

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Р. В. ВОЛКОВ, В. О. БОБОШКО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з курсу
"Технологічні методи судномонтажних робіт"

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2009

УДК 658.515(076)

Волков Р. В., Бобошко В. О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Технологічні методи судномонтажних робіт". – Миколаїв: НУК, 2009. – 20 с.

Кафедра технології суднового машинобудування

Наведено загальні теоретичні відомості та опис лабораторних робіт з курсів: "Основи технології суднового енергомашинобудування", "Технологічні методи судномонтажних робіт" для спеціальності 8090202.

Метою лабораторних занять є закріплення студентами отриманих теоретичних знань і виконання технології поєднання осей обертання валів механізмів, що мають фланцеве з'єднання, під час монтажу.

Виконання завдань ґрунтується на матеріалах лекцій з вищевказаних дисциплін які начитуються студентам у IV курсу, а також на вивченні рекомендованих навчально-методичних матеріалів.

Призначено для студентів вищих навчальних закладів спеціальностей технічного спрямування.

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.А. Поліщук

*Згідно з наказом ректора НУК № 08 від 09.01.2008
"навчально-методичні посібники, методичні вказівки
друкуються в авторській редакції" і відповідальність
за їх редагування несе автор.*

Лабораторна робота № 1

ЦЕНТРУВАННЯ ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАНЬ МЕХАНІЗМІВ ПО ЗЛАМАХ І ЗМІЩЕННЯХ

Мета роботи: вивчення і виконання технології поєднання осей обертання валів механізмів, що мають фланцеве з'єднання, під час монтажу (двигун з генератором, двигун з редуктором, двигун з валопроводом, вали валопроводів тощо).

1.1. Параметри центрування валів механізмів

Поєднання осей обертання валів механізмів прийнято називати центруванням, яке характеризується двома параметрами: зломом (нахилом осей відносно одна одної) та зсувом (паралельним переміщенням осей) (рис. 1) [1].

Зважаючи на трудність вимірювання кута зламу γ на реальних механізмах цей параметр характеризується різницею зазорів між фланцями $A-B$ (паралельність торців фланців відносно один одного). При цьому необхідно враховувати відстань S між точками вимірювання зазорів, оскільки при одному і тому ж куті зламу γ різниця зазорів на великих відстанях S_2 (на великих фланцях) відрізнятиметься від різниці зазорів на менших відстанях S_1 (на фланцях меншого діаметра) (рис. 2).

Для того щоб усунути цю суперечність, у судовому машинобудуванні прийнято допуски на злам призначати для відстані S , що дорівнює одному метру. Тому для порівняння результатів вимірювань на різних відстанях (S_1 , S_2) з величиною, що допускається, їх слід розділити на дану відстань S в метрах, а розмірність зламу буде мм/м.

При виконанні лабораторної роботи центрування слід забезпечити по зміщенню в межах 0,10 мм, по зламу – в межах 0,20 мм/м. Приблизно таких же допусків дотримуються у виробничих умовах, що забезпечує надійну експлуатацію змонтованих механізмів. При великих значеннях

