

О. С. МИТРОФАНОВ

А. Ю. ПРОСКУРІН



**ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ,
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

**НАВЧАЛЬНИЙ
ПОСІБНИК**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О. С. МИТРОФАНОВ, А. Ю. ПРОСКУРІН

**ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ,
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою НУК

Миколаїв
Видавець Торубара В. В.
2018

УДК 621.431 (076)
М67

Автори: *О. С. Митрофанов*, канд. техн. наук, доц. каф. ДВЗУ та ТЕ;
А. Ю. Проскурін, канд. техн. наук, доц. каф. ДВЗУ та ТЕ

Рецензенти: *С. І. Сербін*, д-р техн. наук, проф., директор Машинобудівного
навчально-наукового інституту НУК;

М. Р. Ткач, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри інженерної
механіки та технології машинобудування НУК

Митрофанов О. С.

М 67 Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього
згоряння : навч. посіб. / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін. — Миколаїв :
видавець Торубара В. В., 2018. — 152 с.

ISBN 978-617-7472-17-8

Присвячено практичним питанням технічної експлуатації, обслуговування та ремонту поршневих двигунів внутрішнього згоряння. Розглянуто причини підвищених зносів основних деталей і вузлів двигунів. Надано рекомендації щодо зниження зносів. Наведено схеми і способи вимірювання та ремонту основних деталей. Дано узагальнені рекомендації з експлуатації основних систем та агрегатів, що обслуговують ДВЗ.

Призначено для студентів денної та заочної форм навчання при вивченні курсів «Експлуатація та обслуговування машин», «Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння», «Експлуатація установок з ДВЗ».

УДК 621.431 (076)

ISBN 978-617-7472-17-8

© Митрофанов О. С., Проскурін А. Ю., 2018

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Теоретичні та нормативні основи технічної експлуатації двигунів внутрішнього згоряння	6
1.1. Основні тенденції розвитку двигунобудування та його технічної експлуатації	6
1.2. Основні поняття і визначення технічної експлуатації двигунів.	7
1.3. Види і методи технічного обслуговування та ремонту двигунів	11
1.4. Причини зміни технічного стану двигунів.	15
1.5. Організація ремонтних робіт.	18
1.6. Попередження зносу двигунів.	19
Контрольні питання	22
Розділ 2. Монтаж та експлуатація двигунів внутрішнього згоряння ...	24
2.1. Підготовка та монтаж двигунів на фундамент	24
2.2. Підготовка та введення у дію двигунів	30
2.3. Пуск і прогрів двигунів. Обслуговування під час роботи та зупинки. Експлуатація двигунів у різних кліматичних умовах	33
2.4. Особливості технічної експлуатації судових дизельних установок ..	41
2.5. Експлуатаційні характеристики та режими роботи судових двигунів ..	55
Контрольні питання	70
Розділ 3. Обслуговування та ремонт деталей, механізмів та пристроїв двигунів внутрішнього згоряння	72
3.1. Колінчастий вал	73
3.2. Втулка робочого циліндра	84
3.3. Кришка робочого циліндра	91
3.4. Поршень.	94
3.5. Шатун.	103
3.6. Підшипники	106
3.7. Механізм газорозподілу.	109
3.8. Паливна апаратура	111
3.9. Кожухотрубні охолоджувачі	115
3.10. Збирання двигунів після ремонту	137
3.11. Регулювання двигунів	141
Контрольні питання	148
Список літератури	150

ВСТУП

У даному посібнику розглядаються питання, пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням і ремонтом поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Цей тип теплових двигунів на сьогодні широко застосовується у більшості транспортних засобів: автомобілях, суднах, малій авіації і т. д. Грамотна технічна експлуатація поршневих ДВЗ дозволяє не тільки зберегти їх ресурс та знизити матеріальні й тимчасові витрати, в тому числі пов'язані з ремонтом, а і часто безпосередньо впливає на забезпечення безпеки життя людей.

Під технічною експлуатацією ДВЗ розуміють сукупність заходів, спрямованих на підтримку і підвищення їх технічного стану, техніко-експлуатаційних та економічних показників. Інакше кажучи, головним завданням технічної експлуатації поршневих ДВЗ є забезпечення мінімальної питомої витрати палива, високої надійності і великої тривалості їх роботи на номінальній потужності.

Високого рівня технічного стану ДВЗ і його експлуатації досягають:

- точним і неухильним виконанням рекомендацій та настанов, наведених в інструкції заводу-виготовлювача;
- дотриманням установлених термінів профілактичних оглядів і ремонтів ДВЗ;
- проведенням планово-попереджувальних заводських ремонтів у терміни, що відповідають правилам з технічної експлуатації ДВЗ.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

1.1. Основні тенденції розвитку двигунобудування та його технічної експлуатації

Двигун внутрішнього згоряння був винайдений більше ста років тому. І протягом усього періоду існування він безперервно вдосконалювався. До теперішнього часу успіхи в розвитку ДВЗ були досягнуті у конкурентній боротьбі з іншими видами енергетичних установок (ЕУ). У 70-х роках минулого століття провідні зарубіжні фірми вели інтенсивні дослідження зі створення автомобільних газотурбінних двигунів, двигунів Стірлінга і силових установок інших конструкцій, в тому числі й на паливних елементах. Однак заплановане їх впровадження у виробництво так і не було здійснене з огляду на економічну недоцільність.

У поршневих ДВЗ як найбільш широко використовуваному типі ЕУ є ряд переваг перед іншими типами силових установок. До теперішнього часу це, перш за все, паливна економічність і можливість задоволення міжнародним вимогам з екології. Налагодженість технології випуску ДВЗ забезпечила їх низьку питому вартість. Удосконалення робочого процесу призвело до високої об'ємної (масової) енергоемності.

Основні особливості розвитку робочих процесів сучасних автомобільних ДВЗ полягають у наступному:

- удосконалення систем газообміну: розширення застосування наддуву, обов'язкового для сучасних дизелів, збільшення кількості клапанів, змінні фази і висота їх підйому, відключення циліндрів;

- якісна зміна систем подачі палива: організація впорскування бензину, включаючи безпосередньо в циліндр, збільшення тиску впорскування (включаючи багаторазове) дизельного палива;

– розвиток систем зниження токсичності: нейтралізатори, фільтри, рециркуляція відпрацьованих газів (ВГ) та ін.

Упровадження більшості із цих заходів можливе лише при використанні електронних систем керування, які мають високу швидкодію і здатність здійснювати керування за складними законами, що особливо важливо для автотракторних ДВЗ, які працюють на змінних режимах.

Глобальна енергетична й екологічна криза вимагає суттєвого покращення економічних і екологічних показників ДВЗ, що обумовлює необхідність пошуку нових підходів для вирішення зазначених завдань.

Одним з перспективних підходів є переведення ДВЗ на *альтернативні види палива*. Перспективними альтернативами для автотракторних двигунів сьогодні можуть бути: газові палива; поновлювані палива рослинного походження, які одержані в результаті переробки біомаси в країнах зі сприятливими умовами її вирощування; спирти (етиловий і метиловий); диметиловий ефір. При цьому завжди слід ураховувати можливість використання так званого регіонального палива, яке можна отримати при найменших витратах і найбільш просто доставити до споживача — автотракторної техніки.

Перспективним підходом також є використання *нетрадиційних енергетичних установок*, а саме комбінованих ЕУ та установок на базі паливних елементів.

Комбіновані ЕУ (КЕУ) транспортних засобів, які також називають *гібридними*, включають у себе два джерела енергії — ДВЗ і електрогенератор. Такі установки мають ряд переваг:

– можна використовувати ДВЗ меншої потужності, що працює у вузькому діапазоні найбільш економічних режимів;

– на режимах холостого ходу і на початку розгону ДВЗ на трансмісію не працює, що покращує економічні та екологічні показники автомобіля;

– можливість передачі енергії в акумулятор при гальмуванні на примусовому холостому ходу та спусках автомобіля;

– при вимкненому ДВЗ зменшується витрата палива і викиди токсичних газів;

– поліпшення динамічних якостей транспортного засобу на низьких швидкостях через високий крутний момент електроприводу.

До основних переваг *транспортних засобів з паливними елементами* належать: вони екологічно нешкідливі; кількість водню, що використовується як паливо, не обмежена; відсутні викиди CO_2 ; істотно поліпшуються акустичні характеристики автомобілів; виключається механічний знос деталей; поліпшуються компонувальні можливості автомобіля, оскільки вузли його ЕУ можуть бути розосереджені по різних місцях кузова; поліпшуються комфорт і зручність керування через усунення коробки передач; вирішується проблема живлення електричних і електронних систем автомобіля; максимальний ККД сучасних паливних елементів досягається в області малих навантажень.

Основні недоліки таких транспортних засобів наступні: значні розміри і маса ЕУ; знаходження системи для зберігання або виробництва водню на борту; вартість автомобіля в 10 разів вища, ніж вартість автомобіля з ДВЗ; відсутність мережі станцій із заправки воднем. Альтернативним проміжним вирішенням є перетворення палива на борту автомобіля — *термохімічне перетворення*. Воно полягає в «звільненні» водню з енергоносія (бензину, дизельного палива, природного газу, спирту) в термохімічному реакторі, де за допомогою теплоти ВГ енергоносіє перетворюється в синтез-газ, що містить водень.

Розвиток суднових ДВЗ останніми роками здійснюється за рядом основних напрямків.

1. Підвищення циліндрових і агрегатних потужностей. У новітніх модифікаціях малообертових ДВЗ (МОД) середній ефективний тиск підвищений до 1,90...1,95 МПа, а для середньообертових ДВЗ (СОД) — 2,3...2,6 МПа.

2. Підвищення паливної економічності, яке досягається завдяки:

– збільшенню співвідношення ходу поршня до діаметра циліндра, що дозволяє при зниженні частоти обертання поліпшити якість продувки, наповнення циліндра і процес згоряння;

– застосуванню систем наддуву з постійним тиском, що в умовах високого наддуву при роботі на режимах великих навантажень забезпечує роботу турбокомпресора при високому ККД (72 % і більше);

– забезпеченню найкращого узгодження характеристик двигуна, турбіни і компресора;

– використанню турбокомпаундних систем, які вмикаються при навантаженні 50% і вище та передають свою потужність колінчастому валу дизеля, знижуючи витрату палива на 4...6 г/(кВт·год);

– збільшенню тиску вприскування палива, оптимізації фаз подачі палива зі зменшенням тривалості вприскування з метою інтенсифікації процесу сумішоутворення;

– підвищенню механічного ККД дизеля (до 92...94 %), у тому числі й обслуговуючих його агрегатів.

3. Переведення ДВЗ на важке низькосортне паливо з в'язкістю до 730 сСт при 50 °С.

4. Поліпшення екологічних показників дизелів (зниження вмісту NO_x, CO, CH у відпрацьованих газів).

5. Глибока утилізація теплоти відпрацьованих газів і теплоти охолоджуючої рідини.

6. Автоматизація дизельних ЕУ, широке впровадження дистанційного автоматизованого керування і систем автоматичного керування й контролю за роботою двигуна, а також розробка і впровадження електронних систем (з мікропроцесорами) керування та регулювання робочого процесу.

7. Створення оптимізованих конструкцій деталей, вузлів і двигунів у цілому; вдосконалення технології виготовлення деталей дизелів (з впровадженням нових технологічних процесів).

1.2. Основні поняття і визначення технічної експлуатації двигунів

Технічна експлуатація ДВЗ (ТЕ) як наука визначає шляхи і методи найбільш ефективного керування їх технічним станом. До цілей ТЕ належать:

- забезпечення своєчасної та якнайповнішої реалізації технічних можливостей конструкції, безпеки при виконанні робіт і заданих рівнів експлуатаційної надійності ДВЗ;
- оптимізація матеріальних і трудових витрат;
- забезпечення мінімального впливу технічного стану ДВЗ на людину й навколишнє середовище.

Сфера практичної діяльності ТЕ — це комплекс технічних, економічних і організаційних заходів, які забезпечують підтримку ДВЗ у справному стані та функціонування їх при раціональних витратах праці і матеріалів.

Складовими ТЕ є обкатка, технічне обслуговування, експлуатаційний ремонт, забезпечення паливом і мастильними матеріалами, техогляди й зберігання в неробочий період.

Ефективність ТЕ залежить від якості і його надійності.

Надійність — властивість виконувати задані функції при збереженні первинних технічних характеристик у часі в межах установлених допусків. Кількісними характеристиками надійності можуть бути однорідні (прості) показники і комплексні.

Прості показники надійності характеризують тільки одну властивість (напрацювання на відмову, гамма-процентний ресурс та ін.). *Комплексні показники* характеризують ряд властивостей (безвідмовність, ремонтпридатність і т. д.). До них належать коефіцієнти технічної готовності і використання, середній час відновлення тощо.

Надійність є узагальнюючою властивістю, що включає у себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережність (ГОСТ 27.002–83). Рівень надійності закладається при створенні ДВЗ, забезпечується при виробництві і підтримується при експлуатації.

Безвідмовність — властивість, що полягає в безперервному збереженні працездатності протягом деякого напрацювання. Вона характеризується ймовірністю безвідмовної роботи, інтенсивністю відмов, напрацюванням до відмови та іншими показниками.

Довговічність — властивість зберігати працездатність до граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Вона характеризується середнім ресурсом, середнім терміном служби тощо.

Ремонтпридатність — властивість, що полягає в пристосованості ДВЗ до попередження, виявлення та усунення відмов, підтримці і відновленні працездатності шляхом технічного обслуговування й ремонту. Вона оцінюється середнім часом відновлення працездатності.

Збережність — властивість зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом і після зберігання та транспортування. Оцінюється вона середнім і гамма-відсотковим термінами зберігання.

Надійність залежить від умов експлуатації ДВЗ, режимів роботи, якості технічного обслуговування і ремонту.

1.3. Види і методи технічного обслуговування та ремонту двигунів

Технічне обслуговування (ТО) — комплекс операцій чи операція з підтримки працездатності або справності ДВЗ під час використання його за призначенням, очікування, зберігання і транспортування (ГОСТ 18322–78).

Технічне обслуговування носить профілактичний характер з підтримки ДВЗ у справному стані. Розрізняють обслуговування, з одного боку, при використанні, зберіганні й транспортуванні, з іншого, періодичні, сезонні, регламентні та інші види ТО.

Операції ТО включають у себе очищення, мийку, перевірку стану ДВЗ і системи в цілому, змащення, кріплення складальних одиниць, регулювання вузлів і механізмів, інші роботи.

Розрізняють три основні стратегії ТО: за потребою, регламентацією і технічним станом, установленим у результаті діагностування (регламентованого).

Обслуговування за потребою проводиться за появи відмови складальних одиниць або ДВЗ у цілому.

Регламентне обслуговування носить планово-попереджувальний характер. Таке обслуговування передбачене в нормативно-технічній документації в установленому обсязі незалежно від стану ДВЗ у момент початку ТО.

Обслуговування за технічним станом проводиться за результатами контролю (діагностування) ДВЗ і складальних одиниць. Таке обслуговування здійснюється при періодичному і безперервному контролі.

Практика показує, що кращим варіантом ТО є обслуговування за технічним станом. Найбільш відсталий варіант — обслуговування за потребою. Останній варіант має місце у зв'язку з нестачею дешевих і надійних діагностичних засобів і технологій, що відповідають вимогам на даний момент.

Система ТО і ремонту — сукупність взаємопов'язаних засобів, документації, технічного обслуговування, ремонту і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення якості виробів, що входять у цю систему (ГОСТ 18322–78).

Системою ТО встановлені види обслуговування, їх періодичність і циклічність.

Під **видом** ТО (ремонт) слід розуміти ТО (ремонт), що виділяється за однією з ознак: етапом існування виробу, періодичністю виконання операцій, обсягом робіт при обслуговуванні (ремонті), умовами експлуатації ДВЗ, регламентації заходів і т. д.

Періодичність ТО — інтервал напрацювання (часу) між даними видами ТО (ремонт) і наступним таким же видом або іншим більшої складності.

Цикл ТО — найменші повторювані інтервали напрацювання або часу, протягом яких в певній послідовності виконують-

ся всі встановлені види періодичного ТО відповідно до вимог нормативно-технічної документації.

Види ТО підрозділяються (ГОСТ 18322–78) за етапом експлуатації, періодичністю виконання та регламентацією.

За **етапом експлуатації** ТО підрозділяються на такі види:

- *ТО при транспортуванні*, в тому числі при підготовці до транспортування, транспортуванні й після його закінчення;

- *ТО при використанні*, в тому числі при підготовці до використання, використанні і після закінчення використання;

- *ТО при зберіганні*, в тому числі при підготовці до зберігання, зберіганні та після зберігання.

За **періодичністю виконання** ТО за тракторними двигунами підрозділяються наступним чином:

- *періодичні ТО* — щозмінні ТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3;

- *сезонні ТО* — при переході із зимової експлуатації на літню (СТО-ВЛ) і при переході з літньої на зимову (СТО-ОЗ).

Методи ТО підрозділяються за географічним положенням, спеціалізацією, рівнем проведення, організацією проведення.

За **географічним положенням** методи поділяються:

- *централізований* — ТО виконуються персоналом і засобами одного підрозділу організації або підприємства;

- *децентралізований* — метод виконання ТО персоналом і засобами декількох підрозділів організації або підприємства.

За **спеціалізацією виконання**:

- *метод ТО експлуатуючим персоналом* — персоналом, що працює на даному ДВЗ при використанні його за призначенням;

- *метод ТО спеціалізованим персоналом* — обслуговування персоналом, спеціалізованим на виконанні операцій ТО.

За **рівнем проведення** ТО методи поділяються таким чином:

- *ТО експлуатуючою організацією* (АТП та ін.);

- *ТО спеціалізованою організацією* — станцією ТО автопрому або ін.;

– *ТО підприємством-виробником* через власні станції ТО.

За організацією проведення ТО:

– *потоковий метод ТО*: ТО виконується на спеціалізованих робочих місцях з певними технологічною послідовністю і ритмом;

– *комплексний метод*: операції з ТО проводяться на одному посту.

Вибір і обґрунтування того чи іншого методу повинні здійснюватися виходячи з місцевих конкретних умов виробництва, розмірів підприємства, його оснащеності та інших особливостей. Кожен із зазначених видів і методів ТО має свої переваги й недоліки.

Розвиток системи ТО повинен ув'язуватися з підвищенням якості та ресурсу мастильних матеріалів, розвитком технологій і засобів діагностування, використанням сучасних матеріалів для виготовлення деталей ДВЗ (особливо для тертьових поверхонь), удосконаленням технологій та засобів для проведення самих операцій ТО в бік зниження витрат праці, часу і коштів.

Для безаварійної роботи двигуна необхідно систематично перевіряти його технічний стан, використовуючи методи і засоби технічного діагностування.

Справний двигун має відповідати таким основним вимогам: працювати без стукотів і перебоїв, з мінімальним вмістом токсичних речовин у відпрацьованих газах, мати легкий пуск, герметичні системи живлення й охолодження та ін. Двигун повинен бути підданий ремонту при невиконанні цих та інших вимог, а також у випадку відмови в роботі його окремих агрегатів. Під час експлуатації ремонт двигуна поділяють на поточний і капітальний.

Поточний ремонт є найменшим за обсягом видом робіт, після виконання яких відновлюється працездатність двигуна. Як правило, поточний ремонт проводиться без повного розбирання двигуна і полягає в заміні деталей або механізмів, що вийшли з ладу (наприклад, заміна ременя приводу рідинного насоса, стартера, форсунки або свічки запалювання та ін.).

При **капітальному ремонті** двигун піддається повному розбиранню, після чого здійснюються дефектація деталей, заміна зношених деталей, складання двигуна і перевірка на стенді. При капітальному ремонті підлягають заміні наступні деталі:

- поршні, компресійні й маслоснімні поршневі кільця;
- гільзи циліндрів (за неможливості їх відновлення);
- вкладиші корінних і шатунних підшипників;
- ущільнювальні манжети;
- прецизійні деталі паливної апаратури дизелів;
- прокладки ущільнювачів.

1.4. Причини зміни технічного стану двигунів

До основних постійно діючих причин зміни технічного стану двигуна та інших окремих складальних одиниць машини належать (стосовно транспортних засобів):

- знос — близько 40 % ознак прояву відмов;
- пластична деформація — 26...30 %;
- руйнування від утомленості — близько 18 %;
- інші види руйнувань (тріщини — 12 %, температурні руйнування — 12 %, поломки — 5 %, інші — 4 %).

Найбільше значення при цьому має знос складальних одиниць.

Знос — процес поступової зміни параметрів виробу, обумовлений дією механічних, теплових і корозійно-механічних видів зносу, що визначаються режимами та умовами експлуатації. Результатом процесу зносу є знос, який зазвичай виражається в одиницях довжини (мікрометрах і міліметрах), але в окремих випадках знос виражають в одиницях маси (міліграмах, грамах і т. д.).

Процес зносу при експлуатації можна розбити на три періоди.

Перший період пов'язаний з припрацюванням з'єднань деталей та починається при незначному пробігу двигуна. Цей період

характеризується досить швидким наростанням зносу, оскільки відбувається згладжування мікрошорсткостей на робочих поверхнях деталей.

Закінчення припрацювання деталей закінчується після обкатки нового двигуна і характеризується стабілізацією зношування деталей, установленням зазору між ними. Цей зазор називається *номінальним*.

Другий період, або **період природного зносу**, — тривалий за часом період нормальної експлуатації двигуна, під час якого зношування деталей наростає.

Темп наростання зносу залежить від багатьох факторів. Кожне погіршення умов експлуатації збільшує темп зносу, тоді як проведення регулювальних робіт, поліпшення умов експлуатації (заміна масла, менші навантаження) знижує темп наростання зносу в даний період. Але загальна закономірність зносу не змінюється, він буде наростати, і знос досягне таких величин, які є допустимими. Подальша робота з'єднань у двигуні проходить при збільшених зазорах, зростанні динамічних навантажень, погіршенні змазування та, як наслідок, підвищеній швидкості зносу деталей.

Третій період роботи з'єднань у двигуні називають періодом аварійного зносу. Робота з'єднань протягом цього періоду може призвести до відмови і вимагає ретельного спостереження. Знос при цьому не повинен перевищувати граничної величини. Числові значення номінального зазору (зносу) задаються конструкцією двигуна, а значення допустимого і граничного зносу визначаються теоретично з умов міцності деталей, умов змащування і надійності з'єднань у двигуні.

Знос деталей поділяють на чотири види:

— *механічний*, при якому внаслідок механічної дії змінюються форма і розміри деталей без істотних фізичних та хімічних змін (наприклад, при роботі поршня);

— *фізико-механічний*, при якому механічний знос супроводжується суттєвими фізичними змінами (наприклад, обломи і викришування поверхонь деталей);

– *хіміко-механічний*, при якому механічний знос супроводжується суттєвими хімічними змінами, тобто зміною структури матеріалу деталей (корозія та ін.);

– *комплексний*, при якому механічний знос супроводжується суттєвими хімічними і фізичними змінами форми й матеріалу деталей.

Пластична деформація пов'язана з перевищенням навантажень над границею плинності, виявляється внаслідок порушень технології виготовлення, недоліків розрахунку на міцність, зниження міцності.

Руйнування від утомленості виникають у результаті впливу циклічних і знакозмінних навантажень (ресори, кронштейни та ін.).

Корозія проявляється під впливом агресивного середовища (кислоти, ґрунту і води, компонентів відпрацьованих газів, солі на дорогах), часто у взаємодії з іншими видами зносів — абразивним та іншими.

Старіння матеріалів проявляється під впливом фізико-хімічних і температурних змін. Гумотехнічні вироби втрачають міцність і еластичність під дією температури, паливо-мастильних матеріалів, сонячної радіації, вологості та в результаті окиснення. Мастильні матеріали накопичують продукти зносу, змінюють в'язкість і ін.

Властивості деталей змінюються не тільки при роботі, але і при зберіганні. При цьому знижується міцність гумотехнічних виробів, з'являється корозія матеріалів і т. д. У зв'язку із цим організація зберігання є завданням ТЕ ДВЗ.

1.5. Організація ремонтних робіт

При організації та проведенні робіт з ремонту двигунів необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки, безпеки праці та санітарних правил і норм. Ремонт агрегатів і вузлів повинен виконуватися в приміщеннях, спеціально оснащених для цих робіт відповідним обладнанням та устаткуванням. При розбиранні

агрегатів на деталі слід користуватися знімачами і пристроями, що полегшують працю працівників та забезпечують безпеку проведення робіт.

Підйомно-транспортні пристрої, що застосовуються при проведенні ремонтних робіт, мають пройти контроль і бути атестовані органами з нагляду за вимогами безпеки.

У разі необхідності робочий персонал повинен мати індивідуальні засоби захисту. У приміщенні має бути аптечка, укомплектована медикаментами, які необхідні для надання першої допомоги.

Стационарне обладнання, яке використовується при ремонті, має бути встановлене на фундамент і надійно прикріплене до нього болтами. Корпуси електродвигунів, верстатів і устаткування повинні бути надійно заземлені. Дотримання перерахованих вимог дозволить виконати роботи з ремонту агрегатів без травматизму.

Послідовність проведення робіт з поточного ремонту двигуна, необхідне обладнання та інструмент, а також технічні вимоги на виконання робіт, як правило, вказані в інструкції з ремонту заводу-виробника двигуна. Для якісного виконання ремонту двигунів необхідно використовувати спеціалізований інструмент, розроблений заводом-виробником двигуна.

1.6. Попередження зносу двигунів

Для попередження появи ненормальних зносів у проміжках між черговими заводськими ремонтами, відповідно до чинної на флоті системи технічної експлуатації, передбачаються планово-попереджувальні огляди двигунів.

Під час профілактичних оглядів:

- очищають і просочують деталі від нагару, накипу, масляних залишків та корозії;

- оглядають деталі та вузли з метою виявлення тріщин, обломів і обгорань;

– зазори заміряють і обміряють для визначення ступеня їх зносу та можливості подальшого використання;

– замінюють деталі, що мають дефекти і граничні зноси.

Деталі очищають від нагару ручним, механічним і хімічним способами. Вручну нагар очищають шаберами, сталевими щітками, скребками. При хімічному способі деталі обробляють речовинами, які розчинюють, та розпушують нагар (10%-й розчин каустичної соди та ін.). Масляну плівку з деталей видаляють промиванням їх у гарячій воді, а потім у гасі. Для видалення з деталей консистентних масел (при розконсервуванні) використовують лужні розчини.

Накип та іржу видаляють хімічним способом, тобто обробляють деталі кислотою або лугом. При цьому багато деталей обробляють шляхом занурення їх у ванну з хімічним розчином. Порожнину охолодження очищають від накипу шляхом заповнення її розчином кислоти з наступним промиванням лужним розчином і водою.

Для виявлення в деталях тріщин та інших пошкоджень, не видимих неозброєним оком, застосовують спеціальні способи дефектоскопії (магнітний, просвічування, рентгенівськими променями, гамма-дефектоскопія, ультразвуковий контроль).

У суднових умовах при виявленні тріщин часто використовують крейдо-гасовий пробій. Для цього деталь покривають водним розчином крейди або каоліну. Після висихання розчину зворотний бік деталі перевіряють змочуючи гасом. Якщо в деталі є тріщини, гас проникає через них і утворює на пофарбованій поверхні плями або лінії.

Велика увага при розборі й оглядах двигуна повинна бути приділена вимірюванням зазорів, обмірюванням деталей, вивченню зносів та проведенню заходів щодо їх зменшення.

Знос і пошкодження поділяються на нормальні й аварійні. **Нормальним** називається такий знос, який проходить з помірною швидкістю та є наслідком довготривалого впливу різних факторів при нормальній експлуатації двигуна при строгому дотриманні догляду за ним.

Аварійний знос наростає з високою швидкістю і з'являється переважно в результаті порушення правил технічної експлуатації, застосування недоброякісного матеріалу, порушення технічного виготовлення або ремонту деталей двигуна. Дані зноси потрібно строго враховувати і ретельно вивчати. Це дає можливість своєчасно прийняти заходи щодо усунення причин, що можуть викликати аварію двигуна.

На графіку (рис. 1) виділено три певних ділянки. **Ділянка I** характеризує процес припрацювання нових деталей та з'єднань під час обкатки двигуна. Цей процес необхідний і неминучий, тому що, незважаючи на ретельність обробки третюх поверхонь, вони все ж мають технологічні нерівності у вигляді мікроскопічних виступів та западин.

Під час припрацювання шорсткість поверхонь згладжується. Наростання зносу на цій ділянці може бути інтенсивним, якщо процес припрацювання короткочасний.

Ділянка II належить до часу нормальної експлуатації двигуна, коли зазор у з'єднанні припрацьованих деталей зростає рівномірно і повільно. Швидкість зносу з'єднаних деталей протягом цього періоду залишається незмінною.

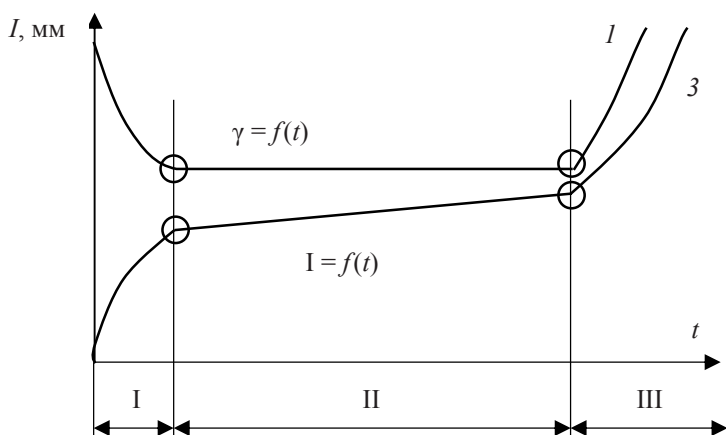


Рис. 1. Залежність зносу та інтенсивності зносу деталей від часу роботи двигуна

На ділянці III знос різко зростає. Ця ділянка відповідає часу руйнування з'єднань, коли знос уже перевищує допустиму межу, що визначається граничним зазором. У зв'язку із цим експлуатація двигуна при зазорах (зносах), що перевищують значення, вказані в заводській інструкції, неприпустима.

Отже, ділянка II — період нормальної експлуатації — визначає міжремонтний час роботи деталі (вузла). Після закінчення цього терміну необхідне відновлення первісної геометричної форми і розмірів деталей та характеру їх з'єднання (посадки).

Знос двигуна встановлюють шляхом обмірювання деталей і визначення зазорів у з'єднаннях. Вимірювання деталі необхідно здійснювати при однаковій температурі. Якщо деталі (поршні з алюмінієвих сплавів, втулки верхньої головки шатуна) замірюються при температурі нижче 10 °С або вище 25 °С, слід вводити температурну поправку.

Діаметр деталей заміряють у декількох взаємно розташованих площинах, визначаючи відхилення від циліндричної форми з поперечним перерізом і по довжині. Для визначення внутрішніх діаметрів застосовують індикатор або мікроскопічні нутроміри, зовнішні діаметри обміряють мікрометрами.

Зазори в з'єднаних деталях визначають при розбиранні вузла тертя, визначаючи обидві деталі, або без їх розбирання, використовуючи щупи та спеціальні шаблони.

Точність вимірювань при використанні індикатора повинна бути до 0,01 мм та 0,02 мм при використанні щупа.

Результати замірів деталей і зазорів записують у карту вимірювань і порівнюють їх з допустимими номінальними або рекомендованими заводом-виробником. Придатні для подальшого використання вважають деталі, в яких розміри лежать у межах допустимих норм і не мають будь-яких інших ознак браку.

Крім дефектації окремих деталей періодично згідно з графіком перевіряють правильність положення деталей щодо баз, а також взаємне розташування деталей і вузлів (положення вала в підшипниках, осьові розбіги, радіальні зазори, зазори в зачепленні шестерень і под.).

Зниженню зносів двигуна сприяють: своєчасне очищення його деталей і вузлів від нагару, накипу, іржі; нормальне змащування; регулярне регулювання газорозподілу, паливної апаратури й робочого процесу двигуна; зменшення кількості; запобігання перевантаженням та ін.

Контрольні питання

1. Які основні види робіт включає у себе технічна експлуатація?
2. Якими основними об'єктивними і суб'єктивними причинами диктується вдосконалення системи технічної експлуатації?
3. Якими методами і способами забезпечується надійність двигунів?
4. Опишіть вплив технічного стану двигуна і його складових частин на його вихідні показники.
5. Які основні причини зміни технічного стану двигунів при експлуатації?
6. Наведіть класифікацію процесів зношування двигунів і їх складових частин.
7. Охарактеризуйте основні періоди зношування в процесі експлуатації двигуна.
8. Опишіть вплив кваліфікації обслуговуючого персоналу на ефективність технічної експлуатації двигуна.
9. Опишіть вплив умов експлуатації на зміну технічного стану двигуна.
10. Опишіть вплив конструктивно-технологічних факторів на технічний стан двигуна при експлуатації.
11. Опишіть види закономірностей зміни технічного стану двигуна.
12. Охарактеризуйте закономірності випадкових процесів зміни технічного стану двигуна.
13. Охарактеризуйте методи забезпечення працездатності двигунів.

14. Що таке технічне обслуговування двигунів?
15. Опишіть види ТО і їх призначення.
16. Опишіть основні види робіт при проведенні ТО і їх особливості.
17. Що таке ремонт двигуна і його складових частин? Які види ремонту виконуються при технічній експлуатації двигуна?
18. Охарактеризуйте капітальний ремонт двигуна.
19. Охарактеризуйте поточний ремонт двигуна.
20. Охарактеризуйте призначення діагностування двигуна.
21. Охарактеризуйте структуру різновидів систем діагностування.
22. Опишіть умови застосування діагностування двигунів.
23. Охарактеризуйте методи діагностування двигунів.
24. Що таке періодичність ТО? Які методи визначення періодичності ТО використовуються при технічній експлуатації двигунів?
25. Яке технологічне обладнання застосовується при виконанні робіт з ТО і ремонту двигунів?
26. Опишіть основні види робіт, що проводяться при ТО двигунів різного призначення.

