

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О. О. Філоненко, В. І. Харченко

**БУДОВА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА
ТИПУ UGT25000E**

У двох частинах

Частина 2

Системи газотурбінного двигуна

*Рекомендовано Методичною радою НУК
як навчальний посібник*

Миколаїв 2007

УДК 621.438(075.8)
ББК 39.15я7
Ф 51

Рекомендовано Методичною радою НУК як навчальний посібник

Рецензент М.В. Ващиленко, кандидат технічних наук, доцент

Філоненко О.О., Харченко В.І.

Ф 51 Будова газотурбінного двигуна типу UGT 25000E: У 2 ч. – Ч. 2:
Системи газотурбінного двигуна: Навчальний посібник. – Миколаїв:
НУК, 2007. – 68 с.

Наведено опис конструкції основних елементів систем, які обслуговують газотурбінний двигун типу UGT 25000E розробки ДП НВКГ "Зоря"– "Машпроект", установлений на Березовській ГРЕС.

Посібник призначений для студентів спеціальностей 7.090506 "Турбіни" та 7.090509 "Суднові енергетичні установки" денної і заочної форм навчання.

УДК 621.438(075.8)
ББК 39.15я7

© Філоненко О.О., Харченко В.І., 2007
© Видавництво НУК, 2007

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

БПА	—	блок паливних агрегатів
БФПГ	—	блок фільтрації паливного газу
БЕТУ	—	блок електротехнічного устаткування
ГВС	—	газовий вогнегасний склад
ГТД	—	газотурбінний двигун
ГЕУ	—	газотурбінна енергетична установка
ЗК	—	задній корпус
КВ	—	клапан відсічний
КВТ	—	компресор високого тиску
КНТ	—	компресор низького тиску
КПОП	—	комплексний повітроочисний пристрій
КМЧ	—	комплект матеріальної частини
КС	—	клапан стравлювання
МВБ	—	масловіддільний бак
ОВ	—	опорний вінець
СК	—	стоп-кран
ТПО	—	термоперетворювач опору
ТВТ	—	турбіна високого тиску
ТНТ	—	турбіна низького тиску
ТКВТ	—	турбокомпресор високого тиску
ТКНТ	—	турбокомпресор низького тиску
ТС	—	турбіна силова
САК	—	система автоматичного керування

1. ПАЛИВНА СИСТЕМА ДВИГУНА

1.1. Призначення паливної системи

Паливна система призначена для забезпечення за командами САК наступних процесів: подачі паливного газу до запальників (рос. – воспламенителей) при запуску двигуна; дозування паливного газу на стаціонарних і перехідних режимах, у тому числі й при запуску двигуна; припинення подачі паливного газу до форсунок з одночасним дренажем паливного газу з колектора форсунок у свічку.

Паливна система також забезпечує вимірювання для передачі в САК величин тисків паливного газу до та після регулюючих клапанів і величин перепадів тисків на форсунках.

1.2. Склад і робота паливної системи

Паливна система (рис. 1Д*) складається з блоку паливних агрегатів, розташованих в окремому укритті, та приладового щита, розміщеного у блоці двигуна. Очищений та підігрітий у системі об'єкта паливний газ через блок фільтрації підводиться до стоп-крана 4. За алгоритмом запуску вмикається система плазмового запалювання, після чого подається електроживлення на електромагнітний клапан 3.3. Газ через дросельний пакет, розташований усередині агрегату керування 3, надходить до запальників і запалюється. Електроживлення подається на електромагнітний клапан відкриття стоп-крана 3.1. Стоп-кран 4 відкривається і за сигналом сигналізатора положення 4.1 електроживлення з клапана 3.1 знімається.

Після відкриття стоп-крана 4 подається команда на відкриття на задану величину регулюючого клапана 7. У результаті цього відбувається різке збільшення перепаду тисків на форсунках першого каналу, що забезпечує надійне запалювання паливного газу від запальників та полум'яперекидання по жарових трубах. Після цього система плазмового запалювання та клапан 3.3 вимикаються.

Якщо перший кидок паливного газу перевищив необхідне значення або не відбулося запалювання газу в камері згоряння протягом необхідного проміжку часу з моменту відкриття стоп-крана 4, САК формує сигнал на аварійну зупинку двигуна. Подальше дозування газу при запуску, вихід на холостий хід та режимну роботу двигуна здійснює електронна САК за допомогою керування клапанами 7 і 8. Замір тиску газу до та після регулюючих клапанів здійснюється перетворювачами тиску 6, 9 і 10.

Якщо при запуску температура газів за ТНТ перевищить задану, САК

*Рисунки з індексом "Д" наведені у додатку.

видає сигнал на клапан 7, який знижує подачу газу до форсунок. Після прогріву двигуна на холостому ходу виконується синхронізація та набір навантаження за програмою САК впливом на регулюючі клапани. Подальша зміна режиму відбувається за командами оператора шляхом зміни величини відкриття клапанів 7 і 8. Нормальна або аварійна зупинка двигуна здійснюється закриттям стоп-крана. Для цього необхідно подати електроживлення на електромагнітний клапан 3.2. Стоп-кран закривається і за сигналом сигналізатора положення 4.1 електроживлення з клапана 3.2 знімається.

Блок паливних агрегатів поєднує агрегати паливної системи. На рамі розташовані: блок фільтрації паливного газу; перетворювачі тиску 6, 9 і 10; стоп-кран 4; регулюючі клапани 7 і 8; манометричні крани; агрегат керування 3; клемові шафи; трубопроводи та елементи кріплення. Манометричні крани призначені для відсікання підведеного середовища до перетворювачів тиску при необхідності їхньої заміни та для стравлювання газу з імпульсних трубопроводів у свічку.

Приладовий щит являє собою раму з закріпленими на ній перетворювачами тиску 11 і 12, датчиками-реле різниці тисків 13 і 14 та манометричними кранами 15 і 16. Датчики-реле різниці тисків призначені для видачі в САК сигналу про досягнення заданого значення величини перепаду тисків на форсунках.

1.3. Агрегати паливної системи

Блок фільтрації паливного газу призначений для очищення від механічних домішок газу, який подається у паливну систему. Блок фільтрації (рис. 2Д) складається з трьох секцій, змонтованих на загальній рамі 4, і датчика-реле різниці тисків 7.

До складу кожної секції входить газовий фільтр 3, кульові (рос. – шаровые) крани з ручним приводом підведення 8 та відведення 2 газу і клапани 9. Кожен клапан має зрівнювальний і дренажний крани, які використовуються при введенні в дію резервної секції.

Паливний газ з колектора підведення газу 5 через відкриті кульові крани 8 працюючих секцій надходить у порожнину газових фільтрів 3, очищається та через кульові крани 2 надходить у колектор відведення газу 1. З колектора 1 газ відводиться в паливну систему, яка обслуговує двигун. При роботі блоку виконується контроль різниці тисків у колекторах 5 і 1. Коли перепад тиску на газовому фільтрі 3 досягне граничного значення, датчик 7 видає сигнал у САК.

Газовий фільтр призначений для очищення паливного газу перед подачею в двигун і входить до складу блоку фільтрів. Газовий фільтр (рис. 3) складається з корпусу 1, кришки 2, фільтрувального пакета 5 і патрубку 6. Пакет 5, який складається з фільтроелементів 5.1, каркаса 5.2, кришки 5.3

і винта 5.4, утримується пружиною 3. Заглушка 4 призначена для стравлювання газу і зливу конденсату з внутрішньої порожнини корпусу.

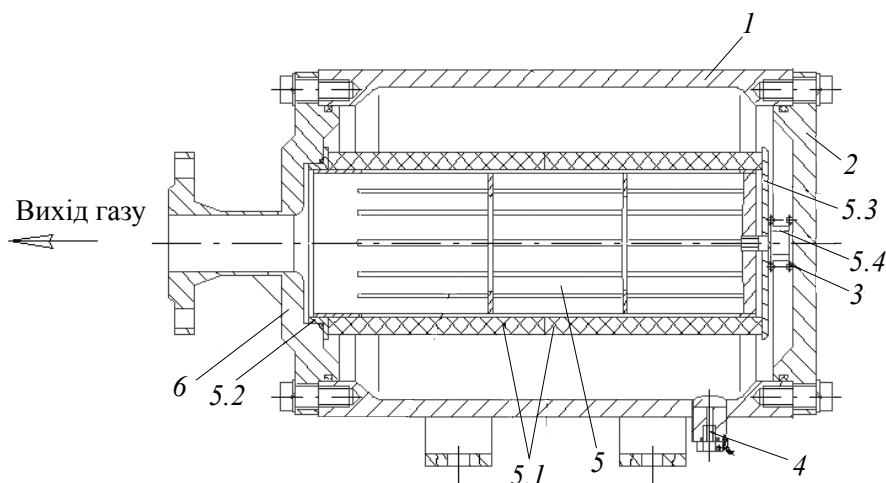


Рис. 3. Газовий фільтр

Агрегат керування призначений для подачі паливного газу до запальника та керування стоп-краном. Агрегат керування (рис. 4Д) складається з двох блоків – пускового газу 1 та маніпулятора 2, які з'єднані каналом *a*.

У блоці 1 розташовані фільтр 1.1, дросельний пакет 1.2, електромагнітний клапан пускового газу 1.3; у блоці 2 – електромагнітний клапан 2.1 (відкриття стоп-крана), електромагнітний клапан 2.2 (закриття стоп-крана), поршень 2.3, клапани 2.4 і 2.5, пружина 2.6. Газ підводиться до штуцера 7. За відсутності подачі електроживлення на клапан 1.3 подача газу до запальника та стоп-крана перекривається.

При подачі електроживлення клапан 1.3 відкривається і газ надходить через дросельний пакет 1.2 та штуцер 6 у колектор запальника.

При відсутності електроживлення на клапані 2.1 клапан 2.5 під дією пружини 2.6 і тиску газу, який підводиться по каналу *a*, знаходиться в закритому положенні, а штуцер відведення газу 5, відкритий клапаном 2.4, сполучається з лінією дренажу у свічку.

При подачі електроживлення на клапан 2.1 газ по каналу *c* надходить у праву порожнину поршня 2.3. Поршень 2.3, долаючи зусилля пружини 2.6 і зусилля тиску газу в пружинній порожнині клапана 2.5, переміщається, закриваючи клапан 2.4 і відкриваючи клапан 2.5. Газ з каналу *a* надходить до штуцера відведення газу 5.

При зніманні електроживлення з клапана 2.1 клапани 2.4 і 2.5 залишаються у тому самому положенні, оскільки права порожнина поршня 2.3 залишається з'єднаною з порожниною високого тиску каналом *d* з жиклером 3.

При подачі електроживлення на клапан 2.2 газ із правої порожнини поршня 2.3 через канал *e* скидається у свічку. Під дією пружини 2.6 клапан 2.5 закриває відведення газу до штуцера 5, а клапан 2.4 відкриває стравлювання газу зі штуцера 5 у свічку.

Стоп-кран призначений для керування подачею паливного газу до регулюючого клапана, а також для стравлювання газу з регулюючого клапана при зупинці ГТД. Стоп-кран – це двопозиційний клапан із сервопоршнем, з'єднаним з сигналізатором кінцевих положень, та зворотними пружинами.

До складу стоп-крана (рис. 5) входять:

корпус 8, у якому розміщені клапан 6, сідло стопи 7, фланці підведення 9 та відведення 3 газу до регулюючого клапана, фланець дренажу у свічку 4, штуцер відведення газу в агрегат керування 2;

кришка 13, в якій розміщені мікрровимикачі 17, 18, електророз'єм 15, сигналізатор положення стоп-крана 14, вказівна стрілка 16 і штуцер підведення газу 1;

пружини 10, 11; сервопоршень 12 та сідло дренажу 5.

Основний елемент стоп-крана – здвоєний плоский клапан 6, один бік якого виконує функції стоп-крана, а другий – дренажного клапана. Для керування стоп-краном використовується тиск паливного газу, що надходить від агрегату керування. Оскільки площа сервопоршня 12 дорівнює площі клапана 6, то у закритому положенні клапан урівноважений і притиснутий до сідла стопи 7 під дією пружин 10 і 11. Фланець відведення паливного газу 3 через фланець дренажу 4 сполучений зі свічкою. Газ, що підводиться до фланця 9, через штуцер відведення газу 2 надходить до агрегату керування.

Газ на керування стоп-краном підводиться від агрегату керування до штуцера 1. При підвищенні тиску в порожнині *b* сервопоршень 12, долаючи зусилля пружин 10 і 11, відкриває стоп-кран. Паливний газ через фланець 3 відводиться до регулюючого клапана, а сідло дренажу 5 перекривається, запобігаючи

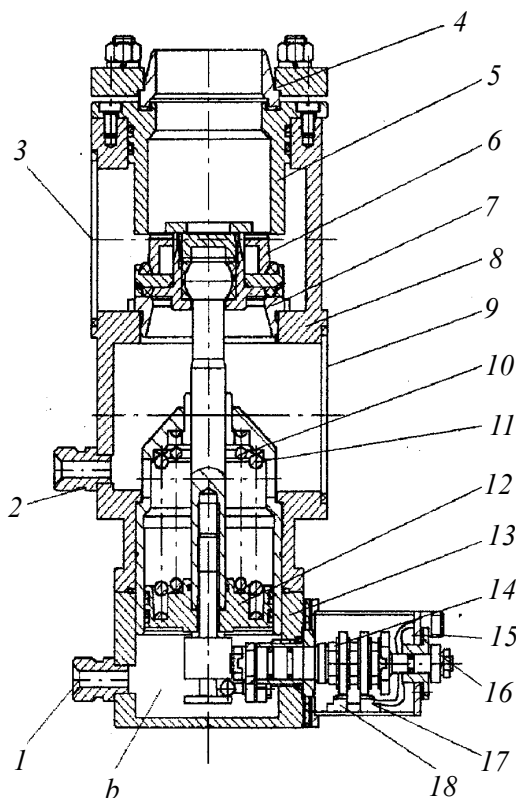


Рис. 5. Стоп-кран

витоку газу у дренаж. Зі штоком сервопоршня 12 з'єднаний сигналізатор положення стоп-крана 14, що розмикає мікрровимикач 17 (положення "закрито") і замикає мікрровимикач 18 (положення "відкрито"), сигналізуючи у САК про відкриття стоп-крана. На зовнішньому кінці сигналізатора знаходиться стрілка 16, що вказує крайні положення клапана б стоп-крана.

При стравлюванні газу з порожнини *b* пружини 10 і 11 переміщують клапан б на закриття стоп-крана. Герметизація по сідлу стопи 7 здійснюється ущільненням. Одночасно із закриттям стоп-крана відкривається дренаж і газ із системи стравлюється у свічку.

При переміщенні сервопоршня 12 у крайнє положення розмикаються контакти мікрровимикача 18 (положення "відкрито") і замикаються контакти мікрровимикача 17 (положення "закрито"), сигналізуючи у САК про закриття стоп-крана.

2. СИСТЕМА ЗМАЩЕННЯ ДВИГУНА

2.1. Склад системи змащення та її призначення

Система змащення двигуна – циркуляційна, під тиском, із примусовим відкачуванням відпрацьованого масла; забезпечує змащення й охолодження підшипникових вузлів, зубчастих зацеплень та інших тертьових деталей двигуна на всіх режимах роботи.

До системи змащення (рис. 6Д) входять: циркуляційний бак 26 з підігрівником масла 28, суфляром 30 і датчиком рівня 24, навішений маслоагрегат 45 із приводом від КНТ (з одним нагнітальним і чотирма відкачувальними насосами), нагнітальний маслоагрегат з електроприводом (нагнітальний електронасос) 36, відкачувальний маслоагрегат з електроприводом (відкачувальний електромаслоагрегат) 19, маслоагрегат з електроприводом 23, фільтр тонкого очищення 37, вхідний фільтр двигуна 2, захисні фільтри 5–12, автоматичний клапан 18, масловіддільний бак 13, статичний масловіддільник 1, маслоохолоджувачі 34, зворотні клапани 4, 32, 33, 46, датчики надлишкового тиску 39, 44 (для дистанційного вимірювання тиску), датчик різниці тисків 20, сигналізатори тиску 38, 42, 43, реле різниці тисків 41, термоперетворювачі опору 15, 15.1–15.3, 29, 35, магнітні сигналізатори стружки 14, 14.1–14.5, запірні клапани 21, трубопроводи. Циркуляційний бак 26, маслоагрегат з електроприводом 23, фільтр 37 і маслоохолоджувачі 34 з устаткуванням, що належить до них, конструктивно об'єднані у маслоблок.

При натисканні кнопки "Пуск" вмикаються нагнітальний 36 і відкачувальний 19 маслоагрегати з електроприводами. При цьому під впливом тиску, створюваного маслоагрегатом 36, автоматичний клапан 18 закривається. З початком розкручування стартерами ротора КНТ масло з циркуляцій-

ного бака 26 забирається нагнітальним насосом *A* маслоагрегату 45 або нагнітальним електронасосом 36 і через фільтр тонкого очищення 37 та вхідний фільтр 2 подається для змащення й охолодження підшипникових вузлів, зубчастих зачеплень та інших тертьових деталей двигуна. На вході в підшипникові вузли встановлені захисні фільтри (сітки) 5–12.

З початком розкручування стартерами ротора КНТ вступає в роботу навішений маслоагрегат 45, який працює паралельно з маслоагрегатами 19 і 36 до досягнення визначеної частоти обертання ротора КНТ. При досягненні заданої частоти маслоагрегати 19 і 36 відключаються, при цьому клапан 18 відкривається. При подальшому збільшенні частоти обертання на всіх режимах роботи двигуна змащення й охолодження масляних порожнин здійснюється тільки навішеним маслоагрегатом 45.

Дросельна шайба 3 служить для заповнення маслом всмоктувального трубопроводу навішеного маслоагрегату 45 із лінії нагнітання маслоагрегату з електроприводом 36 перед запуском двигуна. Маслоагрегат з електроприводом 23 – технологічний. Він служить (залежно від положення запірних клапанів 21) для вивантаження масла з бака 26 або для прокачування масла через бак по колу (рос. – по закольцовке) при підігріві. Змащення виносної коробки приводів – картерне, здійснюється розбризкуванням масла з масляної ванни.

Відпрацьоване масло з переднього корпусу КНТ через нижню коробку приводів зливається у піддон нижньої коробки приводів, із задньої опори КВТ і ОВ ТНТ масло зливається у масловіддільний бак 13. З піддона нижньої коробки приводів, перехідника, ОВ ТС і бака 13 масло відкачується відповідними секціями навішеного маслоагрегату 45 або відкачувального маслоагрегату 19 і через зворотний клапан 46 надходить до одного з двох маслоохолоджувачів 34 (інший у цей час резервний), а потім – у циркуляційний бак 26.

Підтримання необхідної температури на виході з маслоохолоджувачів 34 забезпечується за допомогою терморегулятора 40 шляхом зміни кількості води, прокачуваної через маслоохолоджувач. Чутливий елемент терморегулятора встановлений у масляному трубопроводі за маслоохолоджувачами 34 та зворотними клапанами 33. Маслоповітряна суміш з переднього корпусу КНТ і бака 13 через регулятор перепаду тисків 16 надходить до статичного масловіддільника 1. Туди ж, під час робочих режимів двигуна, через автоматичний клапан 18 частково стравлюється повітря, що міститься у відкачуваному з ОВ ТС маслі. У масловіддільнику 1 відбувається остаточне відділення масла від маслоповітряної суміші. Масло з масловіддільника 1 двома трубами зливається в нижню коробку приводів, а повітря надходить в ОВ ТС для подальшої утилізації.

Для контролю тиску масла в системі змащення служать датчики 44 та 39 (на лініях нагнітання і відкачування відповідно). У системі автома-

тичного керування виробу передбачений захист у випадку аварійного зменшення тиску масла на вході у двигун. При зменшенні тиску масла нижче допустимого значення сигналізатор тиску 42 видає сигнал на переведення двигуна у режим холостого ходу генератора. При подальшому зменшенні тиску масла сигналізатор 43 видає сигнал на зупинку двигуна. Сигналізатор 42 функціонує при частоті обертання КНТ більше 2000 об/хв; сигналізатор 43 – при частоті більше 3600 об/хв (збігається з робочими режимами, коли відключені електронасоси 36 і 19). При підвищенні сумарного перепаду тиску масла на фільтрах 2 і 37 понад допустиму величину сигналізатор різниці тисків 41 видає сигнал про забруднення фільтрів. З метою запобігання переповненню масляних порожнин, у випадку виходу з ладу відкачувального маслоагрегату з електроприводом 19, на виході з нього (перед зворотним клапаном) передбачений сигналізатор тиску 38. При зниженні тиску масла на виході з відкачувального маслоагрегату до заданої величини (при цьому нагнітальний електронасос 36 працює) сигналізатор видає сигнал на зупинку двигуна.

Температура масла на вході у двигун (циркуляційний бак 26), на виході з масляних порожнин двигуна (крім переднього корпусу КНТ) і на лінії відкачування, перед маслоохолоджувачами 34, вимірюється термоперетворювачами опору 15, 15.1–15.3, 29, 35. З метою ранньої діагностики стану підшипникових вузлів двигуна на виході масла з масляних порожнин установлені магнітні сигналізатори стружки 14, 14.1–14.5. Циркуляційний бак 26 обладнаний датчиком 24 (із сигналізацією мінімального, максимального та аварійного рівнів) і вказівним стовпчиком 25 для візуального контролю кількості масла. Сигналізатор 22 призначений для розмикання кола ввімкнення технологічного маслоагрегату 23 у випадку, якщо тиск масла за маслоагрегатом 23 більший за допустимий.

2.2. Агрегати системи змащення

Агрегати системи змащення конструктивно об'єднані у маслоблок. *Маслоблок* є частиною маслосистеми двигуна, що забезпечує необхідну кількість масла для нормальної роботи ГТД. До складу маслоблока (рис. 7Д, 8Д) входять маслобак 1 з розташованими на ньому агрегатами, запірні клапани 2 і 3, маслоохолоджувачі 4, маслоагрегат з електроприводом 5, реле різниці тисків 6, кришка 7, мірне скло 8, зворотні клапани 9 і 18, запірні клапани 9, 10, 12 і 21, датчик різниці тисків 11, термоперетворювач опору 13, суфляр 14, підігрівник масла 16 та фільтри 17, 19, 20, 22. Маслобак 1 зварної конструкції коробчастої форми з нержавіючої сталі має невеликий уклон убік забірної патрубку всмоктувальної труби маслоагрегату з електроприводом 5.

На лівій бічній стінці маслоблока (вид А) розташовані: реле різниці тисків 6, кришка 7, мірне скло 8 і фланець для всмоктувальної труби масло-

агрегату з електроприводом 5. Реле різниці тисків сигналізує про наявність тиску масла за маслоагрегатом з електроприводом 5 при його роботі, кришка 7 закриває отвір, призначений для огляду й очищення внутрішніх поверхонь бака, мірне скло 8 дозволяє візуально контролювати рівень масла, що надходить до маслобака.

На верхній стінці маслобака розташовані маслоагрегат з електроприводом 5 і маслоохолоджувачі 4. Маслоагрегат з електроприводом 5 призначений:

при клапанах відкритому 10 та закритому 9 – для прокачування масла через бак по колу при підігріві;

при клапанах закритому 10 і відкритому 9 – для відкачування масла з маслобака. Маслоохолоджувачі 4 призначені для охолодження масла до температури, зазначеної в інструкції з експлуатації.

На правій бічній стінці маслобака розташовані: датчик різниці тисків 11, клапан відбору проб 12, термоперетворювач опору 13, суфляр 14, підігрівник масла (переріз Д-Д) 16 і запірний клапан 21 (переріз Л-Л) для заправлення маслом маслобака, а також є фланці для забору масла навішеним маслоагрегатом, електронасосом, фланець для підведення охолодженого масла після маслоохолоджувачів і фланець для аварійного зливу масла з маслобака.

Датчик різниці тиску 11 фіксує поточне значення рівня масла, а термоперетворювач опору 13 вимірює температуру масла, що надходить до маслобака. Суфляр 14 сполучає маслобак з атмосферою. Підігрівник масла 16 призначений для підігріву масла до температури, зазначеної в інструкції з експлуатації. У фланці забору масла електронасосом, навішеним маслоагрегатом та у фланці заправлення масла всередину встановлені фільтри 17, 19 і 20 для запобігання потраплянню сторонніх частинок.

Запірні клапани 2 і 3 призначені для підведення або перекривання доступу охолодженої рідини до маслоохолоджувачів.

