтамасыздандыру жағдайлары, шығындалатын жағар материалдарының ассортиментіне тәуелді болады. Бірақ өрт қауіпсіздігі бойынша бір жарым ай қорынан аспауы керек.

Орталық қоймада жаңа және пайдаланылған майларды бөлек сақтау үшін металдық сұйық қоймалар, жеткізілетін ыдыста пластикалық жағар материалдары үшін сақтау қоймалары, цех-тұтынушы көлік ыдыстарына және автомай-толтырушы цистерналарына механикаландырылған түрде беруге арналған майтаратқыш бөлімдер, бұталы және цех қоймаларынан құбыржолдар арқылы жаңа май беру және пайдаланылған майларды жинауға арналған сорғылы қондырғылар, ыдыстарды жуу және жөндеу бөлімшелері, май регенерациялық бөлімі, майлау материалдарының анализін жасау зертханалары, қойма бойынша ағызынды сұйықтарды жинауға арналған дренажды-сорғылы жүйелер, ҚТЖ цистерналарын өңдеу үшін эстакада, тұрмыстық және әкімшілік бөлмелер, диспетчер пункті және дистанциялық бақылау мен басқару аспаптарына арналған бөлмелер болуы керек.

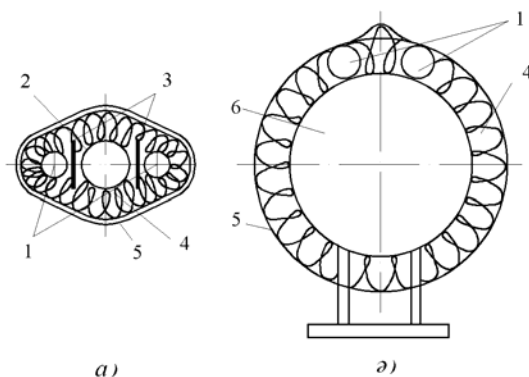
Жобалау институттары мұнай өнім қоймаларының типтік жобаларын қолданады. Керек жағдайда оларды түйістіреді. Мысалы, 550 т майға арналған типтік қойманың екеуін қосып, 1100 т қоймаға айналдырады. Сонымен қатар, қоймаларды жобалағанда кәсіпорынның ерекшелігін ескереді.

*Бұталы (аудандық) жағар материалдарының қоймасы* жақын орналасқан аталас цехтарының белгілі тобына қызмет ету үшін арналған. Бұталы қойма болған кезде цех қоймалары қажет емес. Бұталы қойма цех-тұтынушыны жағар материал қорымен қамтамасыз етуден басқа негізгі орталықтандырылған жүйелердің (циркуляциялық майлы және қайтарылмайтын пластикалық жағар материалдары) сұйық қоймаларына майлар мен пластикалық материалдарды құбыржолдар арқылы өлшемді беруді жүзеге асырады. Сонымен қатар, бұталы қойма қайтарма құбыржолдар арқылы циркуляциялық жүйелермен және агрегаттарды жөндеу барысында майды ағызуға немесе май ауыстыру кезінде пайдаланылған майларды жинауға арналған ірі картерлік ыдыстармен байланысқан. Май ауыстыруды механикаландыру үшін, сыйымдылығы орташа (200 л кем) картерлік жүйелерде бұталы қоймадан жабдықтар тобына жабу арматурасы және майысқақ жеңдері бар құбыржолдар салынған.

Жағар материалдары цех қоймасы орналасуы немесе ерекшеліктеріне байланысты бұталы қоймалармен қамтылмайтын цехтарға арналған. Оның сыйымдылығы бір айлық жағар материалының қорымен анықталады.

### 5.3. Тұтыну жерлеріне жағар материалдарын беру және жеткізу

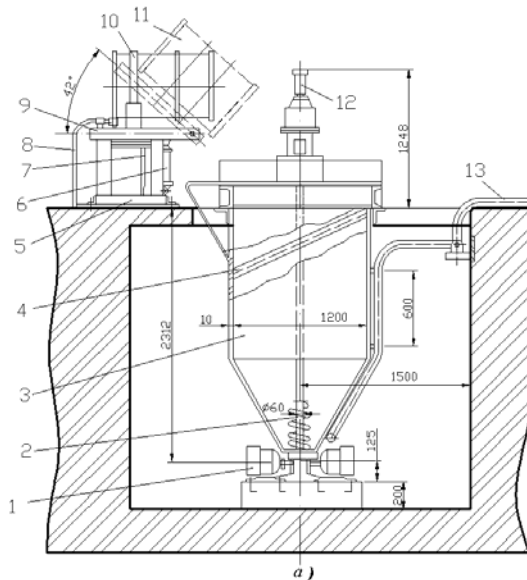
Қоймадан тұтынушыларға жағар материалдарын беруді герметизациясы мен механикаландыру, «жабық ағыспен» құбыржолдар арқылы беру кезінде, ең жақсы қамтамасыздандыру болуы мүмкін. Майды май жолдары арқылы сорғылармен, ал суық климатты аудандарда ашық ауада – жылулық серікпен айдайды (40-сурет).

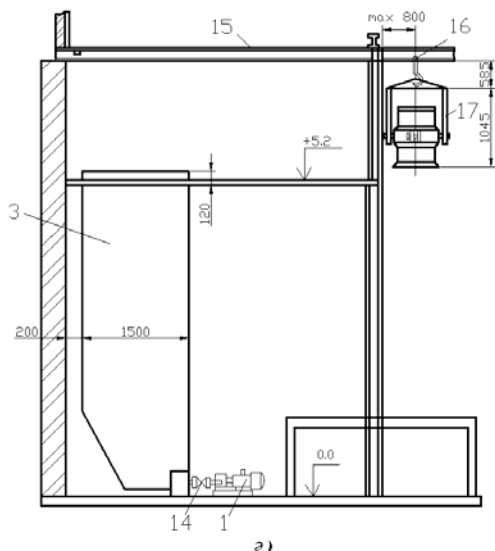


40-сурет. Сыртқы құбыржолдардың жылуы окшауланған және жылулық серігі бар цех май бөлімдеріне қоймадан майлау материалдарын құбыржолдар арқылы беру  
*а – бу жолдарымен; ә – жылуландыру құбыржолдарымен;*  
*1 – сұйық және пластикалық жағар материалдарының құбыржолдары; 2 – бу жолы; 3 – асбесті төсемшелер;*  
*4 – минералмақталы бұйымдар; 5 – табақты алюминий;*  
*6 – жылуландыру құбыржолы*

Пластикалық жағар материалдарын бөшкелерден алуды негізінде  $135^0$  бұрышқа дейін жылжытып орналастырумен гравитациялық жүксіздендіру немесе  $180^0$  толық төңкеру жолымен механикаландырады (41-сурет).

Пластикалық жағар материалдарын цех-тұтынушыларға құбыржолдар арқылы беруді орталықтандырылған толтыру станциялары (СЦЗ-5000М) қамтамасыз етеді. Олардың қабылдау сыйымдылығы тістегергішті сыйымдылықтарынан сорғылармен қайтасорумен, немесе тікелей бөшкеден НПСГ-200М қайтасорулы тістегергішті сорғыларды (42-сурет) қолданумен толтырады. Пластикалық жағар материалдарын тарату автоматты режимде жүзеге асырылады. Сондай-ақ, Магнитогорск МК-да СЦЗ-5000-ден ашық ауада құбыр ұзындығы 1000 м және диаметрі 76 мм домна цехының 50 автоматтандырылған станцияларын, илемдеу цехында ұзындығы 500 м және диаметрі 50 мм, қысымы 25 МПа 42 станцияларды орталықтандырылған толтыру жасалған.