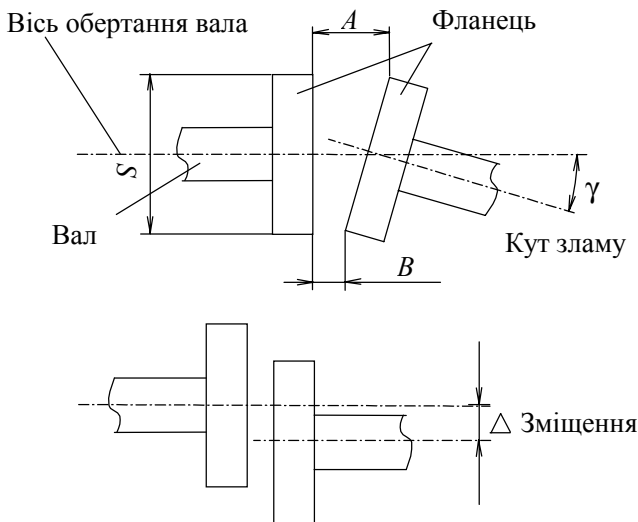


Рис. 1. Злам і зміщення валів

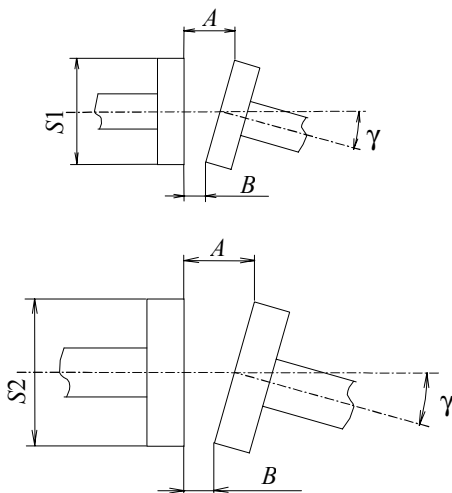


Рис. 2. Вплив розміру фланця на різницю зазорів при одному і тому ж куті зламу

зламу і зміщень виникає небезпека руйнування підшипників механізмів. Наприклад, при великих зламах після стягання фланців сполучними болтами вали зігнуться, що при їх обертанні призведе до появи знакозмінної напруги і небезпеки виникнення тріщин у місцях переходу вала до фланця (у галтелях). Вигин валів може також призвести до порушення їх прилягання до підшипників (рис. 3).

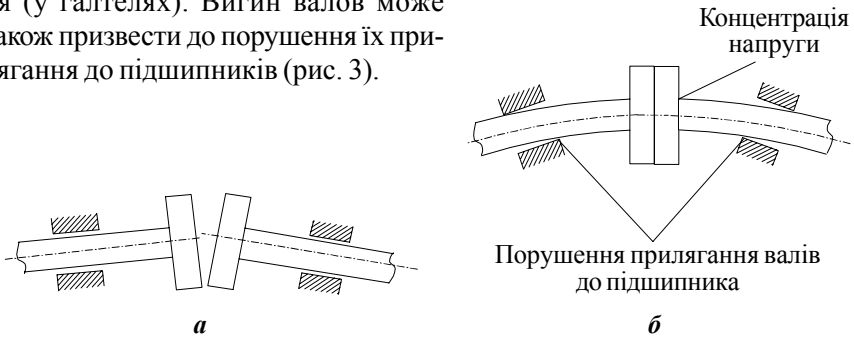


Рис. 3. Взаємне розташування валів:
а – до стягання болтів; **б** – після стягання болтів

При великих зміщеннях після стягання фланців сполучними болтами можуть відбутися небажані перерозподіли навантажень валів на підшипники з подальшим інтенсивним зносом переобтяжених підшипників (рис. 4).

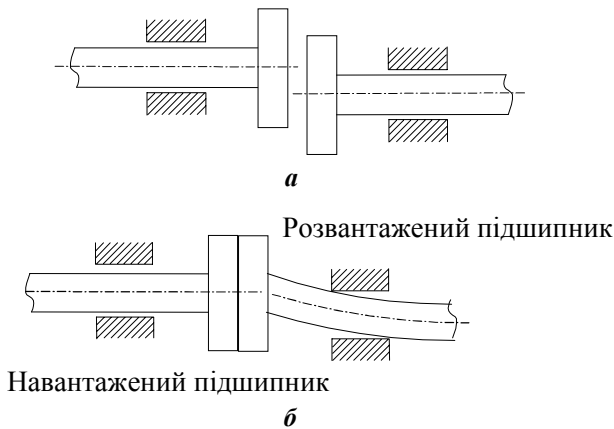


Рис. 4. Розподіл навантажень валів на підшипники:
а – до стягання болтів; **б** – після стягання фланців

1.2. Опис лабораторного стенда і використовуваного оснащення

Стенд імітує центрування різних механізмів при їх монтажі на судні (рис. 5) по зламах і зміщеннях, наприклад центрування головного малооборотного дизеля (МОД) до змонтованого валопроводу (рис. 5) [4].

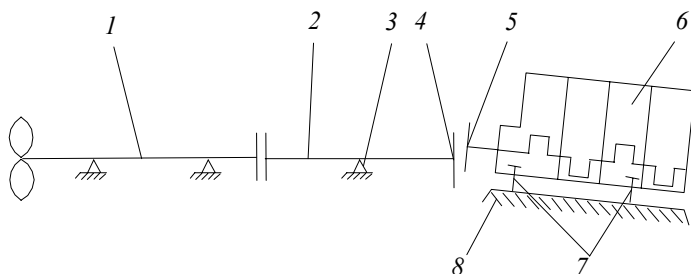


Рис. 5. Схема розташування механізмів на судні:

1, 2 – гребний та проміжний вали відповідно; 3 – підшипник проміжного вала; 4 – носовий фланець проміжного вала; 5 – фланець центрованого механізму (МОД); 6 – центрований механізм (МОД); 7 – віджимні болти для переміщення механізмів при центруванні; 8 – судновий фундамент

Стенд (рис. 6) містить у собі макет носового фланця 6 проміжного вала 3 разом з макетом підшипника 1, жорстко прикріплених до макета суднового фундаменту 10, і є базовим (нерухомим) механізмом, до якого при виконанні лабораторної роботи повинен бути прицентований макет двигуна 7 шляхом його переміщення віджимними болтами 8

