

10.31653/smf42.2021.16-24

Bogach V.M., Slobodianiuk I.M., Dovidenko Yu.N.

National University "Odessa Marine Academy"

THE ANALYSIS OF CONDITIONS GIVING OIL IN CYLINDERS OF DIESEL ENGINES THE SEA SHIPS

Богач В.М., Слободянюк І.М., Довіденко Ю.Н.

Національний університет «Одеська морська академія»

АНАЛІЗ УМОВ ПОДАЧІ МАСЛА В ЦИЛІНДРИ ДИЗЕЛІВ МОРСЬКИХ СУДЕН

The abstract

The publication is devoted the decision of an actual problem increase efficiency operation of ship diesel engines by perfection processes greasing of cylinders. The analysis a condition of a question on an investigated problem is made and lacks systems greasing of diesel engines are defined.

By these researches it is defined, that greasing process is accompanied by "pushing out" a part oil in the cylinder, gases extending in the channel that causes a real loss of cylinder oils and occurrence an additional source deposits.

Characteristics process greasing, and their interrelation with a design of greasing devices are defined. Influence geometrical parametres of channels system greasing on characteristics process the expiration of oil in the cylinder and finally on efficiency its use in the engine is experimentally confirmed.

Keywords: ship diesel engine, greasing system, greasing channel, greasing process, cylinder, piston, a piston ring.

Уявлення про процеси, що протікають у лубрикаторних системах суднових дизелів тривалий період часу пов'язували з нагнітальним ходом плунжера лубрикатора й відкриттям зворотного клапана штуцера, при цьому саме час відкриття клапана вважався періодом подачі масла в циліндр. Такі подання приводили до невірних висновків про залежності часу подачі масла в циліндр тільки від конструктивних характеристик лубрикаторів.

Отже, основні поняття про розподіл масла по дзеркалу втулки й про товщину масляної плівки в різних зонах робочої поверхні

циліндра формувалися на підставі фаз відкриття клапана стосовно положення поршня в циліндрі. При цьому вважалося, що масло надходить на дзеркало одночасно з відкриттям клапана.

Дослідженнями [1,2] процесів, що відбуваються на ділянці нагнітального тракту системи, що знаходиться між дзеркалом циліндра й зворотним клапаном установлено, що тут завжди є вільні рівні масла й газові порожнини. Вони обумовлені складною геометрією цієї ділянки й істотним розходженням між обсягами каналів і подаваних порцій.

Таким чином, перед вихідним отвором (рис.1) масляного каналу розташована складна передкамера, що з однієї сторони через безповоротний клапан періодично поповнюється маслом, а з іншого боку - постійно випробовує вплив газів зсередини циліндра.

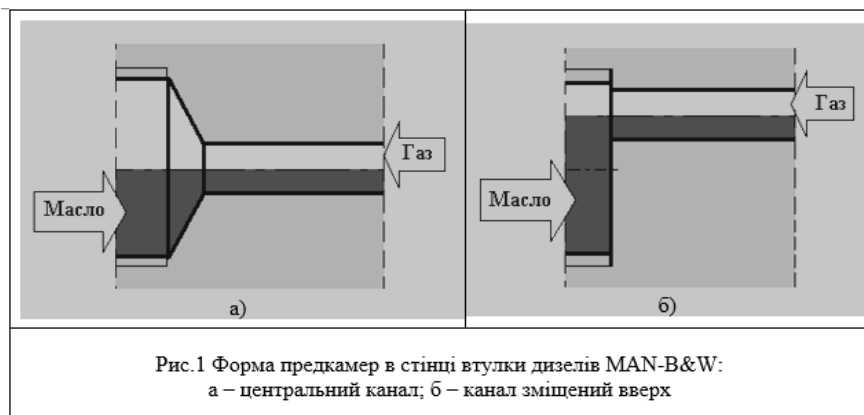


Рис.1 Форма передкамер в стінці втулки дизелів MAN-B&W:
а – центральний канал; б – канал зміщений вверх

У двигунів з верхнім підведенням масла зміна тиску газів (крива P_g , рис.2) з боку циліндра в область масляного каналу являє собою два імпульси - P_1 і P_2 , один із яких формується поршнем на стиску, а другий - на розширенні.