Маслоагрегат двигуна – це багатосекційний шестеренний агрегат, що складається (рис. 9Д) з одного нагнітального А та чотирьох відкачувальних Б, В, Г, Д насосів (секцій), виконаних в одному агрегаті. Нагнітальний насос А забирає масло з циркуляційної цистерни і подає його в магістраль нагнітання. Відкачувальні насоси забирають масло з нижньої коробки приводів (насос В), перехідника (насос Д), масловіддільного бака (насос Б), силової турбіни (насос Г) і повертають відпрацьоване масло у маслоохолоджувач, а потім – у циркуляційну цистерну.

До складу маслоагрегату входять наступні основні вузли і деталі: корпус 3, кришка 1, пакети насосів 4 і 5, дві привідні шестірні 2, редуційний клапан 11, сітка 6.

Корпус 3 має з одного боку прямокутний фланець для кріплення до корпусу нижньої коробки приводів, а з іншого – фланець для установки техноло-

гічної кришки 1. У корпусі 3 виконані два наскрізних колодязі для розміщення пакетів насосів 4 і 5. До колодязів примикають кармани і канали, які утворюють порожнини всмоктування насосів *a*, *б*, *в*, *г*, *м* і порожнини нагнітання *с*, *д*, *е*. Порожнини *a*, *б*, *г* сполучаються з відповідними вхідними фланцями на корпусі насоса, а порожнина *м* – зі штуцером 9.

Вхідна *a* та вихідна *с* порожнини нагнітального насоса *A* сполучені каналом, у якому монтується редуційний клапан 11. Порожнина всмоктування *в* насоса *B* зв'язана з порожниною *л*, з якої насос *B* відкачує масло, що надходить туди з нижньої коробки приводів. Насос *B* також відкачує масло через канал *н* з порожнини *п* (з-під кришки 1). На вході масла з коробки приводів у порожнину *л* встановлена захисна сітка 6. Порожнина *л* сполучається зі штуцером 14 для забезпечення відкачування масла з нижньої коробки приводів маслоагрегатом з електроприводом.

Порожнини нагнітання *д* відкачувальної секції *B* сполучаються каналом *к* з загальною порожниною нагнітання *ж* відкачувальних секцій *B*, *Г*, *Д*, на виході з якого виконано приєднувальний фланець. Пакет насосів 4, у якому розташовані шестерні нагнітального *A* та відкачувального *B* насосів, складається з трьох циліндричних проставок, стягнутих між собою чотирма болтами 4.8. Пакет 4 кріпиться до корпусу чотирма гвинтами 8.

Пакет насосів 5, у якому розташовані шестерні відкачувальних насосів *B*, *Г* та *Д*, за конструкцією і кріпленням аналогічний пакету 4.

У верхніх та нижніх проставках пакетів 4 і 5 запресовані втулки 4.1, які є підшипниками ковзання для робочих шестерень 4.5, 4.7, 5.2, 5.3. Масло на змащення підшипників та шестерень надходить з магістралі нагнітання двигуна (після фільтрації) через штуцер 13 та систему каналів, виконаних у корпусі і проставках.

Робочі шестерні 4.3, 4.9, 5.1, 5.6, 5.8, 5.11 насаджені на хвостовики шестерень 4.5, 4.7, 5.2, 5.3 та фіксуються від прокручування за допомогою шпонок. Робочі шестерні обертаються в циліндричних розточеннях проставок, перекачуючи масло. На шліцах хвостовиків шестерень 4.7, 5.2 змонтовані привідні шестерні 2. Крім того, шестірня 5.2 має з протилежної сторони шліци, через які робочі шестерні пакета 5 за допомогою ресори отримують обертання від нижньої коробки приводів. Пакет 4 отримує обертання від пакета 5 через привідні шестерні 2.

Редуційний клапан 11 здійснює перепуск частини масла з порожнини нагнітання у порожнину всмоктування для підтримки тиску нагнітання у заданих межах. Клапан 11 складається з корпусу 11.3, клапана 11.1, пружини 11.2, тарілки 11.4, гайки 11.6, ковпачка 11.7 і регулювального гвинта 11.8.

При підвищенні тиску масла у порожнині нагнітання нагнітального насоса *A* вище настройки клапана клапан 11.1 тиском масла відтискається, долаючи опір пружини 11.2, яка упирається в тарілку 11.4, та здійснює пе-

репуск надлишкової кількості подаваного масла через трикутні вікна клапана 11.1 у порожнину всмоктування нагнітального насоса. Зміна кількості масла, що перепускається, досягається зміною затяжки пружини 11.2 за допомогою регульовального гвинта 11.8. Регульовальний гвинт стопориться гайкою 11.6 і закривається ковпачком 11.7.

Маслоагрегат з електроприводом – шестеренний насос, що одержує привід від електродвигуна і забезпечує, залежно від положення запірних клапанів за насосом, вивантаження відпрацьованого масла з циркуляційного бака або прокачування масла через бак по колу при підігріванні масла.

Маслоагрегат з електроприводом (рис. 10) складається з корпусу 5, робочих шестерень – ведучого вала-шестірні 15 і веденої шестірні 4, кришки 2, сальників 14, півмуфт 12 і 13, зворотного клапана 8, редукційного клапана 9, привідного електродвигуна 7, кронштейна 11.

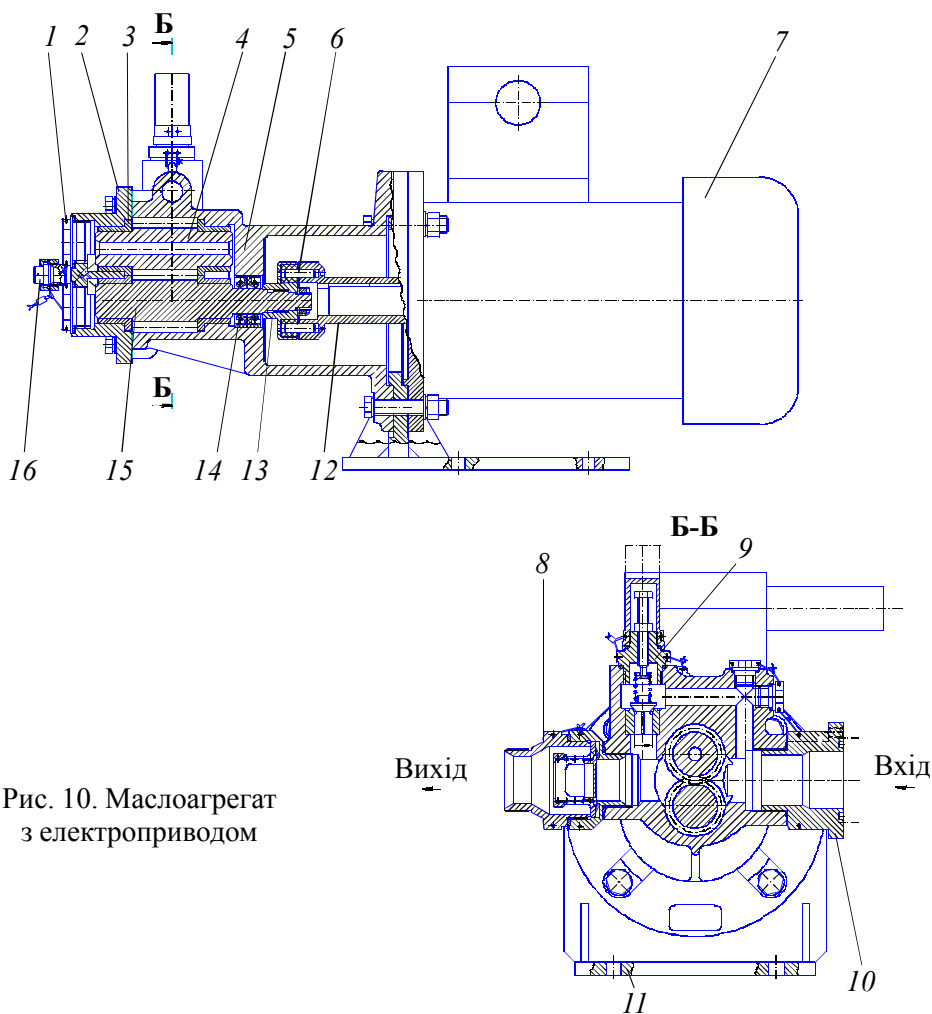


Рис. 10. Маслоагрегат з електроприводом

У корпусі 5 виконані колодязі для розміщення робочих шестерень 4 і 15. До цих колодязів примикають порожнини всмоктування і нагнітання, що сполучаються каналами відповідно з вхідним штуцером 10 і зворотним клапаном 8. Канали всмоктування і нагнітання сполучаються між собою каналом, у якому змонтований редуційний клапан 9. Колодязі шестерень закриті кришкою 2, що кріпиться до корпусу 5 гвинтами і фіксується від розвороту штифтами. Між корпусом 5 і кришкою 2 для ущільнення ставиться прокладка зі свинцевої фольги. З боку, протилежного колодязям робочих шестерень, у корпусі виконаний циліндричний стакан з фланцем, що служить для кріплення корпусу через вертикальний стояк кронштейна 11 до фланця електродвигуна 7.

У корпусі 5 і кришці 2, співвісно з колодязями шестерень, запресовані бронзові втулки 3, в яких обертаються цапфи шестерень. Втулки 3 також є підшипниками ковзання для шестерень 4 і 15. Масло для змащення підшипників подається з порожнини нагнітання насоса через просвердлені канали корпусу 5 і кришки 2. У кришці 2 виконані технологічні нарізні (рос. – резьбовые) отвори, закриті пробками (заглушками) 1.

Закритий заглушкою штуцер 16 (у даному виробі не використовувався) дозволяє, при необхідності, подавати масло на змащення підшипників із зовнішньої масляної магістралі.

Для передачі насосу обертання від електродвигуна 7 служить муфта, що складається з півмуфти 13, змонтованої на цапфі ведучого вала-шестірні 15 і півмуфти 12, насадженої на вал електродвигуна. Обертання від півмуфти 12 до півмуфти 13 передається за допомогою гумових пальців 6. Два сальники 14, які встановлені в розточці корпусу 5, запобігають протіканню масла по цапфі ведучого вала-шестірні і являють собою гумові манжети, підтиснуті пружинами. Для контролю можливого виходу сальників з ладу і для запобігання потраплянню при цьому масла в електродвигун у стінках циліндричного стакана корпусу 5 передбачені дренажні отвори *a*.

Конструкція редуційного клапана 9 маслоагрегату з електроприводом аналогічна конструкції редуційного клапана навішеного маслоагрегату ГТД. Конструкція зворотного клапана 8 аналогічна конструкції зворотного клапана відкачувального маслоагрегату з електроприводом.

Відкачувальний маслоагрегат з електроприводом призначений для відкачування відпрацьованого масла з масляних порожнин ГТД на малих режимах роботи і на стоянці. Відкачувальний маслоагрегат з електроприводом являє собою п'ятисекційний шестеренний насос із приводом від електродвигуна і складається (рис. 11Д) з корпусу 4, пакета насосів (секцій) 6, зворотного клапана 17, переходника 12, двох сальників 7, півмуфт 8 і 9, електродвигуна 10 і кронштейна 11.

У корпусі 4 маслоагрегату виконаний циліндричний колодязь для установки пакета 6 відкачувальних насосів (секцій). Для підведення масла на

корпусі виконані три приливки з отворами, в які вкручені п'ять вхідних штуцерів відкачувальних насосів. Для відведення масла в корпусі передбачені литий карман (порожнина *б*), загальний для всіх п'яти насосів, і з'єднаний з ним просвердленим каналом *в* приливок, у якому встановлено зворотний клапан *17*.

Для контролю тиску за відкачувальними насосами в корпусі *4* маслоагрегату є отвір, у який завернуто штуцер *18*. Для змащення підшипників маслоагрегату і для поліпшення всмоктувальної здатності окремих його секцій через штуцер *2* подається масло із-за нагнітального електромаслонасоса.

Пакет насосів *б* складається із шести проставок, стягнутих між собою гвинтами. У верхній і нижній проставках пакета *б* запресовані бронзові втулки *16*, які виконують роль підшипників. У втулки встановлюється ведучий вал-шестірня *14*. На його хвостовику змонтовані ведучі робочі шестерні *15*, які одержують обертання за допомогою призматичних шпонок. Крім того, в отвори верхньої і нижньої проставок пакета *б* встановлена нерухома вісь *1*, на якій обертаються ведені робочі шестерні *3* із запресованими в них посадковими бронзовими втулками. Ведучі і ведені робочі шестерні попарно, спільно зі стінками проставок, утворюють відкачувальні шестеренні насоси.

Складений пакет насосів разом з перехідником *16* кріпиться до корпусу маслоагрегату за допомогою шпильок і фіксується штифтом. У місці стику пакета з корпусом для ущільнення ставиться прокладка. Сальники *7*, що представляють собою гумові манжети, підтиснуті пружинами, запобігають протіканню масла по хвостовику ведучого вала-шестірні *14*. Для контролю можливого виходу сальників з ладу і для запобігання потраплянню при цьому масла в електродвигун у перехіднику *12* передбачені дренажні отвори *г*.

Круглий фланець перехідника *12* і фланець електродвигуна з двох боків стикуються з вертикальним стояком кронштейна *11* і стягуються за допомогою болтового з'єднання. Для передачі обертання від електродвигуна *10* передбачена муфта, що складається з півмуфти *9*, з'єднаної з валом електродвигуна шпонкою, і півмуфти *8*, насадженої на шліці вала-шестірні *14* і закріпленої на ньому гайкою. Обертання від півмуфти *9* до півмуфти *8* передається за допомогою гумових пальців *13*.

Кронштейн *11* складається зі зварених між собою вертикальних стояків і горизонтальної плати. На вертикальному стояку змонтовані насосна частина маслоагрегату та електродвигун, а горизонтальна плата служить для монтажу маслоагрегату з електроприводом.

Зворотний клапан *17* запобігає зворотному перетіканню масла з лінії нагнітання на лінію всмоктування при непрацюючому з електроприводом і працюючому навішеному маслоагрегатах. Клапан складається з корпусу клапана *17.5*, штуцера *17.1*, стакану *17.3*, тарілчастого клапана *17.2*, пружини *17.4* і пружинної шайби *17.6*. Корпус *17.5* і штуцер *17.1* ущільнені про-

кладкою. Між корпусом 17.5 і штуцером 17.1 зафіксований своїм буртиком стакан 17.3. Для вибірки осьового люфту під буртиком стакана 17.3 установлена пружинна шайба 17.6. Всередині стакана 17.3 розташовується пружина 17.4, що одним торцем упирається у стакан, а іншим притискає клапан 17.2 до сидла штуцера 17.1. Потік масла відтискає клапан 17.2 від сидла і, обтікаючи клапан, направляється до вихідного отвору корпусу 17.5.

Нагнітальний маслоагрегат з електроприводом – це шестеренний односекційний насос, який складається (рис. 12) з корпусу 6 маслоагрегату, шестерень веденої 3 і ведучої 13, кришки 2, сальника 4, півмуфти 5, пальців 12, пальцевої півмуфти 11, зворотного 8 і редукційного 9 клапанів.

У корпусі 6 є колодязі для нагнітальних шестерень. Порожнини всмоктування і нагнітання сполучаються між собою каналом, у який вставлений редукційний клапан 9. У корпусі 6 виконана розточка під сальник 4.

У кришці 2 виконані нарізні отвори для заглушок. Кришка 2 кріпиться

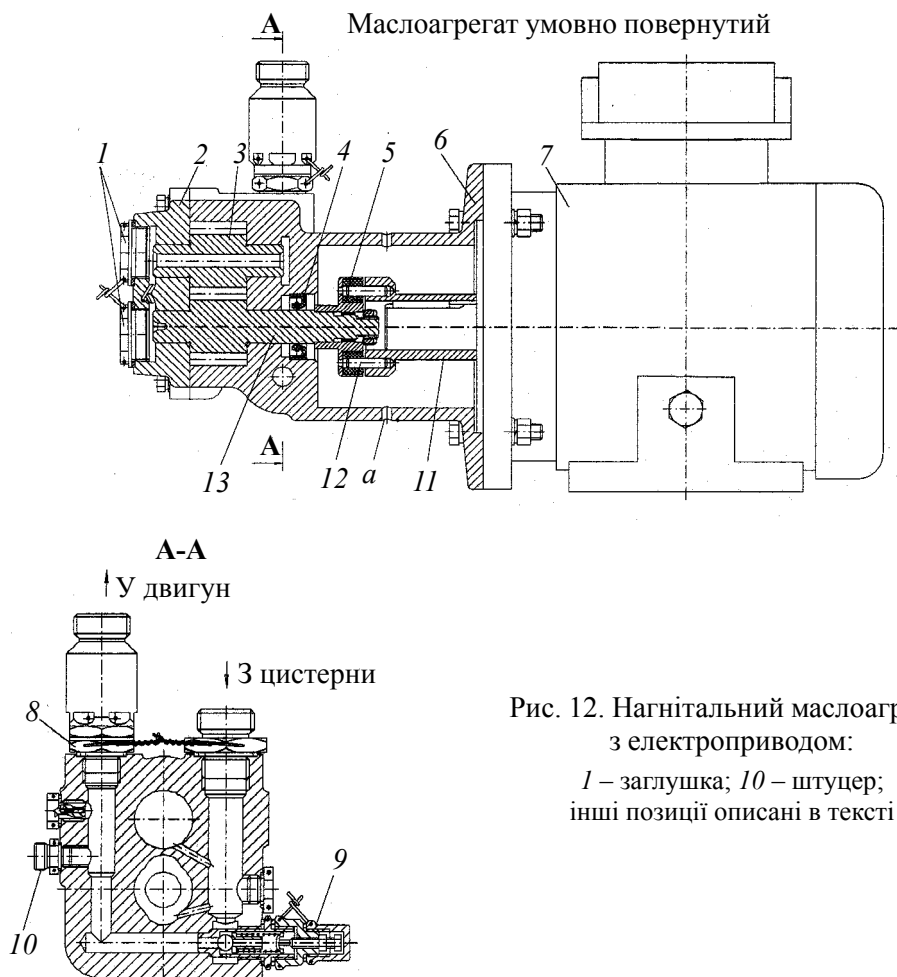


Рис. 12. Нагнітальний маслоагрегат з електроприводом:

1 – заглушка; 10 – штуцер;
інші позиції описані в тексті

до корпусу 6 маслоагрегату гвинтами і фіксується відносно корпусу 6 штифтами. Між корпусом 6 і кришкою 2 для ущільнення ставиться прокладка зі свинцевої фольги. Для передачі обертання від електродвигуна 7 установлена муфта, що складається з півмуфти 5, установленної на цапфі ведучої нагнітальної шестірні 13, і пальцевої півмуфти 11, з'єднаної з валом електродвигуна. Сальник 4 запобігає протіканню масла по ведучій цапфі шестірні і являє собою гумову манжету з пружиною. Для стікання масла, яке просочилося через сальник, у корпусі 6 передбачені отвори *a*.

Масляний фільтр призначений для тонкого очищення масла, що надходить на змащення й охолодження підшипникових вузлів, зубчастих зачеплень та інших тертьових деталей газотурбінного агрегату.

Фільтр (рис. 13Д) складається з корпусу 12, двох фільтрувальних блоків і пробкового крана 20 з рукояткою 17. У верхній частині корпусу 12 є два нарізні отвори для установки циліндрів 8. У центральній частині корпусу виконаний горизонтальний колодязь із запресованою бронзовою втулкою 18 для установки в ньому пробкового крана 20. Цей колодязь сполучається двома парами просвердлених каналів *Л* і *Ж* з нарізними отворами для циліндрів. Горизонтальна ділянка каналу *Л* закрита технологічною заглушкою 13.

У нарізних гніздах нижньої частини корпусу 12, що сполучаються з нарізними отворами для циліндрів 8, вкручені перехідні штуцери 23 з прокладками 21 і запірними клапанами 22. Крім того, у нижній частині корпусу вкручені два штуцери 16, зв'язані з каналами *Ж* та *Л* (відповідно підведення та відведення масла). Для кріплення фільтра по кутах корпусу виконані чотири горизонтальні лапи з кріпильними отворами.

Горизонтальний колодязь корпусу і встановлений у ньому кран 20 закриті кришкою 19, яка ущільнюється відносно корпусу і хвостовика крана гумовими ущільнювальними кільцями. Циліндри 8, вкручені в нарізні отвори корпусу, зверху закриті кришками 1, які кріпляться гвинтами. Циліндри 8 ущільнюються відносно корпусу 12 і кришок 1 ущільнювальними кільцями 11 і 2 відповідно. Всередині кожного циліндра розташовані один магнітний фільтропакет 9 і два паперових гофрованих фільтрувальних елементи 6 типу "Реготмас" (з проставкою 7 між ними і кришкою 5 зверху). Фільтропакет 9 та елементи 6 з'єднані між собою й ущільнені гумовими ущільнювальними кільцями 3.

Магнітний фільтропакет складається зі звареного корпусу 9.6, закритого звареною кришкою 9.3. Між привареними до внутрішньої периферійної поверхні корпусу жолобками встановлені двадцять чотири магніти (магнітні стрижні) 9.4. Між нижнім приварним кільцем кришки 9.3 і кінцевою стінкою корпусу 9.6 установлений гумовий затвор 9.5. Конфігурація стінок корпусу 9.6 і кришки 9.3 сприяє направленню потоку масла до магнітів 9.4. Для

утримання корпусу 9.6, кришки 9.3, магнітів 9.4 у зборі зверху кришки 9.3 одягається кришка 9.1 з гумовою прокладкою 9.2. При цьому края кришки 9.1 у декількох місцях входять у вертикальні щілини корпусу 9.6. Для полегшення виймання магнітного фільтроелемента у верхній частині корпусу 9.6 приварена ручка 9.7.

Фільтр працює у такий спосіб. Масло з нагнітальної магістралі після охолодження надходить до отвору "вхід", звідки через вікно *E* циліндричного пробкового крана 20 надходить у канал *Ж* одного з фільтрувальних блоків. З каналу *Ж* масло надходить усередину корпусу 9.6 магнітного фільтропакета 9 і проходить повз магніти 9.4, які уловлюють феромагнітні продукти зносу елементів агрегату, що знаходяться у маслі. З фільтропакета 9 масло потрапляє у кільцеву порожнину *И* зовні фільтрувальних елементів 6. Проходячи крізь гофри елементів 6, масло остаточно фільтрується і по внутрішній порожнині *K* та каналу *Л* надходить до вікна *Д* пробкового крана 20, а потім до отвору "вихід".

При досягненні на працюючому блоці граничного перепаду тиску 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) пробковий кран 20 за допомогою рукоятки 17 повертається, забезпечуючи зв'язок вікон *E* та *Д* крана з другим фільтрувальним блоком, тобто відбувається перемикання фільтра на запасний блок.

Запірні клапани 22 служать для зливу масла з фільтрувальних блоків при заміні фільтрувальних елементів та очищенні магнітних фільтроелементів. Два штуцери 16, пов'язані з каналами *Ж* (підведення масла) та *Л* (відведення масла), служать для контролю перепаду тиску масла на фільтрі.

Для очищення масла перед подачею його до двигуна призначений *фільтр* (рис. 14), який являє собою циліндричний корпус 1, що складається з кришки 5, штуцерів входу 6 і виходу 8. Кришка до корпусу 1 кріпиться за допомогою гвинтів 2 і шайб 3. У корпусі 1 встановлений фільтрувальний блок, що складається з фільтрувальних секцій 9. Між кришкою 5 фільтрувального блока і корпусом 1 установлене ущільнювальне кільце 4 для герметизації масляної порожнини фільтра. В процесі експлуатації масло подається до порожнини фільтра *a* через штуцер входу 6, проходить у порожнину *б* і очищається фільтрувальними секціями 9. Потім через штуцер виходу 8 відводиться до системи змащення двигуна. Заглушка 7 призначена для зливу масла при заміні секцій 9.

Фільтр, призначений для очищення масла перед подачею його до нижньої коробки приводів і маслоагрегату (рис. 15), являє собою циліндричний корпус 3 зі штуцером входу масла і штуцером виходу 1. Для фільтрації масла всередині корпусу 3 встановлений фільтр 2. Для ущільнення корпусу служить ущільнювальне кільце 4. У процесі роботи двигуна масло подається в порожнину корпусу фільтра, проходить через фільтр 2 і підводиться до нижньої коробки приводів і маслоагрегату.

Автоматичний клапан призначений для закриття труби суфлювання турбіни генератора і створення розрядження в її масляній порожнині відкачуальною секцією електронасоса в період пуску і до виходу на режим (більше ніж 3600 об/хв) чи при скиданні режиму на оборотах менше ніж 3600 об/хв.