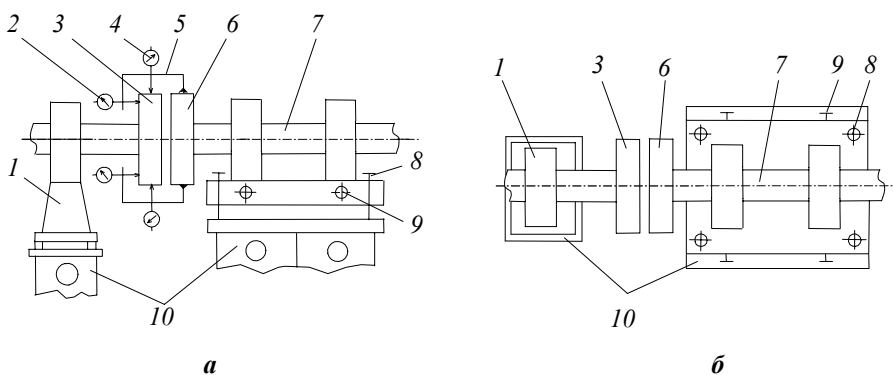


Рис. 6. Лабораторний стенд:
а – вигляд збоку; б – вигляд зверху

у вертикальній площині й болтами 9 у горизонтальній площині. Вимірювання зламу і зміщення передбачено виконати за допомогою парних стріл 5 з індикаторами годинникового типу 2, 4, які дозволяють робити вимірювання з точністю до 0,01 мм. Парні стріли, тобто дві стріли, застосовуються для того, щоб виключити помилки при вимірюванні: показання обох стріл підсумовуються та усереднюються.

Оскільки індикатор має обмежену межу вимірювань (до 2 мм), то при його застосуванні обов'язково необхідне попереднє центрування з візуальним ("на око") контролем з точністю до 0,5 мм. Якщо візуальне центрування буде грубішим (більше 0,5 мм), то індикатора може вийти за межу вимірювання, або ніжка індикатора вийде із зіткнення з фланцем, або фланець своїм тиском пошкодить індикатор.

У виробничих умовах, якщо не вимагається високої точності, вимірювання зламів і змішень виконують за допомогою слюсарної металевої лінійки і щупа. Лінійку 1 накладають на обід фланця 2 (рис. 7) і щупом заміряють радіальний (боковий) зазор $Z_{\text{в}}$, $Z_{\text{н}}$ і осьовий (кутовий) зазор a . Такий вимір проводять в чотирьох місцях по кінцях двох взаємно перпендикулярних діаметрів фланця. При правильному взаємному розташуванні валів радіальні (бокові) зазори $Z_{\text{в}}$, $Z_{\text{н}}$ повинні дорівнювати нулю, а кутові зазори a повинні відрізнятися не більше ніж на 0,01 мм на кожних 100 мм діаметру валу.

Вимірювання зламів і змішень можна також виконати іншими пристосуваннями (рис. 8) [3].

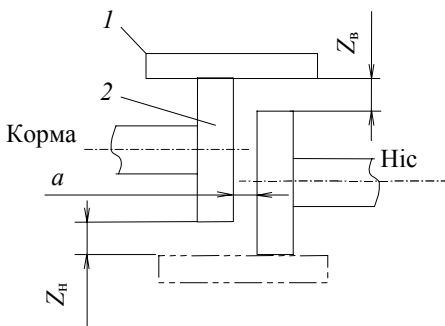


Рис. 7. Центрування валів по лінійці та щупу

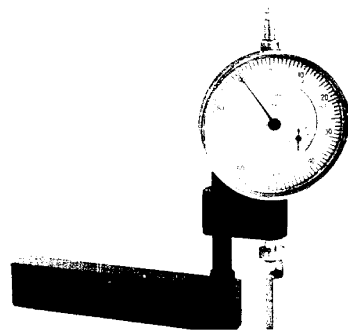


Рис. 8. Пристосування для вимірювання зламу і зміщення

1.3. Порядок виконання роботи

1. Провести візуальне ("на око") центрування див. (рис. 6) макета механізму 7 шляхом переміщення й нахилу за допомогою віджимних болтів 8 і 9 у вертикальній та горизонтальній площинах з точністю до 0,5 мм.

2. Установити на стрілі індикатори 2 і 4 див. (рис. 6) та закріпити їх так, щоб стрілка малої (міліметрової) шкали 1 (рис. 9) знаходилася проти цифри "1". Велику шкалу 2 див. (рис. 9) повернути так, щоб цифра "0" знаходилася проти великої стрілки (рис. 10), тобто показник індикатора $Z_{\text{ЛБ}}^1 = 1 \text{ мм}$. При цьому індикатори повинні знаходитися послідовно (по черзі) в двох площинах (вертикальній і горизонтальній).