РОЗДІЛ 2

МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

2.1. Підготовка та монтаж двигуна на фундамент

У процесі монтажу, експлуатації та ремонту дизелів або дизель-генераторів необхідно дотримуватися наступних вимог техніки безпеки і пожежної безпеки.

1. Не допускати до обслуговування дизелів і дизель-генераторів осіб, які не мають необхідних навичок і знань обслуговування та експлуатації, а також які не пройшли інструктаж з техніки безпеки і пожежної безпеки.

2. При монтажі, експлуатації, проведенні технічних обслуговувань, а також ремонті необхідно виконати наступне:

- установити запобіжні щитки або кожухи на відкриті обертові деталі (маховик, муфту відбору потужності, фланець вала редуктора, вентилятор і ін.);

- випускна труба, що знаходиться всередині машинного відділення, повинна бути теплоізольована, щоб не допустити випадків опіку;

- установити спеціальні щитки на коробках затискачів високої напруги (від 115 В і вище);

- перед вмиканням навантаження дати заздалегідь обумовлений попереджувальний сигнал;

- користуватися тільки низьковольтним (до 36 В) переносним освітленням;

- залити масло в картер дизеля не вище від верхньої мітки покажчика масла.

На працюючому дизелі або дизель-генераторі не дозволяється:

- проводити ремонтні роботи, усувати течі шляхом підтяжки штуцерів, гайок, болтів, змащувати і чистити дизель;

– провертати колінчастий вал дизеля електростартером при незакріплених форсунках;

– ремонтувати електрообладнання, що знаходиться під напругою. Слід регулярно перевіряти надійність з'єднання нульової точки силового генератора із заземлюючим проводом.

При виконанні операцій технічних обслуговувань рубильників увімкнення силового генератора й акумуляторних батарей повинні бути вимкнені. У машинному відділенні має бути обладнане аварійне освітлення, яке забезпечує спостереження за показаннями приладів під час вимкнення основної освітлювальної мережі.

3. Забороняється пуск дизеля з використанням легкозаймистих рідин (бензину, ефіру та ін.). Біля дизеля або дизель-генератора не палити, не розливати паливо і масло, не зберігати промаслене ганчір'я та інші легкозаймисті матеріали. Масло, що зайнялося, і паливо необхідно гасити вуглекислотними або порошковими вогнегасниками, піском, полотном, але не заливати водою.

4. При «розносі» дизеля необхідно негайно вимкнути подачу палива рукояткою вимикання рейки або рукояткою всережимного регулятора, максимально навантажити дизель і перекрити надходження повітря в дизель серветкою або брезентом. Якщо поруч є гайковий ключ, відгорніть на півоберту накидні гайки трубопроводів високого тиску.

5. З моменту встановлення і введення в експлуатацію дизеля або дизель-генератора необхідно вести спеціальний (змінний, вахтовий, машинний) журнал, в якому поряд з даними, що відображають технічний стан, повинні міститися зведення про здавання і прийняття зміни (вахти), дати, графіки змінності й т. д.

6. Ваги установлені в машинному приміщенні електроустановки (дизель-генератори, електровентилятори, щити і пульти керування) постійного струму напругою не вище 30 В і змінного струму напругою вище 36 В мають бути заземлені. Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 25 Ом.

7. У машинному приміщенні рекомендується мати аптечку з комплектом засобів надання першої медичної допомоги при опіках, ураженнях струмом, подряпинах шкіри, травмах і под.

8. При екстреній зупинці дизеля, що має температуру охолоджуючої рідини замкнутого контуру 95...105 °С, відбувається викид киплячої рідини через отвори відведення пари корпусу клапана або кришки розширювального бачка радіатора. Для того щоб уникнути отримання опіків, необхідно накрити клапан або кришку серветкою.

Підготовка до монтажу

Місце установлення дизель-генератора повинно забезпечувати вільний доступ до всіх його частин, а також можливість розбирання при обслуговуванні й ремонті.

Судновий дизель-генератор слід установлювати так, щоб вал розташовувався паралельно діаметральній лінії судна. Для забезпечення висоти всмоктування насоса, яка повинна бути не більше 1,5 м, судновий дизель-генератор треба розмішати в трюмі машинно-котельного відділення. При розміщенні дизель-генератора на платформі машинно-котельного відділення насос заборотної воли повинен встановлюватися в трюмі машинно-котельного відділення.

Бажано при розміщенні дизель-генератора врахувати можливість скорочення протяжності електрокабелів і газовипускних трубопроводів, виключивши їх перетин.

Допоміжне обладнання, що обслуговує дизель-генератор, розміщується, як правило, з боку вільного кінця вала дизеля. Висота приміщення, в якому встановлюється дизель-генератор, повинна забезпечувати виймання поршня з шатуном без нахилу. Габарит приміщення по довжині дизель-генератора має забезпечити виймання ротора генератора. При монтажі дизеля або дизель-генератора слід звернути особливу увагу на чистоту внутрішньої порожнини масляних труб, які підганяються за місцем при монтажу. Для ремонту дизеля над ним повинна бути передбачена монорейка з талем необхідної вантажопідйомності. Глушник-іскрогасник має розміщуватися у вертикальному положенні в місцях, що забезпечують можливість їх очищення і зливу гудрону. Пускові балони повинні розміщуватися у вертикальному положенні поблизу дизель-генераторів у місцях, зручних для обслуговування. Допускається розміщення балонів групами.

Пристрій газовипускної системи необхідно виконати так, щоб протитиск викидів на номінальному навантаженні не перевищував установлених даних. Проходи між дизелем з боку керування і стіною або розташованим біля стіни обладнанням мають бути не менше 2 м. Повітряний, масляний, паливний, водяний трубопроводи і кабелі від генератора до щита стаціонарних дизель-генераторів необхідно розташовувати в траншеях. Траншеї повинні бути достатньо місткими з бетонними або цегляними стінками, покритими сталевими листами, мати дренажі. Вихлопний трубопровід повинен бути прокладений з мінімальною кількістю і максимально можливими радіусами вигинів. При підготовці до монтажу редуктора необхідно зовнішні оброблені поверхні очистити від консерваційних покриттів, промити спиртом або дизельним паливом, провести зовнішній огляд з метою виявлення можливих дефектів, зняти оглядові люки, не знімаючи кришки редуктора та оглянути зубчасті зачеплення.

Суднові дизель-генератори

Дані дизель-генератори повинні установлюватися на жорсткому фундаменті на спеціальних амортизаторах у суворій відповідності до габаритних креслень, які поставляються з дизель-генератором. Фундамент повинен мати рівну горизонтальну площину для забезпечення рівномірного розподілу вагового навантаження по всій довжині опорних площин рами агрегату. Відхилення від загальної прилеглої площини опорних площин передніх жорстких опор не більше 0,05 мм. Кількість жорстких опор не менше чотирьох пар, рівномірно розташованих по довжині опорної площини дизель-генератора. Монтаж слід робити в такому порядку:

- установити дизель-генератор на амортизатори, попередньо змонтовані на судовому фундаменті, та закріпити болтами. Затягнути болти з обох боків рівномірно в перехресному порядку;

- перевірити прилягання лап фундаментної рами до верхніх площин рами, при цьому на рекомендованій відстані від осей болтів не повинні проходити щуп заданої товщини до затягування болтів та щуп іншої товщини після затяжки болтів;

- перевірити центрування вала дизеля з валом генератора, злам осей валів та зміщення осей допускаються не більше рекомендованих у технічних умовах на двигун;
- перевірити розбіжність (раскеп) щік колінчастого вала при вертикальному і горизонтальному положеннях;
- приєднати до дизель-генератора паливний, повітряний, водяний, масляний та вихлопний трубопроводи;
- розконсервувати дизель-генератор (розконсервацію проводити не раніше, ніж за дві доби до моменту пуску дизеля).

Стаціонарні дизель-генератори

Такі дизель-генератори рекомендується встановлювати в просторах, світлих, чистих, добре вентильованих приміщеннях, які відповідають вимогам протипожежної безпеки. Фундамент під дизель-генератор повинен розташовуватися так, щоб від стін будівлі до фундаменту залишалася відстань не менше 1 м. Фундамент будувати відповідно до креслень, які поставляються з дизелем. Зазначені на кресленні основні габаритні розміри фундаменту мінімальні й рекомендуються для спорудження фундаменту на міцному твердому ґрунті. Під час експлуатації дизель-генератора не допускати стікання масла і палива на фундамент, оскільки це може призвести до розпушення бетону і кладки фундаменту, а воно, в свою чергу, до його нерівномірного осідання.

Монтаж стаціонарного дизель-генератора виконується в такому порядку:

- фундаментні балки під дизель і генератор установити на фундамент за рівнем і закріпити болтами, попередньо зачистивши поверхні балок та фундаменту;
- установити на балки дизель і генератор та закріпити болтами. Затягнути болти з обох боків рівномірно в перехресному порядку;
- перевірити прилягання площин лап фундаментної рами до верхніх площин фундаментних балок;
- з'єднати дизель з генератором через напівмуфту;

- відцентрувати вал дизеля з валом генератора, злам осей валів та зміщення осей допускаються не більше рекомендованих у технічних умовах на двигун;
- перевірити розбіжність (раскеп) щік колінчастого вала при вертикальному і горизонтальному положеннях;
- приєднати до дизель-генератора паливний, повітряний, водяний, масляний і вихлопної трубопроводи;
- розконсервувати дизель-генератор.

Обкатка нового дизеля після монтажу

Монтувати дизель рекомендується під керівництвом фахівців заводу-виробника. Новий дизель після монтажу та розконсервації обкатується так, як зазначено в інструкції з експлуатації. Після обкатки та регулювання дизель допускається до подальших випробувань.

Після регулювання дизель повинен забезпечити роботу на повній потужності при номінальній частоті обертання і параметри робочого процесу.

Регулювання дизеля проводити у таких випадках:

- після монтажу, ремонту і ревізії;
- після зняття та встановлення окремих деталей механізму газорозподілу, паливної системи, поршневої групи;
- під час експлуатації (періодично) для усунення дефектів в органах газорозподілу і паливоподачі, а також відхилень тиску й температури вихлопних газів циліндра.

Регулювання поділяється на два етапи: попереднє — виконується до пуску дизеля, і під час роботи дизеля під навантаженням.

2.2. Підготовка та введення у дію двигуна

Після розконсервації, тривалої зупинки (більше 5 днів) або проведення ремонтних робіт дизель перед пуском необхідно ретельно оглянути, а після ремонтних робіт, пов'язаних з розбиранням системи керування, відрегулювати. При цьому необхідно:

- ретельно перевірити кріплення й шплінтування всіх деталей усередині дизеля, звернувши особливу увагу на шплінтування шатунних болтів та шпильок рамових підшипників;

- перевірити від руки рухливість впускних і випускних клапанів;

- промити паливні й масляні фільтри;

- заповнити паливні баки дизельним паливом, а для дизелів після тривалої зупинки або ремонту злити відстій з паливних й масляних резервуарів, довести до норми;

- випустити повітря з паливної системи дизеля і прокачати паливні насоси;

- перевірити тиск повітря в пускових балонах, за необхідності підкачати, продуту конденсат;

- заповнити систему охолодження водою;

- перевірити, чи не витікає вода через клапан зливу води з нагнітального колектора;

- налити масло в порожнину регулятора швидкості до верхньої мітки покажчика масла;

- налити масло в бак масла, картер дизеля і редуктор на дизелі з редуктором;

- прокачати масляним насосом (пневматичним або ручним) масло через усю магістраль, повертаючи колінчастий вал дизеля при відкритих індикаторних кранах, одночасно простежити за рухливістю всіх частин дизеля і переконатися у відсутності води в робочих циліндрах;

- переконатися в тому, що масло надходить до всіх частин дизеля, які змазуються, до підшипників турбокомпресора, головних і шатунних підшипників, верхніх головок шатунів, зубчастих передач;

- прибрати важіль повороту вала, закрити індикаторні крани;

- перевірити правильність положення всіх кранів на повітряній, паливній, водяній та масляній системах.

Повний обсяг необхідних робіт з підготовки до пуску двигуна встановлюється в кожному окремому випадку.

У двигунах з редуктором разом з підготовкою до пуску двигуна необхідно також підготувати і редуктор. Після установалення, ремонту, перебирання або тривалої перерви в роботі слід виконати наступне:

- налити масло в піддон редуктора, а після перебирання або тривалої перерви в роботі перевірити рівень масла в піддоні, за необхідності долити;

- відгвинтити зливну трубку на фільтрі масла, перевірити відсутність води в маслі;

- зняти лючки і змастити шестерні маслом.

При повсякденній експлуатації перевірити рівень масла в піддоні редуктора.

Підготовка дизеля до роботи також включає в себе і підготовку палива, масла, стисненого повітря (якщо двигун запускається за допомогою стиснутого повітря) та охолоджуючої рідини, які використовуються у двигуні.

Відповідність палива державному стандарту повинна бути підтверджена сертифікатами на поставлене паливо і лабораторними аналізами кожної його партії у частині в'язкості, температури спалаху, вмісту сірки, механічних домішок і води. Застосування марок палива, що відрізняються від рекомендованих, може призвести до порушення нормальної роботи дизеля і бути причиною виходу з ладу його деталей.

Якість масла кожної партії має бути також підтверджена сертифікатом постачальника і лабораторними аналізами масла: його в'язкості, температури спалаху, вмісту механічних домішок і води. Застосування масел, що відрізняються від рекомендованих, забороняється.

Компресором високого тиску заповнюють балони пусковим повітрям, де воно зберігається під значним тиском. Надійна робота всієї пускової системи дизеля в значній мірі залежить від кількості вологості, що знаходиться у пусковому повітрі. Після кожного

заповнення балон необхідно продувати для видалення конденсату. Особливо ретельно продувати балон слід у разі, коли після заповнення температура навколишнього повітря значно знизилася. Балони повинні періодично перевірятися. Ремонт головки балона, що знаходиться під тиском, категорично забороняється.

Для охолодження дизеля треба застосовувати чисту прісну воду тимчасової жорсткості (1,5...3,0 міліграма-еквівалентних на літр). Попередньо воду слід профільтрувати для виділення грубих дисперсних домішок.

Потрапляючи у внутрішні порожнини поверхонь нагрівання, прісна вода утворює накип і шлам, а розчинені у воді корозійно-активні гази (кисень і вуглекислий газ) визивають корозію внутрішніх порожнин. Накип відкладається у вигляді міцного шару на стінках поверхонь нагріву, шлам виділяється у вигляді дрібних частинок. Відкладення накипу і прикіпання шламу на внутрішніх поверхнях нагрівання знижують надійність та економічність роботи дизеля за рахунок своєї низької теплопровідності. За наявності таких відкладень на внутрішніх поверхнях нагрівання дизеля можливий неприпустимий перегрів стінок, що супроводжується зниженням міцності металу, деформацією, розривом стінок поверхонь охолодження. Створюючи додатковий термічний опір, внутрішнє забруднення поверхонь нагрівання призводить до погіршення теплопередачі, зниження ККД і, в кінцевому підсумку, може призвести до аварії.

Для захисту від корозійного та ерозійного руйнування внутрішніх поверхонь нагрівання, а також поверхонь від утворення накипу в охолоджуючу воду внутрішнього контуру необхідно ввести антикорозійну присадку.

У процесі експлуатації дизеля до заміни охолоджуючої рідини концентрація присадки зберігається стабільною, якщо немає витоку води із системи охолодження. Поповнювати систему охолодження потрібно чистою прісною водою вказаної жорсткості без додавання присадки.

Заповнюється система охолодження дизеля через бачок води (розширювач). Під час роботи дизеля рівень води в бачку не по-

винен опуститися за нижню мітку на мірному склі. Перед заповненням системи охолоджуючою водою необхідно переконатися в тому, що паровідвідна трубка не засмічена. В іншому випадку в системі охолодження залишиться повітря, і при подальшій роботі утворюються пароповітряні пробки, які погіршують теплообмін у дизелі.

2.3. Пуск і прогрів двигуна. Обслуговування під час роботи та зупинки. Експлуатація двигунів у різних кліматичних умовах

Ручний пуск та прогрів дизеля

Пуск дизеля гарантується при температурі навколишнього середовища та температурі води і масла в системах не нижче 281 K (8°C). При більш низькій температурі слід прогріти дизель заповненням контуру циркуляційної води системи охолодження гарячою прісною водою, а у систему змазки налити підігріте масло. Для прискорення і рівномірності прогріву циркуляційна вода повинна прокачуватися резервними засобами. За відсутності резервних засобів колінчастий вал дизеля може бути прокручений повітрям.

Якщо температура масла в дизелі нижче 288 K (15°C), маховичком треба встановити показчик частоти обертання на регуляторі швидкості нижче від номінального. Збудження генератора повинно бути вимкнене. Якщо дизель прогрітий, то його можна запускати на номінальну частоту обертання. Збудження генератора в цьому випадку немає необхідності відключати.

Для пуску слід відкрити запірні вентиля пускових балонів; прокачати дизель ручним масляним насосом протягом 2...3 хв, натиснути на кнопку відкриття пускового клапана; після появи в циліндрах дизеля перших спалахів відпустити кнопку, при цьому дизель має запуститися і вийти на задану частоту обертання.

Після пуску дизель-генератора необхідно:

- перевірити показання приладів і, в першу чергу, тиск у масляній і водяній системах;
- перевірити роботу дизель-генератора на слух;

- переконатися в роботі всіх циліндрів дизеля;
- оглянути дизель-генератор, переконатися у відсутності підтікання води, масла та палива.

Якщо відхилень параметрів від норми немає і температура масла не нижче 288 К (15 °С), треба встановити номінальну частоту обертання холостого ходу, при цьому зону малих обертів проходити швидко, не затримуючись. Слід увімкнути збудження генератора згідно з інструкцією з експлуатації генератора. Для забезпечення аварійно-попереджувальної сигналізації і захисту необхідно ввімкнути систему ДАК.

Період прогріву дизеля після пуску характеризується несталим тепловим станом, при якому температура окремих його частин так само, як і температура масла й охолоджуючої води, поступово підвищується. Навантаження слід збільшувати поступово в залежності від теплового стану дизеля, який визначається за температурою води і масла, що виходять з дизеля.

Для прискорення прогріву можна переводити дизель на режим з навантаженням до 25 % при температурі масла не нижче 288 К (15 °С) і води 303 К (30 °С). Переводити дизель-генератор на режим з навантаженням 50...100 % дозволяється при температурі масла не нижче 303 К (30 °С) і води 323 К (50 °С).

Автоматичний пуск дизель-генератора

У нормальних умовах автоматичний пуск дизель-генератора рекомендується проводити у режимі «Гарячий резерв», тобто стані готовності до швидкого прийому навантаження. Перед постановкою дизель-генератора в «Гарячий резерв» необхідно:

- виконати роботи, перелічені вище при підготовці до пуску, запустити дизель кнопкою ПУСК на основному пульті керування (ОПК) або ДАК, прогріти його до загоряння табло ГОТОВИЙ ПРИЙНЯТИ НАВАНТАЖЕННЯ;

- зупинити кнопкою СТОП на ОПК.

Після нормальної зупинки автоматично вмикається режим «Гарячий резерв», при цьому на ОПК табло загоряються ГАРЯЧИЙ РЕЗЕРВ УВІМКНЕНИЙ та ДВИГУН ПРОГРІТИЙ. Перевірений

таким чином, що перебуває у гарячому резерві дизель-генератор, готовий до автоматичного пуску, може прийняти навантаження через 30 с після надходження команди ПУСК. Режим «Гарячий резерв» вмикається також кнопкою на ОПК виносному пульті керування (ВПК). При ввімкненні режиму:

- відкриваються клапани підігріву масла і води внутрішнього контуру;
- закривається клапан заборотної води;
- серводвигун на регуляторі швидкості встановлює завдання на номінальні оберти.

У дизель-генераторі, що знаходиться в гарячому резерві, має бути ввімкнене збудження генератора, відкриті пускові балони і вентилі підведення палива.

При надходженні команди «Пуск» системи керування електростанцією або натисканні на ОПК або ВПК кнопки ПУСК, вмикається режим пуску. При цьому:

- на ОПК загоряється табло ПУСК;
- вмикається насос прокачування дизеля маслом;
- серводвигун на регуляторі швидкості встановлює завдання на номінальну частоту обертання;
- при досягненні необхідного тиску масла в масляній системі дизеля відкривається головний пусковий клапан.

При досягненні дизелем частоти обертання, необхідної для самозаймання палива:

- закривається клапан пусковий;
- відключається насос прокачування дизеля маслом;
- відключається режим «Гарячий резерв», вмикається лічильник мотогодин.

При досягненні дизелем номінальної частоти обертання і, якщо температура масла в дизелі вище 303 К (30 °С), ОПК табло ПУСК гасне, загоряється табло ГОТОВИЙ ПРИЙНЯТИ НАВАНТАЖЕННЯ і видається команда на ввімкнення автомата генератора. При ввімкненні навантаження табло ГОТОВИЙ ПРИЙНЯТИ

НАВАНТАЖЕННЯ гасне й загоряється табло НАВАНТАЖЕННЯ ВВІМКНЕНО. У разі автоматичного пуску дизеля з холодного стану дизель прогрівается на проміжних обертах до досягнення температури масла 303 К (30 °С), а потім автоматично виходить на номінальні оберти холостого ходу.

Спостереження за роботою дизель-генератора

Під час роботи дизеля необхідно контролювати:

- тиск масла, води і палива в системах;
- поступове збільшення і стабілізацію температури масла, води та палива;
- температуру випускних газів у циліндрах;
- тиск наддуву;
- напругу і частоту змінного струму;
- навантаження на дизель.

Величини тиску і температур при номінальному навантаженні в номінальних атмосферних умовах (при сталому тепловому режимі) вказані в документації на кожен двигун.

Періодично, але не рідше одного разу на добу:

- проводити зовнішній огляд дизеля для виявлення та усунення течі масла, води, палива та пропуску вихлопних газів;
- перевірити рівень масла в масляному баку і рамі дизеля щупом вимірювання масла, за необхідності долити. Якщо рівень масла з плином часу не знижується або навіть підвищується, це свідчить про попадання в масло палива або води. У цьому випадку треба зупинити дизель, усунути причину несправності й змінити масло;
- прислухатися до шуму роботи дизеля, зазначаючи в ньому ненормальні стуки і визначаючи їх причини. При виникненні різних ненормальних стукотів треба негайно зупинити дизель;
- перевірити рівномірність розподілу навантаження по циліндрах, керуючись величинами температури відпрацьованих газів і середнім індикаторним тиском;

– звернути увагу на колір вихлопних газів, які за нормальної роботи дизеля повинні бути безбарвними або світло-сірого кольору;

– стежити за різницею тисків масла до і після фільтра, при цьому необхідно мати на увазі, що зростання перепаду тиску відбувається дуже швидко. При перевищенні рекомендованої різниці необхідно замінити фільтруючі елементи фільтра тонкого очищення масла, при цьому необхідно злити масло з корпусу фільтра;

– стежити за станом ущільнення водяних насосів;

– стежити за рівнем води в розширювальному бачку, який повинен бути між мітками, нанесеними на оглядовому склі;

– перевірити на дотик температуру труб, приєднаних до пускових клапанів на кришках циліндрів. Сильне нагрівання труби свідчить про пропуск газів через клапан, що необхідно усунути при першій же зупинці дизеля;

– перевірити на дотик паливні насоси. Підвищене нагрівання одного з насосів і його нагнітальної трубки та більш різка пульсація в них є ознакою засмічення соплових отворів форсунки. При підтіканні форсунки або зависанні її голки чути стукіт при кожному робочому ході поршня, що є наслідком передчасного спалаху палива, яке підтікає;

– регулярно зливати відстій з витратних паливних баків;

– стежити за тиском у пускових балонах, своєчасно наповнювати їх повітрям. Особливо уважно стежити за параметрами роботи дизеля під час роботи з перевантаженням;

– змащувати місця ручного мащення у відповідності до схеми. Перевірити рівень масла в регуляторі швидкості;

– перевірити зазори в клапанах кришок циліндрів, повертаючи штанги рукою.

Ручна зупинка дизеля в нормальних умовах

Перед зупинкою поступово зняти навантаження, дати дизелю попрацювати 1...2 хв на холостому ході для поступового охолодження, зменшити частоту обертання вала до обертів прогріву

і зупинити дизель, натиснувши кнопку стоп на регуляторі швидкості.

У кінці зупинки дизеля спостерігати за маховиком. Якщо маховик, перш ніж остаточно зупинитися, буде «хитатися», то це вказує на гарний стан поршневих кілець та відсутність заїдань поршнів і підшипників. Різка зупинка маховика свідчить про малі зазори або заїдання у механізмі руху двигуна. Після зупинки дизеля повинні обертатися за інерцією ротори турбокомпресора і центрифуги.

Після зупинки необхідно прокачати дизель маслом 1...2 хв для усунення перегріву головок поршнів і відкладень у них смоляних утворень. Слід усунути всі дефекти, помічені під час роботи дизеля, та підготувати його до наступного пуску.

При зупинці дизеля на тривалий період у холодну пору року, коли температура в машинному відділенні може знизитися до 278 К (5 °С), необхідно спустити воду з порожнин охолодження, холодильників, водяних насосів, при цьому зливні отвори залишити відкритими.

Зупинка дизеля на тривалий час

Догляд за дизелем, залишеного на тривалий термін, зводиться до захисту від корозії деталей і вузлів та підтримання його в стані готовності до роботи.

При зупинці дизеля на строк до 30 днів необхідно щодня провертати колінчастий вал на 1...2 оберти при відкритих декомпресійних клапанах, одночасно прокачуючи масло ручним насосом або агрегатом передпускового прокачування, та один раз на тиждень запускати дизель на холостому ходу на 10...15 хв. При зупинці на термін більше одного місяця необхідно законсервувати дизель.

Аварійна зупинка дизеля

Така зупинка виконується системою автоматики при падінні тиску масла в дизелі нижче від зазначеного в інструкції на двигун, підвищенні температури води й частоти обертання, а також у разі неспрацьовування робочого стоп-пристрою і за командою «Екстрений стоп».

При аварійній зупинці відключається автомат генератора і вмикається одночасно робочий стоп-пристрій на регуляторі швидкості та аварійний стоп-пристрій. При цьому вмикається звукова світлова сигналізація, яка розшифровує причину зупинки.

Аварійний стоп-пристрій через тягу граничного вимикача ставить на засувки у верхньому положенні штовхачі паливних насосів. Подача палива в циліндри при цьому припиняється.

У разі необхідності можна зупинити дизель вручну рукояткою граничного вимикача. Зупинка нагрітого дизеля з повним навантаженням без подальшого поступового охолодження викликає перегрів головок поршнів, верхніх частин втулок і кришок циліндрів та супроводжується утворенням коксу і рясним утворенням накипу і порожнин охолодження. У разі закипання води в кришках циліндрів можливий викид гарячої води через отвори відведення пароводяного розширювального бачка. Тому в разі аварійної зупинки сильно нагрітого дизеля необхідно вжити всі можливі заходи для його поступового охолодження (прокачати воду за допомогою резервного насоса, прокачати масло насосом прокачування, провертати дизель вручну при відкритих індикаторних кранах).

Експлуатація двигунів у різних кліматичних умовах

Умови, за яких здійснюється експлуатація двигуна, забезпечують вплив на режими роботи його агрегатів і систем, викликаючи прискорення або уповільнення інтенсивності зміни параметрів технічного стану. До таких умов відносять природно-кліматичні умови, режим роботи ДВЗ. У різних умовах експлуатації показники надійності двигунів за однакове напрацювання будуть різнитися, що позначиться і на показниках ефективності технічної експлуатації. Урахування умов експлуатації необхідне при визначенні нормативів технічної експлуатації, потреби в ресурсах (персонал, виробничо-технічна база, запасні частини і матеріали). Природно-кліматичні умови характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю та іншими показниками. При експлуатації двигунів в умовах відмінних температур навколишнього середовища у внутрішній контур системи охолодження за-

ливають спеціальні рідини, наприклад, антифриз. Паливну систему заправляють зимовим або арктичним паливом. Якщо двигун запускається електричним шляхом, акумуляторні батареї переводять на режим роботи в зимових умовах (заливають електроліт відповідної густини). Для більш швидкого прогріву дизеля з повітряною системою охолодження внутрішнього контуру необхідно з боку всмоктування частково прикрити брезентовим чохлом вентилятор системи охолодження. Також треба утеплити трубопроводи, масляний та водяний радіатори. В умовах вологого тропічного клімату особливу увагу слід звернути на стан зовнішніх захисних покриттів двигуна, а також опір ізоляції вузлів електрообладнання. У випадку порушення цілісності захисних покриттів ці ділянки необхідно ретельно зачистити, знежирити та зафарбувати.

У залежності від температури навколишнього середовища, відносної вологості та атмосферного тиску потужність двигуна змінюється та потребує перерахунку. Завод-виробник надає параметри роботи двигуна при певній температурі навколишнього середовища, відносній вологості та тиску (наприклад, для більшості двигунів температура навколишнього середовища складає 20 °С, відносна вологість — 70 %, тиск — 101 кПа, або 760 мм рт. ст.). При роботі двигуна в умовах, відмінних від вказаних у паспорті двигуна, потужність двигуна корегується відповідно до нових умов роботи за формулою

$$N_e = \alpha \times N_e^n,$$

де N_e^n — номінальна потужність двигуна при заданих заводом-виробником параметрах навколишнього середовища; α — коефіцієнт перерахунку потужності.

2.4. Особливості технічної експлуатації суднових дизельних установок

Під технічною експлуатацією суднових дизельних установок (СДУ) розуміється сукупність виробничо-технічних й організаційних заходів, що забезпечує постійну готовність установки до дії та безпечне, тривале ефективне використання її за призначенням з найменшими витратами праці і матеріалів.

Технічна експлуатація СДУ поділяється на технічне використання та технічне обслуговування.

Технічне використання включає в себе: забезпечення надійної та ефективної роботи всіх елементів СДУ; чітку організацію праці обслуговуючого персоналу; вибір технічно обґрунтованих режимів роботи СДУ та контроль за їх дотриманням; раціональне використання паливно-мастильних матеріалів.

Технічне обслуговування спрямоване на підтримання у справному технічному стані всіх елементів СДУ та забезпечення її тривалої і надійної роботи. У систему технічного обслуговування входять планово-попереджувальні роботи з метою своєчасного відновлення техніко-експлуатаційних характеристик, втрачених у процесі експлуатації. Технічне обслуговування також передбачає забезпечення обслуговуючого персоналу запасними частинами, інструментом та засобами механізації в суднових умовах.

Технічна експлуатація здійснюється членами суднового екіпажу при відповідній допомозі берегових виробничих ділянок у суворій відповідності до правил технічної експлуатації річкового транспорту, правил обслуговування суднових дизелів та догляду за ними, інструкцій заводів-виробників й інших інструкцій і положень, що регламентують порядок обслуговування суднових механізмів: правил охорони праці, протипожежного захисту, охорони природного середовища та ін.

Керівництво технічною експлуатацією СДУ покладено на механіка (капітана-механіка) судна. Йому підпорядковані його помічники, які самостійно несуть вахту та відповідають за правильну технічну експлуатацію під час своєї вахти.

Контроль за технічною експлуатацією здійснюють спеціальні служби пароплавств (служба суднового господарства), а також органи технічного і державного нагляду: Річковий Регістр, Судноплавна інспекція, Санітарна інспекція, протипожежна охорона, Інспекція з охорони водних ресурсів, технічні інспектори праці при басейнових комітетах профспілки.

Працівники контролюючих організацій перевіряють справність і надійність усіх елементів СДУ при прийомі суден в експлуатацію,

контролюють дотримання екіпажами суден правил технічної експлуатації під час навігації, надають їм допомогу з технічних питань. У період навігації працівники контролюючих організацій (служби суднового господарства, Інспекція з безпеки судноплавства Річкового Регістру) проводять інспекторські огляди суден, за результатами яких оцінюється робота суднового екіпажу щодо дотримання правил технічної експлуатації та технічного стану механізмів і машин.

Правила технічної експлуатації передбачають ведення на судні спеціальної технічної документації. До неї належать:

- формуляр головних та допоміжних дизелів. Його складає завод-виробник. У процесі експлуатації у формуляр записують результати обміру основних деталей, дані щодо заміни деталей та кількість годин роботи за навігацію. При передачі двигуна іншому власнику або відправці його на ремонт разом з двигуном передають і формуляр;

- шнурові книги на котли і балони стисненого повітря — в них вказується (інспекцією Регістру) технічний стан та термін експлуатації;

- машинний журнал, а на суднах, які працюють із суміщення професій, єдиний вахтовий журнал; щодо дизельних установок у них записують час пуску і зупинки головних та допоміжних дизелів, показання контрольно-вимірювальних приладів, дані про виявлені дефекти й заходи щодо їх усунення, дату проведення та обсяг робіт з технічного обслуговування, дані про кількість прийнятого на судно палива й масла. Машинний або єдиний вахтовий журнал є юридичним документом. Він заповнюється чорнилом, підчищення та виправлення не допускаються. Машинний журнал використовують для складання звітів, а також при розгляді причин аварій та нещасних випадків;

- бланки звітів з витрати палива й мастила, бланки ремонтних відомостей та ін.

Згідно з ГОСТ 19439.3–74 на морських суднах і суднах внутрішнього плавання передбачена ціла серія судових експлуатаційних документів. Крім перерахованих вище документів на судні повинні бути:

- креслення загального розташування механізмів та обладнання в машинному, дизель-генераторних, насосних й інших приміщеннях;

- схема розташування аварійно-рятувального та протипожежного майна;

- технічні описи та інструкції щодо експлуатації суднових пристроїв і систем;

- технічні описи та інструкції щодо експлуатації систем ДАУ та ін.

Підготовка дизеля до пуску після монтажу, ремонту або тривалої стоянки

Практика показує, що найбільша кількість аварій двигунів відбувається під час першого пуску, після монтажу, ремонту або тривалої стоянки. З метою уникнення цього двигун необхідно ретельно готувати до пуску, для чого проводять наступні роботи.

Розконсервація. При розконсервації знімають заглушки з фланців, встановлюють на місце трубопроводи та контрольно-вимірювальну апаратуру, видаляють консервувальне масло, промивають трубопроводи, картер та маслозбірник.