Клапан (рис. 16) складається з корпусу 8, золотника 6, стаканів 9, пружини 1. У корпусі запресована бронзова втулка 2, в якій розміщується золотник 6. У нарізні отвори корпусу вкручені вхідний і вихідний штуцери 3 і 7 (взаємозамінні), штуцер 5 підведення керуючого тиску (від нагнітального електронасоса) і стакан 9. Нарізні гнізда вхідного і вихідного штуцерів

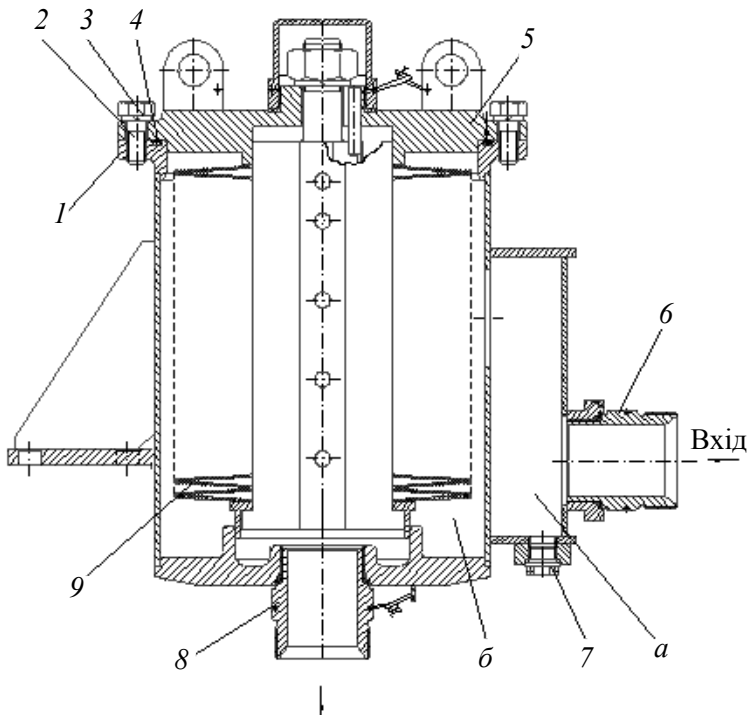


Рис. 14. Фільтр

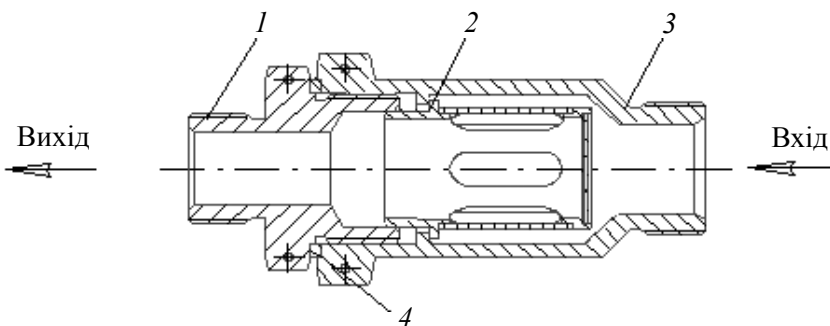


Рис. 15. Фільтр

можуть сполучатися між собою через порожнину кільцевого проточування золотника 6. В одному з цих нарізних гнізд установлена дросельна шайба 4. При вмиканні нагнітального електромаслонасоса створюваний ним тиск через штуцер 5 впливає на торець золотника 6. Золотник, долаючи зусилля пружини 1, зміщується і перериває сполучення між вхідним та вихідним штуцерами через проточування золотника 6. При падінні тиску на вході в штуцер 5 пружина 1 повертає золотник 6 у вихідне положення, забезпечуючи прохід маслоповітряної суміші з масляної порожнини турбіни генератора. Масло, що просочується між золотником 6 і втулкою 2, зливається через штуцер стакана 9.

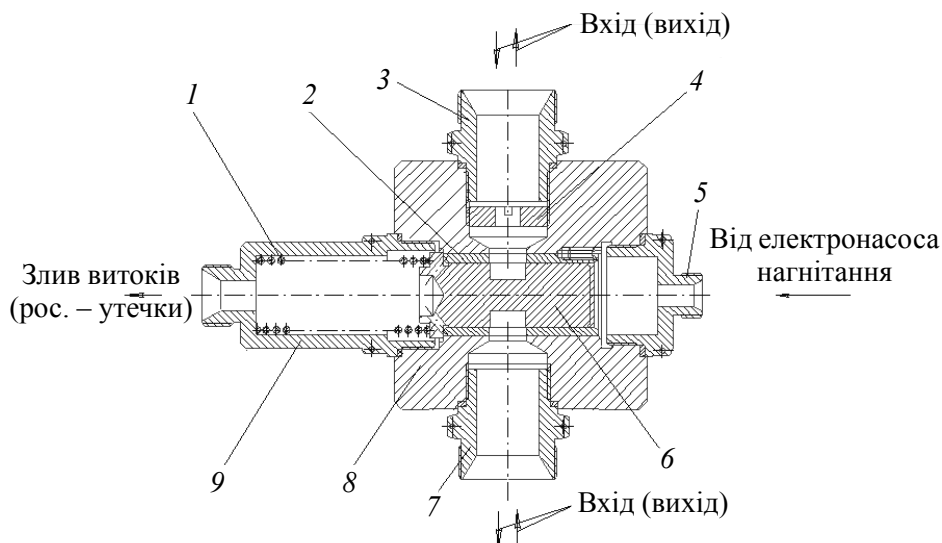


Рис. 16. Автоматичний клапан

Регулятор перепаду тиску (РПТ) призначений для підтримування різниці між статичним тиском повітря за КНТ і тиском повітря в масловіддільному баці в діапазоні, необхідному для роботи контактних ущільнень.

Регулятор перепаду тиску (рис. 17) складається з клапана 1, сільфона 2, корпусу 4, пружини 5, регулювального гвинта 6, штуцерів 8 та 14. До штуцера 14 підводиться повітря зі статичним тиском повітря за КНТ, до штуцера 8 – маслоповітряна суміш з тиском у масловіддільному баці. Стравлювання з РПТ спрямоване в циркуляційну цистерну. Підтримування перепаду здійснюється за рахунок перепуску маслоповітряної суміші з масловіддільного бака. При збільшенні тиску в баці клапан 1, рухаючись уліво, відкриває перепуск із масловіддільного бака через отвір у гвинті 6. У результаті цього тиск у масловіддільному баці і масляних порожнинах заднього корпусу КВТ і ОВ ТНТ зменшується. При зниженні тиску у масло-

віддільному баці клапан *1*, рухаючись управо, перекриває перепуск, унаслідок чого тиск у баці і масляних порожнинах збільшується. Регулювання тиску в масловіддільному баці здійснюється шляхом зміни зазору між клапаном *1* і сідлом *3* регулювальним гвинтом *6*.

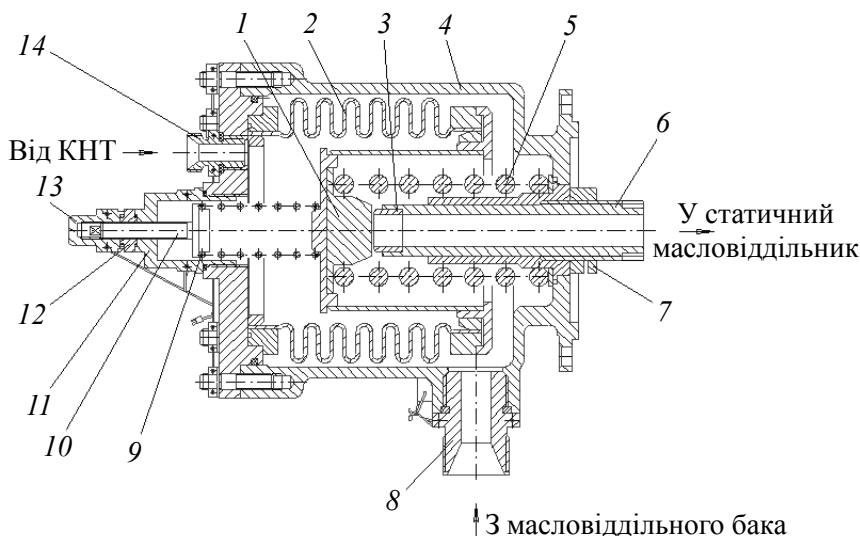


Рис. 17. Регулятор перепаду тиску:

7, 12 – гайки; 9 – пружина; 10 – регулювальні гвинти; 11 – футорка;
13 – ковпачок; інші позиції описані в тексті

Масловіддільник статичний призначений для відділення масла із суфльованої маслоповітряної суміші, що надходить з масляних порожнин підшипникових вузлів двигуна.

Масловіддільник (рис. 18) складається з корпусу *1*, труби Вентурі *2*, кришки *3*, патрубку підведення суфльованої суміші (вхідного) *6*, перфорованих циліндрів *7*, *11*, *12*, пакета-сепаратора *8*, коагулятора *9*, масловідбійних кілець *10*, патрубку відведення очищеного повітря (вихідного) *13*.

У корпусі *1* масловіддільника встановлені два патрубки зливу відділеного масла зі штуцерами *4* і *5*, масловідбійне кільце *10*. Підвідна до статичного масловіддільника суфльована маслоповітряна суміш, пройшовши через перфоровану частину вхідного патрубку *6*, попадає на стінку перфорованого циліндра *7*, на якій за рахунок інерційного осадження при струминному обтіканні стінки збираються найбільші частинки масла. Процес повторюється при виході маслоповітряної суміші з перфорованого циліндра *7*. Відділене у вхідній частині масло стікає в нижню частину корпусу *1* (піддон) і відводиться через штуцер *5*. Далі маслоповітряна суміш надходить у трубу

Вентурі 2, де відбувається осадження пари і дрібних краплинок масла на більш великі краплі.

Процес інерційного осадження краплинок масла з маслоповітряної суміші повторюється на виході з труби Вентурі 2 у двох перфорованих циліндрах 11 та 12. Потім маслоповітряна суміш потрапляє через масловідбійні кільця 10 у корпусі 1 на коагулятор 9, що являє собою набір гофрованих сіток, на яких осаджуються дрібні краплі масла, а потім коагулюються за допомогою сил поверхневого натягу в більш великі краплі. Ці краплі виносяться потоком до пакета-сепаратора 8, де уловлюються за рахунок інерційного осадження при струминному обтіканні криволінійних профілів сепаратора. Відділене масло стікає в піддон корпусу 1 і відводиться через штуцер зливу масла 4.

Очищене повітря видаляється з вихідної камери через перфорований вихідний патрубок 13 масловіддільника. У нижній частині корпусу 1 при-

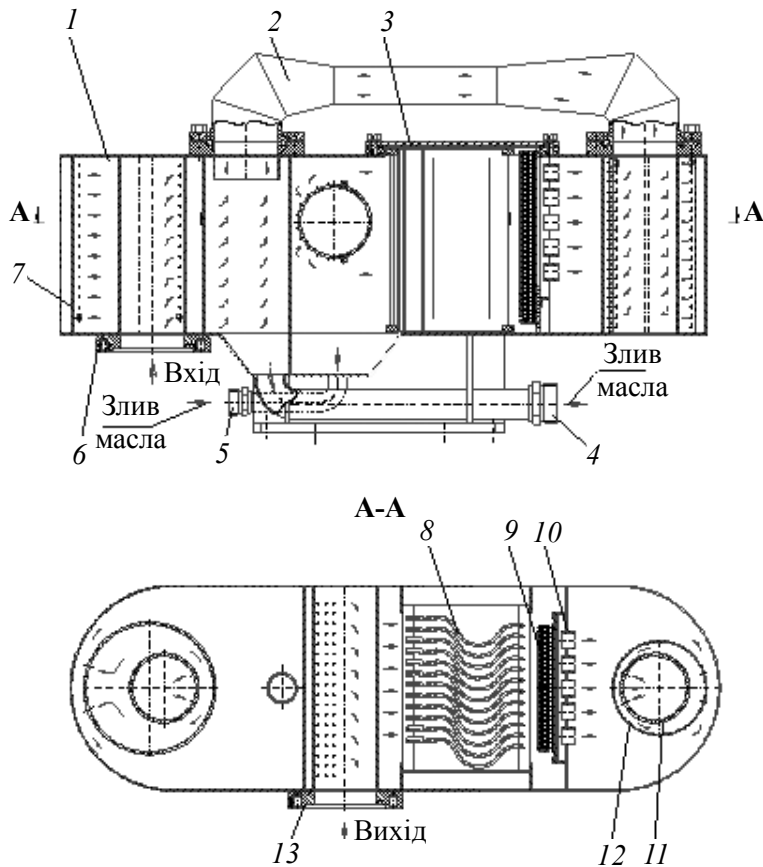


Рис. 18. Статичний масловіддільник

варений фланець, за допомогою якого статичний масловіддільник кріпиться на передньому корпусі ГТД.

Магнітний сигналізатор стружки призначений для сигналізації про наявність металевих частинок у маслі, що зливається з двигуна. Сигналізатор (рис. 19) складається з датчика сигналізатора 5, корпусу клапана 4 з опорою 2 і клапана 1 з пружиною 3. Датчик сигналізатора 5 складається з гайки 5.2 корпусу 5.4, в якому встановлені і залиті компаундом 5.5 два магніти 5.6; до магнітів припаяні два штирі 5.3, що утворюють штепсельний роз'єм для приєднання електрокабеля. Масло, що обтікає сигналізатор стружки, через круглі вікна в корпусі 4 надходить до магнітів 5.6 датчика сигналізатора. Феромагнітні продукти зносу деталей, що обмиваються маслом, уловлюються магнітами 5.6 і замикають електричне коло сигналізатора. Для огляду магнітів датчик сигналізатора 5 витягається з гнізда корпусу клапана 4 шляхом скручування гайки 5.1. При витягуванні датчика сигналізатора з корпусу клапана 4 клапан 1 під дією пружини 3 зміщується і перекриває вікна в корпусі 4, запобігаючи витіканню через них масла.

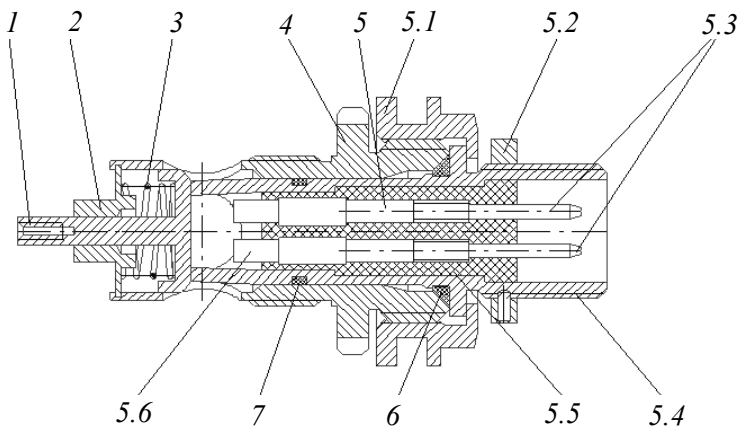


Рис. 19. Магнітний сигналізатор стружки:

6, 7 – ущільнювальні кільця; інші позиції описані в тексті

Зворотний клапан призначений для забезпечення протікання масла тільки в одному напрямку, запобігаючи його зворотному перетіканню. Зворотний клапан (рис. 20) складається з корпусу 6, перехідника 1, клапана 3, пружини 4, стакану 5 і пружинної шайби 2. Корпус 6 і перехідник 1 з'єднуються за допомогою гвинтів і ущільнюються паронітовою прокладкою. Між корпусом і перехідником своїм буртиком зафіксований стакан 5. Для вибірки осьо-

вого люфту під буртиком стакана 5 установлена пружинна шайба 2. Всередині стакана розташовується пружина 4, яка одним торцем упирається в стакан 5, а іншим притискає клапан 3 до сидла переходника 1.

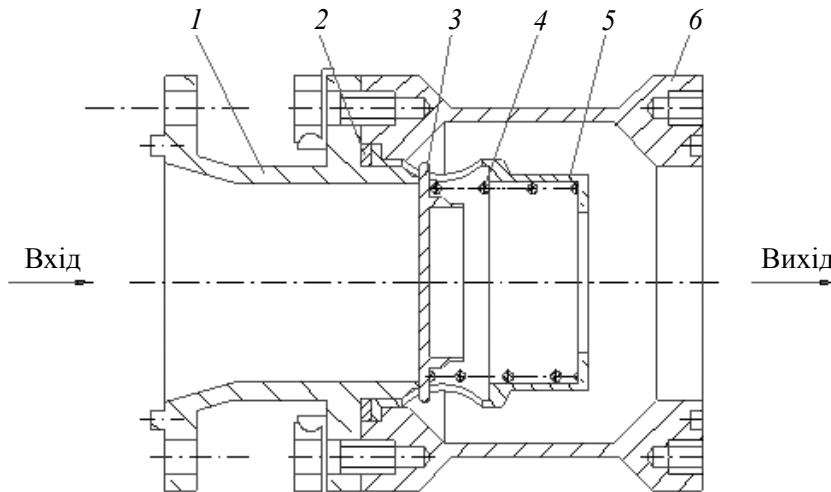


Рис. 20. Зворотний клапан

3. СИСТЕМА ПНЕВМОКЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ

Система пневмокерування складається з наступних підсистем:
керування клапанами перепуску повітря (далі – клапанами або КПР*)
за шостим ступенем КНТ;
керування клапанами перепуску повітря за КНТ;
керування КПР за п'ятим ступенем КВТ;
керування клапанами перепуску повітря за КВТ;
подачі стисненого повітря, що відбирається за п'ятим ступенем КВТ, на охолодження ТНТ і регулювання радіального зазору ТВТ.

Повітроживлення системи пневмокерування здійснюється внутрішньо-цикловим повітрям. Електроживлення елементів системи пневмокерування здійснюється САК двигуна відповідно до алгоритмів запуску, режимної роботи, зупинки і захисту. Всі електричні елементи системи споживають постійний струм напругою $27 \pm 2,7$ В.

До системи пневмокерування (рис. 21Д) входять: блок очищення й охолодження 12; повітряний балон 13; електромагнітні клапани 4, 6, 10, 14; відсічні клапани (КВ) 16, 19, 22; маніпулятор 3; КПР за шостим ступенем КНТ 1, 2;

*Опис клапанів перепуску повітря наведено в розділі "Камера згоряння", який подано в ч. 1 "Конструкція газотурбінного двигуна" даного посібника.

клапани перепуску повітря за КНТ 5; КПП за п'ятим ступенем КВТ 17, 20, 23; клапани перепуску повітря за КВТ 7, 8, 9, 11; сигналізатори 15, 18, 21.

При запуску двигуна працюють нормально відкриті клапани за п'ятим ступенем КВТ 17, 20, 23. Стиснене повітря для утримання цих клапанів у відкритому положенні подає електромагнітний клапан 14, включення (відключення) якого виконує САК двигуна. Після закінчення запуску електромагнітний клапан 14 відключається і КПП закриваються під дією потоку повітря, що перепускається. Клапани перепуску повітря за п'ятим ступенем КВТ розташовані на трубі відбору за п'ятим ступенем КВТ і забезпечують антипомпажний захист двигуна на запуску.

Після запуску вступають у роботу нормально закриті клапани перепуску повітря за шостим ступенем КНТ 1, 2. Стиснене повітря для їх відкриття подає маніпулятор 3. Відкрите положення клапанів перепуску повітря за шостим ступенем КНТ не обмежене часом, виконується за тиском за КВТ в інтервалі 0,3...1,1 МПа. Тому електроживлення на електромагніти маніпулятора (включення 3.1 і відключення 3.2) виконується САК короткочасно – сигнал від кінцевих вимикачів клапанів перепуску повітря 1.1 або 2.1 знімає електроживлення. Збереження заданого положення маніпулятора при відсутності електроживлення на його електромагнітах виконується вбудованою пневматичною пам'яттю.

Клапани перепуску повітря за шостим ступенем КНТ вбудовані в корпус двигуна. Їх призначення – збільшення запасу стійкої роботи КНТ. Повітря, яке відбирається за КВТ, при тиску вище 0,3 МПа починає відкривати відсічні клапани 16, 19, 22.

При тиску 0,7 МПа клапани повністю відкриті. Сигналізатори 15, 18, 21 видають у САК сигнал про відкрите положення клапанів.

Відсічні клапани розташовані на трубі відбору за п'ятим ступенем КВТ. Їх призначення – подача стисненого повітря на охолодження ТНТ і регулювання радіального зазору ТВТ.

На режимній роботі двигуна, у випадку зникнення навантаження, вступають у роботу нормально закриті клапани перепуску повітря за КНТ і клапани перепуску повітря за КВТ. Стиснене повітря для їх відкриття подають електромагнітні клапани 4, 6, 10, одночасно одержуючи живлення від САК. Коли режим роботи двигуна стає рівним холостому ходу генератора, САК по черзі знімає електроживлення з клапанів 4, 6, 10. Клапани припиняють подачу стисненого повітря і КПП по черзі закриваються. Газотурбінна енергетична установка продовжує роботу, не відключаючись від електричної мережі.

Клапан перепуску повітря за КНТ 5 розташований на трубі відбору повітря за КНТ. З цієї труби йде відбір повітря на обігрів КПОП. Клапани перепуску повітря за КВТ 7, 8, 9, 11 розташовані на корпусі двигуна. Їх призначення – не допустити спрацьовування автомата безпеки при зникненні електричного навантаження генератора і наступного за цим відключення від електричної мережі.

Агрегати системи пневмокерування

Пневматичний маніпулятор (рис. 22) містить у собі клапани наповнення 6 та стравлювання 14, на які діє з однієї сторони пружина 16, з іншої – поршень 13; два електромагніти 1 і 10 з клапанами-якорями 2 і 11; жиклер 8; штуцери 4 і 15; фільтр 17.

Через штуцер підведення 15 і фільтр 17 повітря надходить до клапана наповнення 6 і під клапан-якір 11. Клапан наповнення 6 під дією пружини 16 і стисненого повітря притиснутий до свого сидла і перекриває доступ

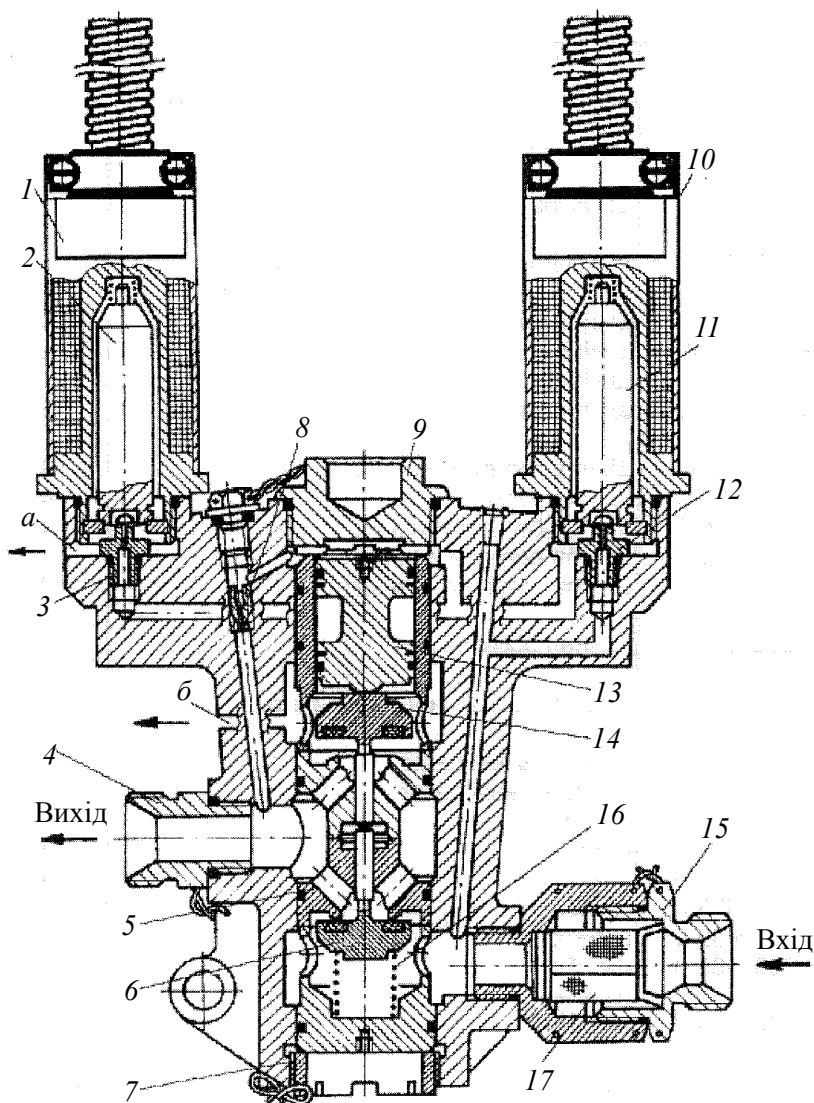


Рис. 22. Пневматичний маніпулятор:

5 – сидло; 7 – гайка; 9 – заглушка; інші позиції описані в тексті

повітря до штуцера 4. Клапан стравлювання 14 відтиснутий від свого сідла і з'єднує штуцер 4 з атмосферою через стравлюючий отвір б. Клапан-якір 11 притиснутий до сідла 12 пружиною електромагніта 10. Для подачі стисненого повітря споживачу необхідно підвести електроживлення до електромагніта наповнення 10. Клапан-якір 11, стискуючи пружину, відійде від свого сідла, відкриє прохід стисненому повітря від штуцера 15 у порожнину під поршнем 13. Під дією стисненого повітря поршень 13, стискуючи пружину 16, притисне клапан стравлювання 14 до свого сідла і відтисне клапан наповнення б від свого сідла. Таким чином відкривається доступ стисненого повітря від штуцера 15 до штуцера 4 і перекривається стравлювання через отвір б. Стиснене повітря через штуцер 4 надходить до споживача. Після виконання команди подається електросигнал від сигналізуючого пристрою. Електросигнал про виконання знімає електроживлення з електромагніта наповнення 10. Клапан-якір 11 притискується до свого сідла пружиною електромагніта 10 і припиняє подачу стисненого повітря під поршень 13. Тепер тиск повітря в порожнині під поршнем 13 підтримується завдяки перетіканню повітря через жиклер 8, прохідний переріз якого менший, ніж у сідлі 3 і 12. Для стравлювання повітря маніпулятором подається живлення на електромагніт стравлювання 1.