Формування кривої P_g відбувається в такий спосіб: при переміщенні поршня від н.м.т. тиск у циліндрі й у зрізу каналу наростає, а з відходом першого компресійного кільця в зону вище отвору (що відповідає вершині імпульсу P_1) відбувається почергове повідомлення каналу з межкільцевими просторами поршня.

Це обумовлює падіння тиску в зрізу каналу й формування відповідної кривої. Закінчення цієї ділянки відповідає переміщенню останнього компресійного кільця через пояс масляних отворів.

Із цього моменту протягом деякого наступного періоду поки компресійні кільця перебувають вище мастильних отворів, масляні канали виявляються з'єднаними з підпоршневим простором, у якому в зазначений період тиск продувного повітря змінюється мало.

При русі поршня від в.м.т. міжкільцеві порожнини знову по черзі (але у зворотному порядку) з'єднуються з каналом, що приводить до формування галузі наростання тиску імпульсу P2. Вершина цього імпульсу відповідає переміщенню першого поршневого кільця під мастильний отвір і повідомленню каналу з порожниною циліндра над поршнем.

Із цього моменту тиск у зрізу каналу падає так само, як і в циліндрі. Потім на кожному обороті все повторюється в описаному порядку. Максимальний тиск імпульсів P1, P2 і відстань між їхніми вершинами визначається (за інших рівних умов) рівнем розташування крапок змазування по висоті циліндра. При верхнім розташуванні - P1 у сучасних дизелів може досягати 1,2 МПа, а P2 - 3 МПа. Відстань між вершинами імпульсів може коливатися в межах 80...120° п.к.в.

При нижнім розташуванні масляних каналів тиск газів в отворів відрізняється не тільки величиною, але й характером зміни за часом. Максимальне значення P1 не перевищує 0,3 МПа, а P2 - 1,5 МПа. Відстань між вершинами імпульсів лежить у межах 200...220° п.к.в.

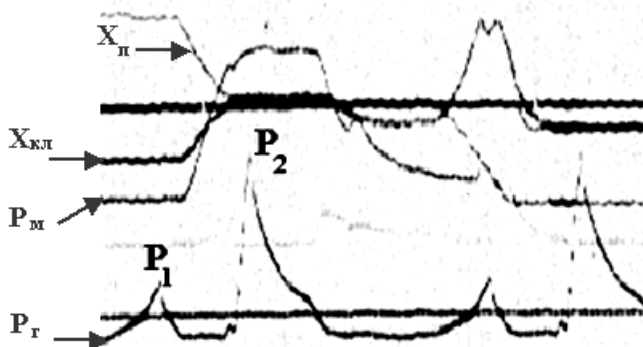


Рис.2 Оциллограма маслоподачі за безповоротний клапан двигуна "Зульцер"
(X_{пл} - хід плунжера; X_{кл} - хід клапана; P_г - тиск газів; P_м - тиск масла)

Зміна тиску, відповідно до кожної галузі імпульсу, відбувається за 0,01...0,09 сек. Це значить, що ділянка нагнітального тракту системи між клапаном і дзеркалом (рис.1) названа "передкамерою", знаходиться під впливом тиску газів. При цьому за соті частки секунди в області вихідного отвору тиск збільшується на 1,5...3 МПа, а потім на ту ж величину зменшується.

Причому, у двигунів з верхнім підведенням масла такий вплив (імпульси P1 і P2, рис.2), відбувається на кожному ході поршня, а у двигунів з нижнім розташуванням крапок змащення - тільки на ході розширення (імпульс P2, рис.3).

Відмітимо також, що за час переміщення компресійних кілець через пояс мастильних отворів у їхній зоні формується: на ході стиску - галузь падіння тиску імпульсу P1, а на ході розширення - галузь наростання тиску імпульсу P2.