Для видалення консервувального масла через водяні порожнини охолодження двигуна прокачують гарячу воду. Нагріте консервувальне масло стікає в картер та відводиться в спеціальну ємність. Із циліндрів консервувальне масло видаляють шприцом через отвір під форсунку при знаходженні поршня у ВМТ.

Для кращого видалення консервувального масла колінчастий вал повертають на два-три оберти в обидва боки. Із зовнішніх поверхонь консервувальне масло знімають ганчіркою, змоченою в дизельному паливі, після чого поверхні протирають насухо чистою ганчіркою. Картер і маслозбірник промивають дизельним паливом та насухо витирають. Особливо ретельно слід видаляти консервувальне масло з робочих циліндрів та вузлів пускового пристрою, оскільки масло, що залишилося в них, може бути причиною аварій (гідравлічних ударів у циліндрах, відмов при пуску, розривів повітряних трубопроводів).

Перевірка механізму газорозподілу. Вручну або за допомогою спеціального пристрою перевіряють легкість ходу впускних та випускних клапанів, перевіряють і регулюють теплові зазори в клапанному приводі, перевіряють правильність фаз газорозподілу.

Підготовка паливної системи. Перевіряють правильність складання всіх елементів паливної системи, за допомогою насоса перекачки закачують паливо у витратний бак, відкривають кран на паливну магістраль та перевіряють щільність всієї арматури і трубопроводів.

З паливної системи видаляють повітря і переконуються в надходженні палива до всіх паливних насосів. Трубки високого тиску від'єднують від форсунок та усі паливні насоси прокачують вручну до тих пір, поки з трубок не піде чисте паливо без бульбашок повітря. Форсунки знімають з дизеля та приєднують до патрубків високого тиску. Паливні насоси прокачують вручну, щоб видалити повітря з форсунок, промити їх і перевірити якість розпилювання. Після цього форсунки ставлять на місце.

Підготовка системи охолодження. Замкнутий контур через розширювальний бак заповнюють чистою водою. В охолоджуючу воду, якщо це передбачено інструкцією, додають антинакипні присадки: емульсол, хромпик. Перевіряють щільність усіх з'єднань, відсутність протічок води та тріщину деталях дизеля, трубопроводах й охолоджувачах. Особливу увагу приділяють щільності гумових ущільнень у нижніх ущільнювальних поясах циліндрових втулок.

Підготовка системи змащення. Після підготовки систем паливної та охолодження приступають до перевірки системи змащення. Така черговість дозволяє краще перевірити та виключити можливість потрапляння в картер води і палива.

До підготовки системи змащення входять: перевірка й очищення витратних масляних цистерн та маслосбірників, перевірка правильності складання трубопроводів і підключення приладів системи змащення. Після цього систему заповнюють маслом, прокачують ручним або резервним масляним насосом, перевіря-

ють щільність з'єднань, контролюють надходження масла до тертьових деталей. Заповнюють маслом дозуючу механічну маслянку та прокачують її до надходження масла до тертьових деталей. Заповнюють маслом встановлені на двигуні маслянки, змащують місця ручного змащення.

Підготовка пускового пристрою. Перевіряють легкість ходу та правильність дії дистанційного й місцевого постів керування, перевіряють наявність і справність контрольно-вимірювальних приладів. При повітряному пуску заповнюють пускові балони стисненим повітрям, у двигунах зі стартерним пуском перевіряють правильність підключення акумуляторів, справність кабельних трас та заземлень.

Підготовка валопроводу. Перед пуском двигуна необхідно переконатися, що рівень масла в опорних та упорних підшипниках відповідає необхідному. Перевіряють стан болтів у фланцевих з'єднаннях валів та болтів кріплення опорних й упорних підшипників до своїх фундаментів. Потрібно перевірити дейдвудний сальник. Якщо є протікання (допускається просочування окремих крапель), сальник необхідно піджати.

Прогрів двигуна перед пуском. Ефективним засобом полегшення пуску і збереження довговічності двигуна є його попередній підігрів. Тому всі двигуни при температурі в машинному відділенні нижче $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а швидкохідні (наприклад, М-400) — нижче $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ перед пуском прогрівають. Для підігріву вода замкнутого контуру прокачується резервним насосом; у водяному охолоднику або спеціальному теплообмінному апараті вона нагрівається за рахунок гарячої води або пари від котла.

Пуск дизеля та прийом навантаження

Перед пуском треба переконатися, що підготовка до нього закінчена, дизель прокачаний маслом, індикаторні крани закриті, валоповоротний пристрій відключено, гальмо на валопроводі віддано. У нереверсивних дизелях реверс-редуктор ставлять на холостий хід, дозвіл на пуск реверсивних дизелів отримують у вахтового начальника, при цьому уточнюють, як можна пускати двигун за умовами швартування: «Вперед» або «Назад».

Перший пуск виконують з місцевого поста керування. Попереджають оточуючих про пуск, відкривають запірний клапан на пусковому балоні, регулятор установлюють на малу подачу палива. Пускову ручку переводять на «Пуск». Як тільки двигун набере пускову кількість обертів, її переводять у положення «Робота», і двигун починає працювати на паливі.

При пуску за допомогою стартера за 30 с до пуску вмикають електричну спіраль підігріву. Пуск здійснюється натисканням кнопки стартера. Як тільки двигун починає працювати на паливі, запальну спіраль та стартер відключають. Тривалість увімкнення стартера не повинна перевищувати 10...15 с. Якщо за цей час двигун не почав працювати на паливі, стартер все одно відключають. Повторний пуск виконують тільки через 20...30 с. Ця витримка необхідна для охолодження стартера та збереження працездатності батарей.

Після пуску дизеля в хід слід зняти показники контрольно-вимірювальних приладів та за ними переконатися в справній роботі всіх систем. Крім цього, на слух визначають відсутність ненормальних стуків, на колір — відсутність диму, тобто повноту згоряння палива, на нюх — відсутність ненормальних запахів (наприклад, перегрів підшипників) та ін.

При нормальній роботі двигун після пуску повинен 10...15 хв попрацювати на малих обертах для рівномірного прогріву масла та охолоджуючої води. Робота на малих обертах довше від зазначеного часу забороняється, оскільки за відсутності навантаження погіршуються сумішоутворення та згоряння палива, що призводить до пригорання поршневих кілець. Після прогріву двигуна на малих обертах (за умови справності всіх систем) починають плавно збільшувати навантаження дизеля, доводячи його до 100 %. Збільшення навантаження до повного в тихохідних двигунах виконується за 15...20 хв, у швидкохідних — за 5...6 хв.

Керувати дизелем при прогріві рекомендується з місцевого поста керування, і тільки після прогріву допускається ввімкнення дистанційного керування.

Спостереження за дизелем під час роботи, маневрування та зупинки

На судах без суміщення професій у машинному відділенні знаходиться постійна вахта (помічник механіка та моторист), при суміщенні професій за працюючим дизелем спостерігають вахтовий начальник (штурман-помічник механіка) та моторист-рульовий. Спостереження за працюючим двигуном забезпечується шляхом постійного контролю за показаннями вимірювальних приладів. У вахтовий або машинний журнал періодично (через 1...2 год) записують наступні показники: частоту обертання, тиск та температуру масла, температуру охолоджуючої води, тиск повітря в пускових балонах, температуру упорного підшипника. У разі відхилення одного з перерахованих показників від норми необхідно зменшити частоту обертання дизеля, з'ясувати причину відхилення та усунути її. Якщо на ходу усунути причину не вдається, то двигун слід зупинити. Дизель можна експлуатувати тільки при нормальних показниках всіх контрольованих параметрів.

Вахтовий начальник не менше одного разу за вахту (зазвичай при прийомі ваhti) має спуститися в машинне відділення для перевірки роботи двигунів за приладами, візуально та на слух. При цьому він повинен:

- перевірити тиск та температуру масла в системі змащення й переконатися у відсутності потрапляння води або палива в масло;
- перевірити рівномірність роботи циліндрів, оскільки перевантаження окремих циліндрів викликає збільшення теплових напружень, що може призвести до появи тріщин та задирів у циліндрах;
- перевірити температуру води в системі охолодження: на виході з двигуна вона не повинна бути вище від встановленої (зазвичай 80...90 °С), а перепад температур при вході та виході з двигуна не має перевищувати 10 °С. Температура води, що виходить з окремих кришок, не повинна відрізнятись більше ніж на 5 °С;
- перевірити температуру упорних та опорних підшипників валопроводу; вона не повинна перевищувати 60 °С.

Моторист-рульовий зобов'язаний за 10 хв до початку вахти з'явитися в машинне відділення для прийому вахти. При цьому він повинен перевірити наявність масла в картерах та маслянках, показання контрольно-вимірювальних приладів та їх відповідність паспортним значенням, рівень палива у витратному баку, води в розширювальному баку системи охолодження, тиск повітря в пускових балонах, відсутність течі в трубопроводах. Заступивши на вахту, він повинен вести постійне спостереження за показниками контрольно-вимірювальних приладів (при відхиленні від норми одного з показників необхідно негайно повідомити про це вахтовому начальнику для прийняття необхідних заходів). Після кожної підкачки повітря, а при автоматизованому підкачуванні кожену вахту слід продувати балони стисненого повітря для видалення накопиченого конденсату та забруднень.

Якість роботи паливної системи перевіряють шляхом послідовного відкриття індикаторних кранів на циліндрових кришках. При справній паливній системі полум'я, яке викидається з відкритого індикаторного крана, чисте, без кіптяви; при несправній — полум'я містить сажу або зовсім відсутнє. Це вказує на несправність форсунок або ПНВТ, або зміщення кута випередження початку впорскування.

Про рівномірність навантаження по циліндрах судять за температурою випускних газів окремих циліндрів за штатними термометрами. Відхилення температури випускних газів по окремих циліндрах не повинна перевищувати 15 °С.

При підході судна до гідротехнічних споруд, причалів, утруднених ділянок шляху слід перевірити тиск стисненого повітря в пускових балонах для забезпечення необхідного маневрування. В осінньо-весняні періоди треба стежити за водозабірними пристроями, проводити продування прийомних решіток стисненим повітрям або парою. Не рідше одного разу за вахту потрібно очищати піддони для збору витоків палива та масла.

Експлуатація двигунів забороняється, якщо:

- один з показників вийшов з норми;
- помічений стук через збільшення зазорів або зношень циліндро-поршневої групи або інших деталей двигуна;

- в масло потрапили вода або паливо, оскільки воно при цьому втрачає свої властивості;
- ущільнення між кришкою і циліндричною втулкою пропускає газ;
- ослаблене кріплення маточини гвинта на гребному валу або пошкоджені лопаті гвинта, що викликає вібрацію судна;
- температура рамових або кривошипних підшипників перевищила норму;
- пошкоджений один з елементів систем, які обслуговують головні двигуни.

Помилки в керуванні головними двигунами можуть призвести до важкої аварії, тому самовільна зміна режиму роботи головних двигунів без дозволу з ходової рубки не допускається. Особливо це стосується складних умов плавання (проходження вузькості, плавання в складі групи суден та ін.). У цих випадках капітан судна може прийняти рішення працювати несправними двигунами для забезпечення безпеки судна в цілому.

Реверс при ручному керуванні проводиться в наступному порядку. Частоту обертання зменшують до малого ходу. На цьому режимі двигун працює кілька хвилин. Потім ручку керування переводять на «Стоп». Після того як обертання вала за інерцією припиниться, виконують реверс та двигун пускають на зворотний хід, збільшуючи поступово частоту обертання до необхідної. За наявності ДАУ для реверса необхідно поставити ручку на потрібний режим зворотного ходу. Реверс виконується автоматично в найменший технічно можливий термін.

Напрямок обертання гребного вала в двигунах з реверс-редуктором змінюють таким чином. Плавно знижують частоту обертання до 50 % від номінальної, після чого реверс-редуктор ставлять на холостий хід. Визначивши за тахометром момент зупинки гребного вала, реверс-редуктор вмикають на зворотний хід і збільшують частоту обертання двигуна до необхідної. Для того щоб уникнути підвищеного зносу дисків або конусів тертя, вмикати та вимикати реверс-редуктор треба швидко, не допускаючи

ковзання в муфтах тертя під навантаженням. На задній хід дозволяється працювати з навантаженням не вище 75% від номінального та тривалістю не більше 1 год.

Перед зупинкою двигуна потрібно зменшити частоту обертання та дати двигуну попрацювати до зниження температури води в замкнутому контурі на виході з двигуна до 65 °С. Якщо дизель був зупинений з повного ходу, треба вжити заходів для його рівномірного охолодження — прокачати масло та воду в замкнутому контурі резервними насосами.

При зупинці двигуна на нетривалий час слід закрити запірні клапани на пускових балонах, крани на паливопроводі та всмоктувальній трубі системи охолодження, змастити місця ручного змащення й обтерти дизель, якщо є підтікання палива і масла.

При зупинці двигуна на тривалий термін (від 5 до 15 діб) окрім зазначеного необхідно виконати наступне:

- при температурі машинного відділення нижче +5 °С спустити воду з усіх порожнин охолодження, трубопроводів та охолодників;

- не менше одного разу через кожні 5 діб прокачувати масло через систему циркуляційного змащування та через механічні маслянки й провертати вал на три-п'ять обертів, залишаючи його в новому положенні;

- періодично змащувати тертьові деталі, не включені в циркуляційну систему змащення.

При виведенні дизеля з експлуатації на термін більше 15 діб, якщо не передбачається його розбирання для ремонту, дизель повинен бути законсервований. Для консервації застосовують спеціальні захисні мастила. Захисне мастило можна приготувати на судні, змішавши змащувальне масло з більш в'язкими консистентними мастилами. Приготовану суміш нагрівають до 100...110 °С для повного видалення води. Консервувальне мастило прокачують ручним насосом по всій системі змащення, заливають у циліндри через форсункові отвори, а потім покривають ним шестерні та нефарбовані поверхні деталей.

Особливі вимоги при експлуатації СДУ при виході суден у море

Судна при виході в море експлуатуються в умовах значної качки. У зв'язку із цим змінюється опір води, а отже, навантаження на головні двигуни. Судна відриваються від ремонтних баз, не скрізь мають можливість встати на якір. Тому до надійності СДУ суден, що виходять у море, та ретельності догляду за нею висувають підвищені вимоги, зокрема:

- усі механізми повинні бути справні та підготовлені до негайної роботи;
- необхідно перевірити справність неповоротних клапанів на всіх забортних отворах, щільність задрайки ілюмінаторів, дверей та люкових закриттів;
- судно повинно бути забезпечене інвентарем, запасними деталями та рятувальним майном відповідно до норм Регістру;
- на судні має бути основний та аварійний запас палива й мастильного матеріалу;
- паливні, масляні та водяні цистерни повинні бути щільно закриті, щоб уникнути розплескування вмісту при хитавиці;
- мастильні ємності мають бути заповнені до верхнього рівня, щоб не відбулося захоплення повітря в мастильну систему при хитавиці;
- необхідно регулярно перевіряти справність цинкових протекторів та своєчасно їх замінювати в порожнинах охолодження, що стикаються з морською водою.

Можливі несправності в роботі судових двигунів

Суднові двигуни — досить досконалі механізми та при правильному обслуговуванні працюють надійно й безвідмовно. Однак у них можливі деякі несправності. Своєчасно помічені несправності в багатьох випадках можуть бути легко усунені судновою командою. При неуважному спостереженні за двигуном несправності призводять до серйозних погіршень роботи дизеля або навіть аварій. Розглянемо кілька можливих несправностей.

Дизель не пускається в хід або пускається з важкістю (не розвиває пускову частоту обертання). Це може статися з багатьох причин, зокрема:

- не відкриті запірні клапани на пускових балонах;
- недостатній тиск повітря в пускових балонах;
- заїдає один або кілька золотників розподільника пускового повітря;
- пусковий клапан одного або декількох циліндрів завис у відкритому положенні;
- сильно затиснутий сальник дейдвудної труби;
- заклинений гребний гвинт або на нього намотаний трос та ін.

Колінчастий вал розвиває пускову частоту обертання, але двигун спалахів не дає або спалахи відбуваються з перебоями. Причинами цього можуть бути:

- до паливних насосів не надходить паливо або надходить у недостатній кількості (не відкритий кран на паливній магістріалі, сильно засмічені паливні фільтри);
- з паливної системи не вилучене повітря або паливо містить велику кількість води;
- несправний ПНВТ (завис плунжер, пропускають клапани);
- несправні форсунки (зависла голка, засмічені отвори розпилювачів);
- зависли впускні або випускні клапани або відсутній тепловий зазор у клапанному приводі, в результаті чого клапани не сідають на свої гнізда та ін.

Двигун не розвиває повної потужності. Причинами цього є наступні:

- порушена щільність впускних або випускних клапанів або неправильні теплові зазори в клапанному приводі;
- несправні паливні насоси або форсунки, отже не забезпечуються необхідна подача палива та його гарне розпилення;
- кут випередження подачі палива малий;

- засмічений впускний колектор, під час наповнення в циліндр надходить мало повітря;

- поршневі кільця мають великий знос та ін.

Дизель димить. Причини цього такі:

- голка форсунки зависла або нещільно замикає доступ до отворів, що впорскують паливо, в результаті чого паливо в циліндр подається в погано розпиленому вигляді;

- невірний кут випередження подачі палива. Через малий кут випередження паливо в циліндр подається пізно та не встигає згоріти;

- окремі або всі циліндри перевантажені, тобто паливо подається більше, ніж необхідно.

Дизель стукає. Причини стуку наступні:

- великий зазор у кривошипному підшипнику або втулці верхньої головки шатуна;

- великий зазор між юбкою поршня та циліндром;

- занадто великий кут випередження подачі палива, внаслідок чого тиск згоряння перевищує норму.

Тиск масла в системі зменшується, а температура підвищується відносно норми. Таке явище може бути з багатьох причин, наприклад:

- недостатня кількість масла в маслосбірнику, в мастильну систему надходить недостатня кількість масла;

- нещільність всмоктуючого трубопроводу, спостерігається підсмоктування повітря;

- неправильне регулювання перепускного клапана, в результаті чого багато масла зливається в картер;

- витoki масла в нагнітаючій магістралі через нещільність з'єднань трубопроводів або появу тріщин;

- засмічення приймальної сітки всмоктувальної магістралі;

- несправність змащувального насоса або його приводу та ін.

2.5. Експлуатаційні характеристики та режими роботи суднових двигунів

Режими та характеристики роботи суднових ДВЗ

Режими роботи суднових ДВЗ характеризуються сукупністю робочих параметрів, знятих одночасно з працюючого двигуна. Режим роботи визначається за положеннями й динамічними властивостями органів керування двигуна, станом і динамікою дії на судно зовнішнього середовища.

Режим роботи двигуна вважається *усталеним*, якщо протягом тривалого часу робочі параметри двигуна залишаються незмінними або змінюються у вузьких, заздалегідь обговорених межах. Усталені режими можливі тільки при спокійному стані моря.

Режим роботи при номінальній потужності й номінальній частоті обертання називається *номінальним*. Режим роботи двигуна з потужністю вище від номінальної називається *перевантаженим*, а нижче — *частковим*.

Якщо робочі параметри двигуна при незмінному положенні органів керування під впливом зовнішніх умов змінюються в часі, то його режим роботи називається *неусталеним*.

Перехід з одного усталеного режиму на інший при переміщенні органів керування двигуна називається *перехідним режимом*, він є *неусталеним*.

Така назва режимів може бути застосована для всіх двигунів, незалежно від їх призначення.

Для суднових ДВЗ режим роботи визначається характерними режимами роботи транспортного судна:

а) *ходові режими* на найменшому, малому і середньому, повному й найповнішому ходах уперед чи назад. Указані режими можуть відбуватися вночі чи вдень; в умовах спокійної води і слабого вітру або в умовах шторму при сильному вітрі; в чистій воді чи битій кризі; на глибокій або мілкій воді; при буксируванні вазу чи без нього; на прямому курсі чи при циркуляції; при повній чи частковій водотоннажності;

б) *стоянкові режими*: з навантажувально-розвантажувальними операціями або без них. Споживання енергії на стоянкових режимах визначається завантаженням вантажних засобів і допоміжних механізмів, які обслуговують енергетичну установку і загальносуднові потреби. Джерелами енергії на стоянкових режимах є суднові допоміжні двигуни;

в) *режими при маневруванні*: при постановці чи підйомі якоря, вході в порт чи на виході з нього, змінюванні ходу судна, його реверсуванні й под. Указані режими пов'язані з операціями пуску і реверсу двигуна, розгону чи гальмування судна. Навантаження головного двигуна при маневруванні коливається в широких межах. Воно залежить від характеру маневру і часу, що відводиться на його виконання.

Ходові режими, що виконуються на прямих курсах у відкритому морі в умовах штилю (хвилюванні не більше 2...3 балів) і при незмінному положенні органів керування двигунами, належать до усталених. Режими роботи при маневруванні, а також ходові режими в умовах значного хвилювання моря завжди є неусталеними.

На кожному швидкісному режимі ефективна потужність або крутний момент двигуна можуть змінюватися в широких межах: від нуля (на холостому ході) до максимального значення, яке допускається за умов тривалої експлуатації двигуна (крива б на рис. 2.1).

Відповідно до ГОСТ 4.367–85 установлені наступні параметричні показники призначення дизелів: номінальна потужність $N_{\text{ном}}$, максимальна потужність $N_{\text{емах}}$, мінімально допустима при тривалій роботі двигуна потужність $N_{\text{еmin}}$, номінальна частота обертання $n_{\text{ном}}$, відповідна $N_{\text{ном}}$, максимальна частота обертання $n_{\text{мах}}$, мінімально стійка частота обертання під навантаженням n_{min} та частота холостого ходу $n_{\text{х.х.}}$.

Характеристики двигунів можуть бути отримані розрахунковим шляхом або експериментально. Велику достовірність мають характеристики двигунів, отримані експериментально. Для цього двигуни проходять спеціальні випробування на заводських

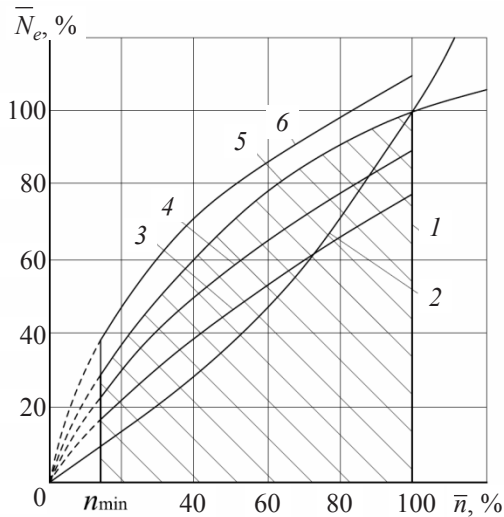


Рис. 2.1. Характеристики роботи суднових ДВЗ:

1 — навантажувальна характеристика;
2–6 — швидкісні характеристики

стендах: у широкому інтервалі зміни частоти обертання змінюється їх потужність (швидкісні характеристики) або при постійній частоті обертання змінюється навантаження (навантажувальні характеристики).

Для зручності використання часто характеристики записують у безрозмірному вигляді: відносні частота обертання $\bar{n} = n/n_{\text{ном}}$, ефективна потужність $\bar{N}_e = N_e/N_{e\text{ном}}$ або крутний момент $M = M/M_{\text{ном}}$, де індекс «ном» належить до значень показників на номінальному режимі роботи двигуна.

Навантажувальна характеристика.

Закономірність змінювання основних параметрів двигуна за навантажувальною характеристикою

За навантажувальною характеристикою працюють двигуни, призначені для приводу генераторів струму, особливо перемінного, компресорів, насосів, головних двигунів з гвинтом регульованого кроку (ГРК) при постійній частоті обертання. Тобто

навантажувальною характеристикою називається залежність показників двигуна від його потужності (або середнього ефективного тиску) при номінальній частоті обертання колінчастого вала. При побудові навантажувальних характеристик по осі абсцис відкладають навантажувальні показники двигуна: ефективну потужність N_e , середній ефективний тиск p_e або крутний момент M . По осі ординат відкладають інші показники двигуна, що характеризують його роботу: питома ефективна (або індикаторна) витрата палива g_e (або g_i), коефіцієнт надлишку повітря α , тиск наддуву p_k , температура відпрацьованих газів T_r , питома витрата повітря G_n . Для підтримання постійної частоти обертання на всіх навантаженнях двигуни обладнуються однорежимними регуляторами. Як відомо, такі регулятори дозволяють підтримувати частоту обертання з деякою точністю, що визначається ступенем нерівномірності регулятора. При роботі двигуна за навантажувальною характеристикою фактором зовнішнього впливу на його робочий процес є тільки кількість палива або суміші, що надходить у циліндр за цикл. У дизелях це здійснюють зміною тривалості подачі та в більшості випадків тиску впорскування. У двигунах з газотурбінним наддувом змінюється також кількість та стан повітря, яке надходить у дизель, або суміші газу, що йде в турбіну, в результаті чого змінюються коефіцієнт надлишку повітря й умови сумішоутворення. У результаті цього змінюється робочий процес дизеля, турбіни та компресора (якщо останній об'єднаний з турбіною в турбокомпресор), що зумовлює зміну потужності й питомої витрати. У карбюраторному двигуні при роботі за навантажувальною характеристикою збільшується або зменшується кількість суміші, що надходить у циліндр. Коефіцієнт залишкових газів з прикриттям дросельної заслінки зростає. Таким чином, змінюються умови проходження робочого процесу, а отже, потужність та економічність двигуна.

На рис. 2.2 і 2.3 показані два види навантажувальних характеристик судових двигунів, в яких навантажувальними параметрами виступають N_e та p_e . Навантажувальні характеристики отримують під час випробування двигунів при номінальній (100%) і пайових (75, 50, 25%) навантаженнях.

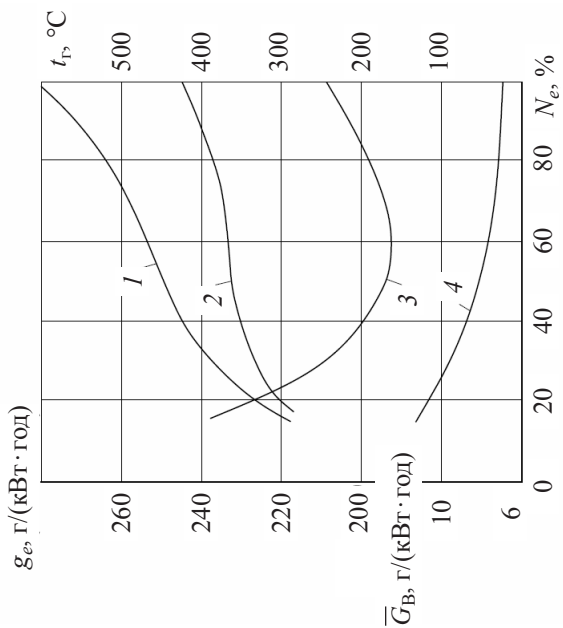


Рис. 2.2. Навантажувальна характеристика
двигуна 6ЧН 40/48
($P_{\text{е ном}} = 2,0$ МПа, $n = 500$ об/хв):

1 — температура газів перед турбіною; 2 — температура газів за турбіною; 3 — питома витрата палива; 4 — питома витрата повітря

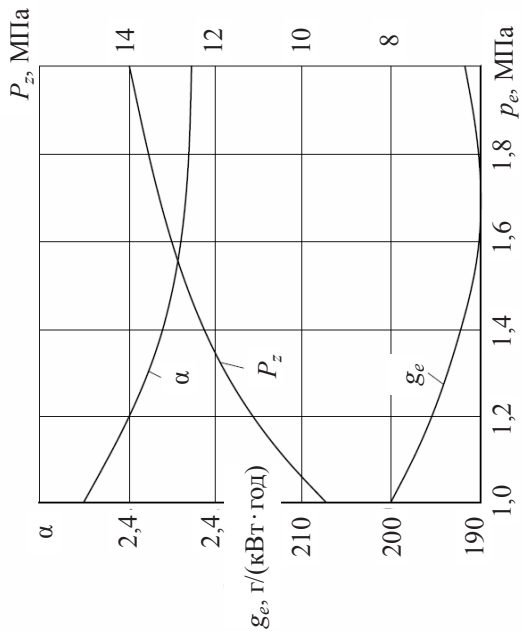


Рис. 2.3. Навантажувальна характеристика
двигуна 6ЧН 37/40:

($N_{\text{е ном}} = 2650$ кВт, $n = 600$ об/хв)

При роботі двигунів за навантажувальною характеристикою (зі зменшенням навантаження) значно знижується механічний ККД та зростає питома витрата палива при зниженні навантаження нижче 50% від номінальних її значень.

При зниженні навантаження значно збільшується коефіцієнт надлишку повітря та знижується температура відпрацьованих газів, що викликає зменшення тиску наддуву й максимального тиску згоряння. Для підвищення економічності двигунів на малих навантаженнях та режимах холостого ходу необхідно зменшувати величину коефіцієнта надлишку повітря, що можна забезпечити декількома способами:

- підігрівом повітря, що надходить у циліндри двигуна, шляхом прокачування через охолоджувачі наддувного повітря гарячої води з контуру охолодження;
- перепуском відпрацьованих газів повз турбіни турбокомпресора;
- відключенням палива в деякі циліндри;
- рециркуляцією відпрацьованих газів через двигун;
- дроселюванням повітря на вході в компресор;
- рециркуляцією повітря через компресор турбокомпресора.

***Обмежувальна характеристика.
Необхідність обмежування деяких параметрів
двигуна і турбокомпресора***

Обмежувальна характеристика встановлює допустимі межі експлуатаційних режимів двигуна за умов забезпечення надійної його роботи без перенавантажень. Критеріями для оцінки допустимих режимів можна вибрати один чи декілька параметрів, які характеризують механічну і теплову напруженість двигуна. Отже, ***обмежувальною характеристикою*** називається залежність потужності від частоти обертання двигуна при обмеженні (або сталості) деяких його показників або параметрів. Зазвичай обмеження стосуються таких показників або параметрів, як

крутний момент M , коефіцієнт надлишку повітря α , температура газів перед газовою турбіною турбокомпресора, тепла й механічна напруженість основних найбільш навантажених деталей двигуна (поршень, кришка циліндра, випускний клапан). Обмежувальні характеристики використовують при захисті двигуна від можливих перевантажень, що виникають у процесі його тривалої експлуатації. Так, наприклад, оскільки розрахунок колінчатого вала на міцність виконується за номінальним крутним моментом $M_{\text{ном}}$, то при частоті обертання $n < n_{\text{ном}}$ напруження, які виникають у матеріалі колінчатого вала, можуть перевищувати допустимі. Для захисту колінчатого вала від небезпечних перевантажень необхідно виключити з експлуатаційних режимів такі, за яких крутний момент M буде перевищувати номінальний крутний момент. Обмежування по моменту є необхідною, але не завжди достатньою умовою надійної роботи двигуна при тривалій експлуатації, оскільки не виключене теплове перенавантаження.

На рис. 2.4 показані зовнішня номінальна характеристика (1) та ряд обмежувальних характеристик (2–4). Обмежувальна характеристика по обертальному моменту (крива 2) розташовується нижче від зовнішньої номінальної та визначає поле можливих максимальних потужностей при тривалій роботі двигуна без ознак димлення. Цій умові зазвичай відповідає сталість середнього ефективного тиску. Крім обмеження M вводиться обмеження й інших параметрів робочого циклу: максимального тиску згоряння p_z і температури відпрацьованих газів T_r .

Для двигуна без наддуву при зменшенні частоти обертання коефіцієнт надлишку повітря α залишається сталим у широкому діапазоні обертання. Це приводить до того, що і середня температура циклу залишається сталою, що створює сприятливі умови для роботи деталей ЦПГ. Таким чином, для двигунів без наддуву обмежування по моменту є необхідною і достатньою умовою його надійної роботи в широкому діапазоні зміни N_e та n . Проте цей висновок не можна розповсюдити на двигун з газотурбінним наддувом.

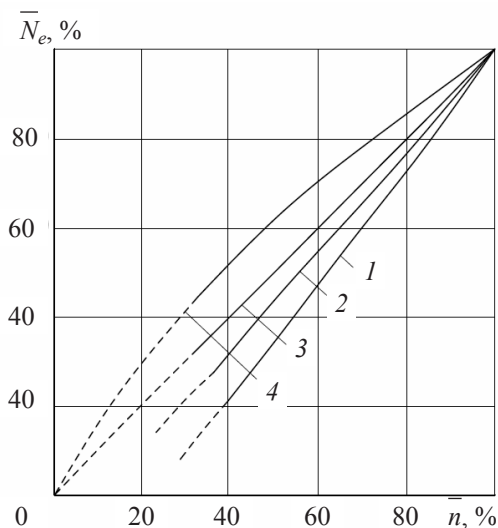


Рис. 2.4. Обмежувальні характеристики двигуна:

1, 2 — обмежувальні характеристики по тепловій та механічній напруженості відповідно; 3 — обмежувальна характеристика по обертальному моменту; 4 — зовнішня номінальна характеристика

Усі режими роботи двигунів, що лежать вище від обмежувальної характеристики, належать до перевантажених по тепловій та механічній напруженості. У двотактних двигунах та чотиритактних з газотурбінним наддувом при постійному середньому ефективному тиску (обертальному моменті) зниження частоти обертання призводить до збільшення теплової напруженості деталей двигуна (наслідок зменшення коефіцієнта надлишку повітря). Із цієї причини в двигунах з газотурбінним наддувом обмеження p_e (або M) недостатнє, щоб зберегти теплову та механічну напруженість на часткових швидкісних режимах на тому ж рівні, що й на номінальному режимі. Зменшення частоти обертання двигуна шляхом зниження циклової подачі палива, що викликає зниження p_e (M) на часткових швидкісних режимах (див. криві 3 і 4 на рис. 2.4), дозволяє зберегти теплову та механічну напруженість. Вид обмежувальних характеристик залежить від тиску наддуву на номінальному режимі, особливостей та параметрів

системи подачі повітря, а також і від інших чинників. Ці параметри встановлюють для кожного типу двигуна на основі випробування їх у стендових та суднових умовах і коригують відповідно до технічного стану двигуна, сорта застосовуваного палива, схем паливopідготовки та інших факторів, які впливають на теплову й механічну напруженість двигуна на часткових швидкісних режимах.