Клапан-якір 2, стискуючи пружину, відійде від сідла 3 і стравить повітря з порожнини під поршнем 13 в атмосферу через стравлюючий отвір а. Під дією пружини 16 і стисненого повітря клапан наповнення б притискується до свого сідла, перекриваючи доступ повітря від штуцера підведення 15 через штуцер 4 до споживача. Клапан стравлювання 14 відтискується від свого сідла і відкриває стравлювання від споживача через штуцер наповнення 4 і стравлюючий отвір б в атмосферу. Після виконання команди подається електросигнал від сигналізуючого пристрою про виконання заданої команди, який знімає електроживлення з електромагніта стравлювання 1. Клапан-якір 2 притискується до свого сідла пружиною електромагніта 1. Тепер тиск повітря в порожнині за поршнем 13 підтримується рівним атмосферному за рахунок перетікання повітря через жиклер 8, клапан стравлювання 14 і отвір б.

До складу електромагнітного клапана (рис. 23) входять: корпус 1, електромагніт 4, рухомий якір 3 з командним клапаном 2 і зацепом б, клапан-поршень 19, сідло 12, вхідний 14 і вихідний 7 штуцери, фільтр 13, втулка 10, сітка захисна 8, притискач 11 і зворотна пружина 15.

У знеструмленому стані клапана (показано на рисунку) пружина 5 притискує командний клапан 2 якоря 3 до клапана-поршня 9 і ліву запірну частину клапана-поршня 9 до сідла 12. Клапан-поршень 9 утримується в закритому положенні під дією пружини 5 і перепадом тиску між порожниною вхідного штуцера 14 та порожниною а. Вихідний штуцер 7 через відкриту праву запірну частину клапана-поршня 9 сполучається з атмосферою.

При подачі електроживлення на електромагніт 4 якір 3, долаючи зусилля пружини 5, починає переміщатися вліво. При цьому командний клапан 2

з'єднує через канал *в* клапана-поршня 9 порожнину штуцера входу 14 і порожнину *а*, перепад тисків на клапані-поршні 9 знижується, відповідно знижується і зусилля, необхідне для переміщення якоря 3; клапан-поршень 9 переміщається у відкрите положення (вліво). У відкритому положенні права запірна частина клапана-поршня 9 перекриває канал, який сполучає вихідний штуцер з атмосферою, а ліва запірна частина клапана-поршня 9 сполучає порожнини вхідного 14 і вихідного 7 штуцерів. Ліва запірна частина клапана-поршня 9 утримується у відкритому положенні зусиллям електромагніта і тиском повітря в порожнині *а*. При знятті живлення з електромагніта 4 командний клапан 2, переміщуючись вправо разом з якорем 3, перекриває канал *в* клапана-поршня 9, повітря з порожнини *а* через жиклер *с* стравлюється в атмосферу й електромагнітний клапан приходить у вихідний стан.

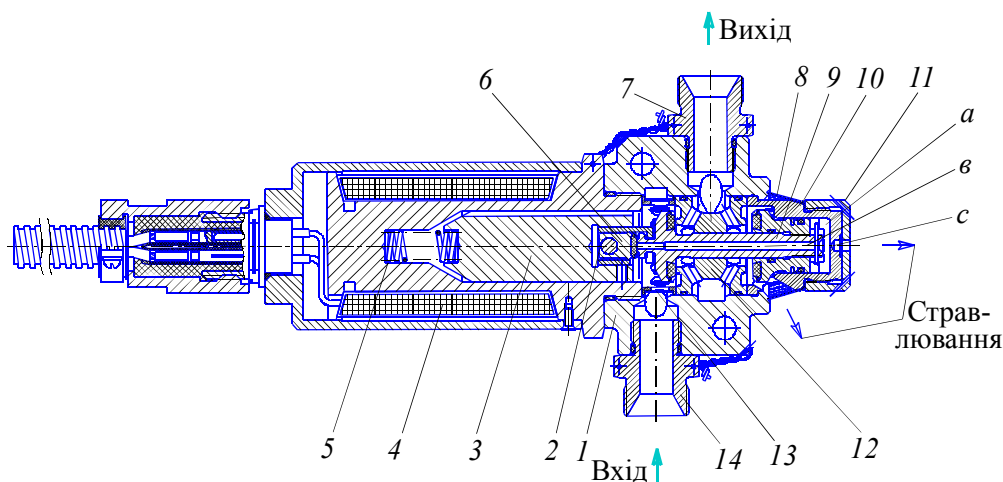


Рис. 23. Електромагнітний клапан

Відсічний клапан призначений для припинення подачі повітря на охолодження ТНТ і на регулювання радіального зазору ТВТ при зупинці двигуна.

Відсічний клапан (рис. 24) складається з корпусу 16 з валом 18 і заслінкою 17 приводу. Корпус 16 являє собою котушку, на якій знаходяться фланці для кріплення комунікацій. У корпусі 16 за допомогою втулок 14, які є підшипниками ковзання, центрується вал 18. Від осевого переміщення вал фіксується упором 13, який одночасно є ущільненням. Упор 13 притискується до вала 18 гайкою 12. У середині корпусу 16 на валу 18 установлюється заслінка 17, що фіксується заклепками 19. На іншому кінці вала 18 установлений важіль (рос. – рычаг) 6, зафіксований штифтами 5. На корпусі 16 за допомогою болтів 15 установлений привід. Привід складається з корпусу 4, в якому встановлені поршень 8 з втулкою 7 і зворотна пружина 2 на направляючій 3. Пружина 2 у корпусі 4 фіксується гайкою 1. Хід поршня 8 обмежений упором заслінки 17 у корпусі 16.

Повітря за КВТ подається на вхідний штуцер. При досягненні тиску 0,3 МПа поршень 8 починає переміщатися. Важіль 6 перетворює поступальний рух поршня 8 в обертальний рух вала 18. Заслінка 17 починає відкриватися, пропускаючи повітря на охолодження ТНТ і на регулювання радіального зазору ТВТ.

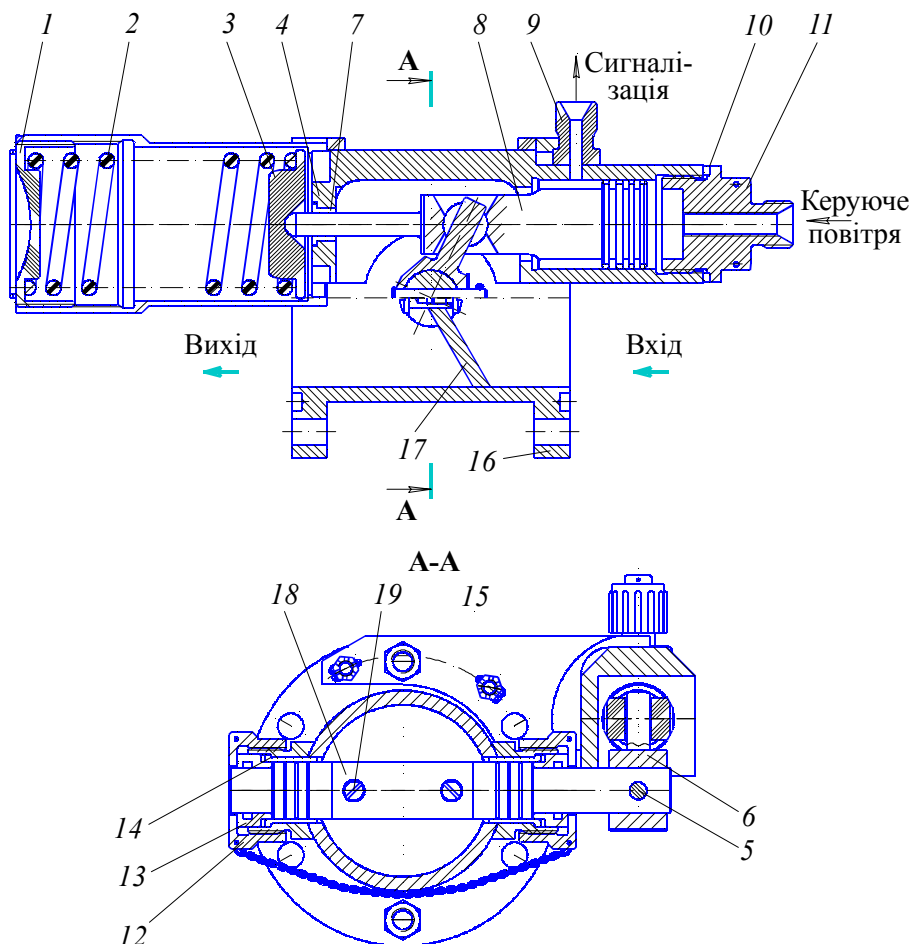


Рис. 24. Відсічний клапан:

9, 11 – штуцери; 10 – прокладка; інші позиції описані в тексті

При досягненні тиску в циліндрі 0,7 МПа поршень 8, переміщаючись, повинен відкрити канал штуцера сигналізації. При тиску 0,9 МПа заслінка 17 повинна знаходитися у повністю відкритому положенні. При зниженні тиску до 0,5 МПа за рахунок пружності пружини 2 повинне початися закриття заслінки 17. При тиску 0,3 МПа заслінка 17 повинна повністю закритися, припинивши подачу повітря на охолодження ТНТ і на регулювання радіального зазору ТВТ.

Повітряний балон служить для накопичення і збереження стисненого повітря. Балон (рис. 25) складається зі зворотного клапана 1, який розташований на вході і перешкоджає зворотному потоку повітря при зниженні тиску повітря за КВТ; заглушки 2, призначеної для видалення конденсату й огляду внутрішньої порожнини балона; головки балона 3 і власне балона 4.

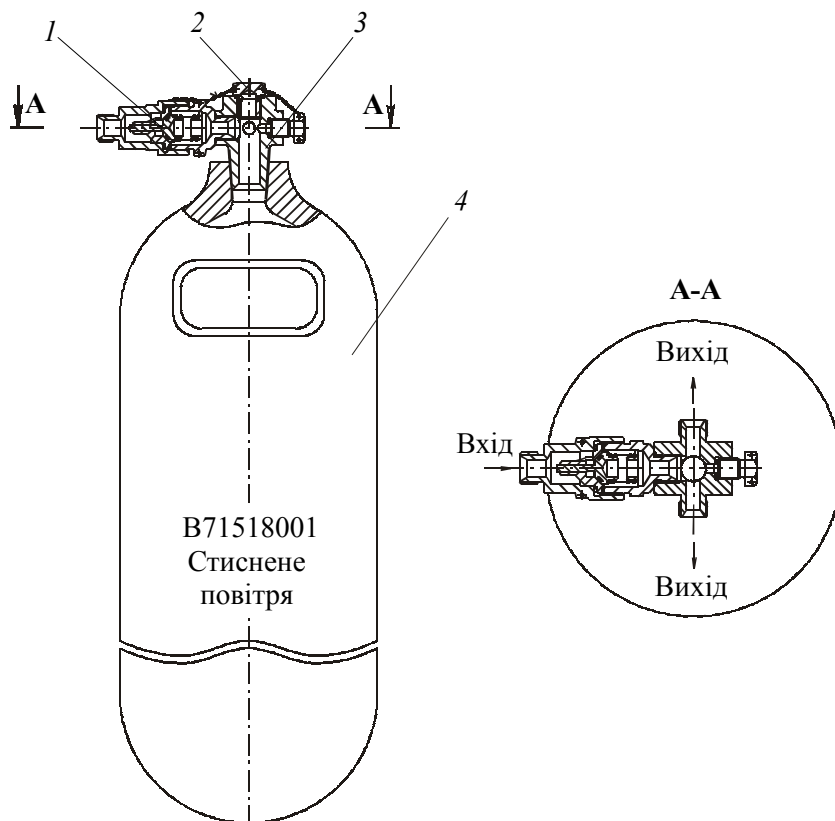


Рис. 25. Повітряний балон

4. СИСТЕМИ СУФЛЮВАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНА

4.1. Система суфлювання

Система суфлювання служить для підтримання в масляних порожнинах двигуна (завдяки сполученню порожнин з атмосферою) такого тиску повітря, при якому забезпечується нормальна робота масляної системи й ущільнень.

Масло, яке подається на змащення й охолодження підшипників, стікає в масляні порожнини 1, 27, 33, 42, 44 двигуна (рис. 26Д), які відділені від

проточної частини й атмосфери лабіринтовими ущільненнями 4, 8, 14, 20, 24, 25, 29, 32, 45 і від порожнин підпору графітовими радіально-торцевими контактними ущільненнями 3, 9, 13, 21, 23, 26, 30, 31, 46.

Для запобігання попаданню масла в проточну частину двигуна ущільнення всіх масляних порожнин, крім ущільнення 3 у передньому корпусі КНТ і міжвального ущільнення 46, підпираються повітрям із проточної частини перехідника. Ущільнення 3 підпирається повітрям за третім ступенем КНТ, ущільнення 46 – повітрям з проточної частини КВТ. До ущільнень 21 і 23 заднього корпусу КВТ, ущільнень 26 опорного вінця ТНТ, 30 і 31 опорного вінця ТС повітря з проточної частини перехідника підводиться по трубах 15, 16 і 17 відповідно.

Для зниження перепаду тиску на контактних ущільненнях 9, 13 і 46 перехідника надлишкове повітря з порожнин підпору стравлюється в порожнину ротора КНТ, а звідти надходить на вхід у спрямний апарат четвертого ступеня КНТ. Повітря з міжлабіринтових порожнин заднього корпусу КВТ стравлюється в проточну частину ТС по трубах 28.

Для зменшення витрачання стравлюваного повітря і підтримання оптимального перепаду тиску на контактних ущільненнях застосована система суфлювання з наддуванням масляних порожнин заднього корпусу КВТ 42, опорного вінця ТНТ 27 і зв'язаного з ними масловіддільного бака (МВБ) 37. Наддування масляних порожнин досягається за допомогою регулятора перепаду тиску (РПТ) 39, встановленого на трубі 38 суфлювання МВБ у статичний масловіддільник 5. Для забезпечення стійкої роботи регулятора на вхід у РПТ по трубі 47 підводиться повітря за шостим ступенем КНТ. Необхідна подача повітря забезпечується за допомогою встановленої на цій трубі змінної дросельної шайби 40.

Оскільки тиск повітря перед ущільненнями (тиск підпору) завжди вищий за тиск у масляних порожнинах, то повітря по зазорах в ущільненнях протікає в масляні порожнини, перешкоджаючи виходу масла й утворюючи в цих порожнинах маслоповітряну суміш. Маслоповітряна суміш і відпрацьоване масло з масляних порожнин 42 заднього корпусу КВТ і 27 опорного вінця ТНТ надходять по зливних трубах 41 і 36 у МВБ 37. Маслоповітряна суміш з МВБ, масляних порожнин переднього корпусу КНТ 1 і перехідника 44 надходить по трубах відповідно 38, 2, і 48 у статичний масловіддільник 5 для відділення масла від повітря. Очищене від масла повітря відводиться зі статичного масловіддільника в проточну частину опорного вінця ТС трубою 6, а масло, що відокремилося, зливається в циркуляційний бак (див. розд. 2). Масло з масляної порожнини переднього корпусу КНТ 1 по каналу 50 стояка зливається в нижню коробку приводів 49. З нижньої коробки приводів, масляних порожнин перехідника, опорного вінця ТС і МВБ масло відкачується маслоагрегатом 51 і повертається в систему змащення.

Автоматичний клапан 35, установлений на трубі суфлювання 34 масляної порожнини ТС, забезпечує перепад тисків на контактних ущільненнях, який виключає викид масла з масляної порожнини при запуску, зупинці і на холостому ходу двигуна.

4.2. Система розвантаження

Система розвантаження призначена для забезпечення припустимого осьового навантаження на упорні підшипники двигуна. Для цього на виході з КНТ і КВТ створені розвантажувальні порожнини.

Розвантажувальна порожнина КНТ 7 (див. рис. 26Д) обмежена лабіринтовими ущільненнями 8 і 10. При необхідності зниження навантаження на опору ТКНТ повітря з розвантажувальної порожнини КНТ може стравлюватися по трубі 12 у проточну частину опорного вінця ТС. При цьому підтримування необхідної величини тиску в розвантажувальній порожнині здійснюється за допомогою регульовального крана 11.

Розвантажувальна порожнина КВТ 19 обмежена лабіринтовими ущільненнями 18 і 43. Для підтримання необхідного тиску повітря з розвантажувальної порожнини КВТ перепускається по трубах 22 у порожнину перед робочим колесом ТВТ, а регулювання осьових зусиль здійснюється заміною лабіринтового ущільнення 18 ущільненням іншого діаметра, зазначеного в кресленні КВТ. Заміна лабіринтового ущільнення проводиться після вимірювання осьових зусиль при розбиранні двигуна.

5. СИСТЕМА ПРОМИВАННЯ ДВИГУНА

Система промивання двигуна призначена для очищення проточної частини двигуна. Промивання здійснюється за допомогою пересувної промивної установки, яка складається (рис. 27) з двовідсічного бака 3, клапанів 7, фільтрів 9, з'єднувальних рукавів 11, електронасосного агрегату 8 та замірювача тиску миючого засобу 10.

Бак 3 розділений на два відсіки, ємністю 200 л кожний: 3.1 – з миючим розчином, 3.2 – з водою. Бак обладнаний сигналізатором рівня води 4, підігрівником води 5, термоперетворювачем опору 6. Бак, трубопроводи й арматура подачі миючого розчину і води виконується з матеріалу, корозійностійкого у лужному середовищі (рос. – в щелочной среде) і воді.

Миючий розчин подається по з'єднувальних рукавах 11 на вхід у КВТ і КНТ через спеціальні форсунки, об'єднані колекторами 1 і 2.

Приготування миючого розчину і промивання двигуна здійснюється відповідно до інструкції з експлуатації "Двигуни газотурбінні. Промивання проточної частини миючим розчином", а також відповідно до паспорта П71378000 LB "Установка для промивання двигуна".

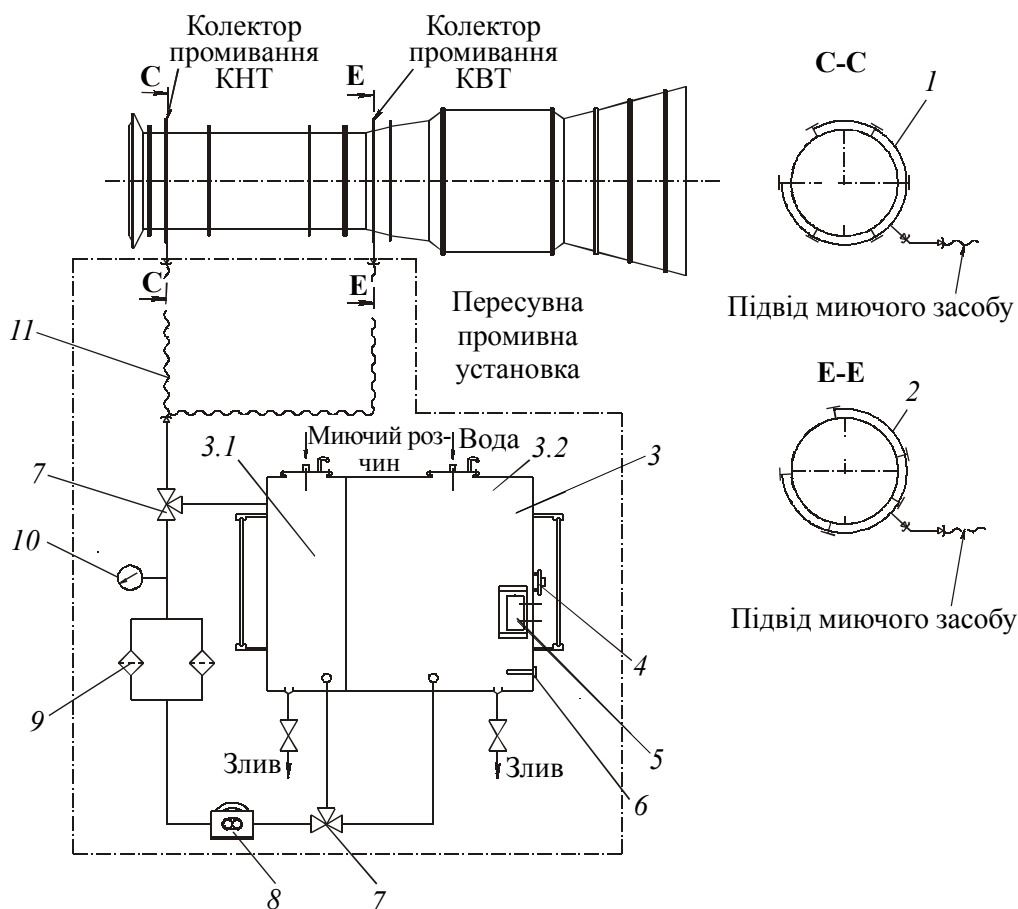


Рис. 27. Схема системи промивання двигуна

6. СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗАГАЗОВАНOSTІ

Система контролю загазованості призначена для захисту окремих приміщень кожної газотурбінної установки від аварійного виникнення вибухонебезпечної концентрації паливного газу шляхом формування сигналів датчиками газу при досягненні гранично допустимих величин об'ємної концентрації газу в контрольованих приміщеннях. Сигнали надходять (рис. 28, *а, б*) у систему автоматичного керування кожної газотурбінної установки, яка виробляє команди на включення штатної вентиляції або запуску алгоритму аварійної зупинки ГТД.

Джерелом загазованості можуть бути порушення герметичності обладнання системи подачі паливного газу в ГТД, устаткування, розташованого в блоці паливних агрегатів, трубопроводів газу.

Контроль концентрації газу у відсіку ГТД забезпечує високотемпера-

турний каталітичний датчик виявлення природного газу CGSS1C6C2R1R, у блоці паливних агрегатів – детектор газу PIR 9400A2LO-R. Датчики виявлення природного газу розміщуються в місці найбільшої ймовірності скопчення газу, не нижче ніж 300 мм від верху захищаного об'єму (тобто від стелі контейнера ГТД, від стелі приміщення БПА).