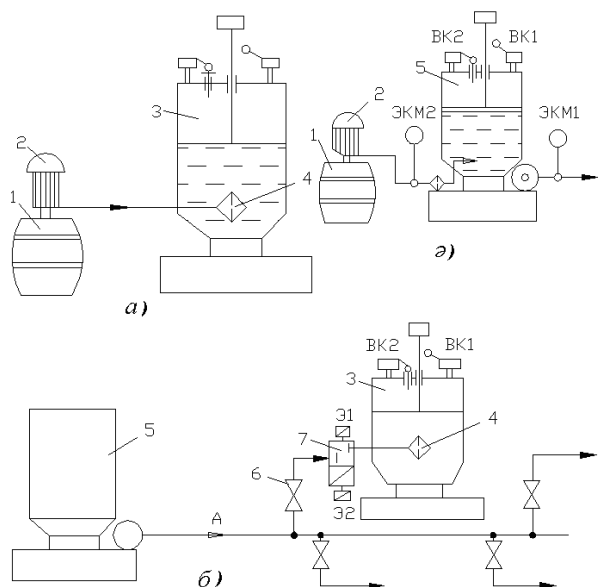


41-сурет. Бөшкелерден пластикалық жағар материалдарын  
босатуды механикаландыру

*а – пневматикалық жылжытып орналастырғыш және тереңдетілген  
сыйымдылықпен; ә – электраль және едендік сыйымдылықпен;  
1 – тістегергішті сорғы; 2 – тірек шнегі; 3 – сыйымдылық;  
4 – торылы сүзгілеуші рама; 5 – тірек; 6 – пневмоцилиндр;  
7 – сүйеніш; 8 – ауажолы; 9 – бұрылмалы рама; 10 – қыспалы қамыт;  
11 – бөшке; 12 – шнек жетегі; 13 – айдағыш құбыржолы;  
14 – жапқыш; 15 – монорельс; 16 – электраль; 17 – төңкермелі  
траверсасы бар бөшке ұстағышы*

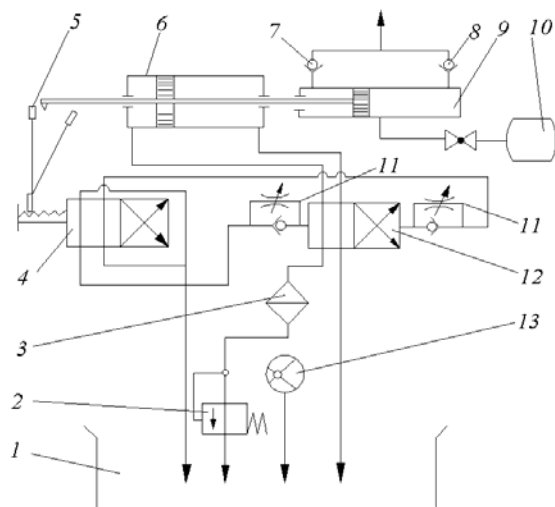
«АрселорМитталТеміртау» корпорациясында ЗАП-2000М алты толтыру станцияларын бір СЦЗ-5000 станциясымен ауыстырды. СЦЗ-5000 станциясының құрамында гидравликалық жетек (43-сурет) бар және 40 МПа максималды қысымды қамтамасыздандырады. Станцияның техникалық мәліметтері: номиналды өнімділік 5000 см<sup>3</sup>/мин; пластикалық жағар материал сұйық қоймасының номиналды сыйымдылығы 800 дм<sup>3</sup>, станцияның массасы 1400 кг.

Кейбір кәсіпорындардың қоймаларында пластикалық жағар материалдарын целлофанды немесе полиэтиленді патрондарға бөліп салу ұйымдастырылған. Олардың өлшемдері қол шприцтер цилиндрінің ішкі өлшемдеріне сәйкес келеді. Ол майлау материалдарының үнемделуін 20 % қамтамасыз етеді. Осындай бөлімшелер «Челябинскуголь» комбинатында, Соколов-Сарыбай КБК-да жұмыс істейді.



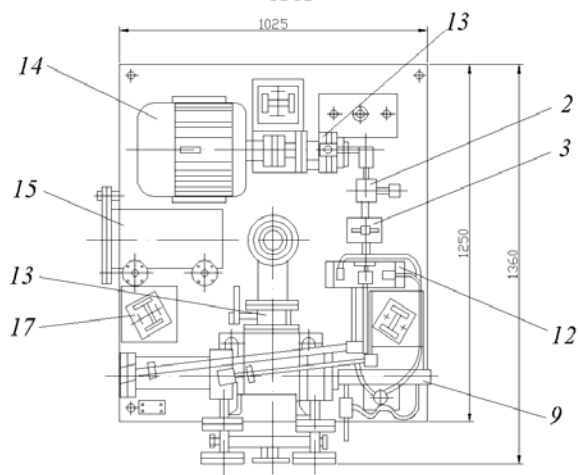
42-сурет. Қоймадан цехқа пластикалық жағар материалдарын құбыржолдар арқылы беру

*а – қайта сормалы сорғымен автоматты станция сыйымдылығының толтырылуы; ә – бөшкеден толтыру станция сыйымдылығының толтырылуы; б – цехтық орталықтандырылған автоматты станция сыйымдылығының толтыруын автоматтандыру; 1 – бөшке; 2 – қайтарма сорғылы сорғы; 3 – автоматты станция; 4 – толтыру сүзгіші; 5 – СЦЗМ-5000М орталықтандырылған толтыру станциясы; 6 – қолдық жапқыш; 7 – электромагнитті сүзгіші бар жапқыш вентили; А – беру құбыржолы; ЭКМ – электртүйіспелі манометр; З1, З2 – электромагниттер*

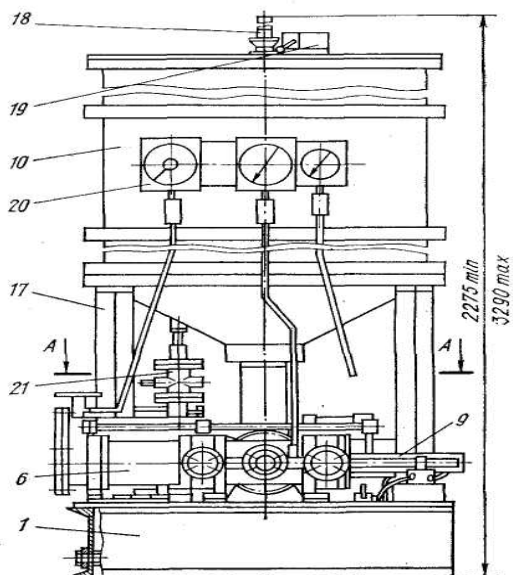


а)

A-A



а)



б)

43-сурет. Пластикалық жағар материалына арналған СЦЗ-5000М орталықтандырылған толтыру станциясы