Гвинтова характеристика.

Закономірність змінювання основних параметрів двигуна

При роботі двигуна на усталеному режимі на гвинт судна потужність, що ним розвивається, буде визначатися, в першу чергу, частотою обертання та параметрами гвинта, якого він обертає. Отже, ***гвинтовою характеристикою*** називається залежність потужності та інших параметрів роботи двигуна від частоти обертання вала при його роботі з гребним гвинтом. При роботі двигуна за гвинтовою характеристикою його потужність повинна повністю поглинатися гребним гвинтом. Так, при сталих значення діаметра D і кроку H гвинта загальна закономірність змінювання споживаної ним потужності може бути записана у вигляді

$$N = c_2 n^m, \quad (1)$$

де c_2 — коефіцієнт пропорційності;

m — показник ступеня (для водотоннажних суден $m = 3$, суден на підводних крилах, повітряній подушці, глісуючих суден $m = 1,6 \dots 2,2$).

Робота двигуна за гвинтовою характеристикою може бути забезпечена шляхом зниження циклової подачі палива при зменшенні частоти його обертання. Відповідно до формули (1) можна визначити характер зміни середнього ефективного тиску при роботі двигуна за гвинтовою характеристикою:

$$p_e = c_3 n^{m-1}, \quad (2)$$

де c_3 — коефіцієнт пропорційності.

Із залежності (2) випливає, що для водотоннажних суден p_e змінюється за гвинтовою характеристикою відповідно до пара-

боли другого ступеня; аналогічно змінюється і циклова подача палива, а годинна витрата палива $G_{\text{п}}$ змінюватиметься наближено до кубічної параболи:

$$G_{\text{п}} = c_4 n^3, \quad (3)$$

де c_4 — стала величина.

Відмінною особливістю гвинтових характеристик є різке зменшення потужності двигуна при зниженні частоти обертання (крива 5 на рис. 2.5). Так, при номінальній частоті обертання значення потужності двигуна за зовнішньою та гвинтовою характеристиками збігаються, а при частоті обертання, що дорівнює 25 % від номінальної, потужність двигуна за гвинтовою характеристикою приблизно в 30 разів менша від потужності двигуна за зовнішньою характеристикою. При малих циклових подачах палива погіршуються процеси його розпилювання, сумішоутворення та згоряння, двигун фактично працює на режимах, близьких до холостого ходу, й підтримувати постійною його частоту обертання за допомогою регулятора стає важко. Із цієї причини кожен двигун має мінімально стійку частоту обертання n_{min} , яка складає 18...30 % від її номінального значення.

Тривалість роботи двигуна при мінімально стійкій частоті обертання не повинна перевищувати 0,5...1,0 год.

На рис. 2.5 і 2.6 показані графіки зміни параметрів дво- та чотиритактних суднових двигунів за гвинтовими характеристиками. При побудові графіків урахувалася залежність (1) при $m = 3$, що дозволило як незалежний параметр використовувати потужність, а не частоту обертання двигуна.

Діапазон зміни потужності двигуна за гвинтовими характеристиками (30...100 %) ширший від діапазону зміни частоти обертання (55...100 %). Така схема подання гвинтових характеристик прийнята за кордоном. Деякі параметри двигуна за гвинтовою характеристикою зручно записувати в традиційному варіанті, коли як незалежний параметр використовується частота обертання двигуна (рис. 2.7).

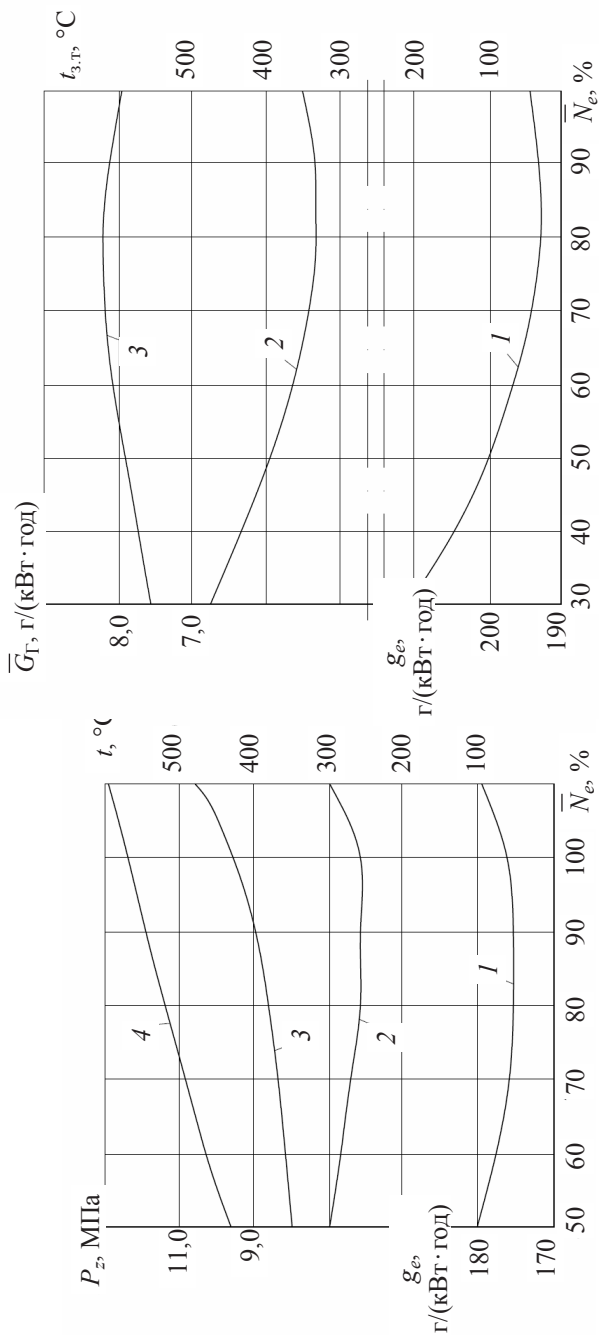


Рис. 2.5. Зміна параметрів двигуна 4ДКРН 58/170 за гвинтовою характеристикою ($N_e = 9870$ кВт, $n = 123$ об/хв):

- 1 — питомі витрати палива;
- 2, 3 — температури газів за турбіною та перед нею;
- 4 — максимальний тиск згоряння

Рис. 2.6. Зміна параметрів двигуна 6ЧН 40/45 за гвинтовою характеристикою ($N_e = 3630$ кВт, $n = 600$ об/хв):

- 1 — питомі витрати палива;
- 2 — температури відпрацьованих газів;
- 3 — відносна витрата відпрацьованих газів

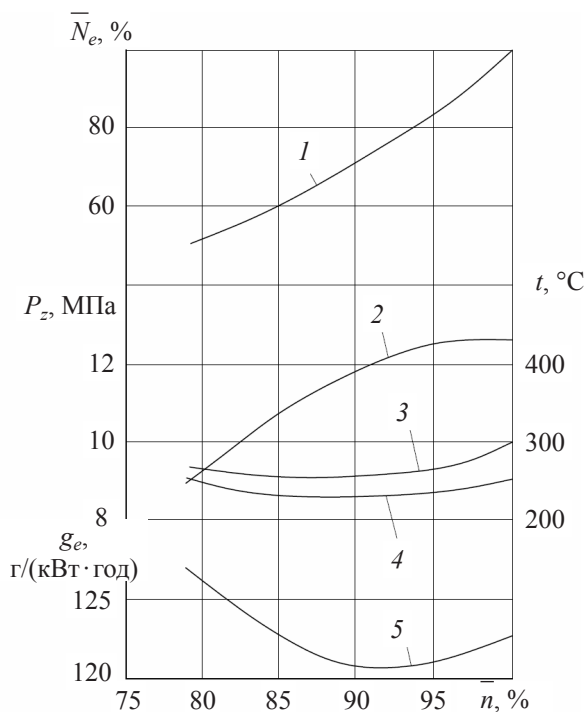


Рис. 2.7. Гвинтові характеристика двигуна 5ДКРН 70/226,8
($N_e = 9000$ кВт, $n = 95$ об/хв):

1 — потужність; 2 — максимальний тиск у циліндрі;
3 — температура газів на виході із циліндрів; 4 — температура газів
на виході з ТК; 5 — питома витрата палива

Швидкісні характеристики

Характеристики, що являють собою залежність показників роботи двигуна від частоти обертання вала, називають **швидкісними**. Розрізняють декілька видів швидкісних характеристик: **абсолютна зовнішня, межі димлення, зовнішня та часткова**.

Абсолютною зовнішньою швидкісною характеристикою називають графік залежності від частоти обертання потужності двигуна, максимально можливої при даній частоті обертання вала.

На цьому ж графіку часто будують криві зміни середнього ефективного тиску або пропорційного йому крутного моменту двигуна та економічних показників (питомої витрати палива й ККД). Таким чином, ця характеристика обмежує поле граничних режимів двигуна.

У дизелях неповнота згоряння виражається появою у випускних газах сажі ($0,01 \dots 1,1 \text{ г/м}^3$), окису вуглецю ($0,01 \dots 0,5\%$ за об'ємом), оксидів азоту ($0,0002 \dots 0,5 \text{ мг/л}$), вуглеводнів ($0,009 \dots 0,5 \text{ мг/л}$) та незначної кількості парів палива й масла. За наявності навіть невеликої кількості сажі у випускних газах вони мають темне забарвлення. Крім того, при утворенні сажі відкладається нагар у камері згоряння та можливий перегрів двигуна внаслідок значного догорання палива й продуктів неповного окиснення в процесі розширення. Вміст продуктів неповного згоряння у випускних газах особливо збільшується при $\alpha < 1$.

Роботу дизеля з явно вираженим димним випуском — не догорянням — допускати не можна. Тому, хоча абсолютна зовнішня характеристика й може бути отримана при випробуваннях двигуна, в звичайних експлуатаційних умовах навантаження дизеля не можна доводити до значень, що відповідають цій характеристиці. Таким чином, абсолютна зовнішня характеристика знаходиться за межами експлуатаційних робочих режимів.

При однаковому складі суміші показники двигуна залежать від таких факторів, як кут випередження впорскування або запалювання, температура охолоджуючого агента на вході та виході, температура заряду, що поступає. Для отримання абсолютної зовнішньої характеристики необхідно, щоб усі ці фактори були оптимальними, тобто забезпечували роботу двигуна при максимально можливому середньому ефективному тиску і при заданих параметрах заряду на впуску. В експлуатації цього домогтися практично неможливо.

Зі зменшенням коефіцієнта надлишку повітря середній ефективний тиск збільшується. Однак практичне зменшення α у дизелях можливе до появи явно виражених ознак погіршення перебігу процесу згоряння — найчастіше це наявність диму у випускних

газах, що характеризує недогорання палива. Зміни потужності та середнього ефективного тиску, що відповідають появі диму у випускних газах, залежно від частоти обертання вала двигуна називають *характеристикою межі димлення*. В умовах експлуатації неможливо забезпечити роботу двигуна за цією характеристикою. Крім того, робота двигуна на межі димлення небажана, тому що навіть незначне порушення відповідності між подачею палива й повітря в бік подальшого зменшення коефіцієнта α може призвести до інтенсивного димлення, збільшення температури випускних газів та відповідно температури деталей циліндропоршневої групи, клапанів, лопаток турбіни, а в кінцевому підсумку до виходу дизеля з ладу.

При експлуатації двигуна має значення залежність його максимальної потужності або середнього ефективного тиску від частоти обертання вала при повному відкритті дросельної заслінки в карбюраторному двигуні або при положенні органа керування подачею палива в дизелі, що забезпечує отримання номінальної потужності. Інші ж параметри роботи двигуна в цьому випадку можуть не бути оптимальними при роботі на всіх режимах, що відповідають характеристиці. Залежно від умов роботи двигуна ці параметри можуть бути оптимальними нема на номінальній, а на якійсь проміжній частоті обертання (наприклад, на режимі максимального середнього ефективного тиску або крутного моменту). Такі характеристики називаються *експлуатаційними зовнішніми швидкісними характеристиками* двигуна або *зовнішніми швидкісними характеристиками*.

Двигуни внутрішнього згоряння часто працюють при змінній частоті обертання вала, але при постійному положенні органа керування, яке відповідає меншій подачі палива або суміші, ніж при роботі за зовнішньою характеристикою. Залежності ефективної потужності двигуна від частоти обертання його вала при різних постійних положеннях органа керування подачею палива або суміші називають *частковими швидкісними характеристиками*.

На рис. 2.8 та 2.9 наведені графіки зміни основних параметрів двигунів без наддуву й з газотурбінним наддувом при їх роботі за зовнішніми характеристиками. Із цих графіків видно,

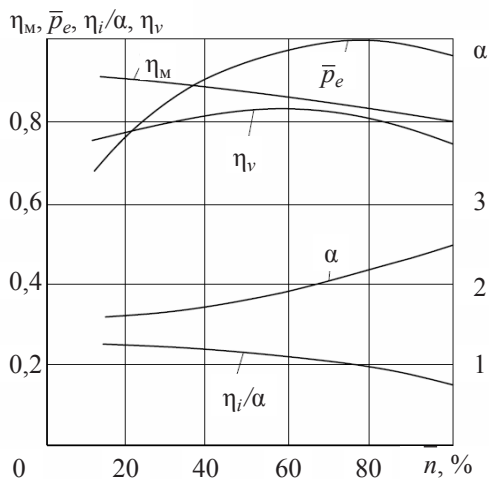


Рис. 2.9. Змінення параметрів двигуна з наддувом при роботі за зовнішньою характеристикою

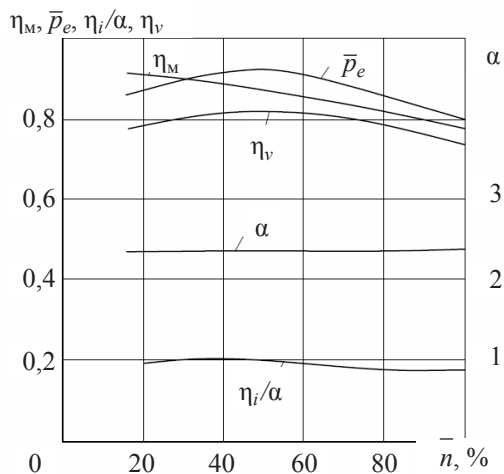


Рис. 2.8. Змінення параметрів двигуна без наддуву при роботі за зовнішньою характеристикою

що наддув істотно впливає на вигляд зовнішніх характеристик і особливо на середній ефективний тиск. Для двигунів без наддуву максимальний p_e спостерігається при частоті, нижчій від номінальної, а для двигунів з наддувом p_e досягає максимуму при частоті обертання, близької до номінальної. Такий характер зміни p_e обумовлений тим, що при зниженні частоти обертання двигуна зменшується кількість газів, що надходять у турбіну турбокомпресора, внаслідок чого знижуються частота обертання турбокомпресора й тиск наддуву. Зниження тиску наддуву призводить до зменшення коефіцієнта надлишку й густини повітря, що надходить у циліндри двигуна.

При циклових подачах палива $g_{ц}$ нижче від номінальних значень $g_{ц,ном}$ двигуни працюють за частковими швидкісними характеристиками (див. криві 3–5 на рис. 2.8), форма яких подібна до абсолютної зовнішньої швидкісної характеристики. Такі характеристики використовуються при введенні обмежень на подачу палива внаслідок ряду експлуатаційних факторів (обмеження теплової напруженості деталей), а також при побудові гвинтових характеристик.

Часткові швидкісні характеристики отримують при фіксованих положеннях органів керування паливними насосами. Оскільки зазвичай подача повітря в дизелях не регулюється, то в двигунах без наддуву (або з наддувом від приводного компресора) коефіцієнт надлишку повітря мало змінюється при зменшенні частоти обертання двигуна та при роботі на часткових характеристиках. У дизелях з газотурбінним наддувом при роботі за частковими характеристиками знижуються температура, швидкість і тиск випускних газів, що призводить до зменшення потужності газової турбіни, її частоти обертання, а отже, тиску й кількості повітря, що подається компресором у циліндри двигуна. При малих навантаженнях якість розпилювання палива та сумішоутворення погіршується, через що знижується індикаторний ККД. У двигунах з газотурбінним наддувом зі зменшенням частоти обертання двигуна спостерігається більш різке зниження p_i , особливо при малих циклових подачах палива.

Контрольні питання

1. Який порядок підготовки двигуна до пуску після монтажу, ремонту або тривалої стоянки?
2. Які порядок пуску дизелів і правила прийому навантаження?
3. Як здійснюється спостереження за працюючим дизелем на судні?
4. Як здійснюються реверс і зупинка дизелів?
5. Які несправності можуть бути в двигуні?
6. Які роботи виконуються щодо двигуна при зупинці його на нетривалий і тривалий час?
7. Чим відрізняються сталі режими роботи двигунів від неста-
лих?
8. Які існують способи підвищення економічності двигунів на малих навантаженнях?
9. Які показники та параметри двигуна використовуються як обмежувальні?
10. Чим відрізняється зовнішня характеристика двигуна від гвинтової характеристики?
11. Які вимоги висувають до стійкості роботи суднових дви-
гунів?
12. Чому економічність роботи двигуна знижується на неста-
лих режимах його роботи?
13. Як будується швидкісна стендова характеристика двигуна?
14. Як користуються швидкісною характеристикою при оцінці
роботи двигуна?

РОЗДІЛ 3

ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНІЗМІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Ремонт двигунів може здійснюватися як на судні, так і в цеху. Двигуни на капітальний ремонт, як правило, відправляють на заводи, що мають спеціалізовані цехи з капітального ремонту дизелів. При відправці в цех двигуни демонтують: від'єднують усі трубопроводи, знімають контрольно-вимірювальні прилади, роз'єднують фланці колінчастого вала і валопроводу, від'єднують двигун від суднового фундаменту. Разом з двигуном у цех відправляють його формуляр. Розбирання двигуна, по суті, однакове, як на судні, так і в цеху, але в цеху воно проводиться в більш сприятливих умовах. Послідовність розбирання залежить від конструкції двигуна і зазвичай вказується в заводських інструкціях з експлуатації та ремонту. Однак рекомендується виконувати наступні загальні правила:

- деталі, труби систем і прилади укладати на заздалегідь підготовлені місця;
- розбирання проводити тільки спеціально призначеними для цієї мети інструментами і пристроями;
- при розбиранні не застосовувати надмірних зусиль, а з'ясувати причини, що заважають розбиранню, та усунути їх;
- усі відкриті порожнини закривати спеціальними заглушками;
- кінці труб глушити спеціальними пробками;
- гайки, що кріплять деталь, спочатку послідовно послабити, а вже потім відвертати;
- після розбирання гайки навертати назад на болти чи шпильки або з кожного вузла збирати на окремий дріт з біркою;
- регулювальні прокладки краще залишити на своїх місцях; за необхідності заміни вимірюють товщину прокладки, щоб при складанні поставити нову такої ж товщини;

– при знятті на з'єднувальні деталі нанести керном необхідні контрольні мітки (у разі їх відсутності), що визначають взаємне положення деталей;

– усі зняті з двигуна вузли та деталі промити гасом і витерти насухо; деталі та вузли, які не потребують ремонту, очистити, покрити мастилом і скласти на прокладках.

Дефектацію виконують шляхом зовнішнього огляду, огляду підозрілих місць за допомогою лупи і вимірювання точними вимірювальними інструментами при дотриманні певної методики. Особливу увагу приділяють наступним об'єктам.

Фундаментна рама є підставою для деталей остова, призначена для укладання колінчастого вала і служить ємністю для збору масла, що витікає з вузлів змащування двигуна. Рама навантажена масою двигуна, силами тиску газів, сил інерції поступально рухомих і обертових мас. Фундаментну раму перевіряють на відсутність тріщин, пошкоджень ребер жорсткості. Для перевірки площини опорних поверхонь застосовують лінійку і щуп. Відхилення від прямолінійності не повинне перевищувати 0,05 мм на 1 м довжини. При великих відхиленнях опорні поверхні обробляють на верстаті або шабрують по плиті з точністю не менше п'яти плям на 1 см².

3.1. Колінчастий вал

Колінчастий вал сприймає зусилля від шатунів, перетворює їх у обертаючий момент і передає його споживачеві, здійснює переміщення поршнів у допоміжних ходах, передає рух до розподільчого вала, приводить у дію допоміжні механізми. На вал діють сили тиску газів і сили інерції поступально рухомих і обертових мас, згинальні й крутні моменти від цих сил. Вони викликають деформацію в елементах, концентрацію напруг, тертя та знос його шийок і підшипників. Періодично змінні крутні моменти, що викликають крутильні коливання вала, збільшують напругу в його елементах і можуть сприяти відумовленості вала.

Колінчастий вал перевіряють на співвісність. Через неоднаковий знос рамових підшипників вісь колінчастого вала втрачає прямолінійність. Про стан осі колінчастого вала судять за виміряними раскепами. Раскепом називається різниця відстаней між щокрами кривошипа при двох протилежних його положеннях.

На рис. 3.1, *а* показаний один і той же кривошип у двох положеннях: у верхній та нижній мертвих точках. Якщо вісь вала прямолінійна, відстані між щокрами кривошипа l_1 та l_2 , виміряні мікрометричним штихмасом, будуть однаковими. У цьому випадку раскеп $\Delta = l_1 - l_2 = 0$, що свідчить про прямолінійність осі вала.

Припустимо, кінцеві підшипники вала просіли більше від середніх. Вісь вала прогнеться опуклістю вгору (див. рис. 3.1, *б*). Відстань l_1 при положенні кривошипа у ВМТ буде меншою від l_2 при положенні кривошипа в НМТ. У даному випадку раскеп буде додатний, що вказує на те, що вісь вала вигнута опуклістю вгору. Отже, для досягнення прямолінійності потрібно підшабри-ти (опустити) середні підшипники. Якщо середні підшипники зносилися більше крайніх, вісь вала прогнеться опуклістю вниз (див. рис. 3.1, *в*).

Відстань l_1 при положенні кривошипа у ВМТ буде більшою від l_2 при положенні кривошипа в НМТ. У цьому випадку раскеп буде від'ємний, що вказує на прогин вала опуклістю вниз. Для досягнення прямолінійності потрібно шабрити (опускати) крайні підшипники.

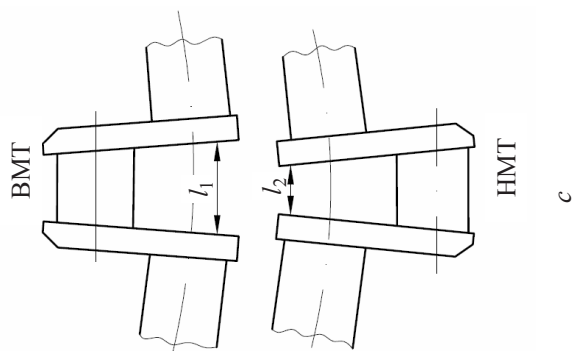
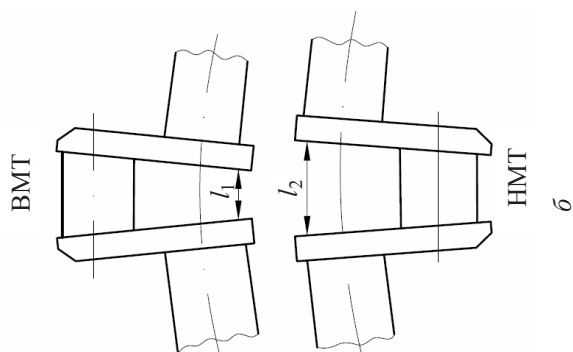
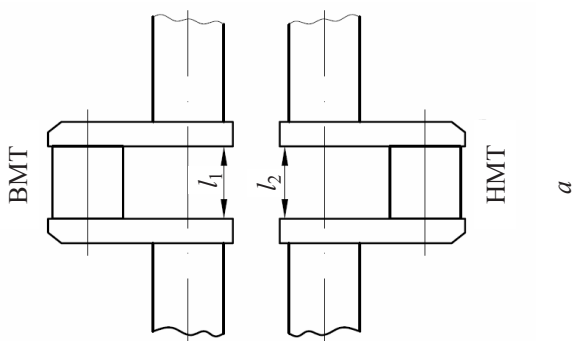


Рис. 3.1. Вимірювання раскєпів колінчастого вала

Огляд та відновлення корінних і шатунних шийок

У процесі експлуатації колінчасті вали судових дизелів піддаються різним впливам: механічним, корозійним, тепловим та ін., що призводить до підвищення шорсткості, утворення інших дефектів на корінних і шатунних шийках. У кінцевому підсумку це знижує несучу здатність масляного клина і викликає підвищений знос вкладишів і шийок.

Шийки колінчастих валів оглядають при підозрі на несправність підшипників, а також через 4...7 тис. годин роботи дизеля при вибіркового розкритті корінних підшипників і циліндрів.

Шийки оглядають при 5–10-кратному збільшенні: виявляють наявність підвищеної шорсткості, віспин, рисок, забоїн, корозійних пошкоджень (при обводнюванні масла), натирів і задирок, кольорів мінливості (при виплавленні антифрикційного металу), тріщин.

Підвищену шорсткість та інші незначні дефекти усувають шліфуванням шийки вручну за допомогою ремня і наждачного паперу (рис. 3.2) або дерев'яного хомута й наждачного паперу (рис. 3.3).

Шийку змащують тонким шаром масла, обгортають наждачним папером (краще полотном), поверх якого надягають хомут або накладають у два витки ремінь.

Під кінець шийку шліфують сухим дрібним наждачним папером, зменшуючи її зернистість. Після шліфування з маслом шийка стає матовою, а після сухого шліфування вона набуває дзеркальний вигляд.

Краї рисок і забоїн округляють, незначні пошкодження зачищають і зашліфовують.

При виявленні тріщин, сколів, випинання металу особливу увагу звертають на район галтелів шийок та район отворів підведення масла. Причиною їх утворення можуть бути порушення правил викочування вкладишів (використання нештатного поводку, зіткнення його з торцем ліжка), дефекти виготовлення, порушення правил експлуатації дизеля (перевантаження, підвищені раскепи і под.).

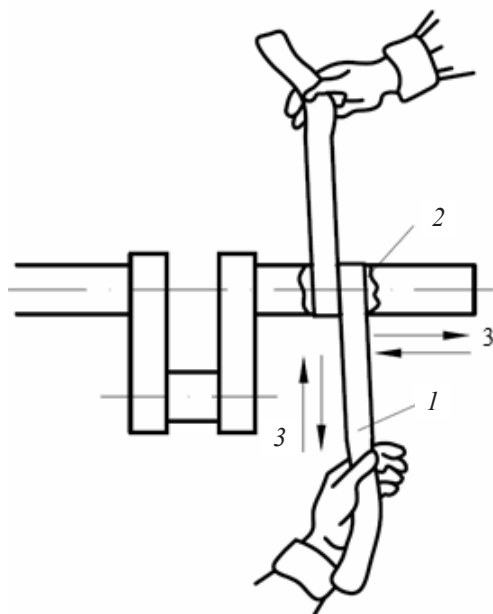


Рис. 3.2. Шліфування шийки вала за допомогою ремня:

1 — ремінь; 2 — наждачний папір; 3 — напрямки переміщення ремня

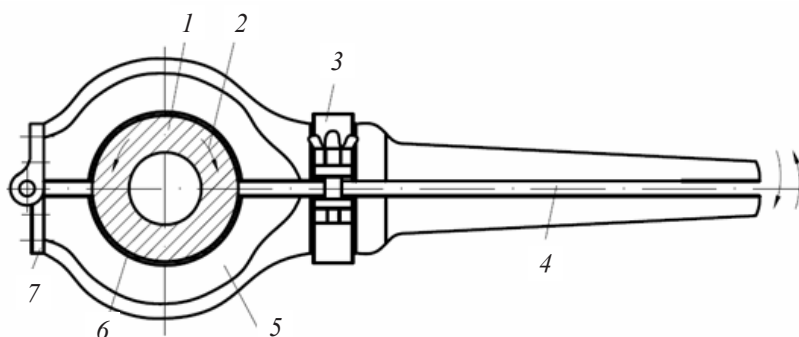


Рис. 3.3. Дерев'яний хомут для ручного шліфування шийок валів:

1 — шийка вала; 2 — напрямок руху хомута при шліфуванні;

3 — бугель з болтом і баранчиком (гайкою) для затиску хомута на шийці; 4 — зазор; 5 — хомут;

6 — наждачний папір або полотно; 7 — шарнір

В окремих випадках допускається вибірка тріщин на спеціалізованому підприємстві. Зазвичай колінчастий вал з тріщинами замінюють.

Контроль биття корінних шийок колінчастих валів

Якщо прилади для обмірювань корінних шийок відсутні, їх геометрію можна оцінити за радіальним биттям. Ним називають різницю ECR найбільшої і найменшої відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною, перпендикулярною до базової осі (рис. 3.4).

Радіальне биття корінних шийок колінчастого вала заміряють індикатором за схемою, наведеної на рис. 3.5.

Індикатор установлюють на стояку, який, у свою чергу, закріплюють на рамі або блоці (рис. 3.6). Вимірювальний стрижень індикатора встановлюють з невеликим натягом вертикально до обмірювальної поверхні (або перпендикулярно до осі обмірювальної шийки). Нульовий розподіл циферблата поєднують зі стрілкою. Обмірювальна шийка може бути без нижнього вкладиша або лежати на ньому, що встановлює завод-виготовлювач. Обертають колінчастий вал на повний оберт і знімають показання індикатора через кожні 90° .

Після повного оберту колінчастого вала стрілка індикатора повинна повернутися на нульову відмітку.

Результати вимірювання биття корінних шийок зводять у таблицю. Величину биття визначають як максимальну різницю відхилень стрілки індикатора в діаметрально протилежних точках перетину.

Наочно відхилення профілю корінної шийки від осі обертання можна уявити за допомогою круглої діаграми. Її будують у такій послідовності (рис. 3.7): накреслюють коло; через відповідні кути проставляють над або під колом величини биття; з'єднують отримані точки кривої. Якщо вісь шийки збігається з віссю обертання, то кругова діаграма покаже її реальний профіль у перерізі.

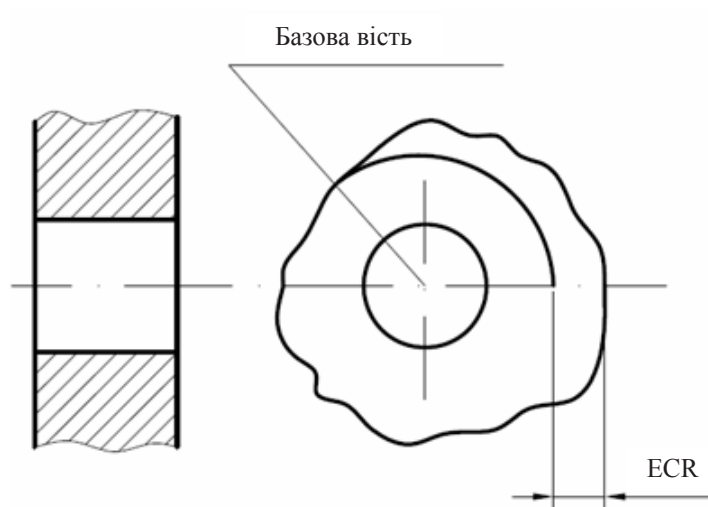


Рис. 3.4. Радіальне биття

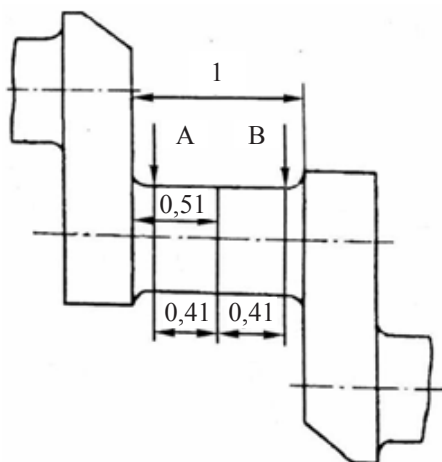


Рис. 3.5. Схема замірювання биття корінної шейки колінчатого вала

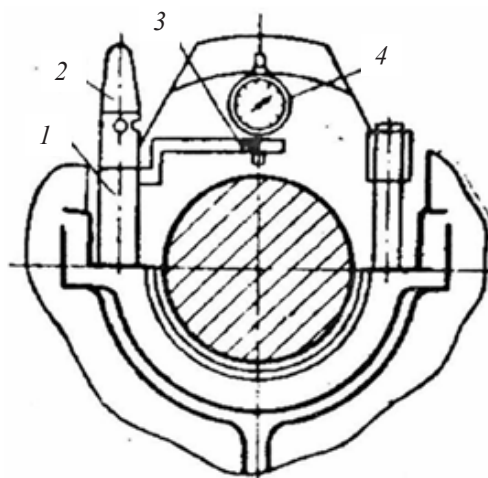


Рис. 3.6. Установлення індикатора:

1 — стояк індикатора; 2 — натискна гайка;
3 — затискач; 4 — індикатор

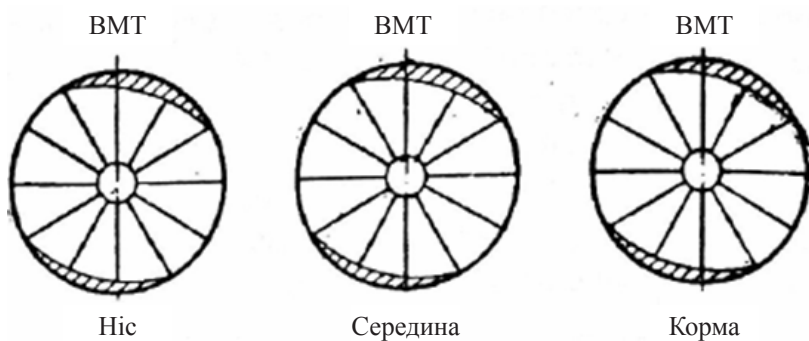


Рис. 3.7. Побудова кругової діаграми за биттям корінної шийки

Відновлення шатунних шийок без демонтажу колінчастого вала

В експлуатації дизелів нерідкі задирки шатунних (мотильових) шийок колінчастого вала через провертання вкладишів. Причинами можуть бути порушення умов змащення (погіршення якості масла, «масляне голодування», підвищений або знижений масляний зазор і под.), дефекти антифрикційного шару вкладишів підшипників. Поширеною причиною є також деформація розточення нижньої головки шатуна з косим зубчастим роз'ємом з шатунними болтами, які вкручуються в тіло стрижня шатуна, що призводить до порушення умов змащення.