Звідси слідує, що в зазначений період ходу поршня на стиску зміна тиску газів сприяє надходженню масла в циліндр, а на розширенні - протидіє йому. У цілому ж обидві галузі кожного імпульсу тиску газів, разом з ділянками щодо постійного рівня представляють основу умов, від яких залежать параметри в нагнітальному мастилопроводі перед безповоротним клапаном, а також можливості його відкриття в процесі маслоподачі.

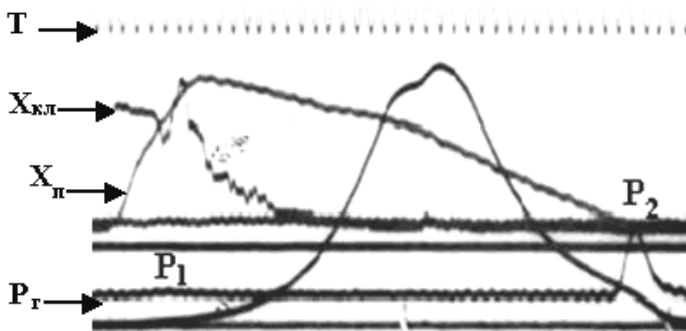


Рис.3 Осциллограма маслоподачі за клапан штуцера двигуна V&W

(X_п - хід плунжера; X_{кл} - хід клапана; P_г - тиск газів; T - відмітчик часу)

Аналіз цих умов у сполученні з результатами осцилографування роботи системи дозволяє визначити періоди, коли обидві частини нагнітального тракту (мастилопровід і "передкамера"), розділені безповоротним клапаном, починають працювати спільно.

Осцилографування процесу маслоподачі лубрикаторами із храповим механізмом у двигунів з верхнім підведенням масла показує, що циклова порція масла подається в передкамеру переважно за 2...3 відкриття клапана, що відносяться приблизно до одного обороту вала на початку кожного циклу маслоподачі. На наступних 13-ти оборотах, до чергового ходу плунжера, подачі масла за безповоротний клапан немає.

Таким чином, якщо частоту й моменти відкриття клапана штуцера ототожнювати (як у всіх попередніх дослідженнях) із частотою й моментами надходження масла в циліндр, то неважко дійти висновку про незадовільний розподіл його по дзеркалу навіть на тих оборотах, коли існує подача.

При збільшенні продуктивності лубрикатора перестановкою регулювального важеля, частота подачі й тиск у мастилопроводі істотно збільшуються, що при повному ході плунжера приводить до уведення в передкамеру всієї циклової порції за одне відкриття клапана. З позицій відомих поглядів про надходження масла в циліндр, це повинне погіршувати розподіл його по дзеркалу.

Крім того, при відсутності синхронізації руху плунжера лубрикатора з поршнем, закономірності розподілу масла у фазах відкриття клапана й значення параметрів надходження його в передкамеру одного циліндра не є загальними для інших.

Для виявлення особливостей, які вносять у роботу системи гідравлічний привід лубрикаторів, розглянемо процес маслоподачі до циліндрів двигуна "Фіат", у якого, як і у двигунів "Зульцер", верхнє розташування мастильних отворів, а, отже, аналогічні умови по протитиску газів.

На відміну від інших, гідравлічний привід забезпечує плавне й безперервне переміщення плунжера лубрикатора (Хп) протягом декількох (у цьому випадку одинадцяти) оборотів, рис.4. На наступних 10 оборотах, що завершують цикл маслоподачі, плунжер робить хід усмоктування.

Таким чином, перерва у подачі масла в передкамеру становить 10 оборотів через кожні 11, що добре проглядається як по зміні тиску в

мастилопроводі (лінія Р_м), так і по відкриттю безповоротних клапанів (лінії Х₁ і Х₂).



Рис.4 Оциллограма маслоподачі за клапан штуцера двигуна "Фіат" (Х₁, Х₂ - хід клапанів)

Відкриття клапанів, на відміну від двигуна "Зульцер", відбувається тільки в період газообміну, тобто, коли поршень перебуває на 2/3 ходи нижче крапок змазування. Це обумовлено малою величиною порцій, що витісняють у мастилопровід на кожному обороті, низьким тиском перед клапанами, їхнім опором, значною довжиною мастилопроводів і ін.