- а – гидравликалық сұлба; ә – А-А қимасы; б – алдыңғы көрінісі;*  
 1 – гидрожетек жүйесінің рама-сыйымдылығы; 2 – сақтандырғыш клапан; дискілі сүзгіш; 4 – басқару краны; 5 – қайта қосқыш;  
 6 – гидрожетектің күш цилиндрі; 7, 8 – жағар материалының басып тығыздауышты магистралінің оң және сол қайтарма клапандары; 9 – плунжерлік сорғы; 10 – жағар материалға арналған сұйық қойма; 11 – дроссельдер; 12 – реверсті реттығын;  
 13 – қалақты сорғы; 14 – гидрожетектің электр қозғалтқышы; 15 – толтыру патронды сүзгіші; 16 – гидрожетектің май жолы;  
 17 – бағаналар; 18 – сыйымдылық поршенінің штогы; 19 – шеткі ажыратқыш; 20 – толтырмалы электртүйіспелі манометр;  
 21 – сұйық қойма жапқышы

Майлардың салыстырмалы шамалы шығынында және тұтынушылар қоймалардан алыс болған жағдайда, майларды (майлардың сорттары мен түрлеріне байланысты) арнайы

график бойынша автокөлікпен (автомайтолтырғыштармен) жеткізеді. Көп мөлшерде тұтқырлығы төмен минералды майлардың орталықтандырылған автокөліктері үшін, автомобиль - жанармай толтырғыштарды және сыйымдылығы 2000–7800 л жылжымалы толтыру станцияларын қолдануға болады. Екі жең арқылы тарату кезінде сорғының өнімділігі 120–500 л/мин құрайды.

#### **5.4. Майлау жүйелерін пайдалану және жөндеу**

Майлау жүйелерін пайдалану және жөндеуді ұйымдастыру принциптері (ЖЕЖ) жүйесінің негізгі ережелеріне сәйкес – ол мамандандыру және орталықтандырылу. Жүйелерді пайдаланумен цех майлау қызметінің арнайы эксплуатациялық персоналы айналысады. Олар ауысыммен жұмыс істеп, орталықтандырылған жүйелерге техникалық қызмет көрсетуін іске асырады. Жөндеуаралық кезеңдегі майлау жабдықтарының және жүйелердің ақауларын жоюмен, цех майлау қызметінің күндізгі бригадасы айналысады.

Майлау жүйелерінің кезекті ЖЕЖ орталықтандырылған жөндеу цехтары құрамына кіретін арнайы персоналы айналысады.

Майлау режимдерін бұзылуына байланысты, металлургиялық жабдықтары апаттарының жыл сайынғы анализі, келесі нәтижелерді береді: ең көп апаттар саны тербелмелі және сырғанау мойынтіректерінде болады (70 %-ға дейін); апаттарының негізгі себебі – механикалық қызметінің техникалық эксплуатация ережелерін (ТЭЕ) бұзуы (50 %-дан жоғары); майлау жабдықтарының қанағаттанарлықсыз жұмыс істеуі, жағар материалдарын дұрыс таңдамауы, технологиялық қызметкерлермен ТЭЕ бұзуы.

Механикалық қызметі қызметкерлерімен ТЭЕ бұзылуы тораптар нығыздауыштарын дұрыс емес қалпында жұмыс істеуден туады. Ол майлардың ағып кетуі және өздігінен жануы, қартерде май деңгейінің минималды деңгейден төмен болуына келтіреді.

Қартерлік жүйелерде май ауыстыруды механикаландыру, май шығынын 15–17 %-ға дейін төмендетеді. Қолмен майлауды

(шприцен) орталықтандырылған майлаумен ауыстыру операцияларын механикаландыру пластикалық жағар материалының шығынын 30–35 %-ға дейін төмендетеді. Стационарлы орталықтандырылған жүйелер қондырғыларын қолдану тиімсіз болғанда, жеңіл жылжымалы майлау құрылғыларын қолдану қажет. Мысалы, 03–9904 пистолетті жылжымалы пневматикалық солидол айдағыш. Себебі, осы құрылғылардың механикаландырылған толтыруы және олардың үнемді жұмыс істеуі пластикалық жағар материалының шығынын 20–25 %-ға төмендетеді.

### **5.5. Пайдаланылған майларды жинау және регенерациялау**

Пайдаланылған майларды қайта қолдану экономика, экология және әлеуметтік жағынан өте маңызды болып табылады. 1 т жаңа майды өндіру үшін 6 т мұнай жұмсалады, сондықтан май тоннасын қайта қолдану кезінде осы мұнай мөлшері, және де мұнай шығару, тасымалдау, өндеуге еңбек шығындары үнемделеді. Пайдаланылған мұнай өнімдерінің қалдықтары, экономикалық зардаптардан басқа экологиялық зардаптарды да әкеледі. Себебі, майлау материалдары ағын сулар, жер және өсімдіктерді ластайды. 1 кг май су бетінде 6000 м<sup>2</sup> майлы жұқа қабатты құрайды, ал қалыңдығы 1,5 мм жұқа қабаттан ашық судың беті 12–14 айдан кейін босайды. Нафтенді қышқылдар мұнай өнімдерінің ыдырауы кезінде, 3–5 мг/л концентрациясы кезінде көптеген балық түрлеріне улы болады. Нормалар бойынша, мұнай өнімдерінің ШМК, балық шаруашылығына маңызды су бөгеттеріне – 0,05 мг/л, санитарлы-тұрмыстық су бөгеттеріне – 0,3 мг/л құрайды; осы су бөгеттерінде жоғары күкіртті майлардың ШМК – 0,1 мг/л.

1982 жылдың 1 қаңтарынан бастап МЕСТ 21046-81 «Пайдаланылған мұнай өнімдері. Жалпы техникалық жағдайлар» күшіне енген. Осы стандартта «пайдаланылған мұнай өнімдері» мағынасы кеңейтілген (ПМӨ (ОНП)). Ол тек мұнай майлары мен жуғыш сұйықтықтар ғана емес, сонымен қатар сұйық қоймалар,

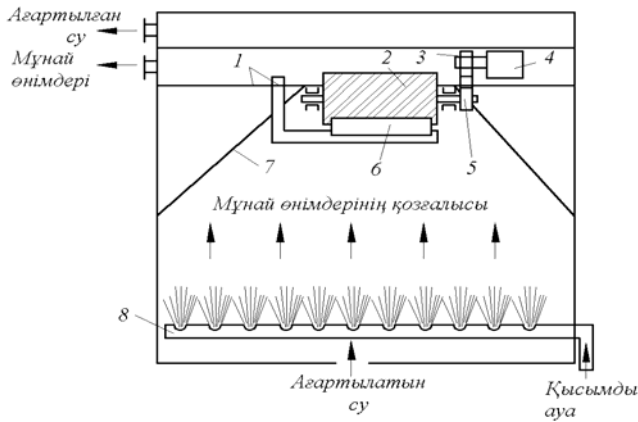
құбыржолдар, автокөлік және теміржол цистерналары, кеме танктері, тазарту ғимараттарын тазалау кезінде пайда болатын және құрамында мұнай бар сулардан алынатын мұнай мен мұнай өнімдерінің қоспалары. Сонымен, мұнай өнімдерін қайта қолдану базасы кеңейтілген. МЕСТ бойынша, барлық ПМӨ үш топқа бөлінген: ПММ (пайдаланылған моторлы майлар), ПИМ (пайдаланылған индустриалды майлар) және ПМК (пайдаланылған мұнай өнімдерінің қоспалары). Жаңа майларды пайдалану шығынынан 13–17 % шамасында жинау нормалары тағайындалған.