Найбільші ушкодження шийки виникають в її вертикальній площині, де діють максимальні сили. Вони являють собою задирки, наволакування металу, збільшення овальності за гранично допустиме значення.

Геометрію і шорсткість пошкодженої шийки відновлюють її шліфуванням у найближчий ремонтний розмір, видаленням дефектів з установленням вкладишів ремонтного розміру. Ремонтні розміри шийок зазвичай слідує через 0,5 мм у бік зменшення діаметра. Мінімальний ремонтний розмір шийки обмежений залишковою міцністю колінчастого вала. Вкладиші ремонтного розміру мають збільшену товщину в бік робочої поверхні. По тильній поверхні (спинок) їх розміри відповідають розміру ліжка за кресленням.

Залежно від характеру пошкодження шатунні шийки відновлюють різними способами.

У даний час для шліфування шийок без демонтажу колінчастого вала широко використовують спеціальні пристрої у вигляді обертового супорта. Вони складаються з двох зкріплених дисків, між якими монтується супорт. Диски обертаються навколо шийки за допомогою ланцюгової передачі. Дана робота виконується спеціалізованими підприємствами.

Однак можливості цього механізму обмежені. При відновленні геометрії і шорсткості шатунної шийки її вісь повинна залишитися паралельно осі колінчастого вала. В іншому випадку вини-

кають перекиє поршня у втулці, небезпека задирки втулки і поршня, пошкодження шатунних вкладишів та шийки. Для цього при монтажі пристрою за базу приймають галтелі, навколо яких воно буде обкатуватися.

На практиці вкладиш часто переміщується вздовж осі шатунної шийки і пошкоджує її жолобник. При обкатуванні навколо такої галтелі вісь обертання пристрою буде не збігатися з віссю шатунної шийки. Якщо пошкодження значні і ремонт галтелі неможливий у суднових умовах, пристосування не може бути використане.

У суднових умовах як тимчасовий захід можливе ручне обпилювання шийки в найближчий ремонтний розмір. Запропонована принципова технологія була неодноразово успішно випробувана на практиці: демонтують шатунно-поршкову групу; глушать масляні отвори дефектної шийки дрантям із солідолом; всю обробку виконують через картери люків.

Як правило, при задирці шийка нагрівається та її робоча поверхня гартується до такої твердості, що драчовий напилок ковзає по ній. Для обдирання загартованого шару використовують старі наждакові кола, надавши їм попередню увігнутість за формою шийки.

Після цього шийку обробляють напилками з припуском на діаметр 0,15...0,20 мм. Необхідно надати їй необхідний діаметр, не виходячи за межі допустимої овальності. Складність полягає в тому, щоб зберегти паралельність шатунної шийки осі корінних шийок. В іншому випадку виникають неприпустимий перекиє поршня у втулці, небезпека його заклинювання або прилягання верхнього вкладиша не по всій довжині, його перевантаження і руйнування.

Для цього шийку обпилюють смужками по всій довжині шийки, поступово поширюючи їх на всю окружність. Прямолінійність шийки контролюють по лінійці, на просвіт, приклавши її до утворюючої шийки. Одночасно обробляють галтелі за шаблоном, виготовивши його за розмірами неушкодженої шийки.

Геометрію шийки постійно контролюють мікрометром. Обробку закінчують після досягнення припуску на діаметр для остаточного шліфування.

Остаточне доведення шийки в ремонтний розмір і надання їй дзеркальної поверхні забезпечують шліфуванням та поліруванням. Ці операції виконують за допомогою спеціального пристрою, принципова схема якого наведена на рис. 3.8.

Контроль і промивка масляних каналів колінчастого вала

У процесі експлуатації в масляних порожнинах колінчастого вала скупчуються грязьові відкладення і маслянисті викиди, що перешкоджають нормальному струменю масла, що викликають небезпеку порушення змащення підшипників. Тому при кожній зміні масла, а також після 4000...7000 годин експлуатації (раз на рік) контролюють чистоту масляних каналів і за необхідності очищають.

Для очищення масляних каналів у корінних шийках демонтують трубопроводи підведення масла до корінних підшипників, розбирають корінні підшипники, залишаючи на місці нижні вкладиші крайніх підшипників, а також нижній вкладиш середнього підшипника. Віддають технологічні заглушки на масляних каналах. Відкладення та викиди видаляють продуванням масляних каналів стисненим повітрям. Якщо вони затверділи, їх розпушують дротом і видаляють промиванням каналів дизельним паливом.

Очищення масляних каналів у щоках і шатунних шийках виконують при демонтажі шатунно-поршневих груп.

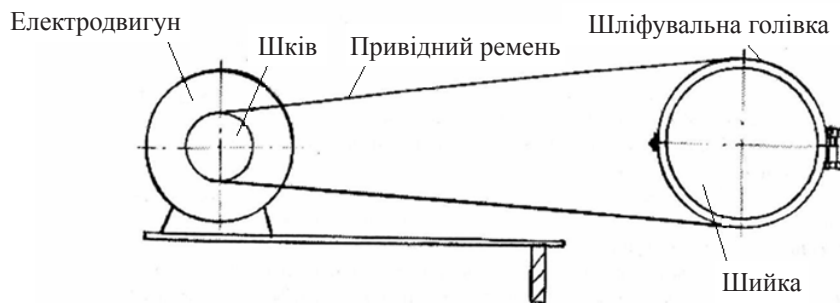


Рис. 3.8. Схема пристрою для шліфування шатунної шийки

Після закінчення монтажу масляну систему двигуна прокачують маслом для видалення грязьових скупчень. При цьому контролюють надходження масла до підшипників за характером випливаючого з них масла.

Після очищення масляних каналів при найближчому огляді всередині картера слід звернути увагу на герметичність заглушок. Відомі випадки, коли вони відкручувалися. Масло, витікаючи з отворів, менше надходило до підшипників, що викликало їх інтенсивний знос.

Просідання колінчастого вала вимірюють контрольною скобою і щупом (рис. 3.9). Як правило, контрольні скоби поставляються разом з двигуном. Знявши кришки рамових підшипників, перевіряють стан кожної шийки вала. Для цього скобу 1 ставлять над рамовою шийкою на опорну площину фундаментної рами 2 та вимірюють щупом зазор між скобою 3 і шийкою 4. Збільшення цієї відстані в порівнянні зі значенням, отриманим раніше, вказує на знос антифрикційного металу підшипників.

Після демонтажу та ретельного очищення колінчастий вал уважно оглядають і перевіряють на відсутність тріщин, волосовин або задирок на поверхні.

3.2. Втулка робочого циліндра

Циліндрові втулки виготовляють з легованого чавуну або литої сталі, зазвичай цільними і рідше складеними (для деяких двигунів фірм «Фіат», «Зульцер» та ін.). Внутрішню частину втулки шліфують та іноді на неї наносять тонкий шар (0,05...0,08 мм) пористого хрому. Дзеркало сталеві втулки цементують, гартують токами високої частоти або азотують.

Виходи продувних і вихлопних вікон на дзеркалі втулки акуратно заокруглені, щоб забезпечити нормальну роботу поршневих кілець та захистити їх від надмірного зносу.

Для вільного радіального розширення втулки передбачають невеликий зазор у місцях її з'єднання з блоком, а у деяких двигунах використовують чавунні чи сталеві проставкові кільця.

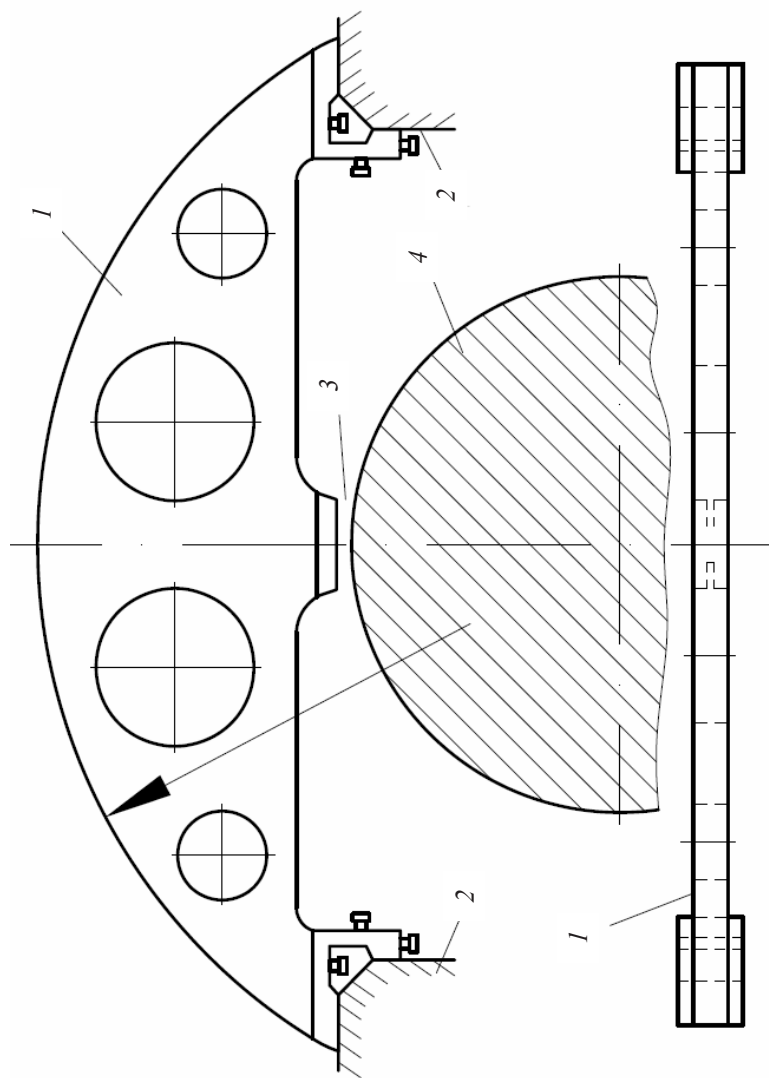


Рис. 3.9. Вимірювання просідання колінчастого вала скобою та щупом

Осьове (поздовжнє) переміщення втулки забезпечує сальникове ущільнення.

Втулки 4-тактних двигунів зношуються переважно у верхній частині. У двотактних двигунах, крім зносу у верхній частині, спостерігається також підвищений знос на перемичках між вихлопними вікнами, що пояснюється корозійною дією вихлопних газів, високою температурою стінок через відсутність охолодження, несприятливими умовами змащення, деформацією втулки. Якщо втулки в районі вікон охолоджуються, знос на перемичках між вихлопними вікнами значно зменшується.

Робоча поверхня втулки може прийняти конусну, бочкоподібну і еліптичну форми. Найбільший знос, як правило, спостерігається у верхній її частині в районі між першим і другим поршневыми кільцями при положенні поршня у ВМТ. Вид зносу нагадує криву зміни тиску газів у циліндрі двигуна, дещо відрізняється від неї лише в верхній частині втулки.

Підвищений знос втулки у верхній частині пояснюється значним питомим тиском між першим ущільнювальним поршневим кільцем і стінкою циліндра, підвищеним тепловим навантаженням і погіршенням змащення в цьому районі, а також високою корозійною дією продуктів згорання.

Характер зношування втулки циліндра в площині обертання кривошипа і в площині осі циліндрів приблизно однаковий, проте абсолютний знос при правильному centruванні деталей руху в площині обертання кривошипа зазвичай більший. Це викликає еліптичність внутрішньої поверхні втулки в її поперечному перерізі.

Середній нормальний знос втулки за 1000 годин роботи двигуна в залежності від його конструкції, ступеня швидкості складає 0,02...0,21 мм.

У період пуску і прогріву двигуна циліндрова втулка працює у важких умовах. Основною причиною інтенсивного зносу втулки в пусковий період є хімічна корозія, що викликається кислотами, які утворюються при згорянні палива в циліндрі. Вода, необхідна для утворення кислот, знаходиться у вигляді пари в продуктах

згоряння. Якщо температура води на виході при роботі двигуна в усталеному режимі складає 313...318 К, то в цих умовах хімічна корозія значно зменшується в порівнянні з пусковим періодом, проте повністю не усувається. На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що не можна допускати зниження температури стінок циліндра до температури точки роси кислотних парів.

Інший спосіб боротьби з хімічної корозією — нейтралізація утворення безпосередньо на стінці циліндра розчинів кислот спеціальними циліндровими маслами з присадками.

Крім нагару в циліндрі утворюються відкладення у вигляді лакової плівки (липкої речовини), що покриває район ущільнення тронка поршня, що ускладнює рух кілець і викликає «зависання». Ця плівка утворюється з масла в результаті ущільнення і полімеризації вуглецевих з'єднань при їх термічному розпаді. Кількість лакових відкладень мало залежить від сорту масла і визначається головним чином температурним режимом двигуна. Ці відкладення спільно з продуктами неповного згоряння палива сприяють прискоренню абразивного зношування втулки циліндра, поршня і поршневих кілець.

Кількість масла, що подається на поверхню циліндрової втулки, визначається для кожного конкретного типу ДВЗ у залежності від розмірів циліндра, системи газообміну, розташування масляних штуцерів тощо. Недостатнє надходження масла на поверхню циліндричної втулки може призвести до напівсухого тертя. У цьому випадку у верхній частині втулки, де температура стінки висока, знос може досягти великої величини.

Надмірно рясне змащення також небажане, тому що при цьому в камері згоряння інтенсивно утворюється суміш нагару та масла, що збільшує теплову навантаженість на циліндр і його абразивний знос.

Найбільший допустимий знос втулки для тронкового двигуна дорівнює приблизно 0,5 %, а для малообертових крейцкопфних — 0,8 % діаметра циліндра.

До підвищеного зносу втулки може призвести вода, що потрапила в циліндр із продувальним повітрям або через ущільнення

втулок. Вода погіршує умови змащення циліндрів і спричиняє їх інтенсивний знос. У разі підвищеного зносу деталей відпрацьоване циліндрове масло набуває темного кольору. Якщо це відпрацьоване масло нанести на аркуш чистого паперу і наблизити до нього постійний магніт, то за наявності в маслі металу, лист притягнеться до магніту, й це буде свідчити про підвищений знос втулки і кілець.

Крім зносу від стирання циліндрові втулки можуть мати загальну деформацію, тріщини і задирки робочої поверхні, корозійні та кавітаційні руйнування охолоджуючої поверхні.

Тріщини можуть виникати у втулці через температурні деформації в районі вікон і заїдання поршня. При цьому спостерігається підвищений знос поршневих кілець, а іноді — їх поломка.

Задирки втулки і поршня в двотактному двигуні виникають у результаті сухого тертя на окремих ділянках, підвищення температури у зоні тертя і внаслідок перегріву двигуна при загорянні відпрацьованого масла в підпоршневій порожнині. Причинами загоряння масла є неправильне його дозування на циліндропоршкову групу, низька якість компресійних кілець і незадовільні очистка та вентиляція підпоршневої порожнини.

До ознак появи тріщин у втулці належать:

- підвищення температури охолоджуючої води на виході з пошкодженого циліндра;
- різання коливання тиску охолоджувальної води, підвищений тиск води на всмоктуванні;
- інтенсивна поява повітряних бульбашок в оглядових контрольних стеклах системи охолодження.

Циліндричну втулку з тріщиною необхідно замінити. Якщо цього зробити не можна, пошкоджений циліндр виключають з роботи.

При експлуатації двигунів бувають випадки, коли на втулках і блоках з боку охолодження з'являються місцеві руйнування, схожі на лінійні порожнечі і раковини, що являють собою плями великих розмірів, з найбільшою глибиною в центрі. Глибина раковин може досягати 6...7 мм, в окремих випадках ураження бувають наскрізними.

Причинами зазначених руйнувань є електрохімічна корозія та кавітаційна ерозія. До факторів, що обумовлюють електрохімічної корозії, відносять:

- корозійну активність охолоджуючої води, яка визначається її складом, застосовуваними антифризами, температурою, швидкістю циркуляції і т. д.;

- дію гальванопару результаті контакту різнорідних металів або металу з накипом.

Установлено, що присутність в охолоджуючій воді розчиненого кисню або кислоти призводить до корозії охолоджувальної поверхні деталей двигуна і звуження проходів води через відкладення на них продуктів корозії.

При нагріванні води із солями тимчасової жорсткості двовуглекислий калій і магній розкладаються з утворенням карбонатів і вуглекислоти, які спричиняють посилення корозії у зв'язку з виникненням місцевих гальванопар (у результаті зміни потенціалу металу під накипом). До посилення корозії призводить і забруднення охолоджувальної води маслом за рахунок дії гальванопар, які виникають у результаті різниці потенціалів на ділянках поверхонь, покритих і непокритих масляною плівкою.

Руйнівну дію гальванопар можна значно зменшити встановленням протекторів на найбільш уразливих ділянках, протектори необхідно розташовувати так, щоб напрямок руху іонів збігався з напрямком потоку охолоджуючої рідини.

Для малообертових двигунів зазвичай застосовують цинкові протектори, для високообертових — магнітні.

До найбільш серйозних пошкоджень деталей, що взаємодіють з охолоджуючою водою, відносять кавітаційні руйнування. Основну роль у появі кавітаційних руйнувань відводять вібрації втулок. Інтенсивність руйнувань залежить від температури і швидкості охолоджуючої води та форми розподілу потоку.

До ефективних заходів щодо запобігання електрохімічній корозії і кавітаційному руйнуванню належать:

- регулярне чищення порожнин охолодження від продуктів корозії і накипу, покриття поверхонь антикорозійним складом;
- зменшення вібрації втулок шляхом забезпечення мінімального зазору між поршнем і втулкою;
- хромування втулки;
- установлення протекторів;
- додавання в охолоджуючу воду інгібіторів (нітрату натрію, хромату калію та ін.).

Коли знос втулки досягає гранично-допустимої величини (0,4...0,8 % діаметра), підтримувати задовільні умови роботи циліндра стає важко, втулку слід замінити.

Для випресовування втулки використовують спеціальні пристрої, що поставляються заводом-виробником. Після виймання втулку і блок очищають від іржі, накипу та інших відкладень.

Опорні фланці втулки притирають до блока. Якщо в двигуні застосовують префіксальні кільця, то площини прилягання останніх притирають до блока і фланця втулки. Правильно посаджена втулка не повинна мати зазор між опорними поверхнями (щуп товщиною 0,03...0,04 мм не має проходити між ними). Кільцевий зазор у нижній частині між кільцем ущільнювача блока і втулки повинен бути рівномірним.

Знос циліндрових втулок виявляють шляхом вимірювання мікрометричним штихмасом у трьох поясах I, II, III (рис. 3.10). Пояс I знаходиться між першим і другим компресійними кільцями при положенні поршня у ВМТ. Пояс II відповідає району осі поршневого пальця при положенні поршня у ВМТ. Пояс III знаходиться на 5...10 мм вище від нижнього маслосніжного кільця, коли поршень знаходиться у НМТ.

Для того щоб вимірювання були зроблені в потрібних поясах, застосовують шаблон 1, показаний на рис. 3.10 справа. Шаблон являє собою планку з листової сталі товщиною 3...4 мм. Він загнутий у верхній частині та має вирізи 2, кількість і місце яких відповідає поясам вимірювання. Для того щоб здійснити вимірювання за двома взаємно перпендикулярними площинами, місце

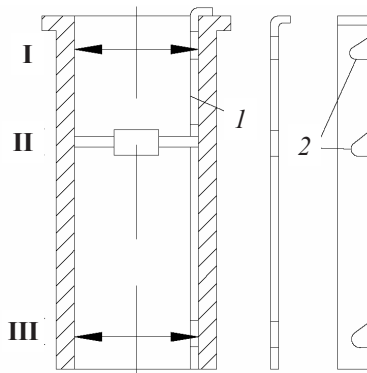


Рис. 3.10. Пояси вимірювання циліндрової втулки і шаблон, який застосовується при вимірюванні

установлення шаблону фіксують рисками на фланці циліндричної втулки. За результатами вимірювань визначають знос і овальність втулок. При граничних зносах втулки замінюють. Граничний знос у поясі I $0,65 \dots 1,10$ мм, овальність $0,35 \dots 0,50$ мм. Циліндрову втулку також замінюють, якщо вона має тріщину або глибокі задирки. Дрібні задирки і поздовжні риски зашліфують дрібним карборундовим каменем або наждачним промасленим папером тільки в поперечному напрямку (зачищати задирки в поздовжньому напрямку забороняється). При цьому перевіряють чистоту масляних каналів.

Перед установленням втулки внутрішні поверхні заоболонкового простору фарбують водостійкою фарбою, крім насадок пасків, які змащують жиром або рідким милом.

Перед запресуванням втулки на місце рекомендується її опустити в циліндр без гумових кілець ущільнювачів для перевірки посадки втулки на опорній поверхні блока та ущільнююче червономідне кільце.

При правильному розмірі червономідного кільця втулка без ущільнюючих гумових кілець сідає на місце при легкому погонюванні. На паску по всьому колу будуть видні сліди зіткнення з блоком. Якщо таких слідів немає, висоту паска необхідно під-

няти, прочеканивши його в середній частині. Втулку не можна ставити на місце з великим зусиллям. Якщо вона сідає туго, треба її підняти і шабером зняти виступні місця на червономідному кільці.

На підготовлену для посадки в блок втулку необхідно надіти гумові кільця ущільнювачів, змащені жиром, милом або вазеліном. Гумові кільця повинні одягатися на втулку з невеликим натягом і сидіти в канавках, щільно облягаючи втулку, дуже важливо, щоб гумові кільця не повністю заповнювали свої канавки і не були сильно стиснуті на них. Кільце має виступати над поверхнею втулки не більше ніж на 1,0 мм.

Після підготовки втулку орієнтують по циліндровому блоку. Необхідно стежити за тим, щоб не змістити впускні і продувні вікна по відношенню до блока, а також отвори для штуцерів. Для полегшення цієї роботи на фланці втулки і на блоці є риски.

Остаточне встановлення втулки виконують затягуванням циліндричної кришки або за допомогою спеціального пристрою. Потім обміряють втулку в районі посадочних місць, щоб переконатися, що втулка сіла нормально і не відбулося її стискання. Зменшення діаметра втулки після запресовування більше ніж на 0,02...0,03 мм не допускається.

Після постановки втулки блок опресовують водою на тиск 0,3...0,8 МПа. Перед гідравлічним випробуванням блока циліндрів закріплюють на місці штатними шпильками, також повинні бути поставлені на місце масляні штуцери. Можливі пропуски води спостерігають по опорному фланцю втулки, внутрішній поверхні втулки та через продувний і вихлопний колектори в районі вікон.

Перевірка стану поршня щодо осі втулки в трьох площинах поршня при стисненні повзуна дає уявлення про те, яке положення зайняла втулка щодо осі циліндра і поршня.

3.3. Кришка робочого циліндра

Кришка робочого циліндра закриває та ущільнює робочий циліндр і утворює разом з поршнем і втулкою камеру згоряння, в ній розміщені елементи систем, що забезпечують роботу двигуна. На кришку діють зусилля зтяжки шпильок і змінного тиску газів, а також високе теплове навантаження. Тому кришка повинна мати достатні міцність і жорсткість, а для підтримки необхідного температурного рівня елементів має охолоджуватися.

У більшості суднових ДВЗ кришка має коробчату конструкцію, утворену верхнім і нижнім (вогневим) днищами, сполученими вертикальними стінками. Форма кришки визначається типом двигуна, конструкцією камери згоряння, кількістю робочих клапанів, формою каналів до них, розташуванням форсунок. Для високооберткових (ВОД) кришки часто виконують блоковими на весь двигун або для групи в два-три циліндри. Кришки середньо- й малооберткових (СОД і МОД) з умов виготовлення і зручності монтажу завжди виконують індивідуальними. Останні можуть мати в плані квадратну, шести- або восьмигранну та круглу форму.

Кришки двотактних двигунів з контурною продувкою мають порівняно просту конструкцію, оскільки в них відсутні випускні клапани і канали. При прямотруминно-клапанній продувці випускні клапани не тільки ускладнюють конструкцію кришки, але і підвищують її теплову напруженість. Кришки сучасних МОД з такою продувкою зазвичай мають один випускний клапан, СОД — два або чотири.

Кришки чотиритактних СОД і ВОД мають два або чотири робочих клапани з каналами до них складної конфігурації. У цьому випадку будуть спостерігатися нерівномірне нагрівання і підвищена температура елементів кришки. У ВОД з розділеним сумішоутворенням конструкція кришки ускладнена через розміщення в ній вихрової камери або передкамери. Вогневі днища багатоклапанних кришок завжди виконують плоскими.

Крім робочих клапанів у кришках поміщають форсунку, індикаторний кран (СОД і МОД), а в двигунах, що запускаються стисне-

ним повітрям, — пусковий клапан. На кришках двигунів з D більше 300 мм повинен бути встановлений запобіжний клапан.

Робота з ремонту циліндрових кришок зводиться до наступного:

- очищення поверхні, дотичної з газами, від нагару і промивання гасом;
- очищення від накипу й бруду водяного простору;
- заміни зруйнованих цинкових протекторів новими;
- огляду кришки на відсутність тріщин і обгорання з боку камери згорання.

Ступінь обгорання визначають за шаблоном, виготовленим з листової сталі. Шаблон прикладають до днища та вимірюють щупом зазор між ним і днищем. За величиною зазору судять про обгорання. Для виявлення тріщин вдаються до гідравлічних випробувань на тиск 0,5...0,6 МПа. Чавунні кришки з обгорілими днищами і за наявності тріщин замінюють новими. Не виявивши дефектів, приступають до притирання впускних, випускних, пускових і запобіжних клапанів та корпусів форсунок.

Перед притиранням сідла клапани оглядають, щоб переконатися в тому, що проточування для виведення раковин і забоїн не потрібна. Якщо є глибокі раковини або забоїни, клапани проточують на верстаті, сідла виправляють шарошкою (ручною фрезою, рис. 3.11).

Притирання клапанів роблять наступним чином: змазують сідло притиральною пастою та обертають клапан на півоберту то в один, то в інший бік, одночасно притискаючи третьові частини і слідкуючи за тим, щоб не було перекосу. Клапан обертають за допомогою пристрою (рис. 3.12) або коловоротом.

Притирання продовжується до тих пір, поки по всій окружності не утворюється рівний матовий пояс. Остаточне притирання здійснюють пастою ГОІ, розведеною на гасі. Закінчення притирання визначають так: витирають насухо поверхні, що притираються, і роблять поперек паска 12...16 рисок простим м'яким олівцем; ставлять клапан на місце і повертають на 1/4 оберту.

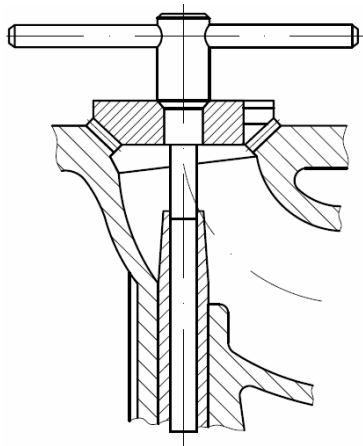


Рис. 3.11. Шарошка для обробки клапанних сідел

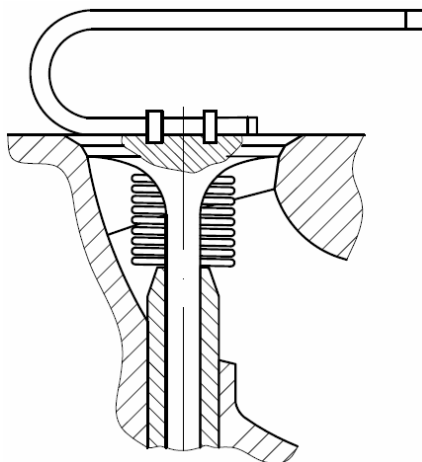


Рис. 3.12. Пристрій для притирання клапанів

Якщо всі risks стерлися, значить притирання проведене добре. Якість притирання визначають також і гасом. Невелику кількість гасу наливають зсередини і спостерігають — якщо через 5...10 хв гас не проник через притерте ущільнення, притирання хороше.

При ремонті кришок доводиться змінювати напрямні втулки клапанів. Знос напрямних втулок випускних клапанів при роботі дизеля визначають за димленням, при ремонті — вимірюванням. Граничний зазор між штоком клапана і прямою втулкою дорівнює $0,015d$, де d — діаметр штока клапана.

Центруючий бурт кришки перевіряють за плитою на фарбу. Пливу фарбують фарбою. Кришку буртом кладуть на плиту і пересувають по ній. Забарвлення бурта повинне бути рівне, щуп 0,05 мм не повинен проходити між плитою і буртом. При забиттях і підгоряннях посадкового бурту кришка бракується.

3.4. Поршень

Для попередження аварійних пошкоджень та зносів поршні підлягають періодичній ревізії згідно з планом-графіком профілактичних оглядів, розробленим на основі рекомендацій заводу-виробника. Поршні допоміжних двигунів оглядають через 1500...3000 год, головних — через 3000...6000 год роботи.

Огляд і очищення поршня виконують після виймання його з циліндра й відділення шатуна. Перед очищенням поршня від нагару і сажі необхідно попередньо його оглянути. Поршень повинен мати одноманітну матову поверхню. Наявність освітлень і натертих місць вказує на погане прилягання поршня до робочої втулки або його перекис.

При ревізії поршень ретельно очищають від нагару і сажі, оглядають, проводять необхідні вимірювання, всі виявлені дефекти усувають.

До дефектів, що найбільш часто зустрічаються, належать: тріщини на голівках, задирки і заїдання поршня, знос прямої частини поршня, знос поршневих канавок, знос і поломка поршневого пальця.

Тріщини можуть бути поверхневі й наскрізні, на днищі і тронці. Поява тріщин на днищі поршня можлива при значному тепловому навантаженні; перегріві головки через несправність системи охолодження, випадковому перекритті клапанів охолодження або значних відкладеннях у порожнині охолодження; швидкому навантаженні непрогрітого двигуна; незадовільному регулюванню процесу згоряння палива в циліндрі; порушенні кута розпилу і далекобійності струменя палива при вприскуванні.

За наявності наскрізних тріщин відпрацьовані гази проникають в охолоджуючу порожнину головки, перегрівають охолоджуючу рідину і порушують нормальну циркуляцію в системі охолодження поршня. Коли тиск газів у циліндрі стає нижчий тиску охолоджуючої рідини, навпаки, рідина протікає в циліндр по цих тріщинах. При цьому особливо небезпечна ситуація складається, якщо як охолоджуюча рідина використовується масло. Масло, потрапивши в циліндр, частково згоряє разом з паливом, а частково викидається у випускний і продувний колектори. Якщо масло надходить у циліндр у великій кількості, то в результаті передчасних спалахів виникають важкі глухі удари, що може призвести до руйнування поршня.

Ознакою появи в газовому тракті незгорілого масла є наявність темно-блакитного диму у випускних газах. Дефектний циліндр визначають шляхом відкриття індикаторних кранів. При попаданні масла в циліндр температура випускних газів у ньому підвищується. При перших же ознаках появи наскрізних тріщин двигун повинен бути зупинений.

Тріщини, на тронці виникають при сильних заїданнях і задирах поршня внаслідок різних причин: перевантаження двигуна; порушення охолодження; поломки поршневих кілець; перекоси деталей групи руху; недостатній зазор між поршнем і втулкою; нагрівання поршневих кілець; значне нагароутворення в циліндрі; деформації робочої втулки; швидке навантаження непрогрітого двигуна; недостатність або повне припинення змащення циліндра через штуцери; недостатня обкатка двигуна і под.

Момент виникнення задирки поршня зафіксувати дуже важко, зазвичай виявляють лише його наслідки, однак при уважному спостереженні за працюючим двигуном виявити деякі ознаки появи задирки все ж можна. Так, при заїданні і задирках підвищується температура охолоджуючої води в аварійному циліндрі, виникає швидко наростаючий стукіт у ньому, з'являється дим у картері, значно зменшується частота обертання колінчастого вала двигуна.

До появи наскрізних тріщин у головці може призвести й обгорання днища поршня в результаті його перегріву і впливу газової корозії та ерозії. Перегрів днища викликає відпуск матеріалу, погіршення його механічних властивостей і втрату твердості.

При одночасному впливі перегріву, корозії і змінних навантажень на голівці поршня руйнується зовнішній шар металу, днище стоншується і з'являються тріщини. Однією з основних причин обгорання головки поршня є порушення кута розпилу і далекобійності струменя палива при впрыскуванні палива.

Поршні, що мають тріщини, значні прогорання днища, облом тронка, іржу на зовнішній робочій поверхні, глибокі задирки і риси, замінюють новими.

Для визначення величини зносу поршня обмірюють його тронкову частину, оскільки головка поршня зазвичай не стирається. Якщо результати обміру покажуть, що знос перевищує допустимі межі, поршень замінюють або ремонтують.

Зазор між тронком поршня і втулкою вимірюють щупом при знятті поршневих колін за двома взаємно перпендикулярними напрямками у верхній і нижній кромках поршня при його положенні у верхній і нижній мертвих точках. При виявленні граничного зносу чи зазору між поршнем і циліндровою втулкою поршень бракують. Для чавунних поршнів монтажний зазор між поршнем і втулкою дорівнює 0,12...0,20 мм, граничний — 0,35...0,80.

При експлуатації кільцеві канавки розбиваються; їх форма з прямокутної стає трапецієподібною. Цей знос виникає під дією сил тертя від тиску газів на кільці і при зміні напрямку руху поршня. Вироблення канавок тягне за собою пропуск газів у картері і зниження тиску стиснення у циліндрі. Знос канавок по висоті

визначають у декількох точках за колом, заміряючи для цього зазор між еталонним кільцем, надітим на поршень, і стінкою канавки. Дефектні канавки підганяють під кільця ремонтного розміру, наплавляють (сталеві поршні), а потім проточують канавки під номінальний розмір.