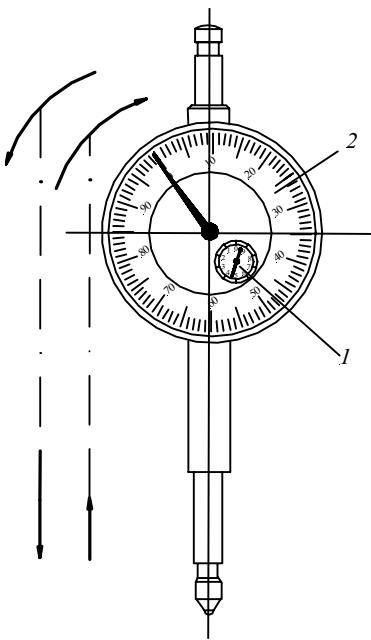


Рис. 9. Індикатор годинникового типу

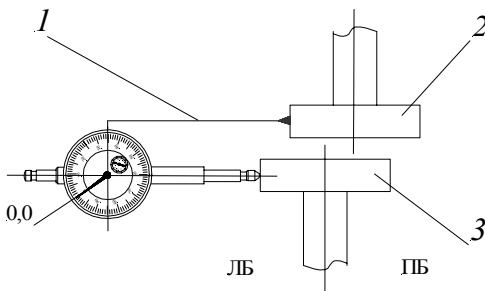


Рис. 10. Первинне положення стріли з індикатором при вимірюванні зміщення в горизонтальній площині:
1 – стріла з індикатором; 2, 3 – фланці відповідно центрованого та базового (нерухомого) механізмів

3. Обидва вали послідовно повернути на 180° (по черзі у вертикальній і горизонтальній площинах). Сумісне повертання валів необхідне для того, щоб ніжки індикаторів упиралися в одну точку і не ковзали по поверхні фланців, фіксуючи його нерівності та забоїни.

4. Записати показання індикаторів і за ними визначити взаємне розташування фланців відносно один одного. Наприклад, первинне показання індикатора, що вимірює зсув з лівого борту (ЛБ), $Z_{\text{ЛБ}}^1 = 1,00 \text{ мм}$ (велика стрілка на цифрі "0") після повороту на 180° показання цього індикатора

стало $Z_{\text{ЛБ}}^1 = 0,64$ мм, тобто стрілка індикатора відхилилася ліворуч від цифри "0" на 0,36 мм (рис.11).

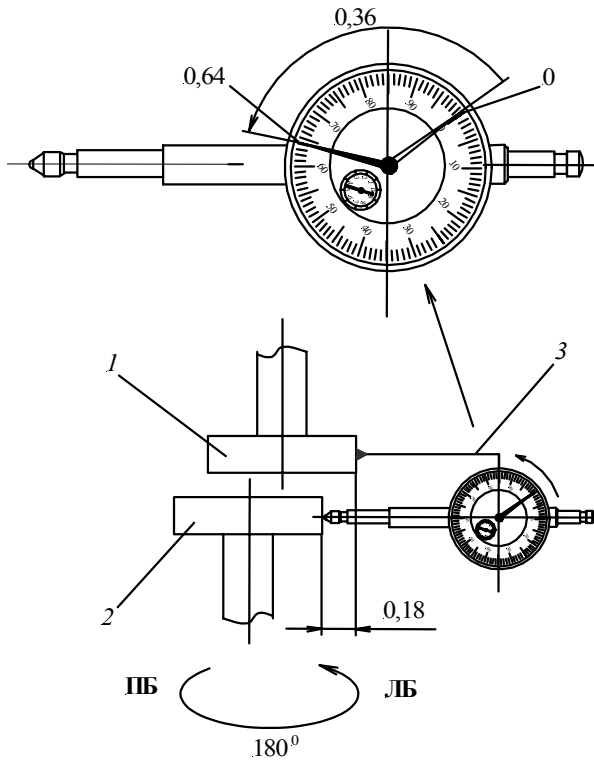


Рис. 11. Положення стріли з індикатором після повороту фланців на 180° .
Показання індикатора $Z_{\text{ЛБ}}^1 = 0,64$ мм

З огляду на те, що індикатор показує величину бою, тобто подвійну величину зміщення, отже останнє складає $0,36/2 = 0,18$ мм. І для його усунення центрований макет механізму необхідно зрушити на цю величину. Далі слід установити напрям переміщення механізму.

Якщо стрілка індикатора відхилилася ліворуч від "0" (проти годинникової стрілки), це означає, що шток індикатора, який упирається у фланець базового механізму, теж перемістився вліво, тобто шток висувався з корпусу індикатора (див. рис. 9). Звідси випливає, що фланець центрального механізму, до якого прикріплений індикатор, зрушився до правого борту (ПБ).