Ағынды сулардан пайдаланылған майларды жинау тиімді болып саналады. Тұндырғыштардың суларында мұнай өнімдерінің мөлшері 50 мг/л-ге дейін болады, әсіресе ТМӨ цехтарында. 44-суретте тұндырғыштарда су бетінен қалқымалы мұнай өнімдерін жинауға арналған құрылғы көрсетілген. Келесі құрылғы – қалқымалы май-жинағыш құрылғысы (45-сурет) – қалақтардың айналу жиілігі 10 мин<sup>-1</sup>, ағынды сулардан сағатына 11 л майды жинап алады: құрылғы массасы 164 кг, қалақтар жетегінің қуаты 0,18 кВт [8, 14, 19].

Ағынды судан мұнай өнімдерін жинау үшін флотация да қолданылады.

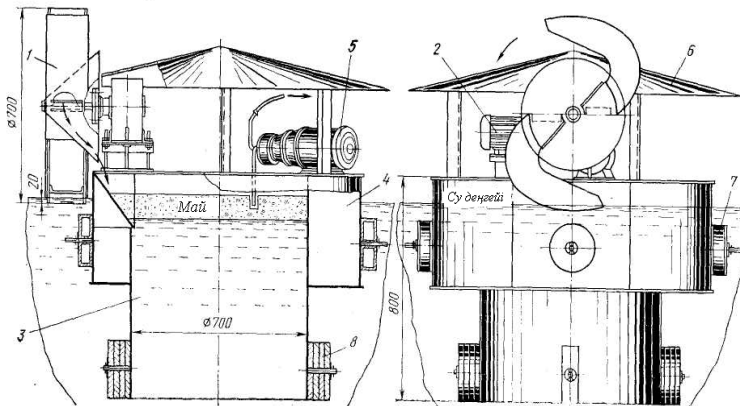
Пайдаланылған майларды жинаудың жоспарлы көрсеткіштер мөлшеріне цехтарға таза майларды берудің жылдық лимиті қысқарады, яғни регенерацияға пайдаланылған майларды өткізбеген цехтар, жаңа майлардың сәйкес мөлшерін алмайды.

Пайдаланылған майларды регенерациялау технологиясы майдың сорты мен маркасына тәуелді, және де ең бастысы, оның бастапқы қасиеттері өзгерісінің тереңдігіне байланысты. *Майлардың регенерациясы* (латын тілінен «regeneratio» – қайта өркендеу, қайтадан басталу) – пайдаланылған мұнай майларының эксплуатациялық қасиеттерін қалпына келтіру, яғни негізгі мақсат – оларды қайтадан пайдалану. Регенерацияның келесі әдістерін ажыратады: физикалық – тұндыру, сүзу, сепараттау (центрифугада тазалау); химиялық – күкіртқышқылды және сілтілі тазалау, гидраттау, сұйық шынымен, силикагельмен тазалау; физика-химиялық – адсорбция, коагуляция, селективті ерітінділермен, ағартатын топырақтармен тазалау [9,14-18].



44-сурет. Тұндырғыштардағы су бетінен қалқымалы мұнай өнімдерін жинауға арналған құрылғының сұлбасы

1 – мұнай жинағыш науалар; 2 – даңғыр; 3 – жетекші шкив;  
4 – қозғалтқыш; 5 – сына белдікті беріліс; 6 – мұнай бөлгіш;  
7 – бағыттаушылар; 8 – ауа реттегіш перфорирленген құбыр



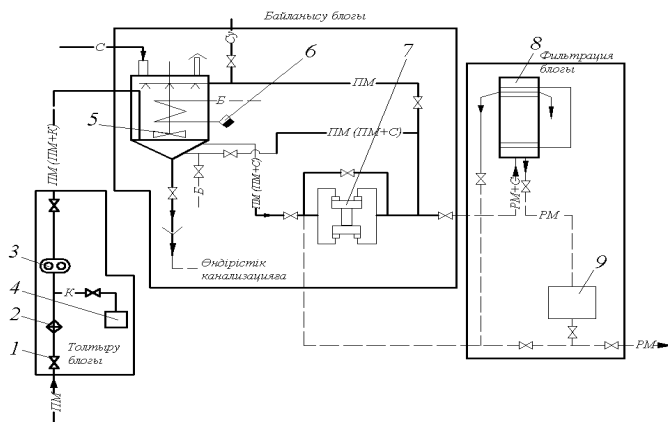
45-сурет. Ықтиярсыз беретін концентрациялық май жинағыш құрылғы

1 – беруші механизм; 2 – беруші механизмнің жетегі;  
3 – сыйымдылық – жинағыш; 4 – қалқыма; 5 – тістегергішті сорғы;  
6 – жаппа арқалық; 7 – реттеуіш қалқымалар; 8 – реттеуіш жүктер

Ең көп тарағаны құрама әдістер; сонда регенерациядан өткен майдың мөлшерінен жарамды майдың мөлшері 85–95 % -ды құрайды.

Регенерацияны жылына 50 тоннадан асатын пайдаланылған майларды жинау кезінде тұтыну жерінде жүргізу тиімді болады, яғни түсті металлургияның әр кәсіпорынында жүргізеді [10, 11-14]. 1 т регенераттың өзіндік құны, жаңа май құнының 25 %-ын құрайды.

РМ-100 регенерациялық қондырғылар кең қолданыс тапты. Оларды тек пайдаланылған майларды регенерациялауға ғана емес, сонымен қатар ұзақ тасымалдау және сақтаудан кейін жұмыс жасамаған майлардың сапасын қалпына келтіру үшін де қолданады. Индустриалды майларды регенерациялау қондырғысы УРИМ-100 (өнімділігі 100 л/сағ), тікелей тұтыну орындарында кішірейтілген габаритті қарапайым сұлбалы ретінде жасалған болатын. Қондырғы үш блоктан тұрады – сығып толтыру, түйісу және сүзу (46-сурет).



46-сурет. Индустриалды майларды регенерациялауға арналған қондырғының гидравликалық принциптік сұлбасы

1 – вентиль; 2 – сақтандырғыш; 3 – сорғылы агрегат; 4 – коагулянтқа арналған ыдыс; 5 – араластырғыш; 6 – конденсат аластағыш; 7 – плунжерлі сорғы; 8 – сүзгішпресс; 9 – таза май жинағыш; ПМ – пайдаланылған май, РМ – регенерациядан өткен май; Су – су; Б – бу; К – коагулянт ерітіндісі; С – ағартушы саз

УРИМ-100 келесі операцияларды өткізуді қамтамасыз етеді: тұндыру, суға еритін қышқылдар мен сілтілерді кетіру үшін ыстық сумен жуып тазалау, органикалық және бейорганикалық қышқылдарды және механикалық қоспаларды кетіру үшін коагулянт ерітіндісімен өңдеу, жоғары молекулалық қышқылдарды, шайырларды және майдың басқа да ескіру өнімдерін кетіру үшін, түйіспелі тазалау, механикалық қоспаларды толықтай кетіру үшін майсыздандыру және сүзу. Қондырғыға бір аппаратшы қызмет етеді.