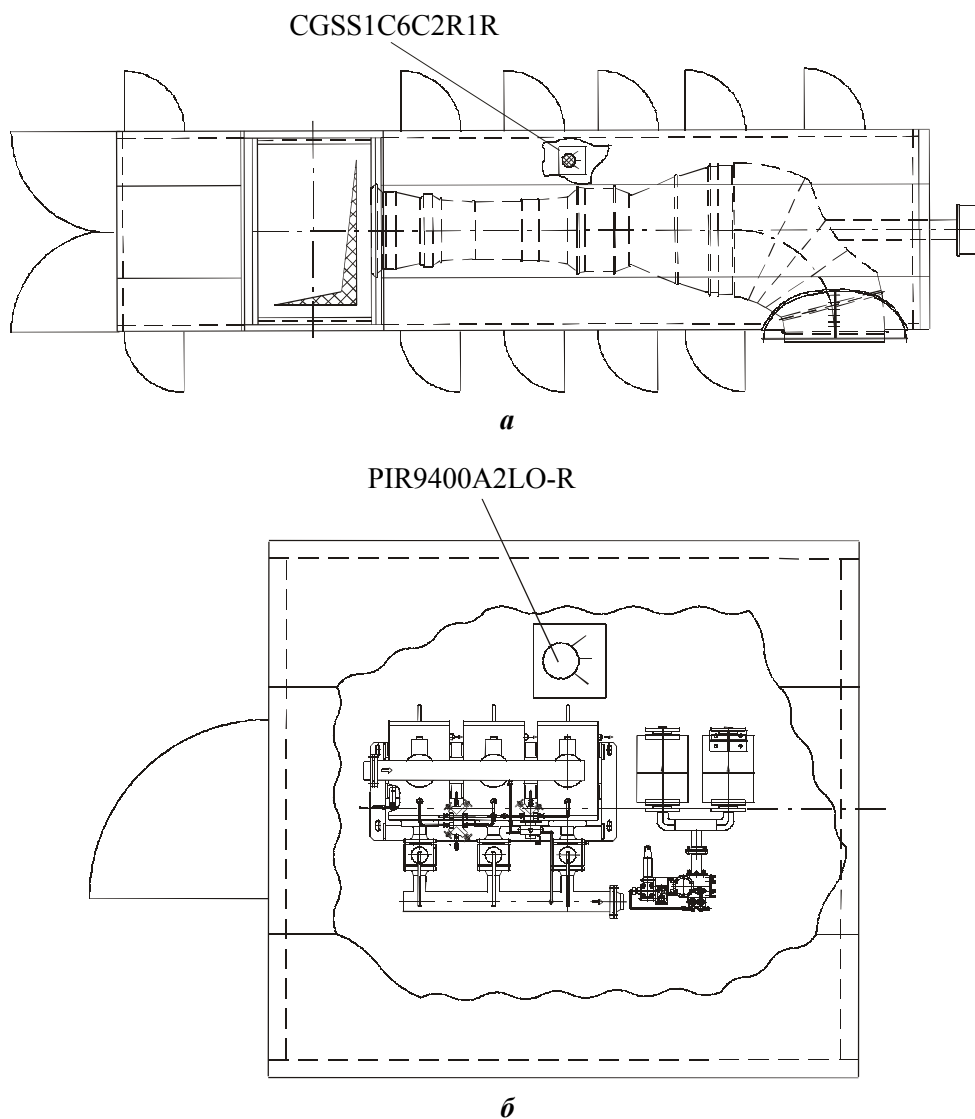


Рис. 28. Схема контролю загазованості:

a – відсіку газотурбінного двигуна; *б* – приміщення блока паливних агрегатів

При досягненні об'ємної концентрації природного газу 0,5 % (газ містить 98 % метану) забезпечується формування попереджувального сигналу черговому оператору та автоматичне включення штатної вентиляції контейнера ГТД і БПА.

При досягненні об'ємної концентрації природного газу 1 % забезпечується аварійна зупинка ГТД і відключення електроживлення технологічного устаткування (електродвигунів насосів, нагрівників, світильників, електромагнітів, електростартерів ГТД, блока запалювання запальників та ін.).

7. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ БЛОКА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Система вентиляції блока ГТД забезпечує вентиляцію відсіків блока ГТД, рівномірний розподіл охолодженого повітря та підтримку температури й об'ємної концентрації паливного газу в заданих межах.

Система вентиляції (рис. 29) складається з електровентиляторів VM01, VM03, VM02 (основний), VM04 (резервний); термоперетворювачів опору VT010, VT020, VT030; електричних клапанів VH01 (VH03), VH02 (VH04), VH05, VH06, VH07; вентиляційних трактів. Термоперетворювачі опору призначені для вимірювання температури повітря.

Режим роботи системи вентиляції відсіку ГТД при працюючому ГТД наступний:

вентилятори VM01, VM03, VM02 (VM04) працюють постійно;

при досягненні температури повітря 90 °C у відсіку ГТД вмикається попереджувальна сигналізація, відкривається електричний клапан VH04 (VH02), вмикається резервний вентилятор VM04 (VM02);

при зниженні температури повітря нижче ніж 50 °C у відсіку ГТД вимикається вентилятор VM04 (VM02) і закривається клапан VH04 (VH02). При досягненні температури повітря 100 °C у відсіку ГТД вмикається обмежувальний захист, а при 110 °C – ГТД аварійно зупиняється.

При непрацюючому ГТД вентилятори VM01, VM03, VM02 (VM04) вмикаються при досягненні 0,5%-ї об'ємної концентрації паливного газу у відсіку ГТД, незалежно від температури, при цьому електричні клапани VH01, VH03, VH02 (VH04), VH05 відкриті.

Вентилятори вмикаються через п'ять хвилин після зниження об'ємної концентрації паливного газу нижче за 0,5 %, а електричні клапани VH01, VH03, VH02 (VH04), VH05 закриваються. При відмові вентилятора VM02

(VM04) вмикається резервний вентилятор VM04 (VM02), а при відмові VM01, VM03 – вмикається обмежувальний захист ГТД.

При досягненні температури повітря 35 °C у відсіку маслблока клапани VH06, VH07 відкриваються, а при зниженні температури повітря до 20 °C – закриваються.

При виникненні пожежі передбачена аварійна зупинка ГТД з вимиканням усіх вентиляторів і закриттям усіх клапанів.

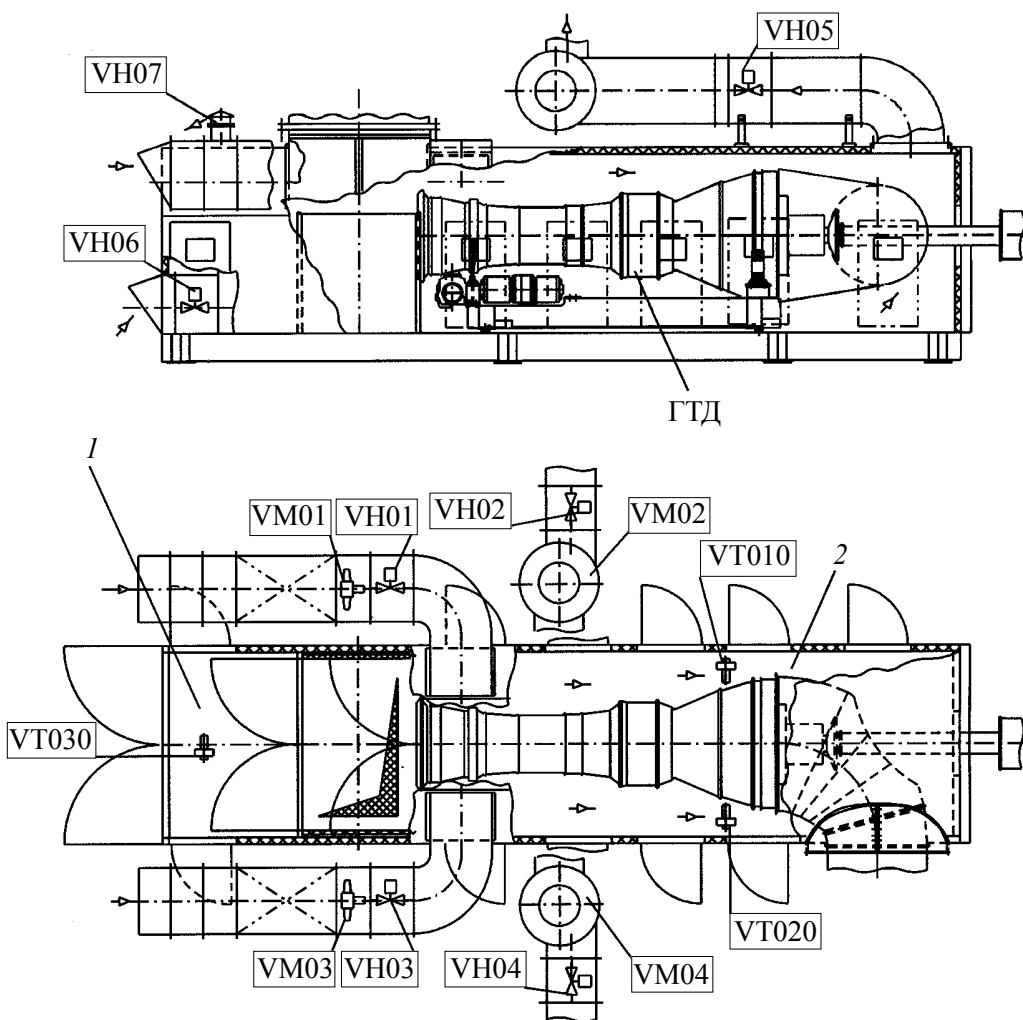


Рис. 29. Система вентиляції блока газотурбінного двигуна:

1 – відсік маслблока; 2 – відсік двигуна

8. СИСТЕМА ПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

Протипожежна безпека газотурбінної установки (ГТУ) відповідає "Нормам пожежної безпеки" (НПБ) 88–2001.

Система пожежного захисту ГТУ – автоматична, об'ємна газова, призначена для автоматичного гасіння пожежі, що виникла у блоках ГТУ (відсік ГТД, укриття турбогенератора, блок паливних агрегатів, відсік маслоблока ГТД і статор турбогенератора) при спрацьовуванні пожежної сигналізації.

Як газовий вогнегасний склад (ГВС) застосовується двоокис вуглецю CO_2 – рідкий за ДСТ 8050–85, який міститься у балонах типу 40–150У за ДСТ 949–73 і при спрацьовуванні системи заповнює захищувані замкнуті приміщення (відсіки); ГВС основного і 100%-го резервного зарядів зберігається в балонах високого тиску, оснащених запірними головками з електричним і ручним керуванням початком випуску ГВС.

Заряд ГВС, який зберігається у штатних балонах для найбільшого захищованого приміщення, може бути використаний як резерв ГВС для негайного використання в одному з аварійних менших приміщень.

Трубопроводи підведення газового вогнегасного складу у відсік ГТД виконані за триколекторною схемою: перший і другий колектори – труби діаметром $14 \times 1,2$ з двома насадками кожна, розташовані вздовж осі ГТД; третій (відгалуження від магістрального трубопроводу підведення ГВС діаметром $22 \times 1,2$) – труба діаметром $8 \times 1,2$ з одним отвором діаметром 4 мм для підведення ГВС в опорний вінець турбіни.

Трубопроводи підведення ГВС у приміщення турбогенератора виконані за триколекторною схемою: перший і третій колектори – труби діаметром $22 \times 1,2$ (відгалуження від магістрального трубопроводу підведення ГВС діаметром $32 \times 1,8$) із сімома насадками кожна, розташовані вздовж осі по різні сторони від турбогенератора; другий – труба діаметром $22 \times 1,2$ (відгалуження від магістрального трубопроводу підведення ГВС діаметром $32 \times 1,8$) із шістьма насадками, розташована вздовж осі по центру турбогенератора.

Передбачено окремий трубопровід діаметром $1\frac{1}{4}$ дюйма, по якому здійснюється підведення ГВС у статор турбогенератора. Трубопровід підведення ГВС у приміщення блока паливних агрегатів виконаний як один колектор – труба діаметром $14 \times 1,2$ з однією насадкою. Технічне виконання трубопроводу ГВС у відсік маслоблока ГТД таке ж, як і в блоці паливних агрегатів.

Кількість ГВС і час його випуску у захищувані приміщення визначені

відповідно до НПБ 26–2000 і розрахунків для кожного захищуваного приміщення.

Кількість балонів (по 25 кг газового вогнегасного складу в кожному) і час подачі ГВС є такими: для відсіку ГТД – 3 балони, $t = 60$ с; для укриття турбогенератора – 13, $t = 70$ с; для блока паливних агрегатів – 1, $t = 60$ с; для відсіку маслблока ГТД – 1, $t = 60$ с; для статора генератора – 10, $t \leq 120$ с. Максимальний тиск у балонах вогнегасної речовини складає 5,8 МПа, або 58 кг/см².

Вогнегасна речовина подається з тридцятисекундною затримкою після формування світлового і звукового сигналів: *автоматично* – за сигналами від двох пожежних оповісників (рос. – оповещателей) і при закритих дверях у захищуваному приміщенні; *дистанційно* – за командою оператора з пульта керування незалежно від наявності сигналу пожежних оповісників; *обслуговуючим персоналом* – вручну, одночасно з усіх балонів, призначених для даного захищуваного приміщення.

Система комплектується датчиками виявлення вогню, датчиками граничної температури і диму, ручними оповісниками, датчиками закритого положення входних дверей, приладами звукової і світлової сигналізації, датчиками тиску ГВС, що надходить з розшифровкою за приміщеннями.

Після проходження команди "Пожежа" ГВС транспортується по трубопроводах системи у захищуване приміщення і розпиляється через спеціальні насадки.

При спрацюванні системи пожежогасіння передбачена аварійна зупинка ГТД, автоматичне відключення системи вентиляції і технологічного устаткування. Двері до захищуваного приміщення повинні бути закриті (сигнали від кінцевих вимикачів). Автоматична система пожежного захисту автономна і функціонує цілодобово незалежно від САК ГТД.

При виникненні пожежі у захищуваному приміщенні пожежні оповісники виявляють дію контрольованого фактора і подають сигнал в САК системи пожежогасіння. При цьому для автоматичного пуску системи пожежогасіння повинні спрацювати не менше ніж два або комбінація з будь-яких двох типів оповісників для виключення хибного запуску.

На автоматичному режимі АСК видає команди на аварійну зупинку ГТД, відключення вентиляції й енергопостачання захищуваних приміщень, запускує прилади звукового і світлового оповіщення, а після 30 с затримки видає команду на початок випуску основного заряду ГВС (шляхом підриву піропатронів на запірно-пускових пристроях з електричним пуском розподільників і необхідної групи балонів з CO₂).

Проходження ГВС у потрібне приміщення контролюється сигналізатором тиску, що здійснює зворотний зв'язок з постом постійного перебування обслуговуючого персоналу. Якщо проходження основного заряду не підтверджене сигналізатором тиску, то АСК через 10 с дасть команду на випуск резервного заряду.

При необхідності, після оцінки ситуації черговим оператором, можна використовувати для повторного пуску штатний заряд CO₂ неаварійного приміщення за допомогою дистанційного пуску. Вхід у приміщення обслуговуючого персоналу, в якому спрацювала система газового пожежогашіння, можливий тільки з захистом органів дихання і після ретельного провітрювання.

9. ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

9.1. Призначення електроустаткування

Електроустаткування ГТУ разом з електронною системою автоматичного керування *здійснює*: контроль готовності ГТД до пуску, до холодного або технологічного прокручування; запуск і зупинку ГТД; підтримку заданого режиму роботи виробу; переведення двигуна з одного режиму роботи на інший; контроль готовності ГТД до консервації або розконсервації паливної апаратури; контроль справності електричних кіл; автоматичне керування агрегатами при пуску, на робочому режимі, при нормальній або аварійній зупинках; *забезпечує* роботу агрегатів з електроприводом (електростартерів, електромаслонасосів і т. д.), роботу виконавчих механізмів, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматичного керування, а також забезпечує аварійний або обмежувальний захист двигуна.

Примітка. При вивченні електроустаткування необхідно керуватися технічними описами й інструкціями з експлуатації комплектуючих агрегатів. Склад електроустаткування, взаємні зв'язки елементів системи автоматичного керування зображені на електричних схемах у відомості експлуатаційних документів на газотурбінну установку.

9.2. Склад електроустаткування

Електроустаткування ГТУ складається з агрегатів з електроприводом, виконавчих механізмів, датчиків, контрольно-вимірювальних приладів, установлених на двигуні, у паливному блоці, у маслблоці двигуна, а також приладів і пристроїв, установлених на об'єкті. До складу електроустаткування блока двигуна входять агрегати, датчики, з'єднувальні коробки, пристрої, розташовані на двигуні, у приміщенні ГТД і зовні блока двигуна.

На двигуні розміщені:

сигналізатори наявності стружки в маслі: на зливі з нижньої коробки приводів LS010; на зливі з перехідника LS020; на зливі з заднього корпусу KBT LS030; на зливі з опорних вінців ТНТ LS040 і ТГ LS050; на зливі з переднього корпусу КНТ LS060. Сигналізатори стружки підключаються через з'єднувач XLS у САК;

електростартери ER01, ER02, ER03, які живляться від перетворювачів частоти "Altivar" UZF1, UZF2, UZF3, установлених у шафах;

маслонасоси нагнітання LM01 і відкачування LM02;

термоелектричні перетворювачі вимірювання температури повітря за КНТ (ET140, ET150), що підключаються через з'єднувач XET2 у САК;

термоелектричні перетворювачі вимірювання температури газу за ТНТ (ET230... ET380 – 16 шт.), що підключаються через з'єднувач XET1 у САК;

система плазмового запалювання СПВ-2-4В (містить у собі свічки FE01 і FE02 та блок живлення FE013);

сигналізатори положення ВНА (ЕК010 та ЕК020), що підключаються в САК через з'єднувач XESS;

сигналізатори тиску повітря PP050, PP060, PP070;

сигналізатори положення клапанів стравлювання повітря за шостим ступенем КНТ (PK010 та PK020), що підключаються через з'єднувач XESS у САК;

клапан стравлювання повітря за шостим ступенем КНТ PH01;

клапан наповнення PH02 та електромагнітний клапан перепуску повітря PH03 за п'ятим ступенем КВТ;

клапан перепуску повітря PH04 за КНТ;

клапани перепуску повітря за КВТ (PH05 та PH06), що передають сигнали в систему керування через з'єднувальну коробку ХН;

датчики частоти обертання КНТ (EN110 та EN120);

датчики частоти обертання КВТ (EN210 та EN220);

датчики частоти обертання ТГ (EN310, EN320 та EN350). Датчики через коробку з'єднувальну XEN1, XEN2 видають сигнал у САК, а також на ОРТ, установлений у шафі автоматики в блоці генератора;

термоперетворювач опору вимірювання температури масла: на зливі з перехідника LT020; на зливі з заднього корпусу КВТ LT030; на зливі з опорних вінців ТНТ LT040 і ТГ LT050. Термоперетворювачі опору підключені в САК через з'єднувачі XLT020...XLT050, XLT;

система віброконтролю СВКА 1-03.04/01 складається з датчиків вібрації КНТ (EB010), КЗ (EB020), ТНТ (EB030), сигнали від яких через електронні блоки EB019, EB029 та EB039 передаються в САК.

Блок ГТД оснащений системами вентиляції, освітлення й опалення.

Система **вентиляції** містить:

електровентилятори VM02, VM04 з живленням від щита ~ 380 В;

засувки VH02, VH04 з живленням від щита ~ 380 В, які з'єднані з САК через з'єднувальні коробки XVHM2, XVHM4;

засувку VH05, що живиться від щита ~ 380 В і одержує сигнал із САК через коробку XVH05;

вентилятори VM01, VM02, що живляться від щита ~ 380 В і зв'язані із САК через коробки XVHM1, XVHM3;

термоперетворювачі опору VT010 і VT020, які розташовані у відсіку двигуна і подають сигнал у САК через з'єднувальну коробку XVT10.

Система **освітлення** блока ГТД містить лампи EL1...EL6 (основні) та ELA1 (аварійні), перемикачі XE1, XE2 – у відсіку двигуна; EL11...EL14 з перемикачем XE3 – у відсіку маслоблока. У відсіку маслоблока також установлений штепсель-трансформатор TV1/XS1 для переносного освітлення, живлення якого здійснюється від щита ~ 380 В через з'єднувальну коробку XEK1.

Система **опалення** блока ГТД складається з нагрівників (з живленням від щита ~ 380 В) відсіку двигуна VED1, VED2 з термометром VT10 (видає сигнал у шафу автоматики) і відсіку маслоблока VED3 з термометром VT20 вимірювання температури повітря у маслоблоці.

У відсіку маслоблока розміщені:

сигналізатори тиску масла на вході в двигун LP050 (аварійна зупинка) і LP060 (обмежувальний захист);

сигналізатори тиску масла на лінії відкачування за електронасосом (аварійна зупинка на запуску) LP070;

сигналізатор перепаду тисків масла на фільтрі LP100;

датчики тиску масла на вході в двигун LP010, на лінії відкачування LP020;

датчик перепаду тисків між порожниною КНТ і МВБ LP110;

датчик тиску в розвантажувальній порожнині КНТ EP050.

Сигналізатори LP050, LP060, LP070, LP100 видають сигнали в САК через з'єднувач XLP1. Датчики LP010, LP020, LP110, EP050 зведені у з'єднувачі XLP2, від якого йде сигнал у САК.

У приладовому щиті розміщені:

перетворювачі тиску повітря за КВТ FP010 та FP050;

сигналізатори перепаду тиску на форсунках першого FP070 і другого FP080 каналів, що видають сигнали в САК через коробку КСДД1;

перетворювач тиску розрідження на вході в ГТД (за КПОП) EP010, що видає через з'єднувальну коробку КСДД1 сигнал у САК.

На корпусі маслоблока розміщені:

нагрівник масла LE01 з живленням від щита ~ 220 В;

електромаслонасос відкачування масла LM03 з живленням від щита ~ 380 В;

сигналізатор перепаду тисків масла за LM03 (відключає маслонасос при закритому виході);

термоперетворювач опору LT010 (на вході в ГТД) і LT060 (на виході з ГТД), підключені через з'єднувач XLT1 у САК.

Вентиляція у відсіку маслоблока – природна витяжна, здійснюється через відкриття (закриття) клапанів вентиляції VH06, VH07 (живлення від щита

~ 380 В, зв'язок із САК здійснюється через з'єднувачі 1XVН6, 1XVН7 та з'єднувальну коробку XVН07). Замірювання температури повітря у відсіку маслоблока виконує термоперетворювач опору VT030, який видає сигнал через з'єднувач XVТ30.

У блоці паливної апаратури знаходяться:

регулюючі клапани "Amot" першого FA01 і другого FA02 каналів, які дозують подачу палива, що забезпечує розгін двигуна до режиму "холостий хід" двигуна і далі – до режиму "холостий хід" генератора. Клапани зв'язані з САК через блоки керування FA013, FA023;

електромагнітний клапан відкриття стоп-крана FH01;

електромагнітний клапан аварійної зупинки FH02;

електромагнітний клапан пускового газу FH04;

сигналізатор перепаду тисків газу на фільтрі FP090, що входить у блок фільтрації паливного газу;

сигналізатор (датчик) положення стоп-крана (ДПСК) FH01, FH02, FH04, FP90, ДПСК (зв'язані із САК через з'єднувальну коробку КЗПА);

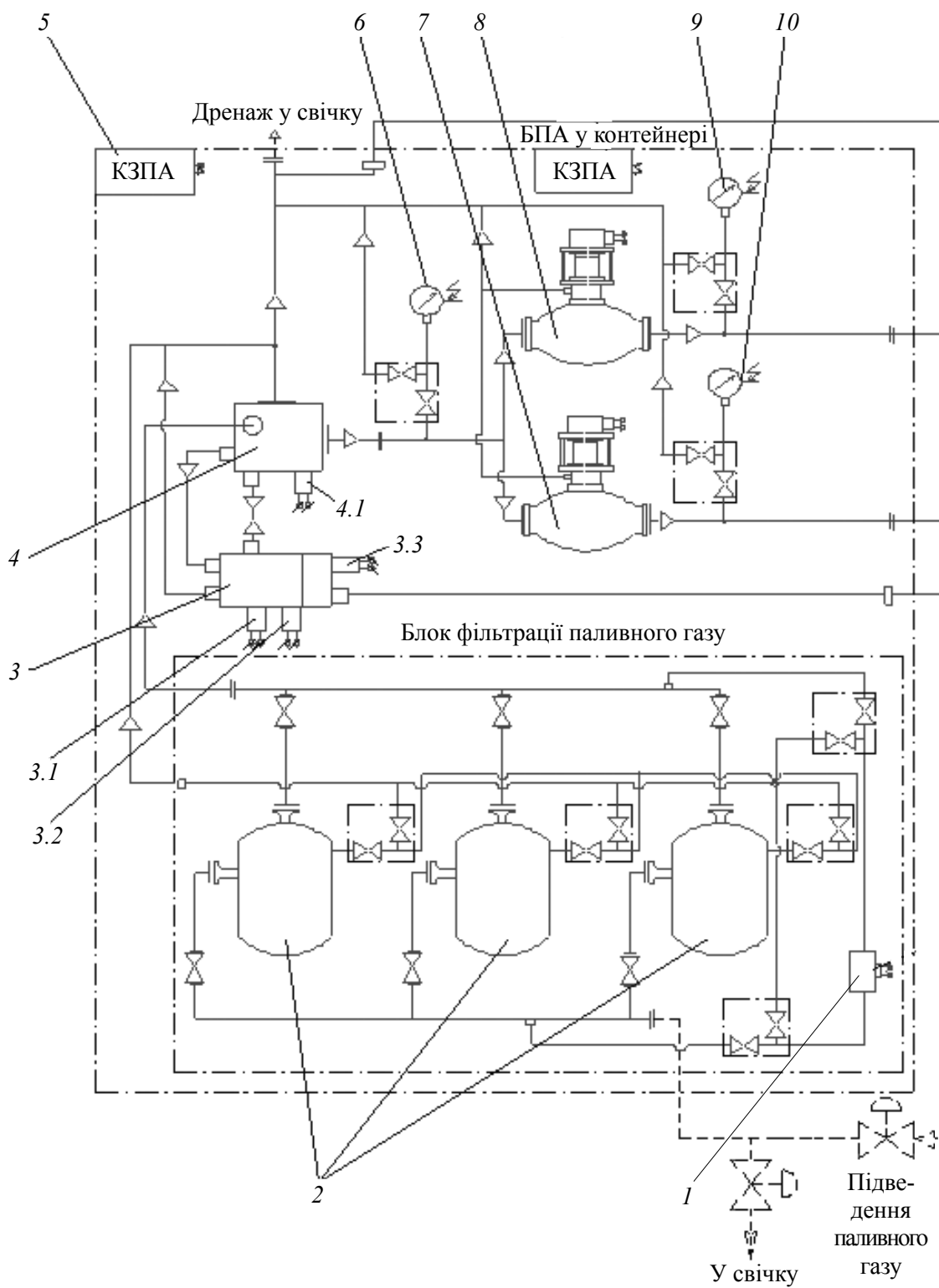
перетворювачі тиску газу за регулюючим клапаном FA01 (FP020), на вході в регулюючі клапани FP030, за регулюючим клапаном FA02 (FP040). Перетворювачі тиску паливного газу зведені у з'єднувальну коробку КЗДД2, з якої сигнали надходять у САК.