Отже, для усунення зміщення центрований механізм за допомогою

віджимних болтів необхідно зрушити у бік лівого борту (ЛБ) на 0,18 мм (до повернення стрілки індикатора не нульову відмітку).

Аналогічно виконується центрування у вертикальній площині, а також по зламу у вертикальній і горизонтальній площинах. Дані з вимірювань заносяться в табл. 1 і 2.

Таблиця 1. Результати вимірювань зміщень при центруванні по стрілах з індикатором

А. Зміщення					
Положення стріл при вимірюванні	Показання Індикаторів, мм		Сума вимірювань Σ , мм	Різниця сум вимірювань Δ , мм	Шукана величина зміщень, мм
	1 пара	2 пара			
Верх	$Z_{1в}$	$Z_{2в}$	$\Sigma_1 = Z_{1в} + Z_{2в}$	$\Delta_в = \Sigma_1 - \Sigma_2$	$\Delta_в/4$
Низ	$Z_{1н}$	$Z_{2н}$	$\Sigma_2 = Z_{1н} + Z_{2н}$		
Правий борт	$Z_{1пб}$	$Z_{2пб}$	$\Sigma_3 = Z_{1пб} + Z_{2пб}$	$\Delta_г = \Sigma_3 - \Sigma_4$	$\Delta_г/4$
Лівий борт	$Z_{1лб}$	$Z_{2лб}$	$\Sigma_4 = Z_{1лб} + Z_{2лб}$		

Таблиця 2. Результати вимірювань зламу при центруванні по стрілах з індикатором

Б. Злам, мм					
Положення стріл при вимірюванні	Показання індикаторів стріл, мм		Сума вимірювань Σ , мм	Різниця сум вимірювань Δ , мм	Величина зламу, мм/м
	1 пара	2 пара			
Верх	$Y_{1в}$	$Y_{2в}$	$\Sigma_1 = Y_{1в} + Y_{2в}$	$\Delta_1 = \Sigma_1 - \Sigma_2$	$\frac{\Delta_1}{2 \cdot S}$
Низ	$Y_{1н}$	$Y_{2н}$	$\Sigma_2 = Y_{1н} + Y_{2н}$		
Правий борт	$Y_{1пб}$	$Y_{2пб}$	$\Sigma_3 = Y_{1пб} + Y_{2пб}$	$\Delta_2 = \Sigma_3 - \Sigma_4$	$\frac{\Delta_2}{2 \cdot S}$
Лівий борт	$Y_{1лб}$	$Y_{2лб}$	$\Sigma_4 = Y_{1лб} + Y_{2лб}$		

Увага! При центруванні по зміщенням переміщення механізму слід виконувати всіма віджимними болтами, а при центруванні по зламу для зміни нахилу механізму слід виконувати тільки дальніми (від центрованого фланця) віджимними болтами, щоб не порушувати досягнутого раніше зміщення.

Для звіту необхідно представити ескиз лабораторного стенда, его краткое описание и табл. 1 и 2 с результатами измерений.

Лабораторна робота № 2

ЦЕНТРУВАННЯ МАКЕТУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ДО НЕРУХОМОГО БАЗОВОГО МЕХАНІЗМУ, СПОЛУЧЕНИХ МІЖ СОБОЮ ВАЛОМ (РЕСОРОЮ)

Мета роботи: навчитися вимірювати злам у шліцьових з'єднаннях і виконувати центрування макета газотурбінного двигуна (ГТД) до нерухомого базового механізму.

2.1. З'єднання механізмів валом (ресорою) зі шліцьовими муфтами

Таке з'єднання мають високообертальні ГТД зі привідними механізмами (редуктором, електрогенераторами, компресорами).

У машинному відділенні судна з ГТД (рис. 12) розміщені наступні механізми та устаткування: валопровід 1; головний підпорний підшипник 2; муфта 3; редуктор 4; газовипускний колектор 5; ГТД 6; парова турбіна 7; ресора ГТД 8; ресора парової турбіни 9.

Використання ресор 8, 9 з'єднуючих ГТД 6 з редуктором 4 і парової турбіни 7 з редуктором 4 дозволяє віддалити редуктор від ГТД та парової турбіни для розміщення в цьому проміжку газовипускного колектора 5.

Велика довжина ресор дозволяє використовувати їх як демпфуючі елементи, які компенсують ударні навантаження з боку гребного гвинта.

Ресора з'єднується з механізмом за допомогою шліцьової муфти. Вона є одним з основних видів компенсуючих муфт, які разом з можливістю передачі великої потужності допускають поздовжнє, а також достатньо велике поперечне і кутове зміщення одного вала відносно іншого за рахунок відносного зрушення жорстких металевих деталей муфти [2].