### **5.6. Майлау материалдарының сапасын бақылау және ластануымен күресу**

Майлау материалдарының сапасын бақылау қолданудың барлық кезеңдерінде жүргізіледі. Мұнда кіру (қабылдау кезінде), шығу (беру кезінде) және эксплуатациялық бақылауларды ажыратады. Зауыт-өндірушіден теміржол немесе су көлігімен келетін мұнай өнімдерінің паспорты болуы керек. Онда МЕСТ пен ТЖ-ға техникалық талаптарына сәйкестігі белгіленеді. Аудандық мұнай базасымен мұнай өнімдерін тарату кезінде осындай құжат ретінде сертификат қызмет атқарады.

Орталық қоймада жағар материалдарды талдау зертханасы жағар материалдарының сапасының кіріс және эксплуатациялық бақылауды жүзеге асырады. Анализ үшін сынамаларды тандау МЕСТ 2517-80 (СТ СЭВ 1248-78) сәйкес жүргізіледі.

Лас заттар жағар материалдарының эксплуатациялық қасиеттерін нашарлатады, майланатын машиналардың ұзақ уақыт жұмыс істеуін төмендетеді, олардың тоқтаусыздығын бұзады. Майларға лас заттардың негізгі бөлігі майлау жүйелеріне немесе майланатын машиналар мен механизмдердің қартерлеріне оларды толтыруға дейін түседі. Сонымен қатар, майларды тасымалдау, сақтау және толтыру кезінде түседі. Келесіде механиктердің күшімен түзетілетін ластанулар қарастырылған.

Майлардағы барлық ластанулар химиялық құрамы бойынша бейорганикалық және органикалық деп бөлінеді. Бейорганикалық

ластау заттарына металдар мен олардың оксидтері, металл емес қосылыстар, су мен ауа жатады. Органикалық ластау заттарына шайыр, асфальтты тұнба, карбонатты қышқылдардың тұздары, көмірсутек, бактерия, саңырауқұлақтар жатады. Майдың эксплуатациялық қасиеттеріне ластау заттарының химиялық құрамы мен ластау заттарының мөлшері әсерін тигізеді.

Тасымалдау, сақтау және қолдану кезеңдеріндегі ластанулар майға сырттан түсуі немесе майлардың көмірсутегі құрамының өзгеруінен пайда болуы мүмкін. Сондықтан ластанулар келесі кезеңдер бойынша бөлінеді: өндірістік, операциялық, эксплуатациялық.

Ластанулардың көбісі эксплуатациялық кезеңіне жатады. Осы ластанулар майланатын машиналарды пайдалану кезінде енеді немесе майларда туындайды. Майлардағы осы ластанулардың концентрациясының өсу темпі ауыстыруға дейінгі майдың жұмыс қызметінің уақытын анықтайды. Пайда болу көзі бойынша атмосфералық, түйісу, тозбалы және қалдықты ластанулар болып бөлінеді. *Атмосфералық* ластанулар шаң, ылғал, шағын организмдерден тұрады. Майланатын машиналардың үздіксіз жұмыс жасауына үлкен қауіп-қатерді шаң тигізеді. Әдетте, барлық стационарлы сұйық қоймалардың, және де майларды тасымалдауға арналған сұйық қоймалардың газдық кеңістігі тікелей атмосферамен байланысқан, себебі оларда ауа сүзгілеуімен байланысатын арнайы тыныс алу арматуралары жоқ. Майларды ағызу кезінде олардың кеңістігі құрамында шаңы бар атмосфералық ауамен толады. Егер сұйық қоймалардың газдық кеңістігі желдетілетін болса (табиғи немесе жасанды), шаң ауамен де кіреді. Майға атмосферадағы шаң майды автокөлікті немесе теміржолмен тасымалдаған кезде, ашық ағыспен ағызу кезінде немесе бүкіл арматураның шаң болуы кезінде аса белсенді түрде еніп кетеді. Түйісу ластануларына сақтау және тасымалдау кезінде барлық ыдыстар металының коррозия өнімдері (химиялық және электрохимиялық), және де пайдалану кезіндегі майланатын машиналардың коррозия өнімдері жатады. *Тозбалы* ластануларға сорғылардың және мұнай қоймаларында, қоймаларда және

тасымалдау ыдыстарында, май жүйелерінің бөлшектерінде және ең басты – майланатын машиналардың бөлшектерінде механикалық тозу өнімдері жатады. Негізінен осы ластанулар металл үгінділері және ұсақ жонқаларынан тұрады. Тозбалы ластанулар машинаның жұмыс істеуінің ең зиянды заттары болып табылады. *Қалдықты* ластанулар – ол ыдыстарда және тарада бұрыннан сақталған немесе картерлерге және май жүйелеріне бұрыннан құйылған май қалдықтары болып табылады. Жоғарыда көрсетілген май ластануының классификациясы [12, 14] ластану үрдісін талдау, оның көздерін анықтау және оларды жоюға мүмкіндік береді.

Барлық тасымалдау және стационарлы май сыйымдылықтарында тоқылмаған мақта-мата материалдарынан нығыздалған (2 қабатпен) немесе ФП материалынан (Петрянов сүзгіші) ауа сүзгіштерін қолдану лайықты болады, бірақ сұйық қоймалардың толық герметизациясы кезінде. Осы жағдайда майлардағы лас заттардың мөлшері 6 – 10 есе төмендейді және майға 20 мкм-ден үлкен шаң түйіршіктерінің түсуіне мүмкіндік тумайды.

Майларды сақтау және тасымалдау құралдарындағы қалдықты ластанулармен күресудің негізгі әдісі – оларды уақытында тазалау мен жуу болып табылады. Metallургиялық жабдықтарды пайдалану кезіндегі майлардағы ластанулармен күресудің үш шарттары бар: *тазалық, герметикалық, көп ретті (үздіксіз) сүзу*. Бірінші шарт редукторлардың, машиналар мен механизмдердің картерлер (картерлік майлау жүйесінде), бактар, құбыржолдар және арматураларға (циркуляциялық орталықтандырылған майлау жүйесінде) жаңа майды құю алдында тазалықты қамтамасыз етуден тұрады. Ол үшін майланатын машина, механизм немесе агрегаттың ағынды ЖЕЖ біреуінің кезінде майды ауыстыру лайықты болады. Пайдаланылған майды ағызғаннан кейін жиналған қалдықты лас заттарды (көміртекті қалдықтар және минералды заттар) жою үшін картер немесе бак жуылуы керек. Жуу сұйықтығы ретінде арнайы жуғыш майды немесе тұтқырлығы төмен И-12А индустриалды майды (осы 50 % май мен 50 % керосиннің қоспасы) қолданады. Жоғары сапалы жуу үшін редукторды

жұмысшы органнан босатады және бірнеше уақыт аралығында бос жүрісте айналдырады. Циркуляциялық жүйенің бағын майлау нүктелері өшірілген кезде жуады. Жуу сұйықтығын ағызғаннан кейін қалған қатты қалдықтарды (егер олар қалатын болса) қолмен тазалайды.