Приміщення БПА оснащено системою освітлення, що містить лампи освітлення EL47...EL50 (основне), ELA5 (аварійне). Живлення здійснюється через з'єднувальну коробку ХЕК2. Основне освітлення включається перемикачами ХЕ8 та ХЕ9.

Система опалення БПА складається з двох нагрівників VED5, VED6 з термометром VT30, що видає сигнал у шафу автоматики на регулятор температури РТ30. Живлення нагрівників здійснюється від щита ~ 380 В.

Система вентиляції блоку БПА містить електровентилятор VM22; засувки VH21, VH22; термометри VT210, VT220 вимірювання температури повітря у БПА. Живлення вентилятора і засувки, а також зв'язок із САК здійснюються через з'єднувальну коробку XVНМ5.

ДОДАТОК



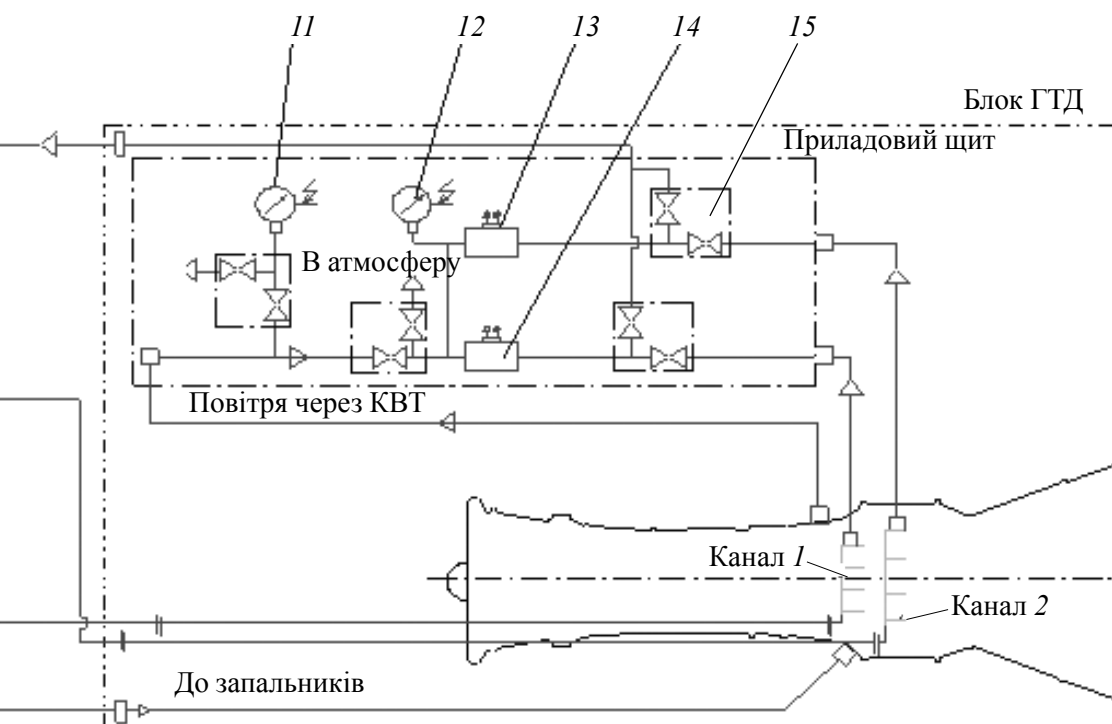


Рис. 1Д. Паливна система:

1, 13, 14 – датчики-реле різниці тисків; 2 – фільтр газовий; 3 – агрегат керування; 3.1, 3.2, 3.3 – електромагнітні клапани відповідно відкриття стоп-крана, закриття стоп-крана і пускового газу; 4 – стоп-кран; 4.1 – сигналізатор положення; 5 – з'єднувальна коробка паливних агрегатів (КЗПА); 6, 9, 10, 11, 12 – перетворювачі тиску; 7, 8 – регулюючі клапани; 15, 16 – манометричні крани

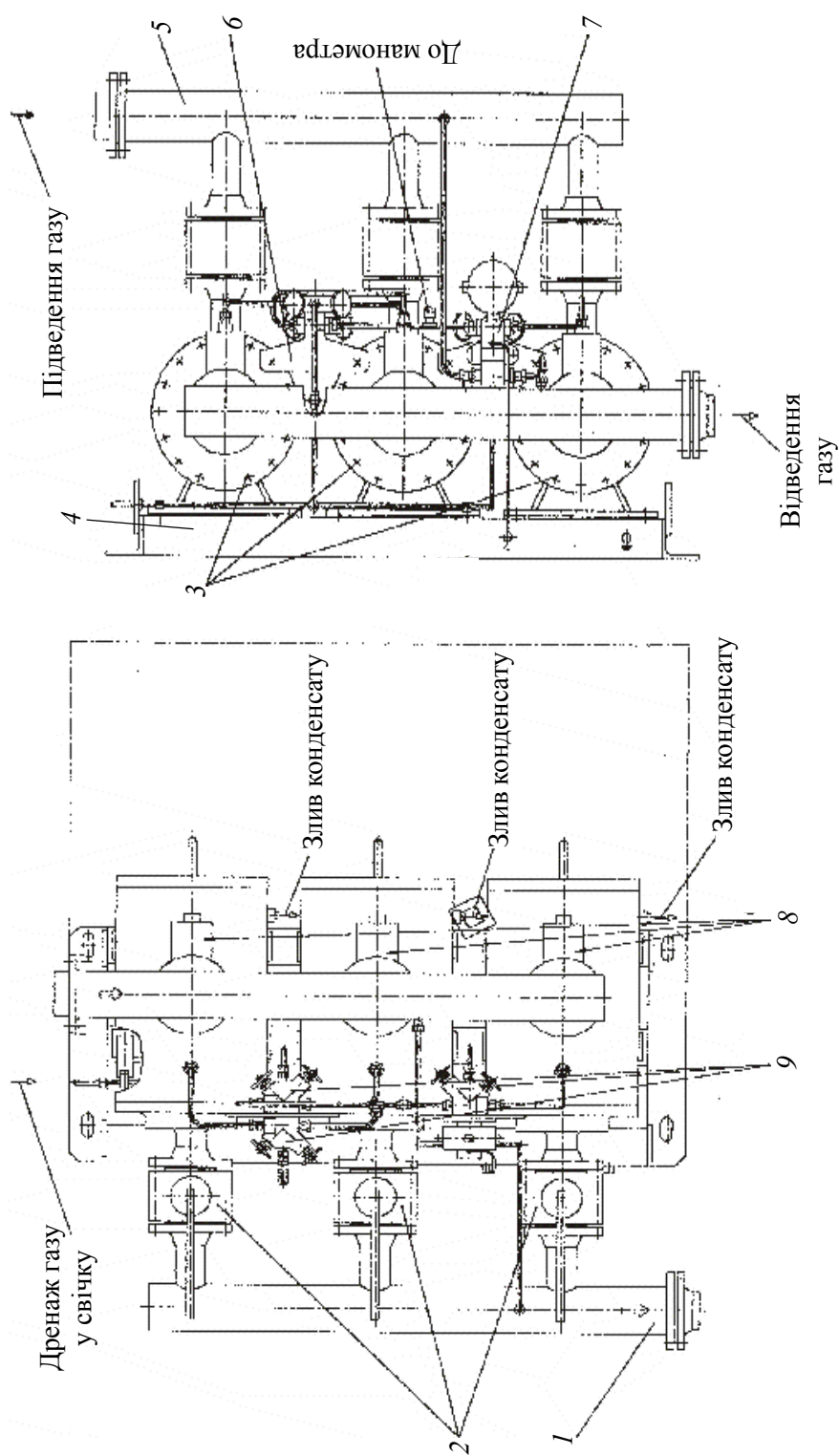


Рис. 2Д. Блок фільтрації паливного газу:

1 – колектор відведення газу; 2, 8 – кульові крани з ручним приводом відповідно відведення та підведення газу; 3 – газові фільтри; 4 – рама; 5 – колектор підведення газу; 6 – кронштейн; 7 – датчик-реле різниці тисків; 9 – кляпан

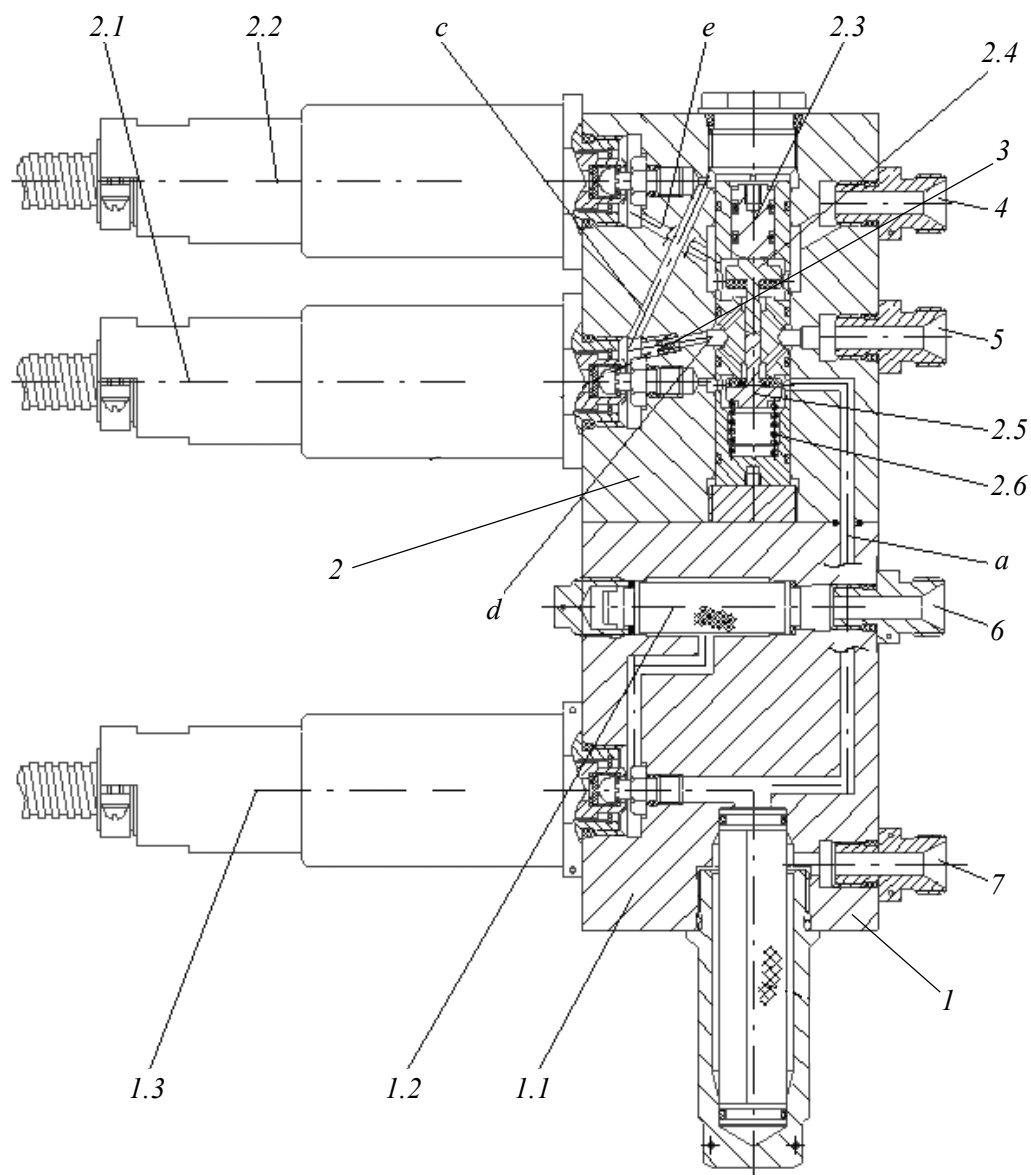


Рис. 4Д. Агрегат керування:

a, c, d, e – канали; *1* – блок пускового газу; *1.1* – фільтр; *1.2* – дросельний пакет; *1.3* – електромагнітний клапан пускового газу; *2* – блок маніпулятора; *2.1, 2.2* – електромагнітні клапани; *2.3* – поршень; *2.4, 2.5* – клапани; *2.6* – пружина; *3* – жиклер; *4* – штуцер дренажу; *5* – штуцер відведення газу; *6* – штуцер відведення газу до запальника; *7* – штуцер підведення газу

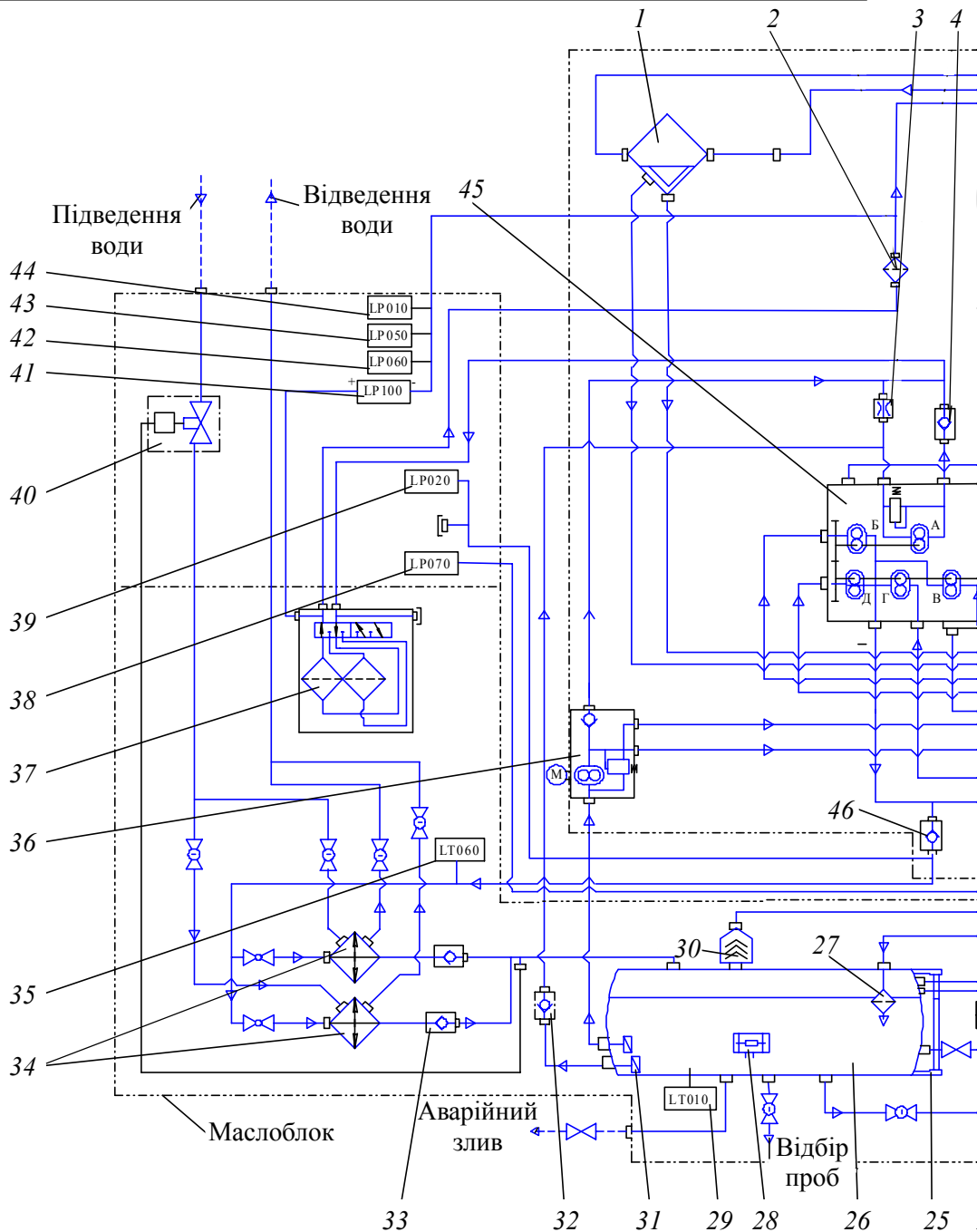
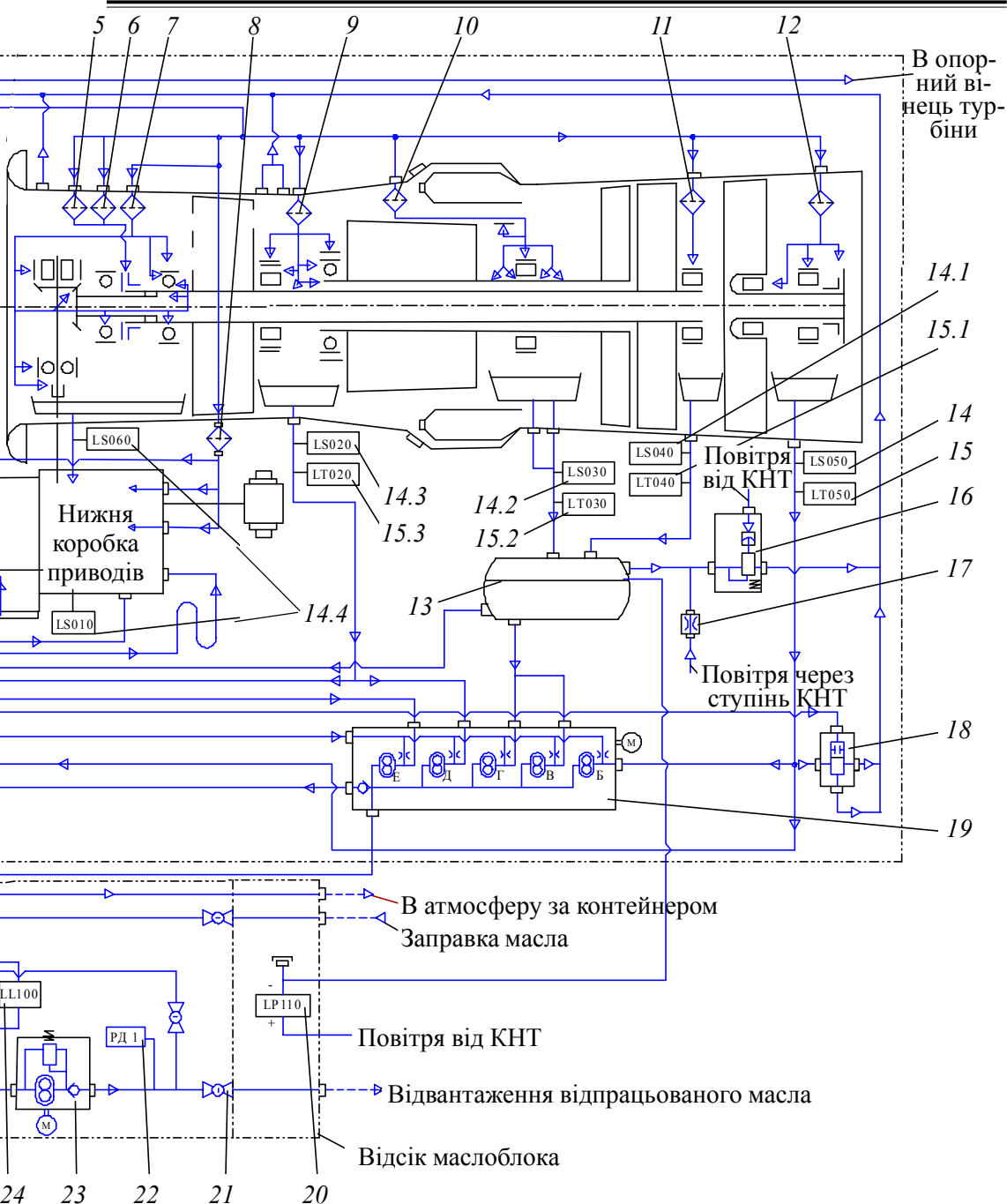


Рис. 6Д. Схема змащення

1 – статичний масловіддільник; 2, 37 – фільтри; 3, 17 – дросельні шайби; 4, 32, 33, 46 – зворотні стружки; 15, 15.1...15.3, 29, 35 – термоперетворюючі опору; 16 – регулятор перепаду тиску; 18 – клапан; 22 – реле тиску; 23 – маслоагрегат з електроприводом; 24 – сигналізатор мінімального і 30 – суфляр; 31 – приймальна сітка; 34 – маслоохолоджувачі; 36 – нагнітальний маслоагрегат; 38, 42, 41 – реле різниці тисків; 45 –



двигуна:

клапани; 5...12 – захисні фільтри; 13 – масловіддільний бак; 14, 14.1...14.5 – магнітні сигналізатори автоматичний клапан; 19 – відкачувальний маслоагрегат; 20 – датчик різниці тисків; 21 – запірний максимального рівнів масла; 25 – стовпчик; 26 – циркуляційний бак; 28 – підігрівник масла; 43 – сигналізатори тиску; 39, 44 – датчики надлишкового тиску; 40 – регулятор температури; маслоагрегат