Представлена на рис. 13 муфта складається із закріплених на кінцях валів втулок із зовнішніми зубами і надітої на них з'єднувальної частини збірної обойми з внутрішніми шліцами, що дозволяє при збереженні жорсткості деталей компенсувати монтажні неточності взаємного розташування валів. Вал редуктора з фланцем зі шліцами представлений на рис. 14.

Для нормальної експлуатації шліцьових муфт необхідно усунути злами в двох з'єднаннях – ресори з редуктором і ресори з ГТД.

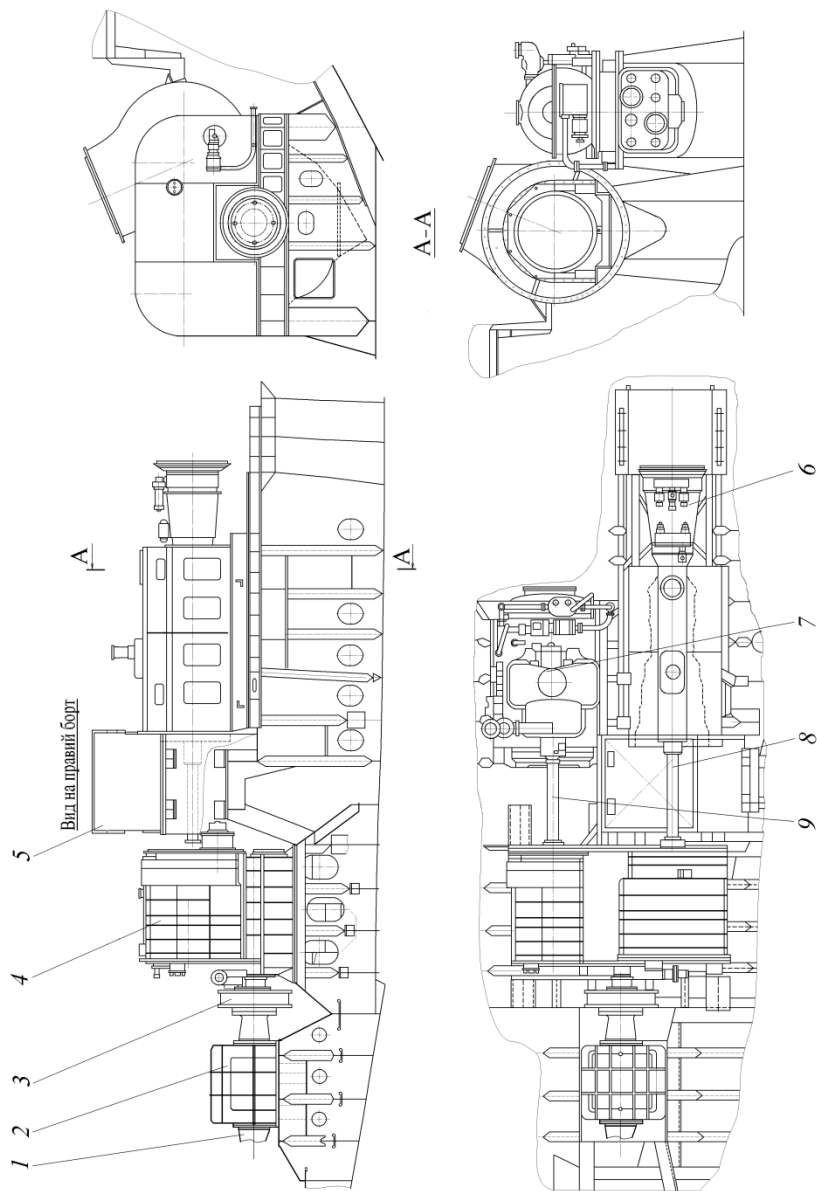


Рис. 12. Креслення трюму

Центрування повинно бути виконано з точністю 0,20 мм/м в обох з'єднаннях.

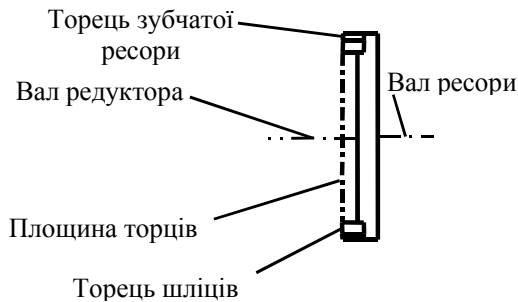


Рис. 13. Схема шліцьової муфти

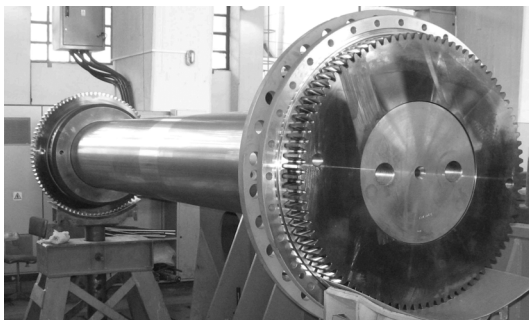


Рис. 14. Вал редуктора з фланцем зі шліцями

2.2. Опис лабораторного стенда і використовуваного оснащення

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 15. Стенд містить у собі макет ГТД II на валу якого встановлений фланець зі шліцями 6.