Картерлі және циркуляциялық май жүйелерін жаңа маймен толтыруды тазалық сақтаумен (жабық ағыспен) жүзеге асыру керек. Ол үшін барлық циркуляциялық жүйелердің және ірі картерлердің бактары (сыйымдылығы 200 л астам) пайдаланылған майларды және жуу сұйықтықтарын жою үшін магистральды (толтыратын) және қайтарма (ағызатын) құбыржолдар арқылы бұталы немесе цех май қоймаларымен байланысу керек.

Орта және шағын сыйымдылықты (200 л аспайтын) картерлерде майлардың тазалығын және ауыстыруын механикаландыруын қамтамасыз ету үшін, өндірістік ғимараттың барлық кабаттарында тік және горизонталды құбыржолдары орнатылуы керек. Жергілікті жағдайлар мүмкіндік беретін жерлер, шағын редукторлар және картерлі механизмдерде майды ауыстыру үшін, үш секциялы майтаратқыш арбашаларды (таза, өңделген және жуғыш майлар үшін) қолдану керек.

Қашық орналасқан картерлі майланатын бірлікті ірі машиналарда майларды ауыстыру үшін тасымалданатын майтолтырғыш станциялар (ПМС) қолданылады. Оның сыйымдылығы сорғылармен бірге 2560 л.

Екінші шарт – *герметикалық*. Оны орындау үшін сыйымдылықтарға сай ауа сүзгіштерін орнатады. Картерлер және бактар атмосфералық қысымның астында болады, жұмыс жасау барысында май қызады, одан газдар және булар бөлінеді де май бетіндегі қысым атмосфералық қысымнан жоғары болады, сондықтан ауаның бір бөлігі картерден немесе бактан ығысып шығады. Машинаның немесе циркуляциялық жүйенің тоқтау кезінде майдың температурасы қоршаған ортаның температурасынан төмен түсуі мүмкін. Сонда, картердегі немесе бактағы булар мен газдардың қысымы атмосфералық қысымнан төмен болады, және өндірістік бөлмеден шаңдалған ауаның бір

бөлігі картердің немесе бактың кеңістігіне кіреді. Сол себептен майға шанды-эксплуатациялық атмосфералық лас заттар енеді.

Сондықтан барлық картерлер мен бактар қарапайым вентиляциялық құбырлармен емес, ауа сүзгіштермен («сапундармен») жабдықталуы қажет. Осы сүзгіштердің нығыздаушылары тоқылмаған мақта-мата материалынан немесе ФП материалынан жасалады. Мысалы, ФВ-90 ауа сүзгіштері, мұнда ауыстырмалы қағаз сүзгіш элементтер қолданылады. Аса үлкен картерлер үшін автокөлікті ауыспалы сүзгіште құрғақ ауа тазалағыштар қолдануға қолайлы.

Майлардағы лас заттармен күресудің үшінші шарты – сүзу, майларды тазартудың ең қарапайым үрдістердің бірі болып табылатынына негізделген. Машиналардың жұмыс жасауына зиянды лас заттарды кетіреді, ал қолданылатын сүзгіштердің конструкциясы оларды циркуляциялық жүйесінің сұлбасына тікелей қосуға мүмкіндік береді. Егер сүзгішті жүйедегі негізгі май ағысымен тізбекті орнататын болса, оны *толық ағысты* деп атайды. Егер сүзгішті негізгі ағысқа параллель орнататын болса және оның бойымен (цикл бойынша) майдың тек бір бөлігі ғана өтетін болса, оны *толық емес ағысты* деп атайды. Қазіргі кезде көбінесе толық ағысты сүзгіштер, толық ағысты ауыспалы элементті майлы сүзгіштер кеңінен қолданылатын болды.

Сүзудің тиімділігіне, яғни ұстап қалатын түйіршіктердің мөлшеріне байланысты, сүзгіштерді келесі түрлерге бөледі: ірі тазалау – 100 мкм-ден үлкен түйіршіктерді ұстап қалады, жұқа тазалау – 30 мкм дейін түйіршіктерді ұстап қалады. Сүзгіш элементінің түріне байланысты сүзгіштерді пластинкалы-саңылаулы, таспалы-саңылаулы және торлы деп ажыратады.

Соңғы жылдары циркуляциялық жүйелерде майды магнит өрісінде тазартуды қолдана бастады. Әдетте, магнитті өріс тұрақты магниттермен жасалады. Олар электр магниттерге карағанда, өлшемдері бірдей жағдайда тазартудың жоғарырақ тиімділігін қамтамасыз етеді. Магнитті сүзгіштер ұсақ ферромагнитті түйіршіктерді өлшемі 0,4–25 мкм-ға дейін ұстап қалады. Магнитті емес қатты лас заттар ферромагнитті заттармен байланыста болғандықтан, біріншілер магнитті

торларда да қалып қалады. Магнитті сүзгіштерді торлы сүзгіштерге жатқызады.

Беріліс картерлері мен редукторлардың тұрқыларында ағызба тығындардың орнына магнитті ұстағыштарды МЕСТ 17429-80Е бойынша (тұрақты магниттері бар рет тығындарды) орнату, майлардағы металл ұнтақтарынан тазартуды қамтамасыз етеді. Пластинкалы сұйықтықты техникалық тазартылған бір, екі және төрт патронды майлы сүзгіштер кең қолданылады. Пластинкалы-саңылаулы сүзгіштерді ірі тазарту сүзгіштеріне (сүзу жұқалығы 200 мкм) жатқызады.

Көптеген металлургиялық зауыттарда пластикалық жағар материалының автоматты станцияларының алдында тізбектеп үш сүзгішті орнатады. К.К. Папоктың айтқанындай, майлаумен айналысатын мамандардың алтын ережесі бойынша сүзгіштерді жиі ауыстыру және тазалау, жағар материалы мен тозған бөлшектерді ауыстыруға қарағанда тиімдірек болады. Үйкеліс торабына баратын майдың сапасы қажетті болуы үшін, барлық өндіріс кезеңдерінде және таралуында тек ластануларды алдын ала ескеру ғана емес, сонымен қатар осы кезеңдерде технология мен жергілікті жағдайларға байланысты мүмкін болатын тазартуды орындау қажет. Тазартудың келесі түрлерін ажыратады: химиялық, физика-химиялық және физикалық.

Физикалық тазарту әдістері майдан қатты лас түйіршіктерін (ең зиянды қоспаларды), судың микро тамшыларын, және де кокс құраушы және шайырлы заттарды кетіруге мүмкіндік береді. Осыған күш өрісінде майды тазалау және сүзуді жатқызады.

Тазартудың физикалық әдістеріне майды тұндыру да жатады. Осы әдіс майды қатты түйіршіктерден және бос судан тазарту кезінде ең тиімді болып табылады. Егер майды қыздырсақ, онда тұндыру ұзақтығы қысқарады. Ламинарлы қозғалыста өлшемі 0,05–10 мкм түйіршіктердің тұндырылуы ауырлық күшінің әсерінен Стокс заңына  $v = \kappa d^2(\gamma_1 - \gamma_2)(1/\eta)$  бағынады. Мұндағы  $v$  – тұндыру уақыты;  $d$  – түйіршіктің шартты өлшемі;  $\gamma_1$  – қатты зат материалының меншікті салмағы;

$\gamma_2$  – майдың меншікті салмағы;  $\eta$  – майдың динамикалық (абсолютті) тұтқырлығы;  $\kappa$  – тұрақты өлшемсіз шама ( $5,6 \cdot 10^{-2}$ ).