Розглянуті умови формування подачі масла при механічному й гідравлічному приводах лубрикаторів характерні для більшості марок вітчизняних і закордонних дизелів. Це крейцкопфні й тронкові двигуни переважно з контурною продувкою й верхнім розташуванням масляних отворів.

У більшості дизелів із прямою продувкою, крапки підведення масла, як правило, розташовувалися в нижній частині циліндра над продувними вікнами в 100...180 мм над верхнім їх краєм.

Розташування масляних отворів у зоні низьких тисків, як було показано, принципово міняє характеристику протидії газів, що залишало більше надій на підпорядкування процесу подачі масла в циліндри цього типу дизелів закону руху плунжера лубрикатора. Найпоширенішим двигуном цього типу є двигуни фірми "B&W", у яких,

відповідно до існуючих уявлень, момент подачі визначається початком ходу плунжера лубрикатора, що забезпечує надходження масла в циліндр лише в той період, коли компресійні кільця (при русі поршня від н.м.т.) перебувають навпроти масляних отворів.

Приклад осцилограми, покладеної в основу сформованих поглядів про подачу масла в циліндри дизелів V&W, наведений на рис.3. З осцилограми видно, що робочий хід плунжера й відкриття безповоротного клапана відбуваються дійсно на висхідному ході поршня через кожні 2 обороти.

Однак, необхідно відмітити, що, наприклад, при тривалості ходу плунжера лубрикатора, що становить 46° п.к.в., безповоротний клапан відкритий протягом 55° п.к.в.. Якщо на наведену осцилограму накласти криву руху поршня, то легко встановити, що період сполучення пояса компресійних кілець із масляними отворами становить усього 15° п.к.в., тобто, тривалість відкриття безповоротного клапана може в 3 ...4 рази перевищувати час знаходження кілець напроти крапок змазування. Тому, якщо період відкриття клапана ототожнювати з періодом надходження масла в циліндр, то виходить, що значна його частина в район кілець не подається.

Крім того, зі збільшенням ходу плунжера лубрикатора момент початку його руху наближається до н.м.т. більш, ніж на 20° . Якщо врахувати, що в системах розглянутого типу двигунів початок відкриття клапана практично збігається з початком ходу плунжера, то стає зовсім очевидним, що застосовувана синхронізація більш, ніж умовно.

З аналізу цих умов видно, що жодна система не забезпечує керований плунжером лубрикатора процес подачі масла за безповоротний клапан. Більше того, у всіх систем клапан відкривається тільки при положенні поршня поблизу мертвих крапок, тобто, коли в мастильних отворів зсередини циліндра встановлюється досить низький й відносно постійний тиск газу.

Звідси зрозуміло, що ні конструкції приводів лубрикаторів, ні самі лубрикатори (при всіх їхніх особливостях), ні багаторазове розходження величин подаваних порцій масла, ні довжина мастилопроводу, що відрізняється в 10 і більше раз, ні розташування масляних отворів по висоті циліндра скільки-небудь помітного впливу на керування подачею масла в передкамеру не роблять.

Більш ніж переконливо це впливає з аналізу наслідків, що залишаються процесом надходження масла не в "передкамеру", а безпосередньо в циліндр, рис.5,6.

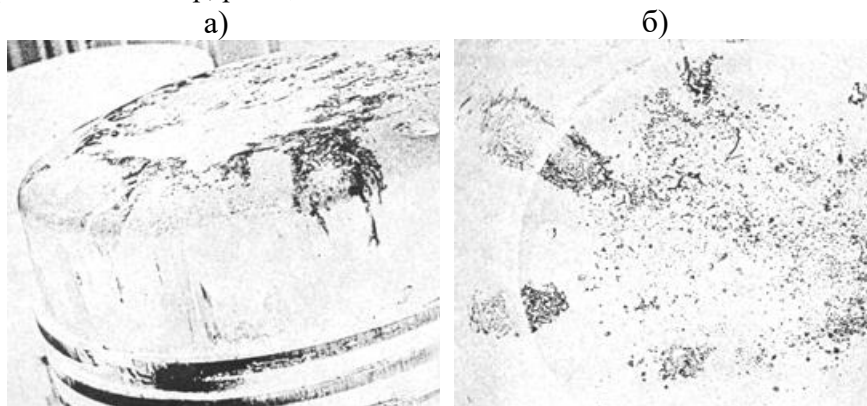


Рис.5 Сліди зустрічі масла з боковою поверхнею (а)