Шліці цього фланця взаємодіють із зубами фланця ресори 7. На фланці ресори за допомогою фіксуючого гвинта 5 закріплений індикатор годинникового типу. На іншому кінці ресори також установлений зубчатий фланець 3. До цього фланця за допомогою фіксуючого гвинта 4 кріпиться індикатор годинникового типу. Зуби фланця взаємодіють і шліцями фланця 2 вала редуктора I.

Стенд імітує центрування макета ГТД II, з'єднаний ресорою з базовим нерухомим механізмом (редуктором) I по зламах у двох з'єднаннях – ресори з редуктором і редуктору з ГТД. Для вимірювання зламу на ресорі закріплено два індикатори годинникового типу. Шток першого інди-

катора упирається в торець зубчатого фланця ГТД 6, а шток другого індикатора – в зубчатий фланець редуктора 2. Якщо при повертанні валів стрілки індикаторів переміщуються у напрямі годинникової стрілки (вправо), це означає, що фланці центрованих механізмів зближуються один з одним. Якщо стрілка індикатора переміщується проти годинникової стрілки, це означає, що фланці центрованих механізмів віддаляються один від одного. Для усунення непаральності фланців (зламу) на макеті ГТД передбачені віджимні болти для вертикального і горизонтального переміщень макета.

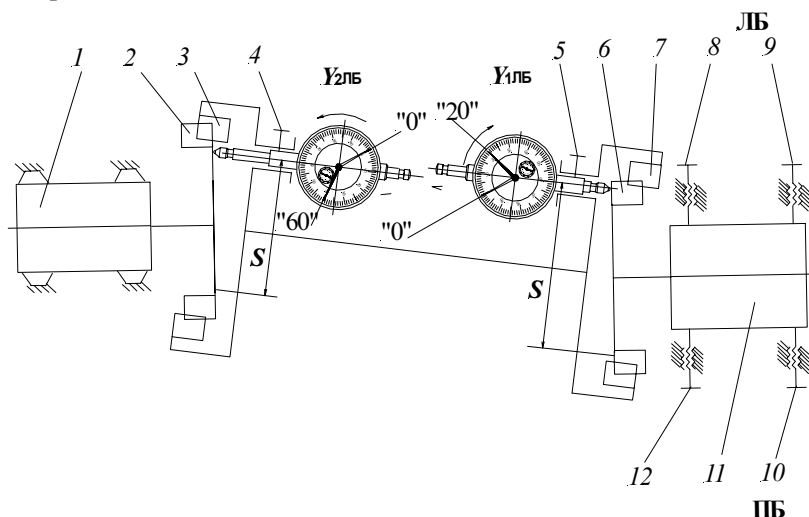


Рис. 15. Схемалабораторного стану

2.3. Порядок виконання роботи

1. Шляхом переміщення макета ГТД за допомогою віджимних болтів провести візуальне центрування макета ГТД до нерухомого макета редуктора так, щоб торці зубів ресор і шліци валів ГТД та редуктора знаходилися в одній площині.

2. Установити на ресору два індикатори (у місцях її з'єднання з редуктором ГТД) так, щоб штоки індикаторів упиралися з натягом у торці валів редуктора і ГТД та зафіксувати їх фіксуючими гвинтами див. 4 і 5 (рис. 15). Маленькі стрілки індикаторів повинні розташовуватися приблизно посередині міліметрової шкали. Великі шкали індикаторів повернути так, щоб "0" знаходився проти великої стрілки. Цей показник прийняти за 1,00 мм у вертикальній і горизонтальній площинах.

3. Вали провернути на 180° (по черзі у вертикальній і горизонтальній площинах).

4. Записати показники індикаторів і за ними визначити взаємне розташування макета ГТД відносно макета редуктора. Наприклад див. (рис. 13), коли індикатори знаходилися з правого борту, їх показання були "0" ($Y_{1\text{ЛБ}} = 1,00$ мм). Після повороту валів на 180° на лівий борт аналізуючи показання індикаторів можна зробити висновок, що ГТД необхідно зрушити на правий борт. Для виконання центрування необхідно спочатку змістити ГТД болтами 10 і 12 у бік лівого борту, щоб стрілка індикатора біля редуктора повернулася на "0", а потім з допомогою тільки болта 10 усунути злам ГТД, щоб стрілка індикатора біля ГТД повернулася на "0".