Осы формуладан түйіршіктерді тұндыру уақыты май тұтқырлығына кері пропорционал екенін аңғаруға болады. Сондықтан тұндырумен тазартуды арттыру үшін майды қыздыру арқылы оның тұтқырлығын төмендетеді.  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  майдағы су қайнап кетіп, майды көбіктенуге әкелуіне байланысты, тұндырудың ең қолайлы температурасы  $80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$  болып табылады.

Майдың қатты лас түйіршіктерінен толық тазалануы 18 сағ тұндырудан кейін болады. Тазаланған майды тұндырғыштан тез алу үшін, осы операцияны жоғарғы қабаттардан бастайды. Мұнда қалқымалы алу құрылғыларын қолданады.

Циркуляциялық жүйелерге стационарлы майтазарту қондырғыларын кірістіреді немесе жылжымалы майтазарту қондырғыларын қосады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Майлау шаруашылығында қандай негізгі элементтер бар?
2. Майлау қызметінің негізгі мақсаты неде?
3. Майлау қызметінің қандай құрылымы болады?
4. Жағар материалдарының орталық қоймасы дегеніміз не?
5. Орталық қоймада жаңа және пайдаланылған майларды бөлек сақтау үшін не керек?
6. Қоймадан тұтынушыларға жағар материалдарын беруді қалай жүзеге асырады?
7. Майлау жүйелерін пайдалануды және жөндеуді қалай ұйымдастырады?
8. Пайдаланылған майларды қайта қолдану үшін қандай жабдықтар қолданылады?
9. Жағар материалдарының сапасын бақылау үшін және жағармайдағы лас заттармен күресу үшін қандай шаралар қолданылады?

## Терминдердің шартты белгіленуі мен қысқартылулар

Трибология (трибоника) – үйкеліс, тозу, майлау және өзара ауысу кезіндегі бір-бірімен жанасатын беттердің қатынасы туралы ғылым;

*Re* – Рейнольдс саны;

$F_t$  – ішкі үйкеліс күші;

$\eta$  – сұйықтықтың (майдың) динамикалық тұтқырлығы;

$f_c$  – сұйықтықта үйкелу коэффициенті;

*So* – режим сипаты немесе Зоммерфельд саны;

*ББЗ (ПАВ)* – беттік белсенді заттар;

*ФААӨ* – финишті үйкеліске қарсы қажаксыз өңдеу, ол таңдаулы тасымалдау негізінде бөлшектердің үйкелу беттерінде жез, қола немесе мыстың жұқа қабаты үйкеліс кезіндегі тасымалдаудан тұрады;

*СОЖ* – майлаумен салқындататын сұйықтықтар;

*Химмотология* – техникада жанар-жағар материалдарын тиімді қолданудың теориясы мен тәжірибесі болып табылады. Оның негізгі мақсаты – жанар-жағар майларды қолдану нәтижелілігін арттыру;

*Динамикалық тұтқырлық* – әсер етуші жанама кернеудің жылдамдық градиентіне қатынасы – сұйықтың ағуға қарсыласу мөлшері болып табылады;

*Сантитуаз (сП)* – динамикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігі;

*Кинематикалық тұтқырлық* – сұйықтықтың динамикалық тұтқырлығының сол температурадағы тығыздығына қатынасы – гравитациялық күштерінің әсерінен сұйықтықтың ағуына қарсыласу өлшемі болып табылады;

*Сантистокс (сСт)* – кинематикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігі;

*ВУ* – шартты тұтқырлық, ол ВУ типті вискозиметрден сыналатын 200 г майдың ағып шығу уақытының, тура сондай мөлшерде 20 °С температурада дистилденген судың ағып шығу уақытына қатынасы.

*ТИ* – тұтқырлық индексі, ол температураға байланысты тұтқырлықтың өзгеруін сипаттайды;

*ТТК* – тұтқырлықтың температуралық коэффициенті, ол тұтқырлықты-температуралық қасиеттерді сипаттайды;

*БӨП* – бақылау-өлшеуіш аспаптар;

*СҮМ* – сұйықтықта үйкелу мойынтіректері;

*АМЖ* – аэрозольдық майлау жүйелері;

*МАГ* – майлы аэрозоль генераторы;

$q_i$  – бір үйкеліс торабы үшін орташа сағатта майлау материалының шығыны;

$Q_{\text{ц}}$  – бір майлау цикліндегі майлау материалының жалпы шығыны;

*ЖЕЖ* – жобалық ескерту жөндеулер;

*ШМК* – шекті мүмкіндік концентрациясы;

*ПМӨ* – пайдаланылған мұнай өнімдері;

*ПММ* – пайдаланылған мотор майлар;

*ПИМ* – пайдаланылған индустриалды майлар;

*ПМК* – пайдаланылған мұнай өнімдерінің қоспалары.

## БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Фукс И., Фукс И.Г.* К 100-летию гидродинамической теории смазки Н.П. Петрова. Химия и технология топлив и масел. 1984. – №1. – С. 42–44.
2. *Бакалейников М.Б., Парфенов Л.А.* Заседание секции по маслам, смазкам и присадкам научно-технического совета миннефтехимпрома СССР. Химия и технология топлив и масел. – 1983. – №9. – С.44–45.
3. *Папок К.К.* Химмотология топлив и смазочных масел. – М.: Воениздат, 1980. – 192 с.
4. *Глодин Ю.Н., Елисеенко А.Г.* Твердые смазки в подшипниках качения при повышенных температурах //Химия и технология топлив и масел. – 1982. – №8. – С. 20; 1983. – №8. – С.15–16.
5. *Бессмертный К.И.* На производственно-техническом семинаре «Унификация современного ассортимента горюче-смазочных материалов» //Химия и технология топлив и масел. – 1984. – №3. – С. 45–46.
6. *Григорьева Н.И., Иванкина Э.Б., Толока В.И. и др.* Стендовые испытания легированных масел для прокатных станов //Химия и технология топлив и масел. – 1983. – № 9. – С. 23–25.
7. *Фройштетер Г.Б., Трильский К.К., Ищук Ю.Л. и др.* Реологические и теплофизические свойства пластичных смазок. – М.: Химия, 1980. – 176 с.
8. *Канский А.Б., Холодный В.А.* Устройства для сбора масел и нефтепродуктов в системах водоснабжения металлургических агрегатов //Черная металлургия. Бюл. НТИ., – М.: Черметинформация, 1983. – №12. – С. 24–29.
9. *Евдокимов А.Ю., Фалькович М.И.* Очистка отработанных масел у потребителя //Химия и технология топлив и масел. – 1984. – № 2. – С. 46–47.
10. Рекомендации по организации смазочного хозяйства на предприятиях цветной металлургии и руководство по сбору и использованию отработанных нефтепродуктов / Составитель *Н.П. Миловидов.* – М.: МЦМ СССР, 1977. – 59 с.