і донишком поршня (б) у двигунів с верхнім підведенням масла

Виявляється, що у всіх дизелів, незалежно від перерахованих існуючих особливостей лубрикаторних систем, на голівках поршнів вище першого кільця навпроти масляних отворів є однакові сліди зустрічі масла з поршнем.

Якщо все-таки погодитися із твердженням, що період відкриття безповоротного клапана є час надходження масла в циліндр, протягом якого (як видно з осцилограм) поршень перебуває або вище, або нижче масляних отворів, то виникає питання: - "Як відбувається зустріч масла з бічною поверхнею голівки?".

Більше того, із цієї поверхні сліди переходять і на днище поршня. Вони проявляються після просихання поршня, змоченого водою, у вигляді білих смуг від кальцинованої присадки, що входить до складу циліндрового масла.

Смуги на днище голівки поширюються до 200 і більше міліметрів від дзеркала циліндра, рис.5. Вони, також як і доріжки на бічній поверхні голівки, розташовані напроти мастильних отворів, і свідчать про надходження масла на верхню частину поршня.

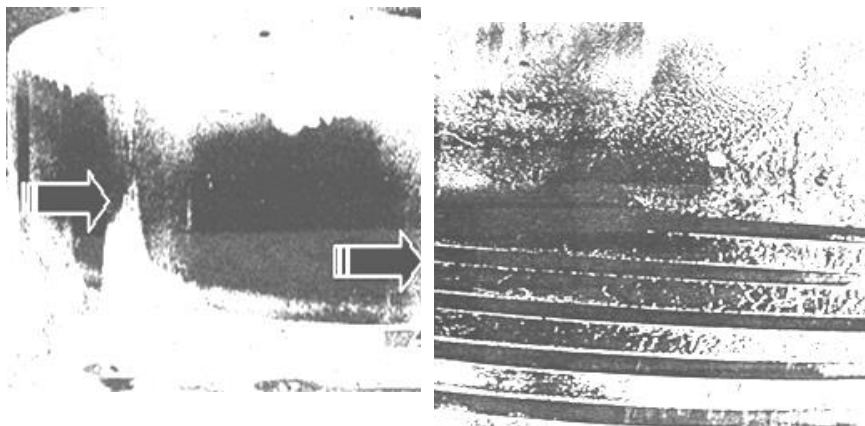


Рис.6 Сліди закидання масла на голівку поршня
у двигунів с нижнім підведенням масла

Ці сліди, у сполученні з результатами осцилографування, ставлять під сумнів відповідність часу надходження масла в циліндр періоду відкриття безповоротного клапана.

Крім того, спільність цих слідів для всіх відомих дизелів, незалежно від настільки істотних конструктивних розходжень систем, та й самих двигунів, указує на існування єдиного механізму надходження масла в циліндр, що обумовлює однакові негативні наслідки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Богач В.М. Эксплуатационные показатели эффективности лубрикаторных систем судовых дизелей / В.М. Богач, А.Н. Шебанов, И.Д. Колиев, Ю.И. Журавлев // Судовые энергетические установки: науч.-техн.сб.- 2007.- Вып. 19.- Одесса: ОНМА.- С. 10-22.

Шебанов А.Н. Исследование процесса маслоподачи двухрядной лубрикаторной системой с аккумулярованием давления масла / А.Н. Шебанов, В.М. Богач // Судовые энергетические установки: науч.-техн.сб. – 2013.- Вып. 31 - Одесса: ОНМА. - С.122-132.