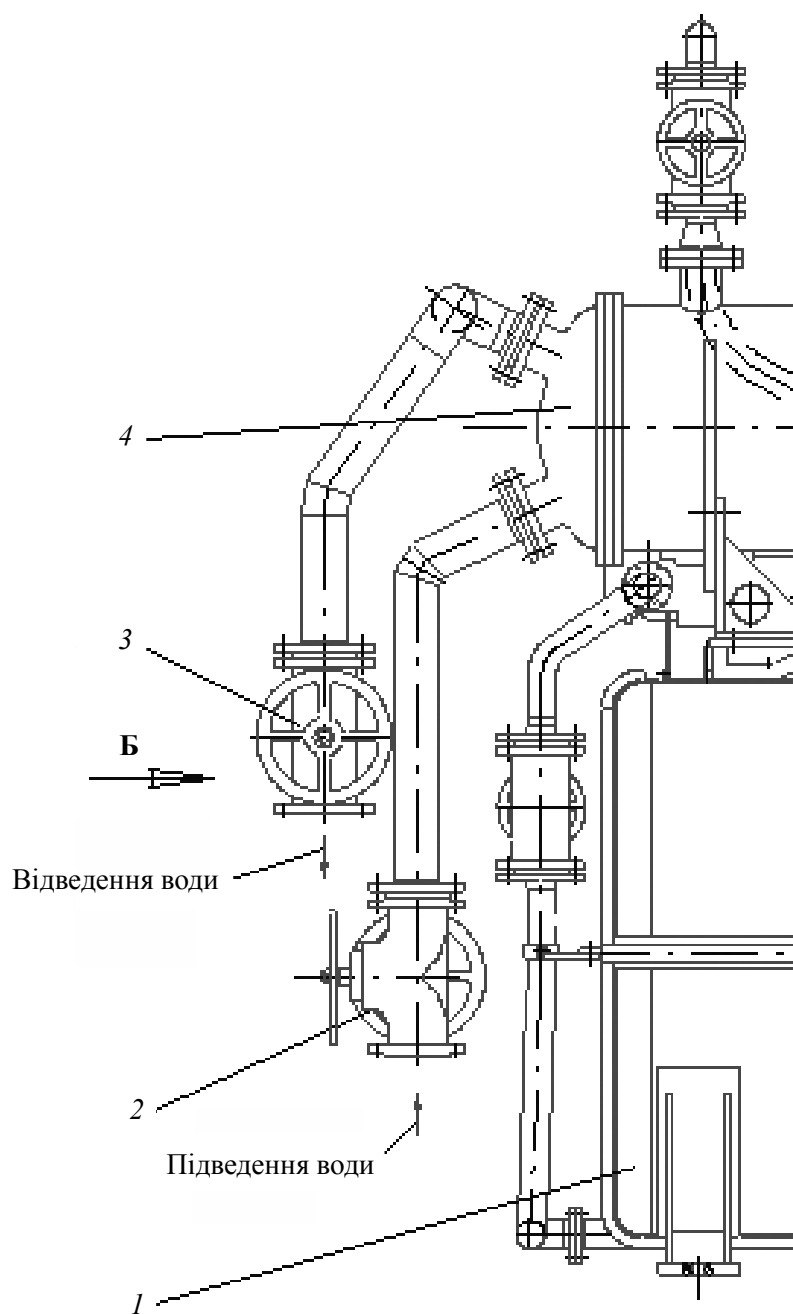
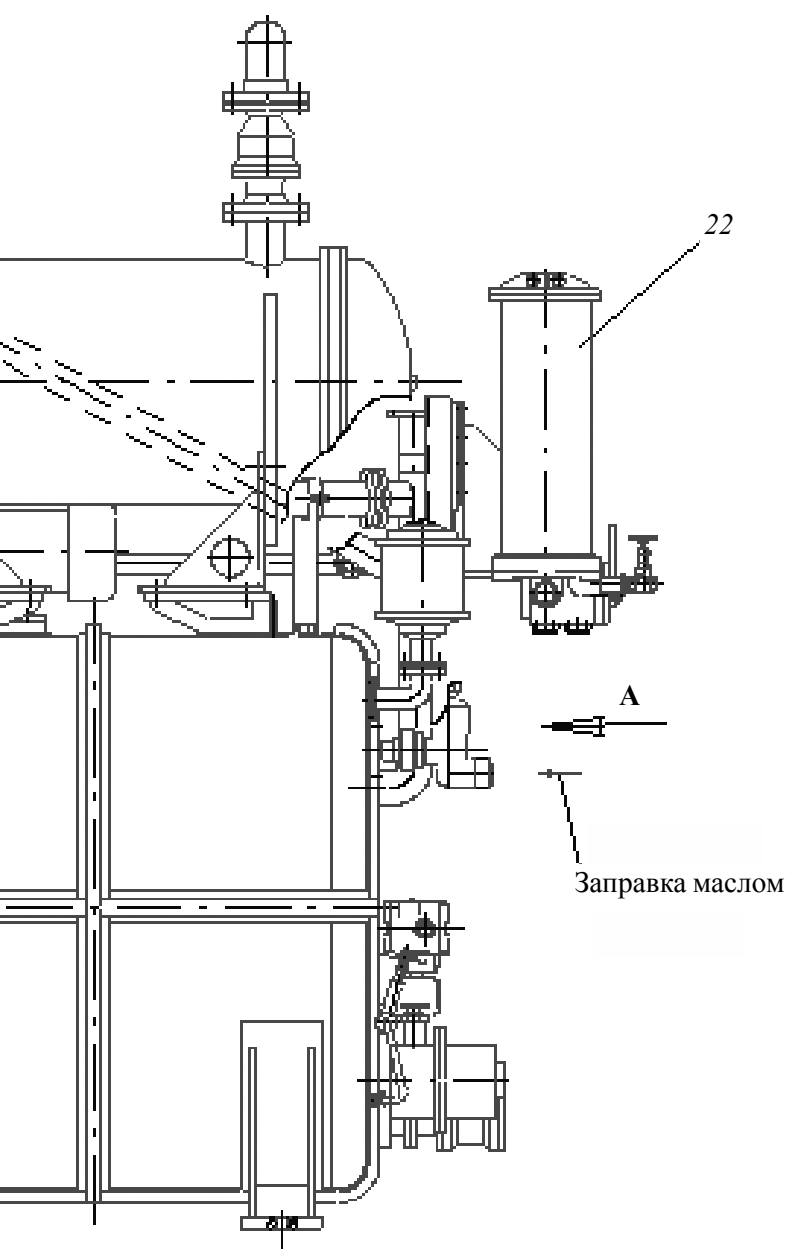


Рис. 7Д. Масло

1 – маслобак; 2, 3 – запірні клапани; 4 – маслоохолоджувачі; 5 – 8 – мірне скло; 9, 10, 12, 21 – запірні клапани; 11 – датчик різниці клапани; 16 – підігрівник масла;



блок:

маслоагрегат з електроприводом; 6 – реле різниці тисків; 7 – кришка; тисків; 13 – термометр вимірювач опору; 14 – суфляр; 15, 18 – зворотні 17, 19, 20, 22 – фільтри

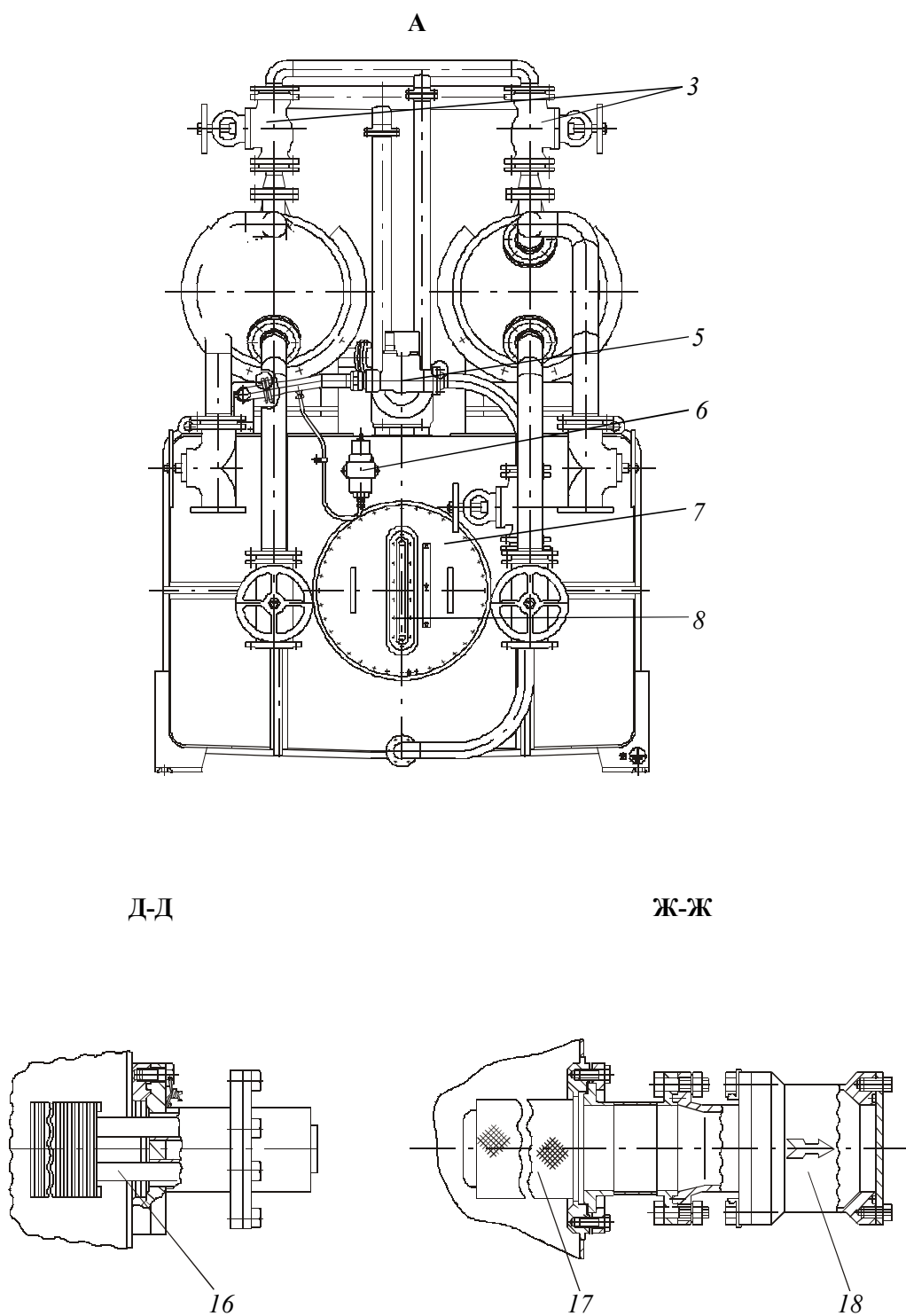
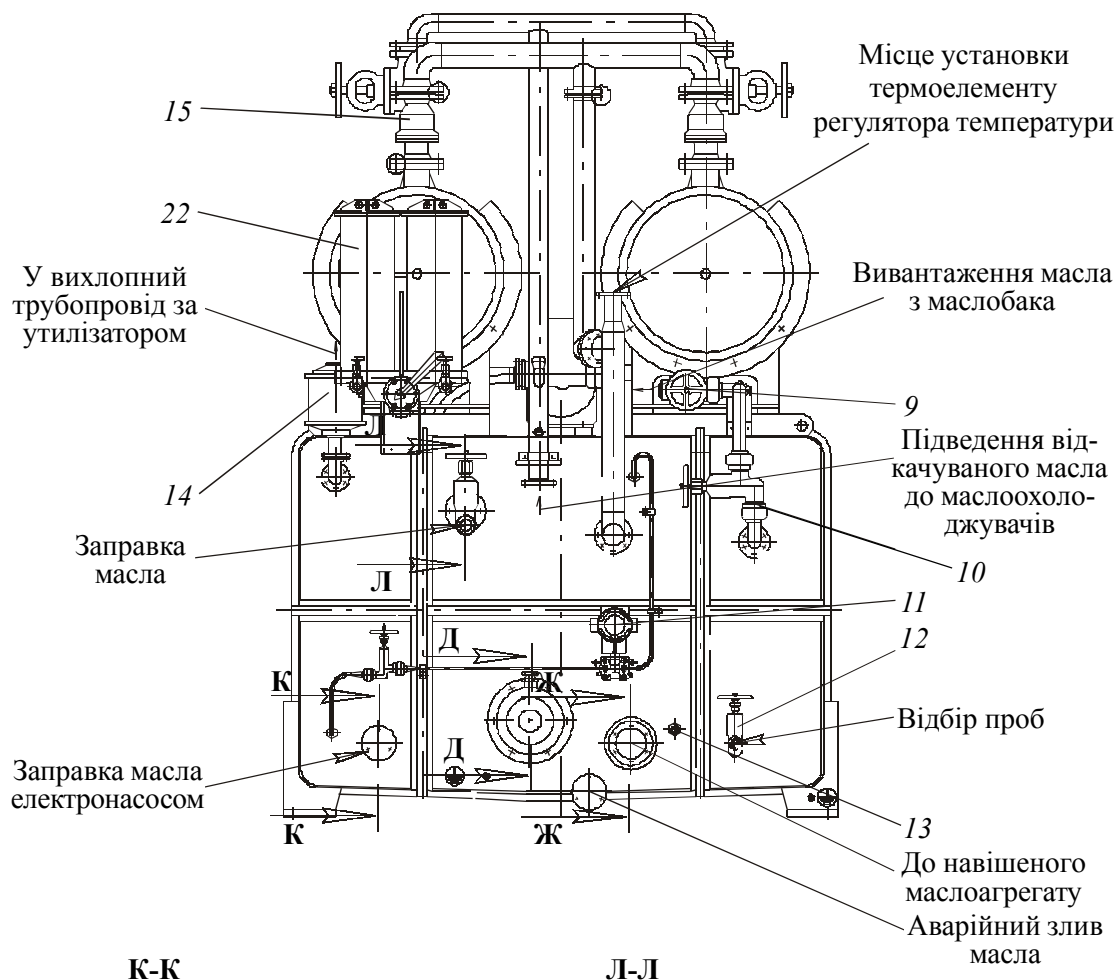
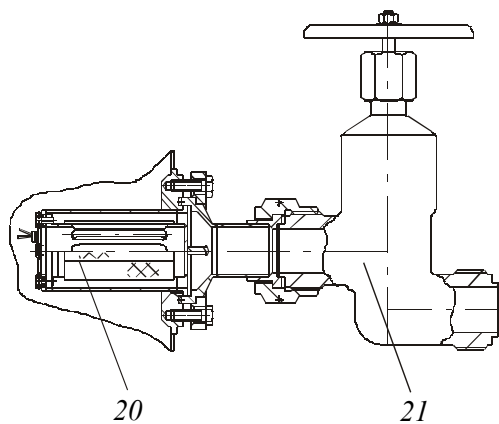
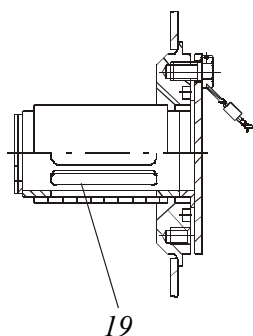


Рис. 8Д. Масло

Б**К-К****Л-Л****21**

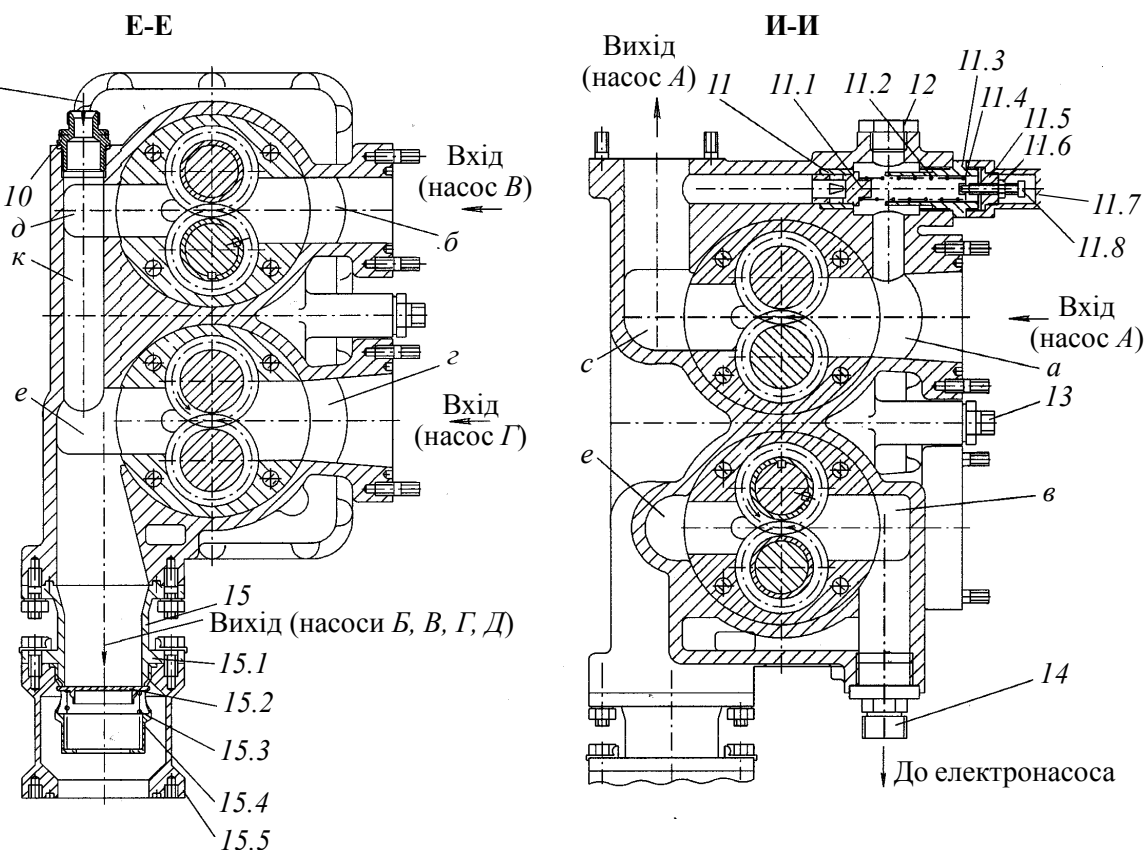
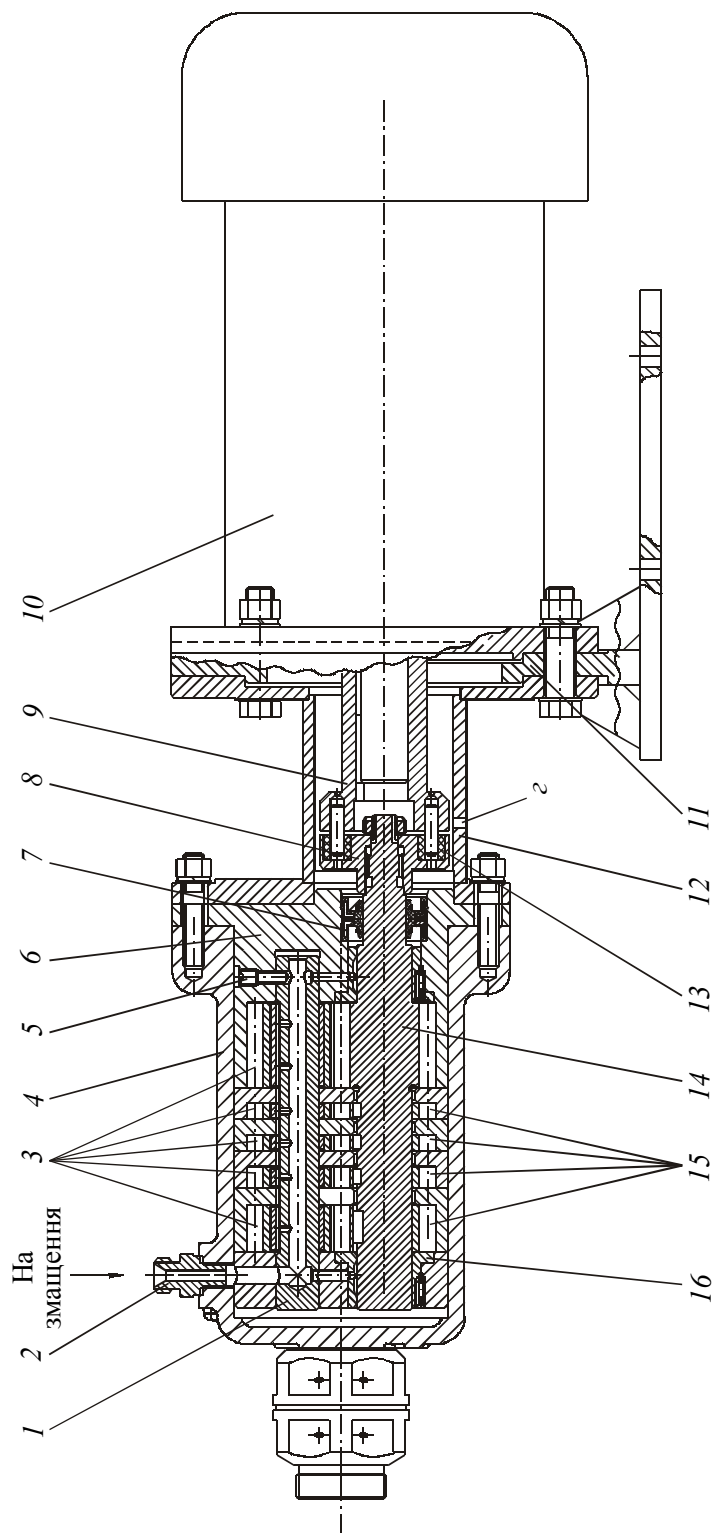


Рис. 9Д. Маслоагрегат:

А – нагнітальний насос; *Б, В, Г, Д* – відкачувальні насоси; *а, б, в, г, м* – порожнини всмоктування; *с, д, е* – порожнини нагнітання; *і, к, н* – канали; *п, л* – порожнини; *1* – кришка; *2* – привідна шестірня; *3, 15, 15.4, 15.5* – корпуси; *4, 5* – пакети насосів; *4.1* – втулка; *4.2, 5.9* – верхні проставки; *4.3, 4.5, 4.7, 4.9, 5.1, 5.2, 5.3, 5.6, 5.8, 5.11* – шестерні; *4.4, 5.5, 5.7* – середні проставки; *4.6, 5.4* – нижні проставки; *4.8, 5.10* – болти; *6* – сітка; *7, 11.6* – гайки; *8* – гвинт; *9, 10, 11.5, 13, 14* – штуцери; *11* – редукційний клапан; *11.1, 15.2* – клапани; *11.2, 15.3* – пружини; *11.3* – корпус клапана; *11.4* – тарілка; *11.7* – ковпачок; *11.8* – регулювальний гвинт; *12* – заглушка