Аналогічну операцію виконати у вертикальній площині із застосуванням болтів для вертикального переміщення.

5. Остаточні показання індикаторів записати в табл. 3, 4 для обох з'єднань. Для того щоб забезпечити заданий допуск на злам 0,20 мм/м при $S = 0,25$ м, стрілки обох індикаторів повинні переміщатися не більше ніж на 0,05 мм.

Для звіту слід представити ескіз станда, опис лабораторної установки і табл. 3, 4 з остаточними результатами вимірювань у вертикальній і горизонтальній площинах.

Таблиця 3. Результати вимірювань зламу в з'єднанні ресори з редуктором

Злам, мм			
Положення стріли при вимірювання	Показання індикаторів стріли, мм	Різниця вимірювань, мм	Величина зламу, мм/м
Верх	$Y_{1\text{в}}$	$\delta_B = Y_{1\text{в}} - Y_{1\text{н}}$	$\frac{\delta_B}{2 \cdot S}$
Низ	$Y_{1\text{н}}$		
Правий борт	$Y_{1\text{пб}}$	$\delta_\Gamma = Y_{1\text{пб}} - Y_{1\text{лб}}$	$\frac{\delta_\Gamma}{2 \cdot S}$
Лівий борт	$Y_{1\text{лб}}$		

Таблиця 4. Результати вимірювань зламу в з'єднанні ресори з ГТД

Злам, мм			
Положення стріли при вимірювання	Показання індикаторів стріли, мм	Різниця вимірювань, мм	Величина зламу, мм/м
Верх	$Y_{1\text{в}}$	$\delta_B = Y_{1\text{в}} - Y_{1\text{н}}$	$\frac{\delta_B}{2 \cdot S}$
Низ	$Y_{1\text{н}}$		
Правий борт	$Y_{1\text{пб}}$	$\delta_\Gamma = Y_{1\text{пб}} - Y_{1\text{лб}}$	$\frac{\delta_\Gamma}{2 \cdot S}$
Лівий борт	$Y_{1\text{лб}}$		

Контрольні питання

1. Перерахувати основні параметри, які характеризують центрування суднових механізмів.
2. Пояснити причини руйнування підшипників механізмів при великих значеннях зламу і зміщень.
3. Розповісти послідовність дій при вимірюванні зламів і зміщень за допомогою слюсарної металевої лінійки й щупа.
4. Перерахувати основні вузли лабораторної установки і пояснити їх призначення.
5. Розповісти послідовність дій при centruванні макета механізму.
6. Перерахувати основні вузли лабораторної установки для виконання центрування макета ГТД до нерухомого базового механізму і пояснити їх призначення.
7. Розповісти послідовність дій при centruванні макету ГТД до нерухомого базового механізму.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Каминский М.Л.* Центровка валов электрических машин. – М.: Энергия, 1972. – 235 с.
2. *Каусов М.А.* Центровка вращающихся механизмов // Новости теплоснабжения. – 2000. – № 3. – С. 23–24.
3. *Крыница М.Н.* Оснастка для судовых монтажных работ: Справочник. – Л.: Судостроение, 1982. – 336 с.
4. *Мусинский Н.А.* Устройство и монтаж судовых машин, механизмов и трубопроводов. – Л.: Судостроение, 1981. – 304 с.

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1

Центрування фланцевих з'єднань механізмів по зламах і зміщеннях	3
1.1. Параметри центрування валів механізмів	3
1.2. Опис лабораторного стенда і використовуваного оснащення	6
1.3. Порядок виконання роботи	8

Лабораторна робота № 2

Центрування макету газотурбінного двигуна до нерухомого базового механізму, сполучених між собою валом (ресорою)	11
2.1. З'єднання механізмів валом (ресорою) зі шліцьовими муфтами	11
2.2. Опис лабораторного стенда і використовуваного оснащення	13
2.3. Порядок виконання роботи	14
Контрольні питання	16
Рекомендована література	17

Навчальне видання

**ВОЛКОВ Рудольф Володимирович
БОБОШКО Віктор Олександрович**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з курсу
"Технологічні методи судномонтажних робіт"

(українською мовою)

Комп'ютерна верстка *В. Г. Мазанко*
Коректор *М.О. Паненко*

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

Підписано до друку 25.11.09. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 1,0. Обл.-вид. арк. 1,1.
Тираж 100 прим. Вид. № 44. Зам. № 349. Ціна договірна

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

ДЛЯ ЗАМЕТОК