Для демонтажу поршня відкривають люки картера, знімають нижню половину шатунного підшипника і поворотом колінчастого вала встановлюють поршень у ВМТ. До поршня приєднують монтажну скобу 1 (рис. 3.13) і за допомогою підйомного пристрою виймають поршень разом з шатуном. Денце поршня очищають від нагару, кільця роблять рухомими. При сильному закоксовуванні кілець поршень протягом години витримують у лужному розчині (на 10 л води 100 г кальцинованої соди, 100 г зеленого мила, 100 рідкого скла, 10 г хромпіка). Після очищення поршень промивають гасом і сушать.

Якщо підсумувати, то до характерних дефектів поршнів належать: знос канавок під поршневі кільця; знос отворів під поршневі пальці; знос на еліптичність і конусність головки та юпці поршня; утворення рисок і задирок на їх поверхні; обгорання денця поршня й тріщини на поверхні голівки. Поршні з тріщинами і значним обгоранням денця бракуються. Ступінь обгорання визначається шаблоном з листової сталі і шупом.

Еліптичність, конусність поверхонь поршня, знос канавок під кільця та отвору під палець визначають вимірюваннями. Для того щоб визначити знос поршневого пальця, його відпресовують за допомогою пристрою, зображеного на рис. 3.14.

Навертаючи гайку 2 на болт завдяки втулці 1 і упору 3, палець випресовують або запресовують. Пальці вимірюють мікрометром у двох взаємно перпендикулярних площинах: по вертикалі (в робочій площині) і горизонталі, чотирьох поясах (два пояси розташовуються в бобишках і два — в районі втулки верхньої головки шатуна).

При ремонті поршня основною операцією, яку виконують на судні, є заміна поршневих кілець. Поршневі кільця належать до деталей, що швидко зношуються. Поршневі кільця під час

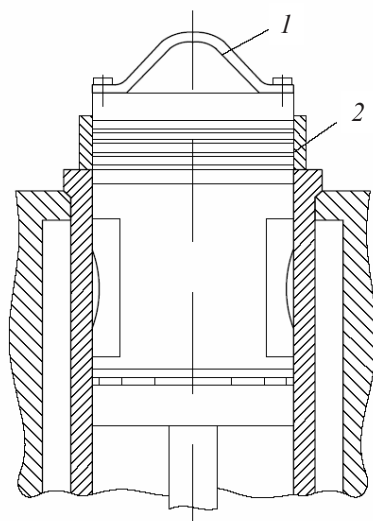


Рис. 3.13. Пристрій для демонтажу і монтажу поршня

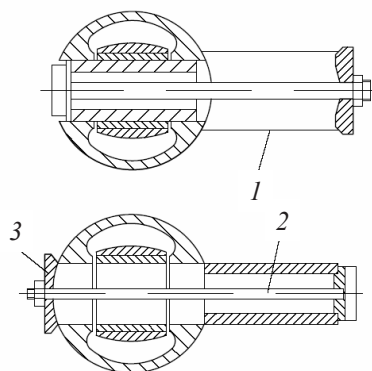


Рис. 3.14. Пристрій для демонтажу та монтажу поршневого пальця

експлуатації двигуна зношуються, втрачають пружність, коробляться і ламаються. Знос кілець відбувається на поверхні зіткнення з опорними площинами канавок поршня і по зовнішній циліндричній поверхні, яка третється по втулці. Найшвидше зношується перше кільце, що знаходилося в зоні високих температур і тисків.

У результаті зносу збільшуються зазори в замку кільця і канавці поршня. Підвищений знос кілець призводить до порушення герметичності робочого простору в циліндрі і прориву газів між тронком та втулкою. Відпрацьовані гази, що прорвалися руйнують масляну плівку і викликають перегрів кілець, прискорюючи їх знос.

Недостатній зазор між кільцем та канавкою поршня по висоті або надлишок масла призводить до пригорання кілець. Такі кільця погано прилягають до поверхні втулки, сильно перегріваються, коробляться, втрачають пружність і перестають виконувати свої функції. Нагар, який накопичився на кільцях, потрапляє між поршнем і втулкою, викликає підвищений знос, перегрів, заїдання і задирки деталей циліндро-поршневої групи.

До ознак надмірного зносу або заїдання ущільнюючих кілець відносять: зменшення тиску газів у циліндрі наприкінці стиснення; пропуск газів у картер; зниження потужності двигуна.

У разі значного зносу маслоснімних кілець підвищується витрата циркуляційного масла, випускні гази набувають темно-блакитного кольору. Основним зносом маслознімних кілець є знос паса. У кільця висотою 6 мм прилеглий поясок дорівнює 2 мм, при збільшенні паса в два рази кільце бракується (рис. 3.15).

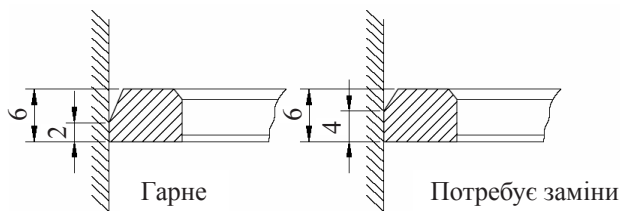


Рис. 3.15. Визначення зносу маслоснімного кільця

Знос кілець по колу визначають за зазором у замках і поршневих канавках. Зазор у замках заміряють безпосередньо в циліндровій втулці при вийнятому поршні. Для цього кільця по черзі заводять у найменш зношену (верхню) частину втулки. Установивши кільце строго перпендикулярно до осі циліндра і притримуючи його рукою, щупом визначають фактичний зазор у замку. Для двигуна в експлуатації допускають збільшення зазору в замку в два рази в порівнянні з нормальним монтажним зазором. Допустимі норми теплових зазорів у стикі кільця наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Допустимі норми теплових зазорів поршневих кілець

Діаметр циліндра, мм	Тепловий зазор, мм	
	монтажний	на межі
До 150	0,4...0,6	3,0
151...200	0,7...0,9	3,5
Більше 200	1,0...1,3	4,0

Величину стирання кільця по висоті визначають за допомогою мікрометричної скоби. При зменшенні висоти на 0,10...0,15 мм кільця замінюють. Зазор між кільцем і робочою поверхнею вимірюють щупом, перекочуючи кільце по канавці (цей зазор не повинен перевищувати подвійного монтажного розміру). Якщо зазор перевищує $0,04...0,06h$ (де h — висота кільця), кільця замінюють.

Правильність геометричної форми кільця перевіряють у неробочій частині втулки на світло. Кільце 2 вставляють у нову циліндричну втулку 1 (рис. 3.16), знизу світять лампою, а зверху дивляться. Зазор в місці найбільшого просвіту не повинен перевищувати 0,03 мм.

Якщо є безперервний просвіт з куті більше 60° або якщо в просвіт проходить щуп 0,1 мм, кільце бракується.

Пружність кілець визначають на спеціальному пристрої. Про втрати пружності можна судити також за зменшенням зазору у вільному стані кільця.

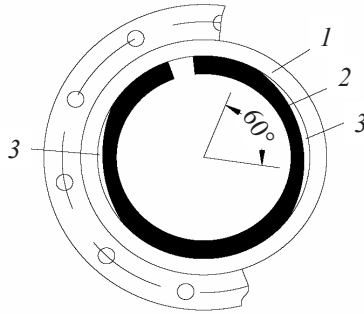


Рис. 3.16. Визначення порушення форми кільця

Зазор у замку до стиснення і після нього повинен бути приблизно однаковий. Кільце бракує, якщо при розведенні його кінців на 20 % від його зовнішнього діаметра з подальшим звільненням залишкова деформація перевищує 10%.

У судових умовах кільце поміщають у втулку, якщо воно не опускається під дією сили тяжіння, пружність вважається допустимою.

Випробування кілець на короблення проводиться на повірочній плиті. Пливу фарбують, кладуть на неї кільце і зрушують. Під дією власної ваги забарвлення кільця повинно бути рівномірним, щуп 0,05...0,08 мм не має проходити між кільцем і плитою.

Кільця, які мають задирки, сліди пропусків газу більше ніж на $\frac{1}{4}$ кола, непридатні для роботи.

На практиці часто пошкоджені верхні кільця ущільнювачів замінюють приробленими наступними за ними кільцями.

При установленні кільця на поршень необхідно виконувати наступні вимоги:

- кільце ставити в ту канавку, в якій воно перебувало;
- маслоснімні кільця ставити прилеглим пояском вниз, як показано на рис. 3.16;
- замки кілець розмістити на 120° один відносно одного;
- поршень помістити в свій циліндр.

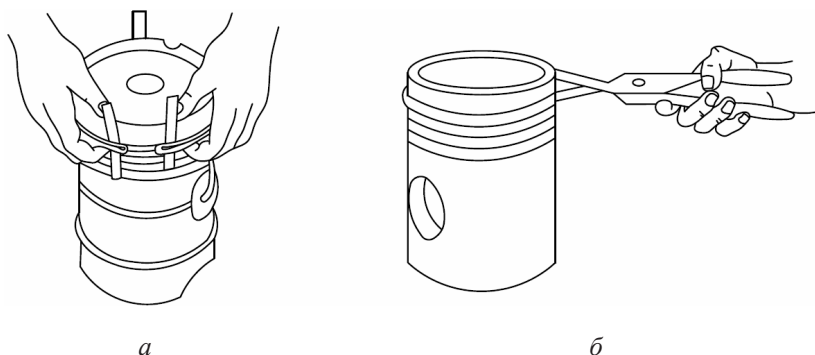


Рис. 3.17. Зняття і надягання поршневих кілець на поршні:
а — за допомогою пластинок; *б* — спеціальними кліщами

Монтажне кільце 2 (див. рис. 3.13) полегшує постановку поршня в циліндр. Зняття та установлення кілець на місце виконуються за допомогою пристроїв, показаних на рис. 3.17.

3.5. Шатун

Шатун з'єднує колінчастий вал з поршнем або поперечиною. Він складається зі стрижня, верхньої та нижньої головок. У верхній головці шатуна знаходиться головний підшипник, у нижній — шатунний.

Верхню головку в тронкових двигунах виконують нерознімною. У неї вставляють втулку, яка утворює з поршневим пальцем підшипник. Матеріалом втулки служить бронза або сталь із заливкою свинцевої бронзи. Масло до підшипника підводиться через осове свердління в стрижні шатуна.

У крейцкопфних двигунах верхня головка шатуна має форму вилки з двома підшипниками, за допомогою яких шатун приєднується до шийки поперечени крейцкопфа, шатуни можуть мати і безвилочну верхню головку. При фланцевому з'єднанні штока з поперечиною деякі двигуни мають один головний підшипник з розвиненою опорною поверхнею.

Головні підшипники крейцкопфних двигунів виконуються різними без вкладишів із заливкою бабітом безпосередньо в головці шатуна.

Нижня головка шатуна завжди різнита. Обидві половини шатунного підшипника з'єднані між собою п'ятою шатуна шатунними болтами. Об'ємна шатунна головка центрується по відношенню до стрижня шатуна центруючим виступом або шайбою, що вставляється у відповідні виточки в п'яті стрижня і верхній половині підшипника.

У місці з'єднання нижньої головки зі стрижнем шатуна ставлять сталеву компресійну прокладку. Змінюючи її товщину, можна регулювати довжину шатуна, а отже, змінювати ступінь стиснення циліндра і моменти газорозподілу.

Основними дефектами шатунів є знос підшипників у головках шатуна і пошкодження шатунних болтів.

Пошкодження можуть бути також у вигляді тріщин, вигину і скручування. При виявленні тріщин і скручування шатуни замінюють. Невеликі вигини усувають рихтуванням за допомогою домкратів або гідравлічного преса. Зношені або ослаблені втулки верхньої головки замінюють. Втулку, що підлягає заміні, випресовують за допомогою преса або шляхом нагрівання верхньої головки до 150 °С та охолодження струменем холодної води внутрішньої стінки втулки. При цьому головка шатуна розширюється, а втулка стискається та її легко випресовують мідним молотком. Нову втулку виготовляють з припуском по зовнішньому діаметру для забезпечення натягу і запресовують пресом в отвір верхньої головки, нагрітої до 150 °С.

При розбиранні та складанні нижньої головки шатуна особливу увагу приділяють шатунним болтам. Після розбирання їх промивають у гасі, насухо витирають і оглядають. Потім болти кип'ятять у маслі, насухо витирають і покривають крейдяною обмазкою. Непомічені при оглядах тріщини проявляються у вигляді потемнілих рисок. Довжину болта вимірюють з точністю до 0,01 мм. Якщо будуть виявлені подовження або тріщини, болт замінюють.

Болти також замінюють при пошкодженні різьби болта або гайки, задирках і забиттях. Навіть у випадку відсутності пошкоджень латунні болти замінюють після закінчення строку, встановленого для болтів даного двигуна.

В отвори шатуна болт повинен щільно входити. При затягуванні гайки, болта застосовують тільки нормальні або динамометричні ключі, оскільки слабе затягування чи перетяжка гайок неприпустимі.

Корончаста гайка шатунного болта шплінтується тільки новими шплінтами. Остаточне тонке розточування отвору у втулці верхньої головки шатуна здійснюється після її запресовування. Розточують на розмір, що дорівнює діаметру поршневого пальця, плюс величина зазору між пальцем і втулкою. Отвір у нижній головці шатуна розточують на розмір, що дорівнює діаметру мотилевої шийки, плюс величина масляного зазору в підшипнику.

Осі отворів у верхній та нижній головках шатуна необхідно перевіряти на паралельність і схрещування на спеціальному пристрої (рис. 3.18).

Шатун у зборі встановлюють на розтискну оправку 4, нерухомо закріплену на корпусі 5 пристрою, і затискають на ній. В отвір верхньої головки шатуна вставляють поршковий палець і на нього ставлять призму 3, що має штифти 2, торці яких розташовані точно в одній площині, перпендикулярній до її базової поверхні. Призму підводять до зіткнення хоча б одного штифта з плитою 1 пристрою, поверхня якої лежить у площині, перпендикулярній до осі оправки 4. Вимірюючи щупом зазор між іншими двома штифтами і плитою, визначають непаралельність і схрещування осей головок шатуна, віднесені відповідно до базової довжини l (непаралельність) або l_1 (схрещування). Якщо відхилення перевищують допустимі значення, вісь нижньої головки шатуна виправляють шабрням.

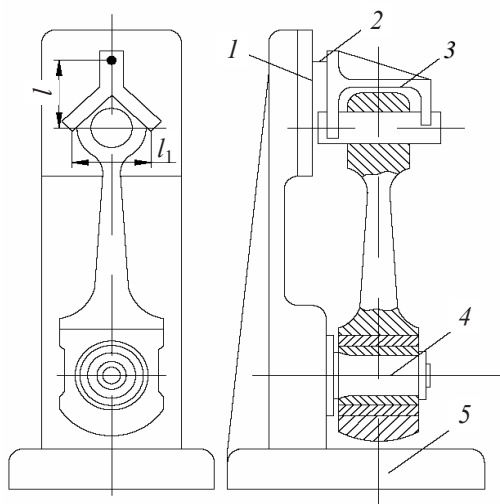


Рис. 3.18. Пристрій для перевірки паралельності та схрещування осей отворів у головках шатуна

3.6. Підшипники

У суднових дизелях застосовують такі підшипники:

- товстостінні з бабітовою заливкою;
- тонкостінні, вкриті свинцевою бронзою, і бронзові як рознімні, так і нерознімні.

Товстостінні вкладиші виготовляють з прокладками в площині рознімання двох половин для регулювання масляного зазору. Тонкостінні вкладиші не мають прокладок. У них регулювання масляного зазору досягається спилуванням торців вкладишів у площині рознімання. Тонкостінні підшипники, залиті свинцевою бронзою, при зносі замінюють. Для заливки товстостінних підшипників застосовують бабіти Б83, БН і Б16. Зазвичай нижні рамові й верхні мотильові підшипники заливають бабітом Б83, верхні рамові й нижні мотилеві — бабітом БН і Б16.

У процесі експлуатації дизеля до основних видів зносу та пошкодження підшипників належать:

– зменшення товщини шару бабіту. При заливці підшипників товщина шару бабіту береться в межах 3...5 мм. Зменшення товщини шару бабіту в два рази вважається граничним;

– тріщини і викришування, які можуть виникнути в результаті поганого підгону вкладиша до постелі й великих зазорів у підшипниках;

– відставання бабіту від вкладиша, яке може з'явитися внаслідок незадовільної заливки або поганого підгону вкладиша до постелі. Відставання визначають постукуванням: деренчливий звук вказує на відставання бабіту;

– виплавку бабіту, що виникає при незадовільному укладанні вала, поганому підведенні або очищенні масла.

Дрібні риси, задирки ремонтують зачисткою напилком. Невеликі тріщини і раковини усувають виправкою бабіту газовим пальником до основного металу вкладиша та наплавленням на його місце бабіту тієї ж марки.

Підшипники зі зменшенням товщини шару до мінімально допустимого значення тріщинами й викрашуваннями, відставанням та виправкою бабіту перезаливають. Перезаливка проводиться на спеціальних ділянках судноремонтного підприємства і складається з таких робіт: виділення старого бабіту, очищення, знежирення, травлення, лудіння і заливка нового бабіту.

Після перезаливки перевіряють якість заливки і знімають виступний бабіт. Потім площини рознімання пришабровують на фарбу по плиті. Правильно при шабренні стики вкладиша повинні мати рівномірно розподілені плями фарби, щуп 0,05 мм не має проходити між плитою і вкладишем. Одночасно перевіряють паралельність між площинами рознімання та твірною лінією, як показано на рис. 3.19.

Після пригонки площин рознімання вкладиші збирають з набором прокладок на хомутах та передають на попередню розточку по діаметру шийок з припуском 1,0...1,5 мм на остаточну розточку. Потім затилкову поверхню вкладиша приганяють по постелях (гніздах) на фарбу. Поверхню постелі забарвлюють тон-

ким шаром фарби. Вкладиші укладають на постіль, щільно притискають і переміщують по колу на 15...20 мм у кожний бік, потім виймають. Якщо забарвлення спинки буде нерівномірним, то забарвлені місця шабрують або спилюють шлюсарною пилюкою.

Операцію пригонки проводять до тих пір, поки затилки вкладиша не забарвлюватимуться рівномірно (дві-три плями на кожному квадратному сантиметрі), а щуп 0,05 входить між вкладишем та постіллю на глибину не більше 5...10 мм.

Після пригонки по постелях вкладиші збирають з набором прокладок для остаточного проточування. При остаточному проточуванні залишають припуск 0,15...0,30 мм на шабрення вкладиша по шийці вала. На робочих поверхнях вкладиша фрезерують охолоджувачі й канавки для проходу масла.

При пригоні вкладишів підшипників по валу на поверхню шийок наносять тонкий шар фарби, вал опускають у підшипник, а останній складають. Вал провертають на один оберт, і підшипник розбирають. Пофарбовані місця знімають шабером. Операцію повторюють до тих пір, поки поверхня вкладишів не буде пофарбована рівномірними плямами фарби. Після цього підшипник збирають. Набором прокладок встановлюють монтажний масляний зазор. Величину монтажного масляного зазору беруть з формуляра двигуна. Він знаходиться в межах 0,05...0,08 мм. Для регулювання масляного зазору необхідно мати комплект прокладок товщиною 0,03; 0,05; 0,10; 0,20; 0,50 мм і т. д.

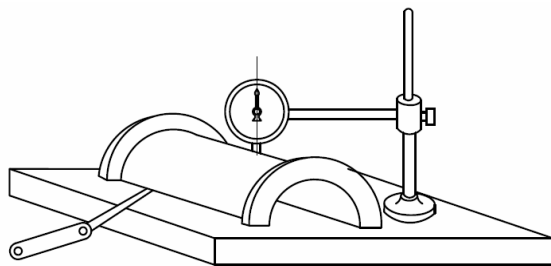


Рис. 3.19. Перевірка площин рознімання вкладиша на паралельність з лінією спинки

У кожному стику вкладиша має бути встановлено рівну кількість прокладок однакової товщини. Товсті прокладки ставлять вниз, а тонкі — вгору. Тонкі прокладки виготовляють з каліброваної латуні і фольги, а товсті — з латуні або сталі. При встановленні прокладок треба стежити, щоб зазор між кромками прокладок і шийкою вала дорівнював половині масляного зазору в підшипнику. Якщо він буде меншим, то змащення підшипника порушиться. При більшому зазорі масло буде витікати з підшипника.

Масляний зазор у підшипниках вимірюють щупом або обтисненням свинцевого дроту, як показано на рис. 3.20. Поперек шийки по її кінцях кладуть два свинцевих дроти, діаметр яких на 0,2...0,3 мм більший від необхідного зазору. Верхній вкладиш та кришку ставлять на місце й затягують. Потім знімають кришку і вимірюють товщину розплющених свинцевих дротів мікрометрів.

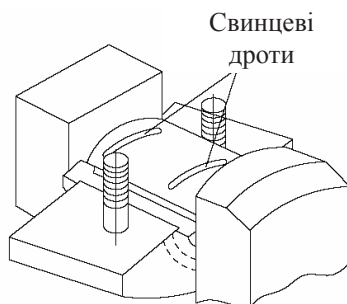


Рис. 3.20. Перевірка масляного зазору в підшипнику за відбитком свинцевого дроту

3.7. Механізм газорозподілу

Механізм газорозподілу відкриває і закриває впускні й випускні органи відповідно до прийнятих фаз газообміну. Він складається з робочих клапанів і деталей, що передають до них рух від колінчастого вала — шестерень, розподільного вала, штовхачів, штанг, важелів.

Деталі механізму газорозподілу знаходяться під великою дією динамічних навантажень, тому їх огляд і ремонт виконують не тільки при ремонті двигуна, але і в процесі експлуатації під час проведення технічного обслуговування двигуна.

До найбільш характерних пошкоджень механізму газорозподілу належать:

- зношування робочих поверхонь кулачкових шайб у місцях накату шайб на ролики штовхача. Знос кулачкових шайб визначають спеціальним шаблоном, як показано на рис. 3.21. Якщо про-світ між шаблоном 2 і шайбою 1 перевищує 1,0...1,5 мм, шайбу бракують;

- ослаблення посадки шайб на валу, що визначається на звук шляхом постукування шайб мідним молотком;

- виникнення в кулачкових шайбах тріщин, викришування (виявляється оглядом і обмацуванням);

- знос шийок розподільного вала на овальність і конусність, який визначається обмірюванням. Овальність шийок розподільного вала, що дорівнює 0,07 мм, вважається граничною;

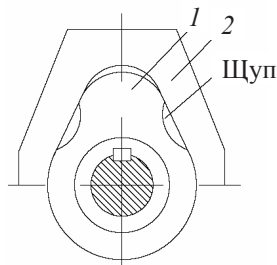


Рис. 3.21. Перевірка зносу кулачкових шайб за шаблоном

– знос і поломка зубів передавального механізму. Може бути ослаблення посадки шестерень на валу. Знос зубів визначається вимірюванням зазору між зубами, як показано на рис. 3.22. Зазор між зубами не повинен перевищувати 0,2 мм.

Кулачкові шайби зі зношеними робочими поверхнями за наявності тріщин і викришувань замінюють. Для цього шайбу нагрівають паяльною лампою і збивають. Нові шайби нагрівають у маслі до 200 °С і в нагрітому вигляді насаджують на вал.

Розподільні вали ВОД виготовляють як одне ціле з кулачками. При значних зносах кулачків, шийок або будь-яких пошкодженнях вал замінюють.

Зношені шестерні передавального механізму замінюють. Шестеренний привід монтують по мітках на зубах кожної пари шестерень, яка сполучається. Зуб з міткою однієї шестерні повинен входити в западину між міченими зубами іншої шестерні. Правильність зачеплення шестерень визначається на фарбу. Зуби однієї шестерні фарбують і за відбитками на зубах іншої судять про правильність зачеплення.

Вали зі зношеними шийками проточують на найближчий ремонтний розмір. Перед укладанням відремонтованого розподільного вала на місце підшипники ремонтують і пришабровують по шийкам вала. Ось покладеного в підшипники розподільного вала повинна бути паралельна осі колінчастого вала.

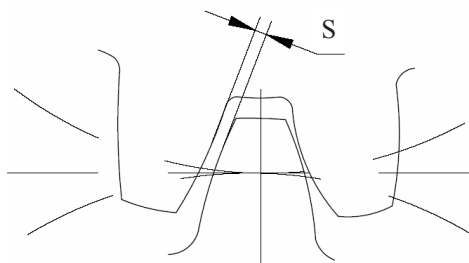


Рис. 3.22. Визначення зносу зубів шестерень

3.8. Паливна апаратура

Паливна система необхідна для підготовки та подачі палива в циліндр, складається з пристроїв для очищення і підігріву палива, віскозиметра, насосів високого тиску й підкачувального, форсунок, паливопроводів низького і високого тиску.

Паливну систему поділяють на паливну систему низького і високого тисків.

Система низького тиску забезпечує підготовку (зберігання, транспортування, очищення, підігрів палива) і подачу палива до системи високого тиску.

Для організації процесу згоряння палива паливна система високого тиску дизеля (паливна апаратура) повинна забезпечити:

- упорскування точно дозованої циклової подачі палива;
- задані фази паливоподачі (початок і кінець) та характеристики впорскування, що сприяє робочому процесу дизеля на будь-якому його експлуатаційному режимі;
- якісне розпилювання палива, тобто високий його тиск перед отворами, що розпилюють на всіх експлуатаційних режимах дизеля, включаючи малі навантаження і холостий хід.

Загальні вимоги до ремонту паливної апаратури зводяться до наступного:

- після зняття паливopідвідних трубок на відкриті штуцери повинні бути поставлені заглушки;
- перевірка паливних насосів і форсунок проводиться в зібраному вигляді. Розбирати насос або форсунку дозволяється тільки в разі встановлення в них технічних дефектів;
- при розбиранні та складанні необхідно дотримуватися бездоганної чистоти. Розібрані деталі промивають у відфільтрованому паливі і висушують. Обтирати деталей заборонено;
- не можна змішувати деталі одного насоса з деталями іншого.

Вихід з ладу форсунок — явище нерідке. Спочатку в них виникають несправності, які можуть бути усунені. Тому під час

експлуатації форсунки перевіряють і регулюють не рідше одного-двох разів на місяць. Перевірку форсунок здійснюють на стенді (рис. 3.23).

Форсунку 1 приєднують до нагнітального трубопроводу 4, на якому встановлений манометр 2. Паливний насос високого тиску 5 прокачують уручну важелем 6. Витратний бак 3 заповнюють відфільтрованим паливом. Перед перевіркою на форсунки відкривають клапан для спуску повітря та ручкою паливного насоса високого тиску прокачують до повного видалення повітря із системи.

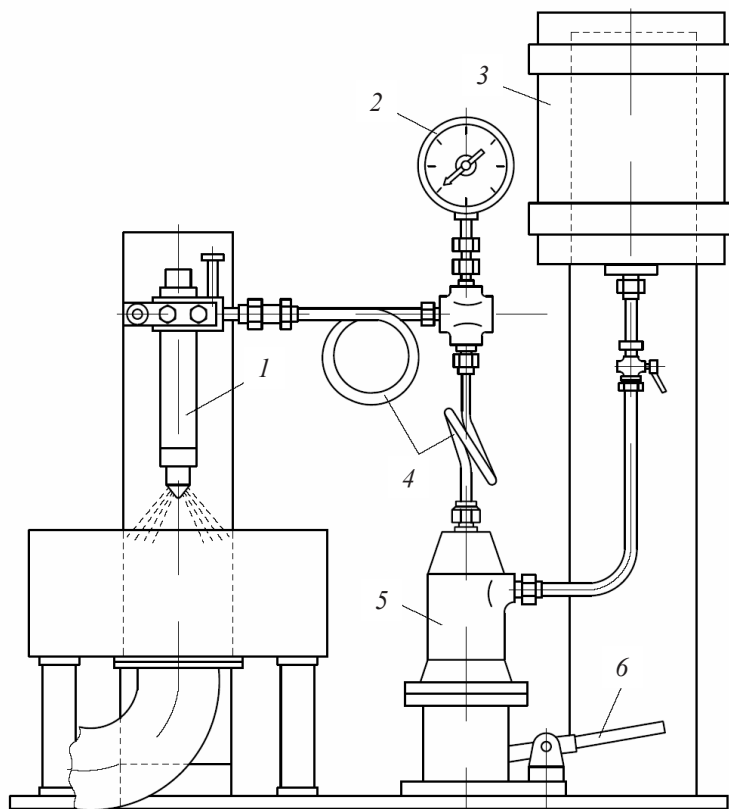


Рис. 3.23. Схема стенда для регулювання і випробування форсунок

Для того щоб перевірити форсунку на тиск впорскування, роблять п'ять-шість уприскувань. Потім повільно підвищують тиск і відмічають, при якому тиску відбувається впорскування. За допомогою регулювального болта змінюють натяг пружини форсунки, щоб початок впорскування відбувався при встановленому тиску.

Для перевірки на засміченість розпилюючих отворів під форсунку кладуть аркуш паперу і виконують упорскування. За відбитками струменів палива на папері судять про засміченість отворів. Засмічені отвори прочищають голкою діаметром на 0,05 мм меншим від діаметра розпилюючих отворів.

При перевірці на щільність роблять п'ять-шість упорскувань, потім повільно піднімають тиск нижче від тиску початку впорскування на 0,5...1,0 МПа і витримують форсунку під цим тиском 5 хв. При поганій щільності за цей час на розпилювачі утворюється крапля. Нещільність можна усунути притиранням конуса запірної голки до сидла втулки за допомогою пасти ГОІ. При цьому треба стежити, щоб притиральна паста не потрапила на циліндричну поверхню голки.

У справній форсунці впорскування має відбуватися при заданому тиску через усі розпилючі отвори. Після впорскування сопловий наконечник розпилювача повинен бути сухим.

Основними несправностями паливних насосів є нещільності нагнітальних всмоктувальних клапанів, а також пари плунжер-втулка.

Нагнітальний клапан контролюють так. На нагнітальний штуцер (рис. 3.24, *a*) наворачтають патрубок 1 з манометром 3. Після прокачування насоса вручну до повного видалення повітря верхній отвір патрубку затягують гайкою 2 з конусом; потім ручним прокачуванням над нагнітальним клапаном (у патрубку 1) створюють тиск 40 МПа і спостерігають за його падінням. Якщо за одну хвилину тиск падає в межах 1,0...2,0 МПа, то щільність клапана вважається нормальною.

Для того щоб перевірити всмоктувальний клапан, патрубок 1 знімають, а на нагнітальний штуцер наворачтають гайку 2 з кону-

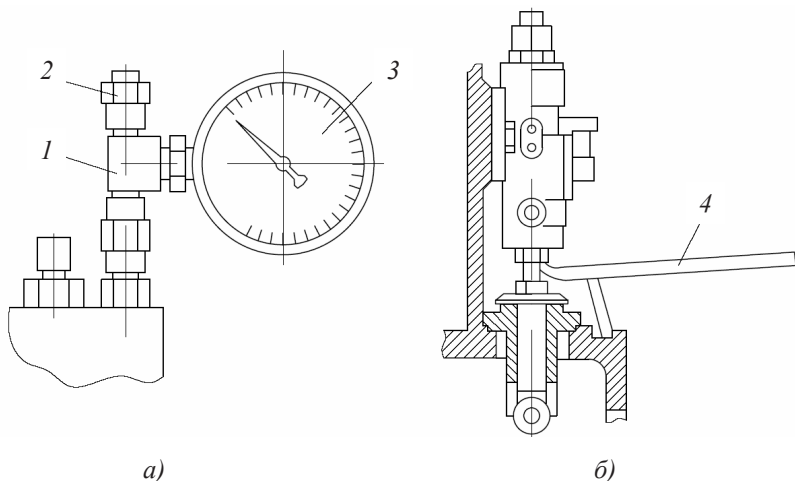


Рис. 3.24. Пристрій для перевірки паливних насосів

сом. Після прокачування насоса гайку 2 затягують. Опускаючи плунжер, робочу камеру насоса заповнюють паливом. Потім за допомогою важеля 4 (див. рис. 3.24,б) плунжер піднімають. Якщо всмоктувальний клапан тримає добре, плунжер не повинен підніматися. Про нещільність пари плунжер — втулка судять по витoku палива.

Щільність нагнітального і всмоктувального клапанів може бути досягнута шляхом притирання їх до своїх сідел за допомогою пасти ГОІ. Якщо притиранням не досягнута необхідна щільність, клапани замінюють разом із сідлами. Нещільні пари плунжер—втулка замінюють новими. Замінені пари плунжер—втулка, нагнітальні і всмоктувальні клапани із сідлами не викидають, а здають у спеціальні пункти.

3.9. Кожухотрубні охолоджувачі

Зовнішній огляд кожухотрубних охолоджувачів виконують щодня. Візуально виявляють, насамперед, протікання робочих середовищ у з'єднаннях з трубами, між кришками і корпусом. Їх причинами можуть бути ослаблення обтиску болтів, знос прокладки або ущільнювальних поверхонь. Якщо виникаючі течі усунути обтисненням з'єднання не вдається, замінюють прокладку. При цьому оглядають поверхні ущільнювачів фланців. Пошкодження на них закладають полімерними матеріалами, з подальшим шабренням для забезпечення площинності.

Для того щоб попередити раптове виникнення течі в з'єднаннях, рекомендується періодично виконувати їх контрольну обтяжку зусиллям і за схемою, рекомендованою заводом-виробником. Тим самим збільшується тривалість служби прокладок.

Контролюють герметичність ущільнення «плаваючої» трубної дошки. При роботі теплообмінника і підвищенні температури трубного елемента його довжина збільшується. Оскільки одна трубна дошка жорстко кріпиться до корпусу, то інша повинна мати можливість переміщатися в ньому. Для її ущільнення застосовують різні конструкції, одна з яких показана на рис. 3.25.