11. *Шашкин П.Ч., Брай И.В.* Регенерация отработанных нефтяных масел. – М.: Химия, 1970. – 304 с.
12. *Коваленко В.П.* Загрязнение и очистка нефтяных масел. – М.: Химия, 1978. – 304 с.
13. *Гедык П.К., Калашиникова М.И.* Смазка металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1971. – 376 с.
14. *Притыкин Д.П.* Надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 368 с.
15. *Плахтин В.Д.* Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – М.: Металлургия. 1985. – 415 с.
16. *Костецкий Б.И.* Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
17. *Касаткин Н.Л.* Ремонт и монтаж металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1970. – 312 с.
18. *Седуи В.Я.* Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – Донецк: Юго-Восток, 2007. – 379 с.
19. *Цуркан И.Г.* Смазочные материалы в вагонном хозяйстве. – М.: Транспорт, 1977. – 128 с.
20. *Эминов Е.А.* Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов (в 2-х книгах). – Изд-е 4, перераб. и доп. – М.: Химия. 1977. – 770 с.
21. *Гаевик Д.Т.* Смазка оборудования на металлургических предприятиях. – М., 1998. – 328 с.

## МАЗМҰНЫ

|       |                                                                                                                                    |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|       | КІРІСПЕ                                                                                                                            | 3  |
| 1.    | МЕТАЛЛУРГИЯ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ<br>ТОЗУ ЖАҒДАЙЛАРЫ .....                                                                         | 6  |
| 1.1.  | Металлургия жабдықтарының жұмыс істеу<br>жағдайлары.....                                                                           | 6  |
| 1.2.  | Металлургиялық жабдықтардың қирау және тозу<br>түрлері.....                                                                        | 8  |
| 1.3.  | Тозудың механикалық түрлері .....                                                                                                  | 11 |
| 1.4.  | Майлаудың гидродинамикалық теориясы .....                                                                                          | 14 |
| 1.5.  | Таңдамалы тасымалдау.....                                                                                                          | 17 |
| 1.6.  | Антифрикциялы өзін-өзі майлайтын<br>материалдар .....                                                                              | 21 |
| 1.7.  | Сутегілік тозу.....                                                                                                                | 22 |
| 2.    | МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫНЫҢ<br>ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ<br>ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЖАҒАР МАТЕРИАЛДАРЫ.....                               | 24 |
| 2.1.  | Металлургия машиналарының эксплуатациялық<br>қасиеттері.....                                                                       | 24 |
| 2.2.  | Күштік жүктемелер түсетін элементтердің<br>эксплуатациялық қасиеттері.....                                                         | 25 |
| 2.3.  | Тозу жағдайында жұмыс істейтін металлургия<br>машиналары элементтерінің эксплуатациялық<br>қасиеттері.....                         | 31 |
| 2.4.  | Коррозиялық орталардың әсері жағдайында<br>жұмыс істейтін металлургия машиналары<br>элементтерінің эксплуатациялық қасиеттері..... | 35 |
| 2.5.  | Химмотология негіздері.....                                                                                                        | 39 |
| 2.6.  | Жағар материалдар.....                                                                                                             | 42 |
| 2.7.  | Жағар материалдарына қойылатын талаптар.....                                                                                       | 48 |
| 2.8.  | Сұйық жағар материалдары .....                                                                                                     | 51 |
| 2.9.  | Пластикалық жағар материалдары .....                                                                                               | 59 |
| 2.10. | Қатты жағар материалдары және қаптамалары.....                                                                                     | 63 |

|        |                                                                                             |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.11.  | Металлплакирлеуші пластикалық жағар материалдары .....                                      | 65  |
| 2.12.  | Жағар материалдарының номенклатурасын қысқарту және унификациялау.....                      | 66  |
| 3.     | МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ НЕГІЗГІ МАЙЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІ .....                                   | 72  |
| 3.1.   | Металлургиялық жабдықтарды майлау.....                                                      | 72  |
| 3.2.   | Сұйық жағармай майлау жүйелері.....                                                         | 79  |
| 3.3.   | Аэрозольдық майлау жүйелері.....                                                            | 85  |
| 3.4.   | Аэрозольдық майлау жүйесін есептеу.....                                                     | 92  |
| 3.5.   | Пластикалық жағар материалдарды беру жүйелері .....                                         | 93  |
| 3.6.   | Пластикалық жағар материалымен майлаудың орталықтандырылған автоматы жүйелерін есептеу..... | 106 |
| 3.7.   | Майлау жүйелерін жинақтау және жөндеу (күйге келтіру).....                                  | 111 |
| 4.     | МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫНЫҢ ЖЕКЕ ТҮРЛЕРІН МАЙЛАУ .....                                        | 114 |
| 4.1.   | Агломерациялық машиналардың жеке тораптарын майлау .....                                    | 114 |
| 4.2.   | Домна пешінің колошникті механизмдерін майлау .....                                         | 122 |
| 4.3.   | Илемдеу тұрқыларын орталықтандырылған майлау және суыту.....                                | 131 |
| 4.3.1. | Илемдеу цехындағы майлау қоймалары.....                                                     | 132 |
| 4.3.2. | Тістегергішті қапастарды және илемдеу орнақтары бас жетектерінің редукторларын майлау.....  | 134 |
| 5.     | МЕТАЛЛУРГИЯ ЗАУЫТТАРЫНЫҢ МАЙЛАУ ШАРУАШЫЛЫҒЫ .....                                           | 139 |
| 5.1.   | Майлау шаруашылығын ұйымдастыру және техникасы.....                                         | 139 |
| 5.1.1. | Майлау қызметінің мақсаттары мен құрылымы .....                                             | 139 |
| 5.2.   | Жағар материалдарын қабылдау және сақтау .....                                              | 142 |

|      |                                                                        |     |
|------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3. | Тұтыну жерлеріне жағар материалдарын беру<br>және жеткізу .....        | 144 |
| 5.4. | Майлау жүйелерін пайдалану және жөндеу .....                           | 150 |
| 5.5. | Пайдаланылған майларды жинау және<br>регенерациялау .....              | 151 |
| 5.6. | Майлау материалдарының сапасын бақылау және<br>ластануымен күресу..... | 155 |
|      | Терминдердің шартты белгіленуі мен<br>қысқартулар.....                 | 162 |
|      | Библиографиялық тізім.....                                             | 164 |

Оқулық басылым

Елемесов Қасым Көптілеуұлы  
Қилыбаев Еркебұлан Өмірліұлы  
Кәкімов Ұлан Қадырханұлы

## МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНАЛАРЫН МАЙЛАУ

Оқу құралы

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| АБО бастығы          | <i>З.А. Ғұбайдулина</i> |
| Редакторы            | <i>Т.С. Жақсыбаева</i>  |
| Компьютерде беттеген | <i>Л.П. Өмірбекова</i>  |

Басуға қол қойылды 08.02.13 ж.  
Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.  
Көлемі 10,6 есепті баспа табақ. Шартты баспа табағы 9,8.  
Таралымы 300 дана. Тапсырыс № 12.  
Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы  
Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,  
Ақпараттық-баспа орталығы.  
Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-488-1



9 786012 284881