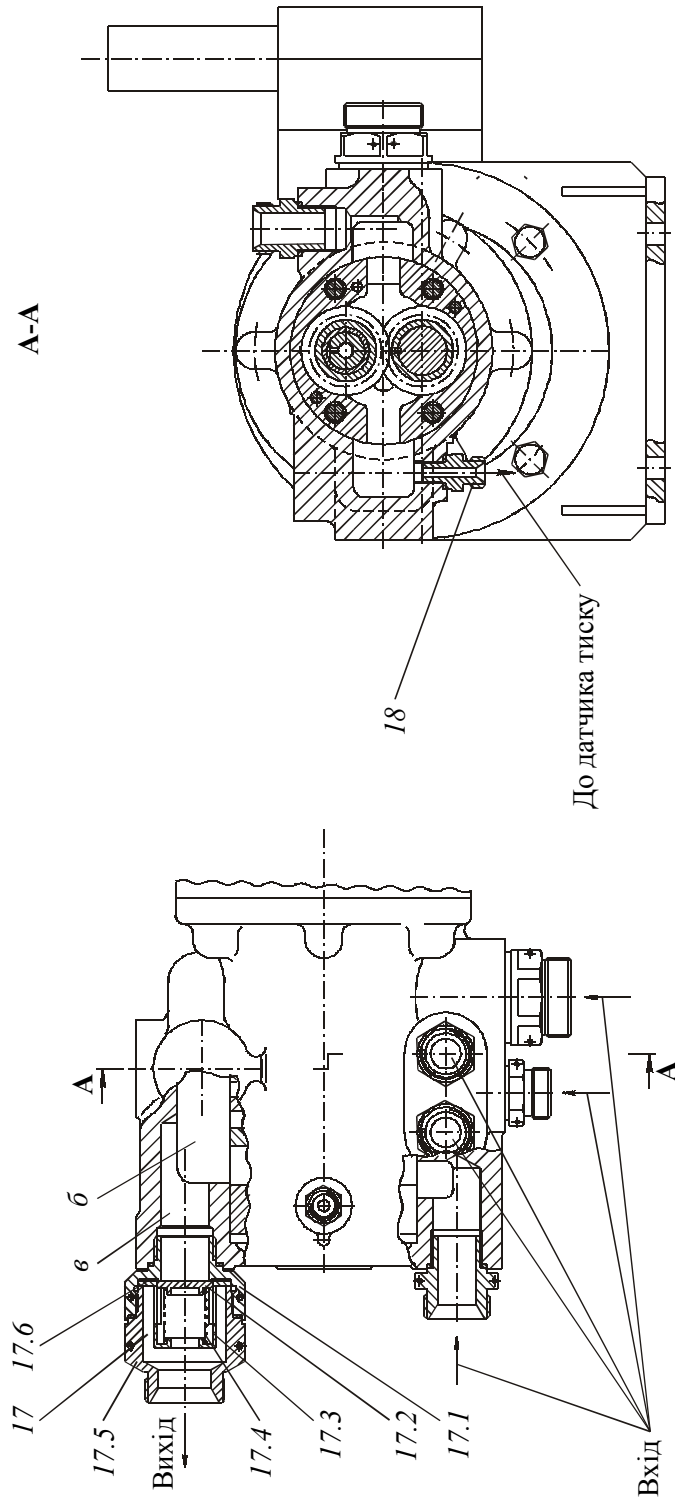
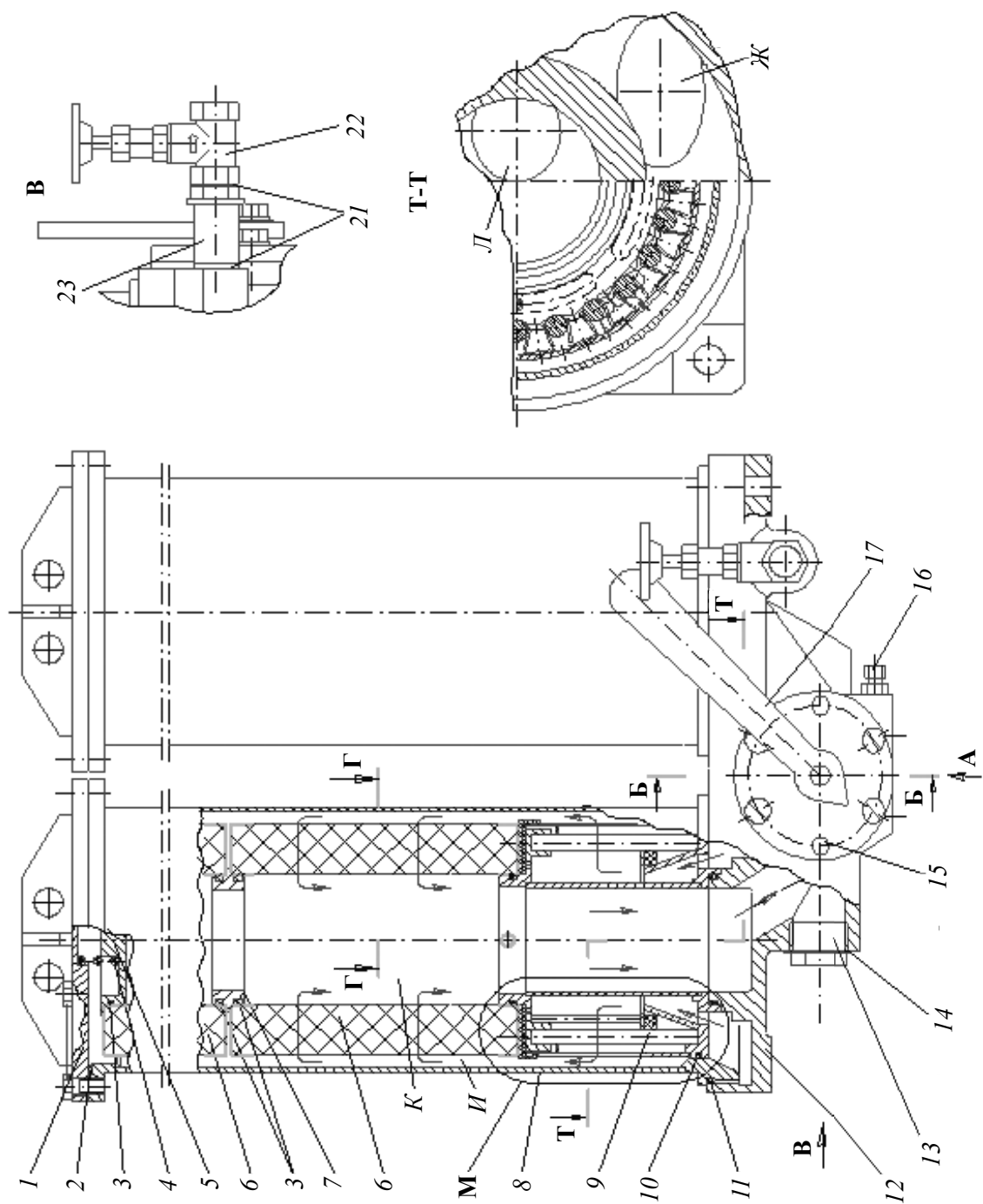


Рис. 11Д. Відкачувальний маслоагрегат з електроприводом:

6 – порожнина; 7 – канал; 8 – вісь; 9 – шпунці; 10 – ведені робочі шестірни; 11 – корпус; 12 – пакет відкачувальних насосів; 13 – сальник; 14 – шпунці; 15 – електродвигун; 16 – кронштейн; 17 – гумовий палець; 18 – вал-шестірня; 19 – робоча ведуча шестірня; 20 – втулка; 21 – зворотний клапан; 22 – клапан; 23 – стакан; 24 – пружина; 25 – пружинна шайба



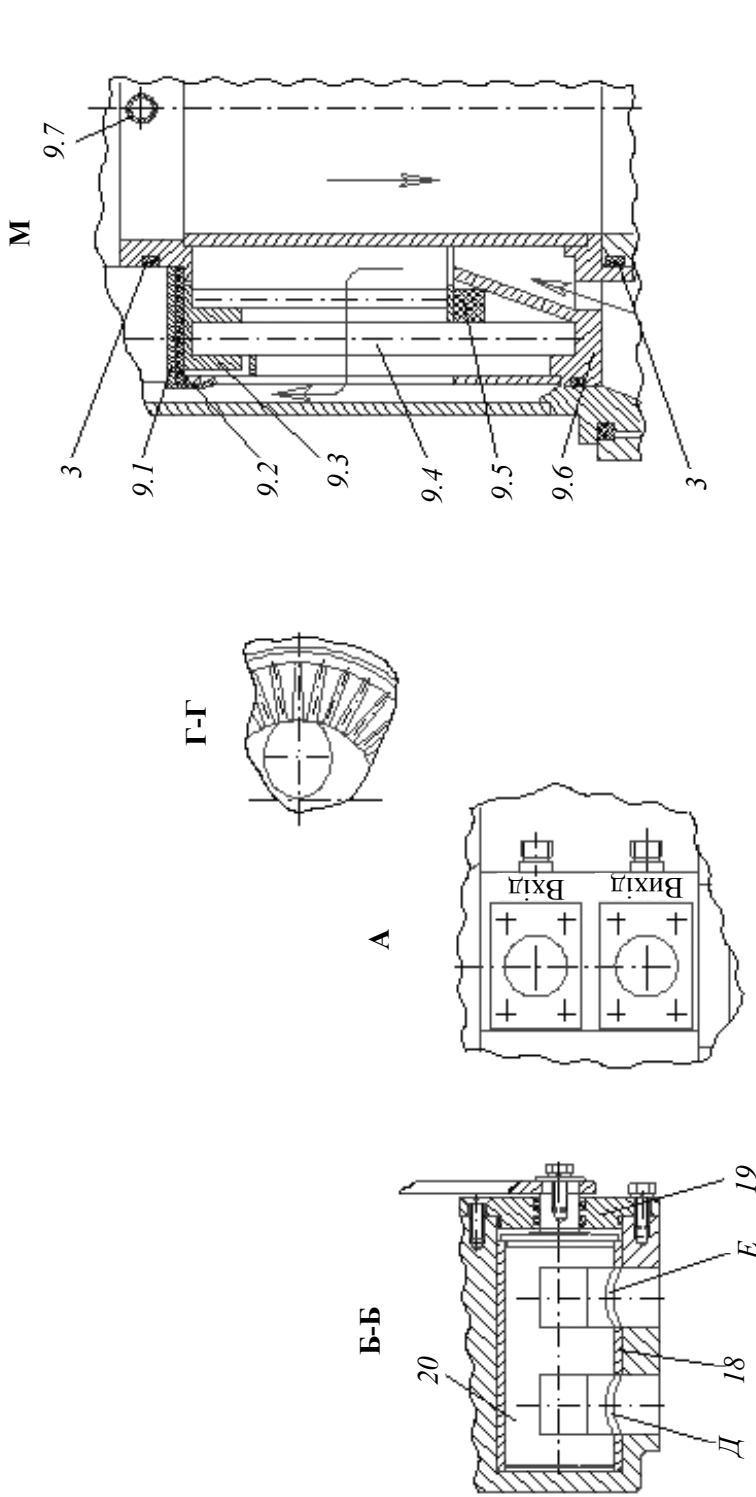
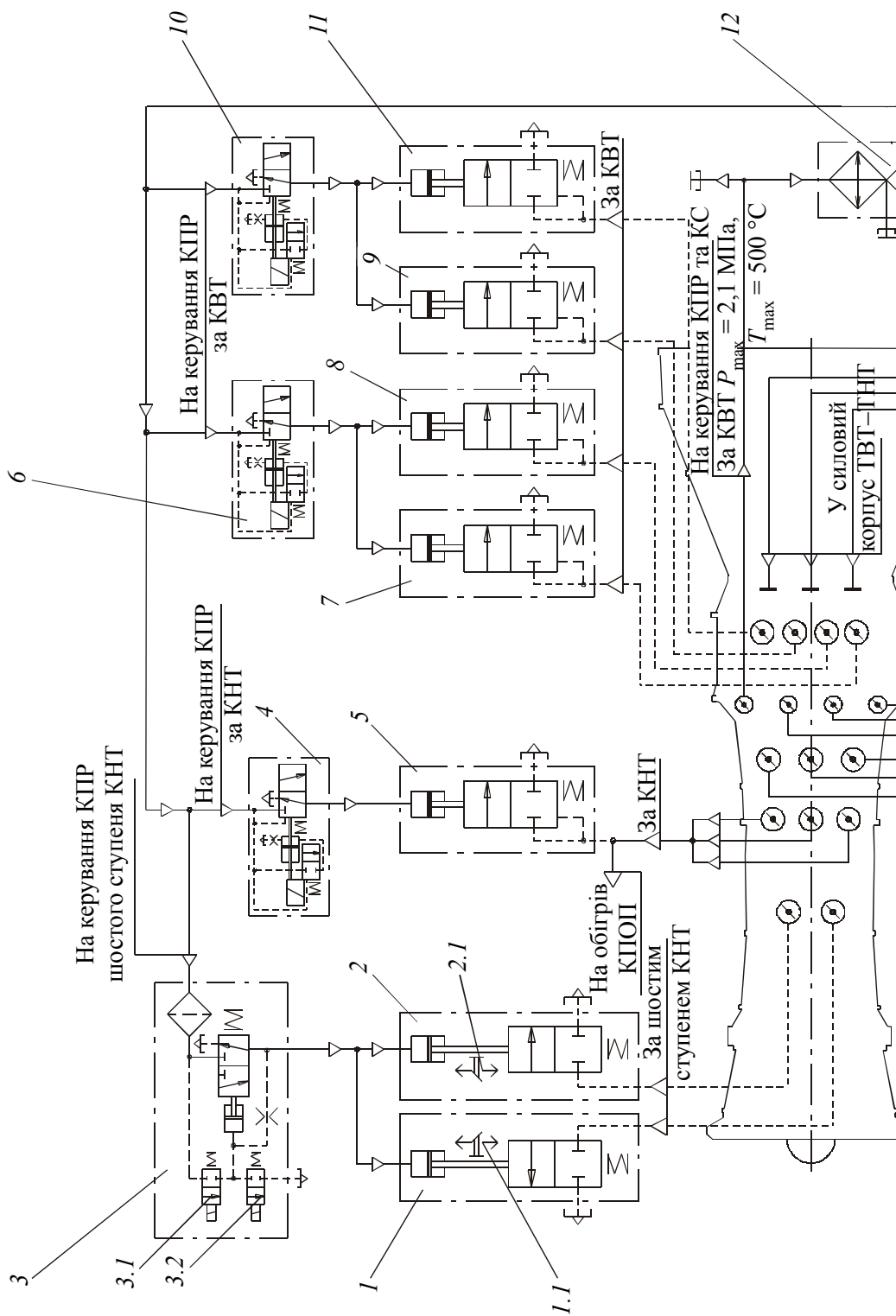


Рис. 13Д. Масляний фільтр:

Д – вікно відведення масла від фільтрувальних елементів; *Е* – вікно підведення масла до фільтрувальних елементів; *Ж*, *Л* – канали відповідно підведення та відведення масла; *К* – внутрішня порожнина фільтроелемента; *И* – кільцева порожнина навколо фільтроелементів; *1, 5, 9.1, 9.3, 19* – кришки; *2, 3, 10, 11, 14* – ущільнювальні кільця; *4* – пружина; *6* – фільтрувальний елемент; *7* – проставка; *8* – циліндр; *9* – магнітний фільтропакет; *9.2, 21* – прокладки; *9.4* – магніт; *9.5* – затвор; *9.6, 12* – корпуси; *9.7* – ручка; *13* – заглушка; *15* – гвинт; *16, 23* – штуцери; *17* – рукоятка; *18* – втулка; *20* – кран; *22* – клапан



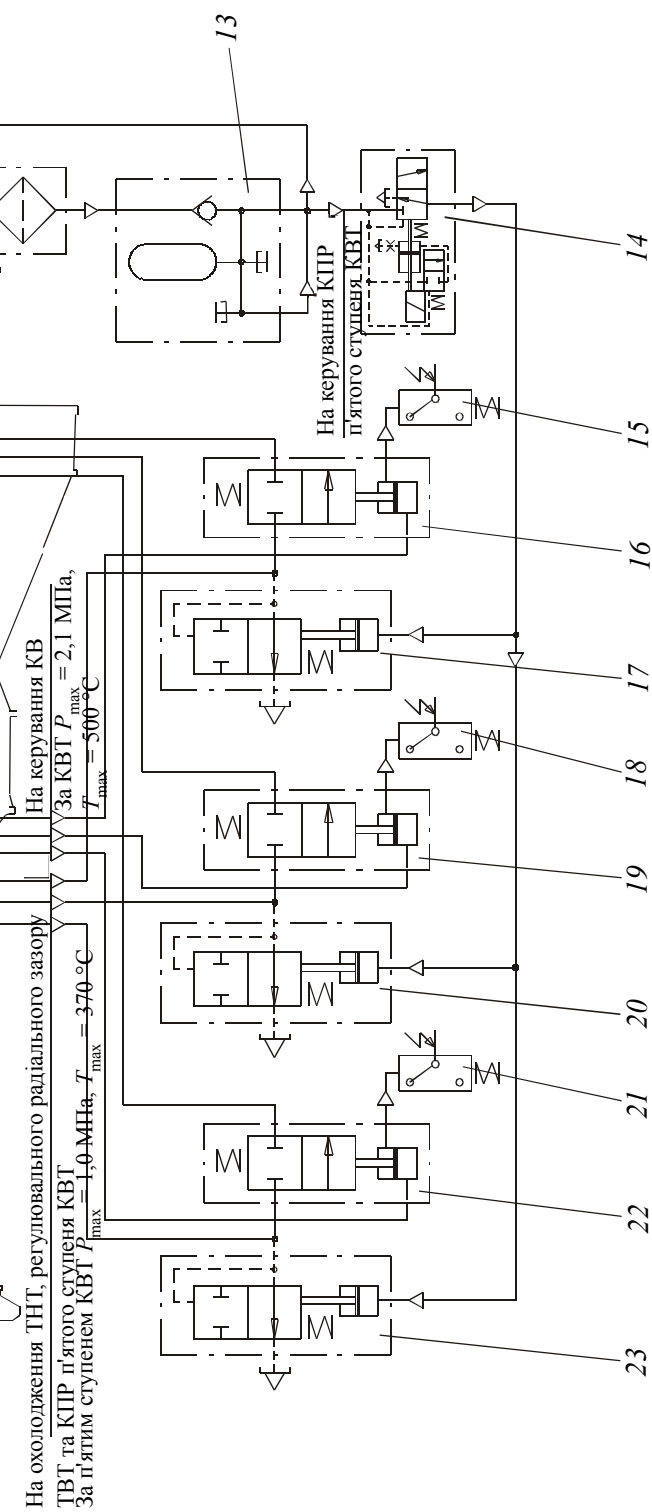


Рис. 21Д. Система пневмокерування двигуном

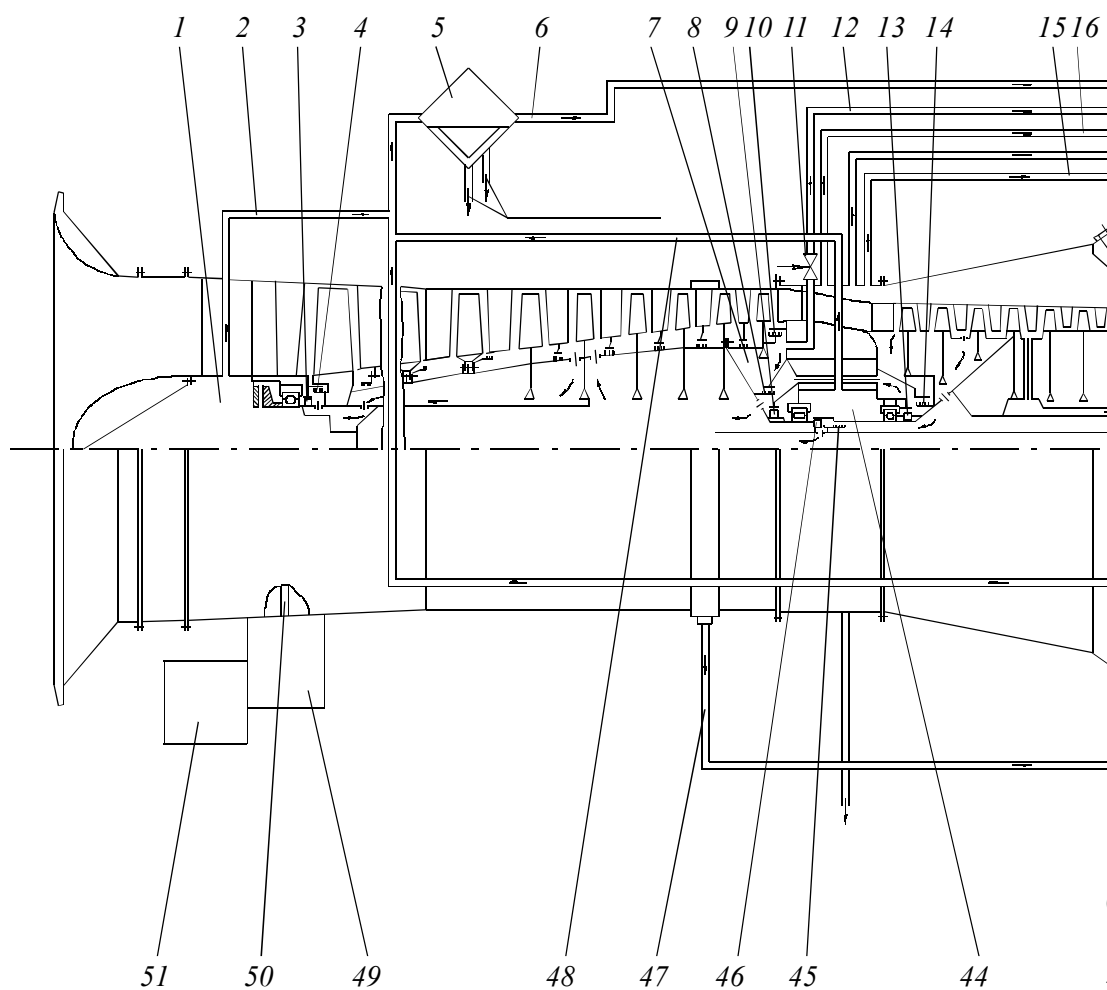
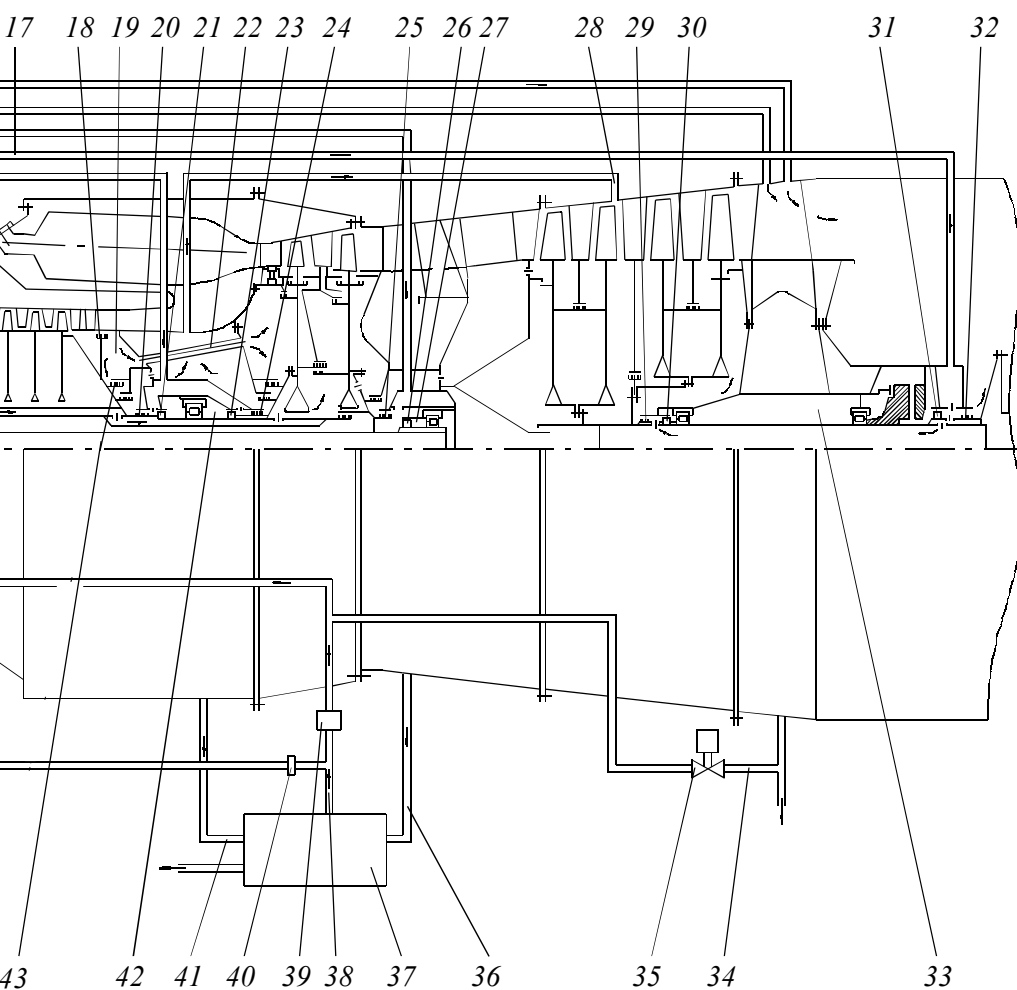


Рис. 26Д. Система сифонна

6 – труба відведення повітря зі статичного масловіддільника; 7 –
11 – регулювальний кран; 12 – труба стравлювання повітря з розвантажувальної
перепуску повітря; 28 – труба стравлювання повітря з міжлабіринтових



і розвантаження:

розвантажувальна порожнина КНТ; 10, 18, 43 – лабіринтові ущільнення;
 порожнини КНТ; 19 – розвантажувальна порожнина КВТ; 22 – труба
 порожнин заднього корпусу КВТ; інші позиції описані в тексті

ЗМІСТ

Перелік прийнятих скорочень	3
1. ПАЛИВНА СИСТЕМА ДВИГУНА	4
1.1. Призначення паливної системи	4
1.2. Склад і робота паливної системи	4
1.3. Агрегати паливної системи	5
2. СИСТЕМА ЗМАЩЕННЯ ДВИГУНА	8
2.1. Склад системи змащення та її призначення	8
2.2. Агрегати системи змащення	10
3. СИСТЕМА ПНЕВМОКЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ	24
4. СИСТЕМИ СУФЛЮВАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНА	30
4.1. Система суфлювання	30
4.2. Система розвантаження	32
5. СИСТЕМА ПРОМИВАННЯ ДВИГУНА	32
6. СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗАГАЗОВАНOSTІ	33
7. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ БЛОКА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА	35
8. СИСТЕМА ПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ	37
9. ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ	39
9.1. Призначення електроустаткування	39
9.2. Склад електроустаткування	39
Додаток	43

Навчальне видання

**ФІЛОНЕНКО Олександр Олексійович
ХАРЧЕНКО Валерій Іванович**

**БУДОВА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА
ТИПУ UGT25000E**

У двох частинах

Частина 2

Системи газотурбінного двигуна

Навчальний посібник

(українською мовою)

Редактор О.Є. Вакула
Комп'ютерна правка та верстка В.Г. Мазанко
Коректор М.О. Паненко

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 17.01.08. Папір офсетний. Формат 70×100/16.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 5,3. Обл.-вид. арк. 4,1. Тираж 200 прим.
Вид. № 17. Зам. № 382. Ціна договірна.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.