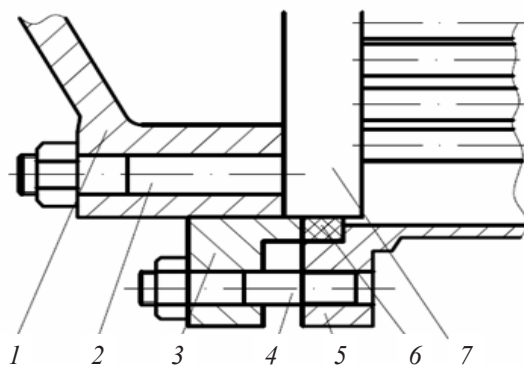


Рис. 3.25. Ущільнення плаваючої трубної дошки:

1 — кришка; 2, 4 — болт; 3 — притискне кільце; 5 — фланець корпусу;
6 — ущільнююче кільце; 7 — трубна дошка

Кришка 1 кріпиться до плаваючої трубної дошки 7 болтами 2. Гумове ущільнююче кільце 6 вставляється в проточку фланця корпусу 5 і підтискається притискним кільцем 3 за допомогою болтів 4. При цьому воно роздається, притискається до циліндричних поверхонь трубної дошки й фланця корпусу і, тим самим, ущільнює їх. При протічках у вказаному з'єднанні підтискають спочатку натискне кільце, ще більше роздаючи ущільнююче кільце і щільніше притискаючи його до поверхонь трубної дошки й фланця корпусу. Якщо течі не припиняються, теплообмінник виводять з дії, віддають натискне кільце і видаляють ущільнююче кільце. Зачищають поверхні ущільнювачів і за необхідності відновлюють їх полімерним матеріалом. Вставляють нове кільце ущільнювача та обтискають натискне кільце.

Виявляють і усувають пошкодження ізоляції та фарбування корпусів і деталей теплообмінників.

При зовнішньому огляді обов'язково контролюють:

- ступінь забруднення теплопередавальних поверхонь за температурами робочих середовищ і непрямими ознаками;
- герметичність порожнин робочих середовищ за непрямими ознаками.

В охолоджувачах і конденсаторах не рідше одного разу на 3...6 місяців оглядають цинкові протектори, доступ до яких можливий без розтину теплообмінника (рис. 3.26).

Контроль забруднення охолоджувачів. Регулювання температури води/масла здійснюється терморегулюючим клапаном шляхом їх перепуску в обвід охолоджувачів. Більш докладно потоки води/масла та їх температури показані на рис. 3.27.

Ступінь забруднення охолоджувачів також можна оцінити щодо зменшення кількості перепускної води/масла. Терморегулятори води/масла також зазвичай мають показчики ступеня відкриття перепуску охолоджувальної води. Найбільш зручні показчики годинникового типу. Ці показання щодо повного закриття перепуску рекомендується використовувати для оцінки ступеня забруднення охолоджувачів.

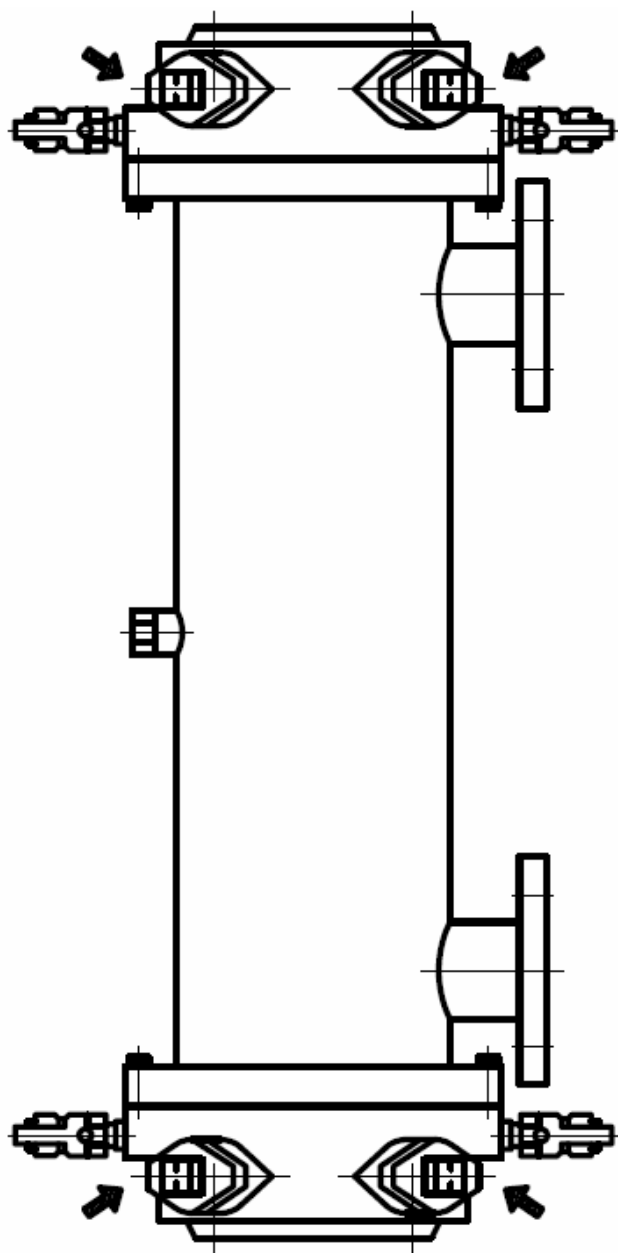


Рис. 3.26. Протектори охолоджувачів, які необхідно оглянути

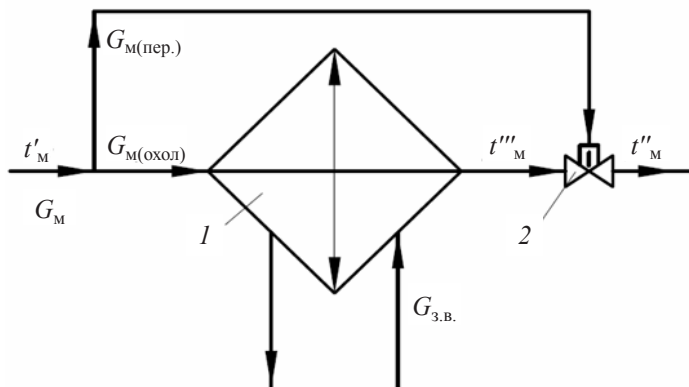


Рис. 3.27. Схема регулювання температури води/масла двигуна:
1 — охолоджувач; 2 — терморегулюючий клапан

Ознаки недостатньої теплопередавальної здатності охолоджувачів можуть з'явитися також з інших причин. Тому також необхідно враховувати вплив забруднення трубопроводів і фільтрів заборотної води, знос насосів заборотної води, порушення щільності поворотних камер з боку заборотної води (в кожухотрубних теплообмінниках), знос діафрагм, що регулюють кількість ходів робочого середовища між трубками в кожухотрубних теплообмінниках.

У кожухотрубних теплообмінниках порожнину заборотної води очищають механічним способом, а водяну/масляну порожнину — хімічним.

Контроль герметичності маслоохолоджувача. При роботі охолоджувачів тиск у водяній/масляній порожнині повинен бути завжди більшим, ніж з боку охолоджуючої води. Цієї умови необхідно дотримуватися також при введенні в дію охолоджувача спочатку слід відкрити січні клапани на трубопроводі води/масла, потім на трубопроводі охолоджуючої води. В іншому випадку при негерметичному маслоохолоджувачі охолоджуюча вода потраплятиме в його масляну порожнину та обводнить масло. При цьому різко погіршується його мастильна здатність, виникає небезпека виходу з ладу підшипників колінчастого вала, розподіль-

ного вала, деталей циліндро-поршневої групи. З іншого боку, при негерметичному охолоджувачі масло через більший тиск буде перетікати в порожнину забортної води і повертатися в море, викликаючи його забруднення. При слідуванні судна прибережними водами це загрожує серйозним наслідками. Крім того, масло дорозі, його витрата враховується, і його втрата вкрай небажана. Тому розгерметизацію масляного охолоджувача необхідно своєчасно виявляти за різними непрямими ознаками.

Класичний спосіб заснований на розумінні, що розгерметизація трубного елемента в кожухотрубних охолоджувачах або свищ у пластині пластинчастого охолоджувача будуть призводити до витікання масла в порожнину охолоджуючої води і зменшення її кількості в масляній системі. Це може бути виявлено за більш інтенсивним зниженням рівня масла в картері або циркуляційній цистерні двигуна, періодично контрольованим. При цьому слід урахувувати можливість попадання води в картер двигуна через нещільності в з'єднанні втулки з блоком і вплив цих протікань на рівень масла в картері або циркуляційній цистерні. Тому при кожному вимірюванні рівня масла слід на дотик оцінити його мастильну здатність. При розтиранні масла між пальцями не повинно відчуватися підвищене тертя. За необхідності слід взяти аналіз проби масла.

При виявленні підвищеної витрати масла (або підвищеного зниження його рівня в картері або цистерні) слід переконатися, що причиною є охолоджувач, використовуючи більш «тонкі» методи контролю.

Основним способом є відбір проб охолоджуючої води після охолоджувача. Вона може бути взята безпосередньо з бортового зливного отвору (зазвичай окремого для кожного двигуна). Підставляють відро на мотузці, наповнюючи його наполовину. Після відстою проби води оглядають її поверхню на світлі. Навіть незначні частинки масла, розподілившись по поверхні, утворять на ній райдужну плівку. Проба води може бути взята з крана, зазвичай для спуску повітря з водяної порожнини (рис. 3.28). Перед взяттям проби води слід на короткий час зменшити її витрату через охолоджувач, прикриваючи клапан на виході.

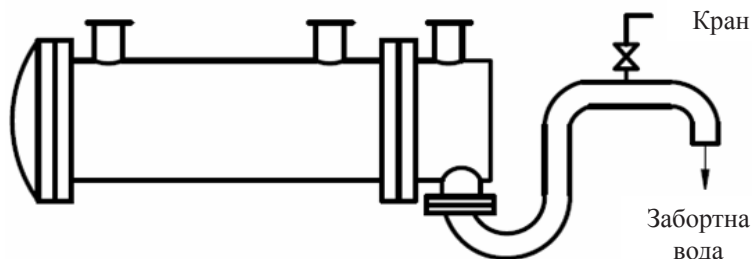


Рис. 3.28. Відбір проб води

При зменшеній швидкості води частинки масла будуть спливати вгору під дією флотаційного ефекту. Пробу води відбирають у пляшку з прозорого скла ємністю 0,5 л із широким горлом, не доливаючи до його зрізу 25...30 мм. Після відстою також оглядають поверхню проби води на світлі, виявляючи райдужну плівку.

Якщо на трубопроводі заборотної води після охолоджувача є оглядове скло («ліхтар») і воно прозоре, його також можна використовувати для контролю. У підсвіченій протоці води навіть незначні частинки масла, що потрапили в неї через свищі охолоджувача, будуть проглядатися як «іскорки».

Розбирання та складання охолоджувачів. Перед і при розбиранні кожухотрубного теплообмінного апарата виконують загальні вимоги техніки безпеки.

Порядок і технологія розбирання конкретного кожухотрубного теплообмінника повинні відповідати рекомендаціям заводу-виробника.

Кожухотрубні теплообмінники зазвичай розбирають частково, тільки з боку внутрішньої поверхні трубок. Обсяг їх розбирання повинен бути мінімальним, тільки для виконання необхідних робіт.

Якщо розбирання виконується для інспектування чистоти поверхні трубної дошки і внутрішньої поверхні трубок, то обмежуються демонтажем труб підведення і відведення робочого середовища до кришок, зняттям (за наявності) оглядових лючків.

Якщо необхідний повний доступ до трубних дошок і трубок, спочатку знімають труби підведення і відведення робочих середовищ до кришки. Далі знімають кришку. На великих теплообмінниках відводять її вбік, щоб стала доступною трубна дошка, на малих — укладають на пайоли внутрішньою поверхнею вгору для подальшого очищення й огляду. Знімають прокладки, очищають поверхні ущільнювачів. Кришку з іншого боку демонтують для обпресування трубного елемента або відновлення його герметичності. Для очищення обмежуються розкриттям лючків.

Демонтаж трубного елемента виконують для його очищення або заміни. Для того щоб не пошкодити прокладки, за допомогою віджимних болтів зміщується трубний елемент і талями виймають його з корпусу. Знімають прокладки. Оглядають поверхні ущільнювачів.

Очищення охолоджувачів. Механічним способом очищають внутрішні поверхні прямих труб охолоджувачів і конденсаторів. Омивані заборотною водою, вони обростають водоростями, отвори труб забиваються ракушками, а при плаванні в прибережних водах — сміттям, мулом.

При підготовці до механічного очищення дотримуються заходів безпеки: від перекриття січних клапанів підведення і відведення води до зливу води через зливні штуцери. Демонтують забійні (найближчі до охолоджувача) труби підведення і відведення води. Демонтують з обох боків кришки. Якщо на задній кришці з поворотною камерою є лючки, можна обмежитися їх розкриттям, а демонтувати кришку з боку підведення і відведення робочих середовищ. Часто цього достатньо, щоб через відкриті люки очистити задню трубну дошку і вибрати забруднення, вибиті з трубок з протилежного боку.

Обростання на трубних дошках, що перекривають вхідні отвори труб, зчищають волосяними щітками. Трубки, забиті водоростями, черепашками або мулом, визначають на світло, встановлюючи з протилежного боку переносний ліхтар або лампу. У повністю забитих трубках світло не буде проглядатися, а в частково — будуть чітко видні забруднення на внутрішній поверхні.

Забиті проходи в трубках пробивають гнучкими пластмасовими трубками. Можна використовувати і жорсткі трубки або прути, якщо перед теплообмінником достатньо місця, щоб їх завести всередину трубок на всю їх довжину.

Решту відкладень, слиз на внутрішніх поверхнях труб зчищають пластмасовими йоржами. Вони можуть бути змонтовані разом з прутом (для очищення малих теплообмінників) або прикріплятися до протяжного тросика або прутка (рис. 3.29). Йорж прикріплюють до гачка і протягують його через трубку.

Хімічним способом очищення видаляють біологічні обростання, накип з внутрішньої поверхні труб охолоджувачів і конденсаторів, органічні відкладення на зовнішній поверхні підігрівачів палива. Залежно від характеру забруднень застосовують різні хімічні реагенти.

Біологічні обростання, що залишилися після механічного очищення, звичайно являють собою ракушки, міцно прикріплені до поверхні. Їх видаляють тими ж засобами, що і накип.

Накип на внутрішніх поверхнях труб — в основному це відкладення карбонату кальцію CaCO_3 . При взаємодії з вуглекислим газом, що містяться у воді, карбонат кальцію перетворюється на розчинний у воді гідрокарбонат:

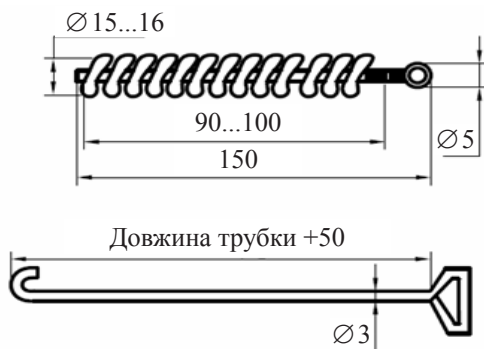
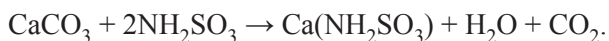


Рис. 3.29. Йорж та пруток для йоржа

Однак при температурах понад ~ 50 °C гідрокарбонати перетворюються назад на нерозчинні карбонати, які й осідають на поверхнях нагрівання:



Хімічне очищення поверхонь нагрівання від накипу виконують за допомогою сульфамінової кислоти ($2\text{NH}_2\text{SO}_3$). Вона полягає у перетворенні карбонату кальцію на сіль, добре розчинну у воді:



Вітчизняна промисловість поставляє сульфамінову кислоту у вигляді кристалічного білого порошку, який змішують з водою для одержання розчину певної концентрації (зазвичай до 5%).

Із зарубіжних засобів широко застосовують DESCALEX фірми UNITOR також на основі сульфамінової кислоти, що являє собою порошок з індикатором червоного кольору. Його змішують з прісною водою для утворення розчину концентрацією 2,5...10% залежно від ступеня накипоформування. При цій концентрації розчин буде червоного кольору. У міру нейтралізації кислоти він змінює колір: стає помаранчевим при нейтралізації 85 % кислоти і безбарвним — при нейтралізації всієї кислоти. Схожі властивості має SAF-ACID descalingcompound виробництва компанії ASHLAND. При розчиненні у воді він забарвлює її в золотий колір. У міру спрацьовування кислоти колір розчину змінюється на зелений.

При використанні сульфамінової кислоти різних виробників слід суворо дотримуватися запобіжних заходів.

Невеликі трубні елементи очищають замочуванням у хімічному розчині, демонтуючи їх з корпусу. Заливають у спеціальну ємність воду і розводять у необхідній кількості і концентрації рекомендований хімічний препарат. Підігрівають його до температури 60 °C (барботуванням парою або занурювальним електричним нагрівачем). Поміщають у ємність трубний елемент, щоб він покритися розчином зверху. Знизу підводять гострий пар і барботують розчин протягом необхідного часу. Після очищення промивають трубний елемент прісною водою і в кінці — лужним

розчином для нейтралізації кислоти (наприклад, ALKALINITY CONTROL фірми UNITOR).

Для прискорення та більш ефективної очистки спеціалізовані фірми застосовують спеціальні переносні установки (рис. 3.30). Спеціальну ємність для очищення заповнюють хімічним розчином. Підігрівають його занурювальним електричним нагрівачем. Поміщають у цю ємність трубний елемент. За допомогою насоса забезпечують циркуляцію хімічного розчину, очищаючи його у фільтрі.

Великі теплообмінники очищають без демонтажу трубчастого елемента з корпусу. Найпростіший спосіб — замочування.

Інший спосіб з циркуляцією розчину — є більш ефективним. До зливних штуцерів (у кришці або корпусі) підключають трубопроводи з насосом і ємністю. В ємності готують хімічний розчин, підігрівають його і прокачують насосом через внутрішню порожнину теплообмінника до закінчення очищення. Після очищення промивають внутрішню порожнину прісною водою і нейтралізують залишки кислоти лужним розчином.

Органічні відкладення видаляють розчинниками на основі фосфорної кислоти. Найбільш поширений CARBON REMOVE R фірми UNITOR — сильнодіючий розчинник з інгібіторами корозії для руйнування вуглецевих відкладень. Зовні він являє собою рідину темного кольору. При його використанні слід суворо дотримуватися запобіжних заходів.

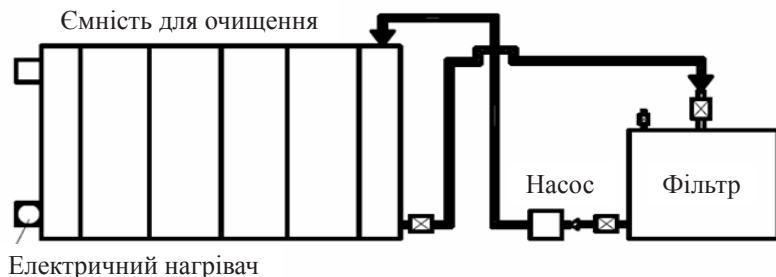


Рис. 3.30. Принципова схема установки хімічної очистки теплообмінних апаратів шляхом циркуляції розчину

Більш безпечний CARBONCLEAN LT фірми UNITOR. Це також некорозійний, сильнодіючий розчинник для видалення вуглецевих відкладень. CARBONCLEAN LT низькотоксичний по відношенню до навколишнього середовища і персоналу, що працює з ним, тому не містить хлорованих розчинників або фенольних сполук. Зовні являє собою блідо-жовту рідину.

Ремонт охолоджувачів. У результаті утворення свищів у трубах в ушкоджених вальцювальних з'єднаннях виникають перетікання робочого середовища з більш високим тиском у порожнину з меншим тиском, що як, правило, неприпустимо. На працюючому теплообміннику їх виявляють за непрямими ознаками.

Конкретну дефектну трубку або вальцювальні з'єднання виявляють шляхом опресування трубного елемента (колектора) зовні, тобто шляхом створення надлишкового тиску в корпусі. У залежності від призначення теплообмінника і виду робочого середовища та зовнішньої поверхні трубок можуть бути використані різні способи.

Перший спосіб полягає в опресуванні трубного елемента зовні робочим середовищем, і звичайно не вимагає його зняття з корпусу. Демонтують з обох боків теплообмінника кришки (з U-подібною конфігурацією труб — з одного боку). Для того щоб зберегти герметичність простору всередині корпусу теплообмінника, натискне кільце з боку плаваючої трубної дошки залишають обтиснутим. З боку фіксованої трубної дошки герметичність зберігається, якщо трубна дошка кріпиться до фланця корпусу за допомогою шпильок з упорним буртом (рис. 3.31). При складанні теплообмінника після закладу трубного елемента в корпус та суміщення отворів у фланці 2 і трубній дошці 3 заводять шпильки 4 та обжимають їх гайками. Для того щоб шпилька не проверталася, її утримують за квадрат.

Своїм упорним буртом шпилька притискає через прокладку трубку дошки до фланця корпусу.

Потім надягають на шпильки кришку 5 з прокладкою та остаточно обтискають гайками 1, 6. При такому кріпленні після зняття кришки зазвичай зберігається щільність з'єднання трубної дошки з фланцем корпусу.

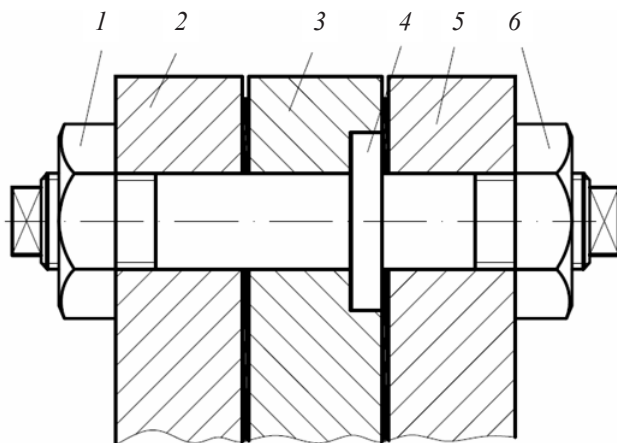


Рис. 3.31. Кріплення трубної дошки шпильками з упорним буртиком

Однак оскільки обтиснення шпильок все-таки стало меншим, рекомендується попередньо до демонтажу кришки виконати контрольну обтяжку гайок 1, 6.

Можливе кріплення трубної дошки шпильками без упорного бурта. Труба дошка може мати такий же діаметр, як у фланців корпусу і кришки з такими ж отворами під стяжні шпильки, або може бути меншого діаметра і розміщуватися всередині стяжних шпильок, як показано на рис. 3.32.

Жорсткість і щільність з'єднання корпусу, трубного елемента і кришки забезпечуються обтисненням шпильок 1, тобто їх витяжки в межах пружної деформації. Прагнучи повернутися до вільного стану, вони, через гайки, стягують фланці корпусу 2 і кришки 4 та притискають їх поверхні ущільнювачів до трубної дошки 3. Після зняття кришки труба дошка вже не притискається до фланця корпусу і не ущільнюється. Тому її додатково притискають до фланця корпусу або болтами через отвори в ній (якщо її діаметр дорівнює діаметру фланця корпусу), або за допомогою струбцин, жорстких сталевих планок з отворами під болти 1 на кінцях.

Тільки після цього створюють невеликий тиск у корпусі теплообмінника (зовні трубок) штатним або переносним насосом.

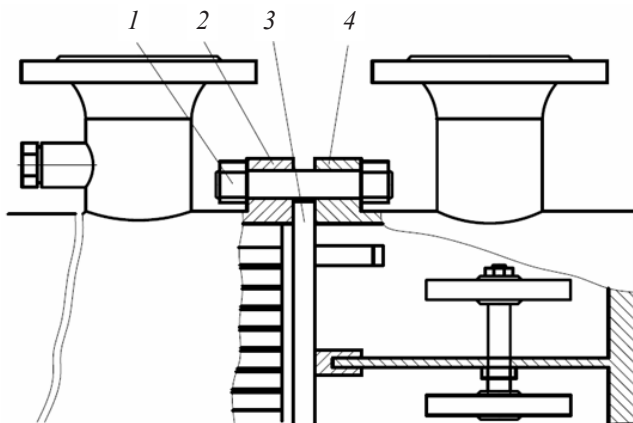


Рис. 3.32. Кріплення трубного елемента шпильками без упорного бурта

Оскільки тиск робочого середовища зовні трубок стає вищим від атмосферного тиску в осушених трубках, з дефектної трубки або з'єднання буде витікати робоча рідина.

Інший спосіб полягає в опресуванні трубного елемента повітрям зовні. Осушують корпус теплообмінника. Демонтують кришки і за необхідності притискають трубну дошку до фланця корпусу теплообмінника. Демонтують підвідний відвідні труби до корпусу і встановлюють на фланці металеві заглушки з прокладками. Вивертають пробку для осушення корпусу і під'єднують до штуцера повітряний шланг. Обмазують трубні дошки мильним розчином і подають повітря тиском близько 0,05 МПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) у порожнину корпусу.

Дефектну трубу глушать з обох кінців з допомогою конусної заглушки (рис. 3.33). Її виготовляють з латуні, міді або деревини твердих порід. Довжина заглушки повинна бути 30...50 мм. Менший діаметр заглушки повинен дорівнювати внутрішньому діаметру труби. Кут між твірними конуса заглушки 3° .

Глушіння труб зменшує площу теплопередавальної поверхні та викликає ті ж наслідки, що і забруднення теплопередавальних поверхонь. Теплообмінники із заглушеними трубами доведеться частіше очищати, тому їхні ресурси на забруднення (запаси на забруднення) зменшуються.

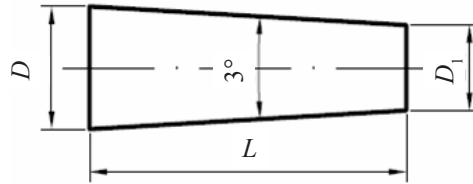


Рис. 3.33. Заглушка

Завод-виробник зазвичай обмежує кількість заглушених труб у межах 10...30 % від їх загальної кількості. Вважається, що зменшена на цю величину теплопередавальна поверхня повинна забезпечувати температурні режими робочих середовищ, тому її фактична площа більша від розрахункової, тобто має запас. Ця рекомендація застосовна, якщо заглушені трубки рівномірно розподілені по ходах робочого середовища, тому фактичний запас площі теплопередавальної поверхні, як правило, перевищує 30%.

Для заміни дефектної трубки висвердлюють обидва розвальцьованих кінці (рис. 3.34, *а*). Діаметр свердла не повинен бути більшим від зовнішнього діаметра трубки, щоб не пошкодити отвір у трубній дошці. При висвердлюванні стінка труби зменшується та її посадка в отворі трубної дошки послаблюється. Після висвердлювання обох кінців трубку вибивають за допомогою ступінчастої оправки (див. рис. 3.34, *б*).

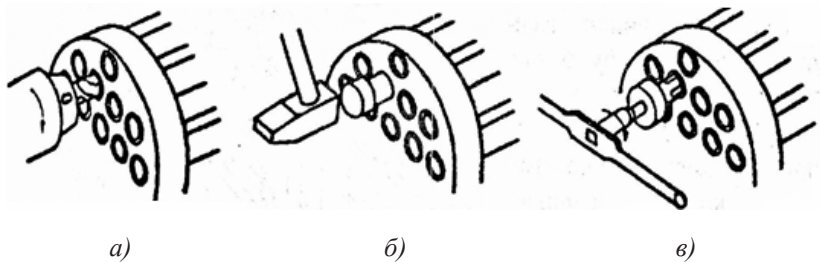


Рис. 3.34. Заміна дефектних труб:

а — висвердлення трубки; *б* — вибивання трубки;
в — вальцювання трубки

Якщо кінці труби, що виступають з трубної дошки, мають відбортуння або розвальцювання «під дзвіночок», то її зубилом вминають всередину. Труба втрачає натяг і може бути вибита без розсверлювання.

Зачищають отвір у трубній дошці, кромки заокруглюють або знімають з них фаску. Нову трубку обрізають з невеликим припуском по довжині і вводять в отвори трубної дошки і діафрагм, поки вона не вийде з протилежної трубної дошки. Для того щоб поєднати трубку з отвором другої трубної дошки, через нього в трубку вставляють пруток як напрямну.

Після закладення нової трубки її кінці розвальцюють (роздають) на повну товщину трубної дошки за допомогою спеціального інструмента (рис. 3.34, в).

На рис. 3.35 показана найбільш проста конструкція вальцювання для роздачі труби.

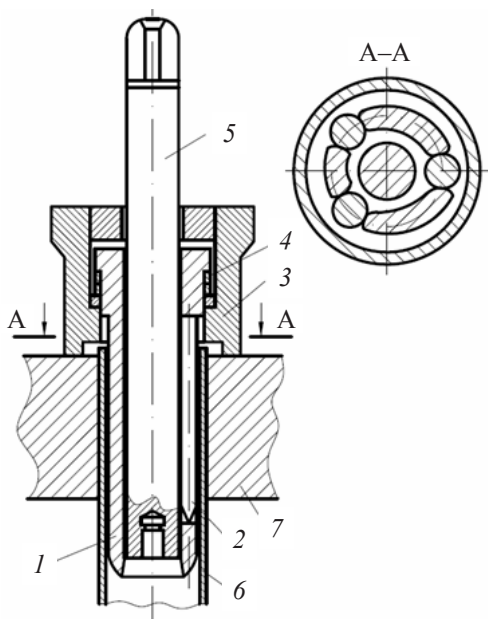


Рис. 3.35. Вальці

У циліндричному полому корпусі 1 вальців є три поздовжніх розрізи. У корпус вставлено три конічних сталевих ролики 2, загартовані і ретельно відшліфовані. Діаметри роликів більші від ширини цих вирізів, і вони можуть висуватися з них, та не випадати. Меншим діаметром ролики звернені вгору. Всередину корпусу між роликами вставлено конічне веретено 5, також загартоване і відшліфоване. Від випадіння з корпусу воно закріплене гвинтом (після складання). Конусність веретена вдвічі більша, ніж у роликів, і меншим діаметром воно звернене вниз. Ролики завдяки вдвічі меншій і зворотній конусності з веретеном, обкатуючись по ньому, будуть описувати циліндричну поверхню. Корпус вальців разом із закріпленням на ньому упорним підшипником 4, на якому він обертається в процесі роботи, поміщений у муфту 3 і закритий різьбовою кришкою.

Вальці працюють таким чином. Квадратний кінець веретена вставляють у шпindel пневматичної машинки. Корпус заводять у трубу 6 так, щоб торець муфти спирався на трубну дошку 7. Вмикають пневматичну машинку, яка починає обертати веретено, і натискають на нього, переміщаючи в осьовому напрямку. Оскільки веретено має конусність, то при осьовому переміщенні воно вибирає зазор між роликами і висуває їх з прорізів корпусу, поки вони не торкнуться внутрішньої поверхні труби. При подальшому натисканні на веретено ролики сильніше притискаються як до нього, так і до поверхні труби. Відповідно, виникають сили тертя між поверхнями роликів і веретена, за рахунок яких ролики починають не прослизати по поверхні веретена, а обертатися, обкатуючись по ній. Точно також за рахунок сил тертя роликів з поверхнею труби вони починають обкатуватися і по ній, обертаючи вже корпус вальцювання в підшипнику у зворотній веретену бік.

При осьовому переміщенні веретена радіальні зусилля обертючих роликів деформують трубу, збільшуючи її зовнішній діаметр і зменшуючи зазор між трубою та отвором до нуля, тобто здійснюють роздачу труби. Після збільшення діаметра труби до повного заповнення зазору в отворі радіальний тиск при вальцюванні передається на стінки отвору трубної дошки, який також

деформується. У результаті цієї роздачі матеріал труби отримує пластичні (залишкові) деформації, а матеріал трубної дошки — пружні. По закінченні вальцювання отвір трубної дошки прагне повернутися в початкове положення (стиснутися), але цьому перешкоджає труба, що отримала залишкові деформації, тобто посадка труби в отворі виходить з натягом. У результаті цього між поверхнями труби та отвором виникають значні радіальні зусилля (контактні напруження), що забезпечують міцність і щільність вальцьованого з'єднання.

Ремонт дефектних вальцювальних з'єднань полімерними матеріалами. Буває, що течі по вальцювальному з'єднанню виникають не через його ослаблення, а через корозію отворів у трубній дошці. Підвальцювання такого з'єднання її не усуває. У заводських умовах такі отвори розгортають на допустиму величину і встановлюють нову трубу або виготовляють нову трубну дошку.

У суднових умовах може бути використаний спосіб ремонту за допомогою полімерного матеріалу. Його технологія полягає в наступному:

- трубний елемент демонтують і ретельно очищають хімічним способом;

- навколо дефектної ділянки трубної дошки, зсередини, встановлюють бандаж, наприклад, з клейкої стрічки. Ретельно підклеюють його до трубної дошки;

- готують рідкий полімерний матеріал, що підходить за призначенням і найменш в'язкий. У розглянутому прикладі застосовується полімерний матеріал фірми Devcon. Для підвищеної плинності його розбавляли спиртом, який швидко випаровувався;

- заливають полімерний матеріал усередину бандажа на всю його висоту;

- витримують до повної полімеризації і затвердіння.

У результаті дефектні вальцювальні з'єднання з внутрішнього боку трубної дошки герметизуються.

Ремонт трубних дошок. При кожному розбиранні теплообмінного апарата поверхні трубних дошок оглядають після очищення на наявність руйнувань. Вони виникають через корозійну і ерозійну дії робочого середовища та стрімко прогресують. Доходячи до зовнішньої поверхні трубок, вони послаблюють вальцювальні з'єднання. Тому виявлені руйнування обов'язково закладають полімерним матеріалом. При сильному руйнуванні доцільно запросити спеціалізовану фірму.

Одна з технологій провідного виробника полімерних матеріалів UNITOR полягає в наступному. У трубки навколо зруйнованих місць установлюють дерев'яні заглушки, вирівнюють їх за допомогою дерев'яного бруса.

Ретельно зачищають уражені місця. Глибокі руйнування навколо трубок, недоступні для очищення, обробляють спеціальним свердлом.

Руйнування між трубками вирубують зубилом. Нанести на зачищені місця полімерний матеріал у два шари: спочатку акуратно, не допускаючи залишку повітря в руйнуванні, а в кінці — до рівня заглушок.

Після затвердіння полімеру легким постукуванням молотка по заглушках руйнують їх з'єднання з ним. Самі заглушки вибивають прутком зі зворотного боку труби. Залишки полімеру всередині труб видаляють конічним свердлом (зенкером).

Ремонт кришок, корпусів та протекторів. Після очищення оглядають кришки і корпус зсередини на наявність різних ушкоджень.

Оглядають захисні антикорозійні покриття внутрішніх порожнин кришок. Їх застосовують в охолоджувачах, кришки яких виготовлені із чорного металу. Це може бути епоксидна фарба або склопластик. При відшаруванні або руйнуванні цього покриття морська вода починає безпосередньо стикатися з металом кришки і дуже швидко викликає корозійний знос. Тому будь-які пошкодження антикорозійного покриття обов'язково відновлюють фарбуванням або полімерними матеріалами.

Знімають ущільнення і зачищають перегородки в поворотних камерах кришки. Вони схильні до корозійного та ерозійного зносу як з боків, так і з торця, сполученого з прокладкою, який стрімко прогресує. Зрештою через свищі в перегородках і зношені ущільнювальні торці робоче середовище перетікає в порожнину з меншим тиском — наступну за ходом руху робочого середовища. У результаті зменшується її кількість у суміжних ходах, погіршується інтенсивність тепловіддачі і в цілому теплопередачі. За зовнішніми ознаками це явище аналогічне забрудненню теплопередавальних поверхонь. Тому незначні руйнування на перегородках відновлюють полімерними матеріалами. Якщо вони значні навколо перегородки встановлюють опалубку і заливають у зазори рідкий полімерний матеріал. Після його затвердіння обробляють ущільнювальну поверхню перегородки і контролюють її площинність за плитою або лінійкою. Повністю зруйновані перегородки вирізають і на їх місце вварюють нові.

Оглядають поверхні ущільнювачів кришок і корпусу, а також поверхні фланців. Вони піддаються корозійному зносу. Пошкодження на них закладають полімерними матеріалами, з подальшим шабренням для забезпечення площинності, як при ремонті фланцевих з'єднань.

Оглядають протектори. Очищають розпушений шар робочої поверхні протектора до чистого металу. Протектори, зношені на 50% і більше, замінюють. Відсутність зносу протектора свідчить про порушення електричного контакту між ним і поверхнею, що захищається, або про невідповідність матеріалу протектора своєму призначенню. Для забезпечення надійного контакту опорні поверхні протекторів і болтів кріплення (за наявності) зачищають.

На корпусі можливе утворення тріщин і свищів, які виявляються за протіканнями робочого середовища. Кінці тріщини засвердлюють, щоб виключити її подальше розповсюдження. Саму тріщину або свищ заварюють або зашпаровують полімерним матеріалом, безпосередньо вдавлюючи його в ушкоджене місце чи застосовуючи додатково накладку.

При значних руйнуваннях кришки і корпусу їх замінюють або виготовляють у заводських умовах.

Заміна прокладок та відновлення ущільнюючих поверхонь фланцевих з'єднань. Через вібрації трубопроводів і вплив агресивних середовищ прокладки та ущільнювальні поверхні фланцевих з'єднань зношуються, послаблюється їх обтиснення і виникають течі. Її усувають додатковим обтисненням з'єднання. Якщо течі тривають, замінюють прокладку, виготовляючи її більш товстою і по можливості з більш м'якого матеріалу. Для розсунення фланців при видаленні зношеної прокладки й установлення більш товстої нової застосовують важелі, клиноподібні на кінці.

При виготовленні прокладки її внутрішній діаметр повинен бути трохи більшим від діаметра отвору фланця, щоб не зменшити прохід робочого середовища і не викликати додаткове завихрення рідини, що прискорює знос труби. Зовнішній діаметр прокладки не має перевищувати діаметр ущільнювальної поверхні фланця, щоб не перекрити отвори для стяжних болтів. Для того щоб прокладка не прилипла до ущільнюючих поверхонь і не ушкоджувалася при розбиранні з'єднання, перед установленням на водяній магістралі її змащують солідолом, а на паровій — натирають графітом.

При заміні прокладки оглядають поверхні ущільнювачів фланців. Незначний їх знос і руйнування зашлифують торцевою поверхнею наждачного круга з приводом від пневматичної машинки.

Більш глибокі пошкодження зашпаровують полімерними матеріалами. Якщо знос ущільнювальної поверхні місцевий, застосовують і місцеве закладення. Пошкоджене місце ретельно зачищають і знежирюють (уайт-спіритом, спиртом) для кращої адгезії (зчеплення) з полімерним матеріалом. Готують необхідну кількість двокомпонентного полімерного матеріалу. Наносять його шпателем на місце, що ремонтується (рис. 3.36).

У міру затвердіння розгладжують нанесений матеріал плоскою плитою, попередньо змастивши її маслом (щоб не прилипав), видаляють його надлишки. Після затвердіння матеріалу ущільнювальну поверхню фланця обробляють напилком або наждачним кругом, а потім поверхні перевіряють на площинність за плитою полімерним матеріалом «на фарбу».

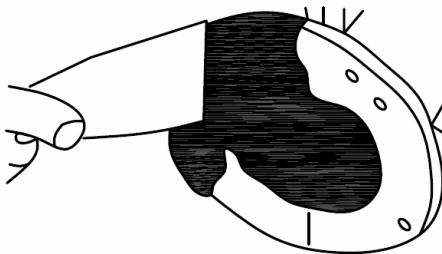


Рис. 3.36. Місцеве відновлення ущільнювальної поверхні фланця полімерним матеріалом

Якщо знос поверхонь фланців суцільний, то застосовують суцільне закладення їх пошкоджень. Зношені поверхні фланців також ретельно зачищають і знежирюють. Отвори у фланцях закривають дерев'яними пробками, замазкою або пластиліном. Підбирають плоский металевий лист з розмірами, більшими, ніж зовнішній діаметр фланців. Покривають його з обох боків препаратом, що перешкоджає прилипанню полімерного матеріалу. За його відсутності можна намазати ці поверхні листа тонким шаром масла. Готують необхідну кількість двокомпонентного полімерного матеріалу і наносять його на поверхні фланців шпателем. Вставляють оброблений лист між фланців і обтискають їх струбцинами, щоб полімерний матеріал рівномірно розподілився по сполучених поверхнях (рис. 3.37). Після полімеризації матеріалу видаляють струбцини і лист, пробки вибивають. Внутрішні і зовнішні кромки фланців обробляють напилком або наждачним кругом, видаляючи «обшарпані» краї.

Гідравлічне випробування охолоджувачів. Після закінчення ремонту для оцінки його якості кожухотрубинний теплообмінний апарат у зборі піддають гідравлічному випробуванню на щільність (кожна порожнина окремо) відповідно до вимог заводувиготовлювача. Зазвичай їх виконують у певній послідовності.

1. Застроповати і встановити охолоджувач на стенд.
2. Приєднати нагнітальну трубу стенда до входу в охолоджувач.

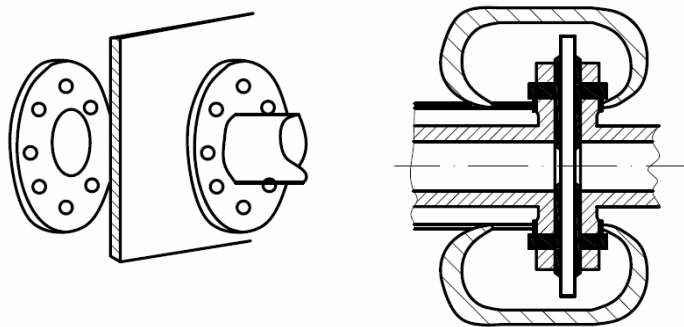


Рис. 3.37. Суцільне відновлення ущільнювальної поверхні фланця полімерним матеріалом

3. Обпресувати водяну порожнину (простір під кришкою) дизельним паливом з маслом К-7, в'язкістю 20...25 сСт. Надати на контроль.

Технічні вимоги:

- а) тиск обпресування $0,6 \pm 0,05$ МПа ($6 \pm 0,5$ кгс/см²);
- б) час обпресування 5 хв;
- в) протікання, спад тиску і запотівання не допускаються.

4. Знизити тиск до 0, від'єднати нагнітальну трубу стенда від входу води в охолоджувач.

5. Відкрутити пробку, злити дизельне паливо з водяної порожнини, встановити пробку на місце і затягнути до відмови.

6. Зняти заглушки з кришок.

7. Приєднати нагнітальну трубу стенда до входу в корпус.

8. Обпресувати водяну/масляну порожнину охолоджувача дизельним паливом з маслом К-7 в'язкістю 20...25 сСт.

До технічних вимог належать:

- а) тиск обпресування $1,2 \pm 0,05$ МПа ($12 \pm 0,5$ кгс/см²);
- б) час обпресування 5 хв;
- в) протікання, спад тиску і запотівання не допускаються.

Охолоджувач вважається придатним, якщо відповідає зазначеним вимогам.

3.10. Збирання двигуна після ремонту

Монтаж циліндрових втулок. При установленні циліндрових втулок у блок необхідно забезпечити щільність прилягання бурту втулки і нижнього ущільнювального пояса до блока. Щільність між буртом втулки і блоком досягається або за рахунок взаємного притирання (двигуни 6ЧСП 18/22, NVD та ін.), або за рахунок розташування між буртом втулки і блоком прокладки з м'якої відпаленої міді заданої товщини (двигуни 6ЧРН 36/45, L275 тощо). Нижнє ущільнення втулок у більшості двигунах досягається установленням гумових кілець, попередньо змащених солідолом.

Циліндрові втулки запресовують у блок спеціальними пресами або за допомогою пристрою, зображеного на рис. 3.38.

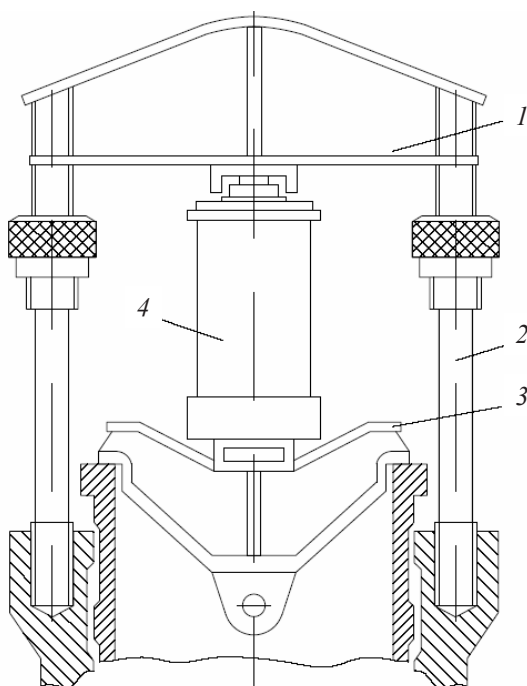


Рис. 3.38. Пристрій для запресовування циліндрових втулок

На верхній торець втулки ставлять поперечку 3. На кришкових шпильках 2 закріплюють траверсу 1. Між траверсою і поперечкою встановлюють домкрат 4, за допомогою якого запресовують. Після запресовування втулок у блок виконують гідравлічне випробування порожнин охолодження під тиском 0,4...0,6 МПа для перевірки ущільнень.

Монтаж циліндрового блока з фундаментною рамою. Блок із запресованими циліндровими втулками встановлюють на фундаментну раму. Для забезпечення герметичності та непроникності масла між блоком і рамою розташовують прокладку з паперу товщиною 0,2...0,3 мм або в спеціальну канавку закладають гумовий шнур. При установленні блоку необхідно забезпечити перпендикулярність осей циліндрів до осі колінчастого вала. Крім того, осі циліндрів повинні перетинати осі кривошипних шийок колінчастого вала по середині їх довжини.

Перпендикулярність осей циліндра до осі колінчастого вала перевіряють кутником і схилом (рис. 3.39). Кутник 2, накладений однією стороною на щоки кривошипа 3, другою стороною повинен стикатися зі стінкою циліндричної втулки 1 на всій її довжині.

Відстані між схилом і стінкою циліндра $a-a$, $b-b$ повинні бути однаковими, схил має розташовуватися посередині кривошипної шийки. Після складання та обтиску всіх придонних і монтажних болтів встановлюються й затягують анкерні зв'язки. Гайки анкерних зв'язків затягують за допомогою накидного ключа певної довжини, строго дотримуючись рекомендацій заводу-виробника про порядок затягування.

Складання поршня із шатуном. У сучасних дизелях поршень із шатуном з'єднується поршневим пальцем плаваючого типу: у втулці верхньої головки шатуна встановлюють зазор 0,03...0,07 мм, у бобишках поршня — натяг 0,01...0,04 мм. При складанні поршень нагрівають до 100...150 °С, а поршневий палець охолоджують до -80 °С. Для нагрівання поршня використовують газовий пальник або електронагрівач (рис. 3.40). Охолодження пальців проводиться в холодильній шафі, де як холодоагент застосовують тверду вуглекислоту або рідкий азот.

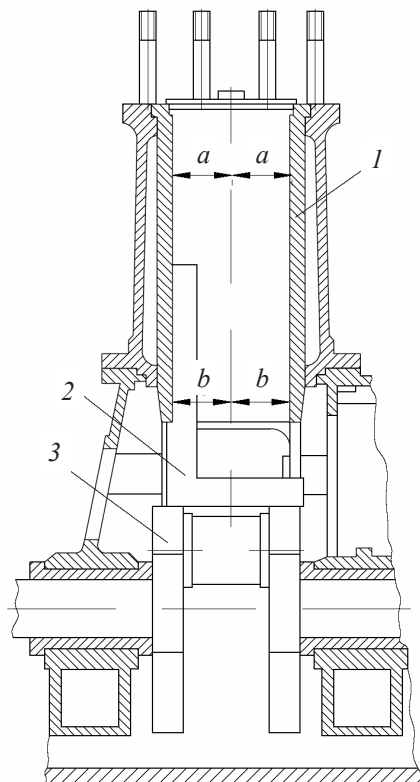


Рис. 3.39. Перевірка перпендикулярності осей циліндра і колінчастого вала за допомогою кутника й схилю

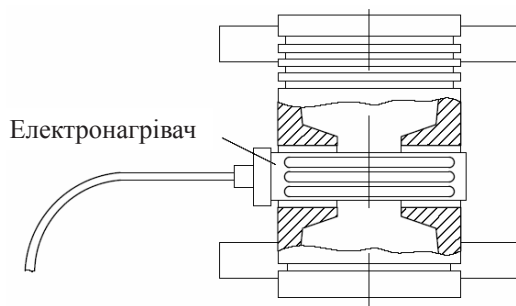


Рис. 3.40. Нагрівання поршня для посадки пальця

Для суміщення отворів у бобишках поршня і верхньої голівці шатуна доцільно застосовувати технологічний пальцеуловлювач із заточеним на конус кінцем.

Готовий вузол поршень – шатун без кілець за допомогою талів заводять у циліндр (рис. 3.41) і складають шатунний підшипник з мінімальним зазором.

Вимірюють зазори S_1 , S_2 , S_3 , S_4 між поршнем і втулкою циліндра з боку носа і корми. Різниця вимірів не повинна перевищувати 0,07 мм. Після закінчення перевірки на поршень надягають кільця і опускають його в циліндр, застосовуючи напрямний конус, яким стискаються кільця.

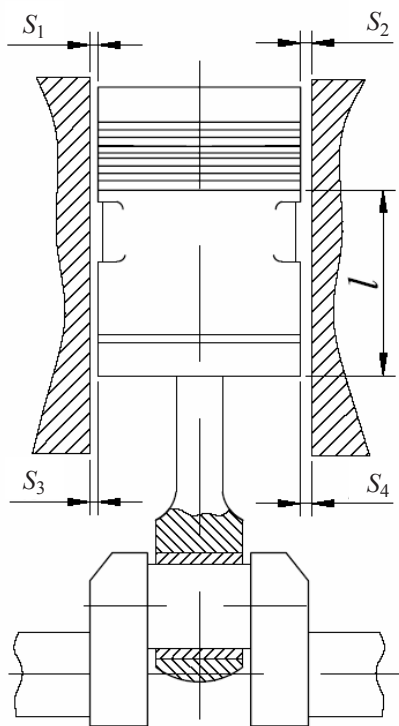


Рис. 3.41. Перевірка зазорів між поршнем і циліндовою втулкою при монтажі кривошипно-шатунного механізму

3.11. Регулювання двигуна

Визначення положення мертвих точок. Зазвичай на ободі маховика є риска ВМТ, поєднання якої з нерухомою стрілкою на блоці циліндрів відповідає установленню поршня першого (від маховика) циліндра в положення ВМТ.

Для відліку кутів повороту кривошипа від мертвих точок обід маховика градуйований на 360° . Якщо риска відсутня або викликає сумнів, потрібно визначити положення маховика, що відповідає знаходженню поршня першого циліндра у ВМТ. Для цього використовують регляж (рис. 3.42). Він складається з корпусу 6, штока 7 і пружини 5. Корпус регляжа кріпиться в отвір для форсунки. Шток під дією пружини зміщується вниз, і стрілка 4 встановлюється на нуль шкали 3.

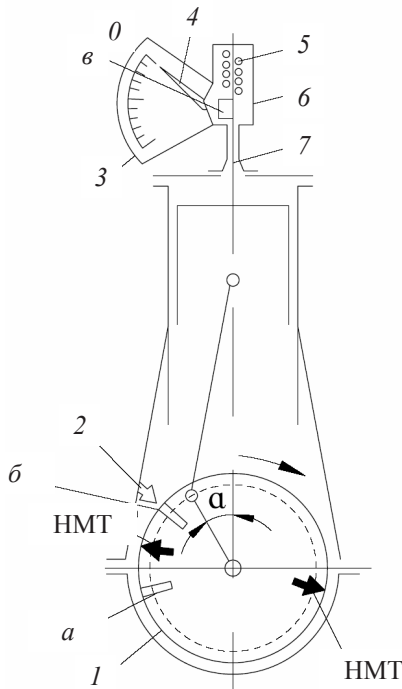


Рис. 3.42. Визначення верхньої мертвої точки

Вал повертають на передній хід до тих пір, поки поршень, який рухається вгору, не підійме шток і стрілка 4 не відійде вниз від нульового положення на дві-три поділки. Це положення буде відповідати положенню кривошипа, поки він не дійде до ВМТ на $30...40^\circ$. При цьому на шкалі ставлять мітку навпроти стрілки, а на обід маховика 1 риску б навпроти нерухомої стрілки 2. Потім продовжують повертати колінчастий вал. Стрілка спочатку буде опускатися до найнижчого положення, а потім підніматися вгору. Коли вона встановиться навпроти риски в, поворот маховика припиняють і навпроти стрілки 2 на ободі маховика ставлять риску а.

Відстань між рисками б і а ділять навпіл, де ставлять мітку ВМТ. При установленні маховика міткою ВМТ навпроти стрілки 2 поршень першого циліндра буде у ВМТ. Діаметрально протилежна мітка НМТ буде відповідати положенню поршня в НМТ.

Перевірка висоти камери стиснення. Через зношення шатунних і рамових підшипників збільшується висота камери стиснення, що призводить до зменшення ступеня стиснення і погіршення роботи двигуна. Небажане також і зменшення камери стиснення при заміні деяких деталей кривошипно-шатунного механізму, що викликає зростання навантажень і максимального тиску циклу.

Для перевірки висоти камери стиснення знімають кришку і на плоску частину поршня ставлять свинцевий кубик. Кришку встановлюють на місце, кріплять її до циліндра і переводять поршень валоповоротним пристроєм через ВМТ. Потім знімають кришку, визначають висоту свинцевого кубика і порівнюють її зі значенням, зазначеним у формулярі дизеля. Висоту камери стиснення регулюють зміною товщини прокладки під п'ятою шатуна або кришкою циліндра.

Перевірка і регулювання механізму газорозподілу починається з перевірки і регулювання зазорів у клапанному приводі. Для цього знімають ковпаки із циліндрових кришок і відкривають індикаторні крани. Ставлять поршень першого циліндра у ВМТ, при цьому впускний і випускний клапани повинні бути закриті. Щупом або спеціальною пластиною перевіряють зазори між што-

ком клапана та бойком коромисла впускного і випускного клапанів. Зазори повинні відповідати значенням, вказаним у паспорті двигуна. В іншому випадку їх регулюють за допомогою регулювального болта. Так перевіряють зазори на кожному циліндрі в порядку їх роботи, повертаючи колінчастий вал за ходом, щоб поршень циліндра, який перевіряється, був у ВМТ при закритих клапанах.

Потім приступають до перевірки фаз газорозподілу, перевіряючи їх відповідність круговій діаграмі газорозподілу.

Фази газорозподілу перевіряють за першим циліндром у певному порядку.

1. Відкривають індикаторні крани і за допомогою валоповоротного пристрою поршень першого циліндра ставлять у ВМТ так, щоб обидва клапани (впускний і випускний) були відкриті. Такий стан відповідає перекриттю: випускний клапан ще не закрився, а впускний уже відкрився.

2. Вал повертають проти ходу на $40...60^\circ$, при цьому випускний клапан буде відкрито, а впускний закривається.

3. У зазор між коромислом і штоком клапана впуску заводять тонкий аркуш паперу, вал повільно обертають за ходом, а аркуш паперу переміщують. Як тільки папір заклинило, обертання зупиняють. Цим уловлюють момент початку відкриття впускного клапана.

4. За градуюванням на маховику знаходять кут випередження відкриття впускного клапана. Він повинен відповідати даним кругової діаграми, допускається відхилення не більше $\pm 4^\circ$.

5. Повертаючи за ходом вал, установлюють момент, коли аркуш паперу звільниться. Він є моментом закриття впускного клапана. За градуюванням на маховику знаходять кут запізнювання закриття впускного клапана.

Таким же чином перевіряють фази газорозподілу на інших циліндрах. При виявленні відхилення фактичних фаз від паспортних необхідно провести регулювання наступним чином:

– якщо у всіх циліндрах клапани відкриваються та закриваються раніше, ніж потрібно, треба вивести із зачеплення проміжну шестерню приводу і повернути розподільний вал на один-два зуби проти ходу;

– якщо ж пізніше, ніж потрібно, то слід повернути розподільний вал уперед за ходом.

У разі невідповідності фаз газорозподілу зазначеним у паспорті двигуна тільки в одному клапані замінюють або переставляють його кулачкову шайбу або добиваються відповідності регулюванням величини теплового зазору. Якщо клапан відкривається раніше, а закривається пізніше, збільшують зазор у клапанному приводі; якщо клапан відкривається пізніше, а закривається раніше, зменшують зазор.

Перевірка рівномірності подачі палива окремими насосами.

Паливний насос ставлять на стенд. Під відкриті кінці нагнітальних трубок підставляють мензурки місткістю 200 см³ або зважений посуд. Рейку паливного насоса встановлюють у положення максимальної подачі і починають обертати кулачковий вал насоса. Після 500 обертів посуд з паливом зважують з точністю до 1 г. Різниця в масі палива, поданого окремими насосами, не повинна перевищувати 3 %. При більшій різниці подачу регулюють способом, що залежить від конструкції насоса.

При індивідуальних насосах рівномірність подачі можна перевірити, не знімаючи насос із двигуна. Для цього реверсивний пристрій ставлять на передній хід, а паливну рейку на максимальну подачу палива. Нагнітальні трубки від'єднують від форсунок, прокачують насоси вручну, видаляють з них повітря. Потім ручним прокачуванням виконують 20 подач, збираючи паливо в мірні колби. Різниця в кількості поданого окремими насосами палива не повинна перевищувати 3 %.

Перевірку і регулювання кута випередження початку впорскування палива проводять у наступному порядку:

– від'єднують трубку високого тиску від насоса;

– на нагнітальний штуцер 5 насоса накидною гайкою 4 приєднують металеву трубку 3 моментоскопа (рис. 3.43);

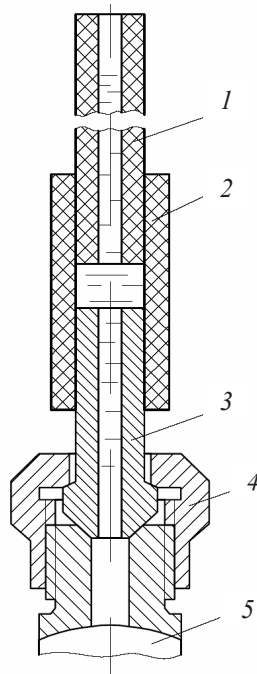


Рис. 3.43. Моментоскоп

– ставлять рейку паливного насоса на повну подачу палива і прокачують насос вручну до повного видалення повітря та заповнення скляної трубки 1 паливом;

– стискаючи гумову трубку 2, виливають зі скляної трубки 1 паливо до половини її довжини;

– повільно провертають колінчастий вал за ходом і вловлюють момент початку руху меніска палива в скляній трубці. Цей момент буде відповідати початку впорскування палива. Кут випередження початку впорскування палива визначають за градусуванням на маховику.

Якщо фактичний кут випередження початку впорскування палива відрізняється від паспортного, його регулюють поворотом шайби паливного насоса на розподільному валу. Для збільшення

кута випередження кулачкова шайба повертається у напрямку обертання розподільного вала, а для зменшення — проти напрямку його обертання.

Кут випередження початку впорскування палива блокових паливних насосів перевіряють за першою секцією. Змінюють його зміщенням півмуфти приводу паливного насоса.

Кут випередження початку впорскування палива можна перевірити також за допомогою форсунки (перевіреної та відрегульованої на стенді). Форсунку виймають з гнізда і закріплюють на нагнітальній трубці насоса, що перевіряється. Ручним прокачуванням насоса виконують два-три впорскування. Потім перевіряють вал заходом до моменту початку впорскування. Кут випередження початку впорскування визначають за градуванням на маховику. При визначенні за допомогою форсунки кут випередження початку впорскування палива приблизно на 20 % менший, ніж кут, визначений за допомогою моментоскопа.

Перевірка паливного насоса високого тиску на нульову подачу. При встановленні органа керування (рукоятки або маховика) в положення «Стоп» паливні насоси не повинні подавати паливо, інакше двигун не можна буде зупинити. Це перевіряють наступним чином. Рейку паливних насосів ставлять на повну подачу палива. Подають паливо до паливного насоса високого тиску і прокачують їх вручну. Потім орган керування ставлять у положення «Стоп», при ручному прокачуванні насоси не мають подавати палива.

Більш точно нульове прокачування перевіряють за допомогою моментоскопа. Моментоскоп установлюють на нагнітальний штуцер насоса. При положенні рейки на подачі палива прокачують насос, щоб паливо заповнило половину скляної трубки. Потім ставлять орган керування на «Стоп» і прокачують насос вручну. Якщо насос відрегульований правильно, меніск при цьому буде залишатися нерухомим. Якщо перевірка показала відсутність нульової подачі, насос регулюють. Спосіб регулювання залежить від конструкції насоса.

Перевірка системи пуску. Для перевірки загального дискового розподільника повітря на полі корпусу 4 (рис. 3.44) проводять

радіус 3, дотичний до передньої кромки каналу 2, по якому повітря надходить до пускового клапана першого циліндра. На його кінці ставлять мітку 1. На диску 8 проводять радіус 7, дотичний до передньої кромки вікна 6, і ставлять мітку 5. Коли розподільник повітря складений і його привід з'єднаний з колінчастим валом, останній провертають за ходом до збігу міток 1 і 5. Цей момент відповідає початку надходження пускового повітря в перший циліндр, поршень якого на такті стиснення повинен не дійти до ВМТ на кут випередження впуску стисненого повітря. Він знаходиться в межах $5...10^\circ$ і не може викликати зворотний рух

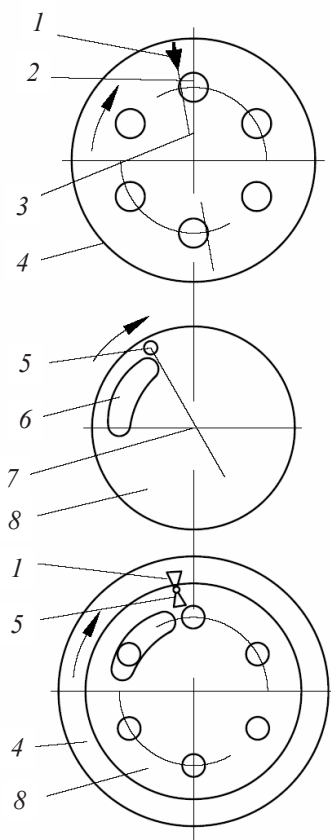


Рис. 3.43. Перевірка дискового розподільника повітря

поршня, оскільки в цей час в інший циліндр, де поршень знаходиться в такті розширення, вже надходить основна маса повітря, яку поршень даного циліндра буде рухати вниз і поверне колінчастий вал у потрібний бік. Пусковий клапан відкривається з випередженням, для того щоб, коли поршень пройде ВМТ, пусковий клапан був відкритий на достатню величину. Для регулювання кута випередження подачі повітря зазвичай передбачена можливість переміщення диска розподільника повітря на шліцах.

Контрольні питання

1. Що являє собою ремонтна відомість? Ким і в які терміни вона складається?
2. Які загальні правила потрібно дотримуватися при розбиранні двигуна?
3. В чому полягає дефектація фундаментних рам, блока циліндрів і циліндрових втулок?
4. Як перевіряють прямолінійність і знос колінчастого вала?
5. У чому полягають дефектація і ремонт циліндрових кришок?
6. Як проводиться притирання клапанів?
7. За якими ознаками бракуються поршневі кільця?
8. Які види зносу і пошкоджень характерні для підшипників?
9. Які дефекти зустрічаються в механізмах газорозподілу?
10. На що і як перевіряють форсунки? Як усунути дефекти?
11. На що і як перевіряють ПНВТ? Як усунути дефекти?
12. Як перевіряють правильність складання кривошипно-шатунного механізму?
13. Як визначити мертві точки?
14. Для чого і як перевіряють висоту камери згоряння?
15. Як перевіряють і регулюють фази газорозподілу?
16. Як перевіряють і регулюють кут випередження початку впорскування палива?
17. Для чого і як перевіряється ПНВТ на нульову подачу?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Автомобільні двигуни [Текст] : підруч. / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко. — К. : Арістей, 2006. — 476 с.
- [2] **Богданов, С. Н.** Автомобильные двигатели [Текст] : учеб. для автотранспортных техникумов / С. Н. Богданов, М. М. Буренков, И. Е. Иванов. — М. : Машиностроение, 1987. — 368 с.
- [3] **Большаков, В. Ф.** Эксплуатация судовых среднеоборотных дизелей [Текст] / В. Ф. Большаков, Ю. А. Фомин, В. И. Павленко. — М. : Транспорт, 1983. — 160 с.
- [4] **Возницкий, И. В.** Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] / И. В. Возницкий. — М. : Моркнига, 2008. — Т. 1. — 282 с.
- [5] **Габитов, И. И.** Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей [Текст] : учеб. пособие / И. И. Габитов, Л. В. Грехов, А. В. Неговора. — Уфа : Изд-во БГАУ, 2008. — 240 с.
- [6] **Гаврилов, В. С.** Техническая эксплуатация судовых дизельных установок [Текст] / В. С. Гаврилов, С. В. Кошкин, В. П. Шмелев. — М. : Транспорт, 1985. — 288 с.
- [7] Двигатели автотракторной техники [Текст] : учеб. ; под ред. М. Г. Шатрова. — М. : КНОРУС, 2016. — 400 с.
- [8] Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : учеб. для вузов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. — [3-е изд., перераб. и доп.]. — М. : Машиностроение, 1985. — 284 с.
- [9] Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : учеб. для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. — [4-е изд., перераб. и доп.]. — М. : Машиностроение, 1990. — 284 с.
- [10] **Дьяченко, В. Г.** Теория двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учеб. / В. Г. Дьяченко : [пер. с укр.]. — Харьков : ХНАДУ, 2009. — 500 с.

[11] **Захаров, Г.В.** Техническая эксплуатация судовых дизельных установок [Текст] : учеб. / Г.В. Захаров. — М. : ТрансЛит, 2009. — 256 с.

[12] **Камкин, С.В.** Эксплуатация судовых дизелей [Текст] : учеб. для вузов / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.П. Шмелев. — М. : Транспорт, 1990. — 344 с.

[13] **Конкс, Г.А.** Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта [Текст] : учеб. пособие / Г.А. Конкс, В.А. Лашко. — М. : Машиностроение, 2005. — 512 с.

[14] **Кузнецов, А.С.** Ремонт двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учеб. пособие / А.С. Кузнецов. — М. : Изд. центр «Академия», 2011. — 64 с.

[15] Машиностроение. Энциклопедия [Текст] / ред. совет : К.В. Фролов (пред.) [и др.]. — М. : Машиностроение, 2013. — Т. IV-14 : Двигатели внутреннего сгорания. — 784 с.

[16] **Наливайко, В.С.** Суднові двигуни внутрішнього згорання [Текст] : підруч. / В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський, С.Г. Ткаченко. — Миколаїв : Видавець Торубара В.В., 2015. — 332 с.

[17] **Охотников, Б.Л.** Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учеб. пособие / Б.Л. Охотников. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 140 с.

[18] **Попов, Г.С.** Регулировка и испытание топливной аппаратуры дизелей. Методические руководства и указания к лабораторным работам [Текст] / Г.С. Попов. — Николаев, 1973. — 36 с.

[19] **Сенков, Г.И.** Судовые энергетические установки, их эксплуатация и ремонт [Текст] : учеб. / Г.И. Сенков — [2-е изд., перераб. и доп.]. — Л. : Судостроение, 1986. — 323 с.

[20] Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] : учеб. / Ю.Я. Фомин, А.И. Горбань, В.В. Добровольский [и др.]. — Л. : Судостроение, 1989. — 344 с.

Навчальне видання

МИТРОФАНОВ Олександр Сергійович
ПРОСКУРІН Аркадій Юрійович

**ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ,
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Навчальний посібник

Комп'ютерне складання та верстання В. В. Торубара

Формат 60×84^{1/16}. Умов. друк. арк. 12,4. Тираж 100 пр. Зам. №9/18

Видавець та виготовлювач Торубара В. В.

вул. Наваринська, 5–17, м. Миколаїв, 54001, тел.: (067) 800-70-70
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4626 від 9.10.2013