

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Б.М. Личко, І.О. Кротик, С.І. Ніколаєв, С.О. Козинець

"ОСНОВИ МОНТАЖУ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ"

Навчальний посібник

*Рекомендовано
Вченою радою НУК ім. адмірала Макарова*

Миколаїв, 2020

УДК 629.5.4(076)

К 83

Автори:

Б.М. Личко, доцент, канд. техн. наук;

І.О. Кротик, ст. викладач, доцент НУК, канд. техн. наук ММАС;

С.І. Ніколаєв, зав. лаб. кафедри ЕСУЕ та ТЕ;

С.О. Козинець, кафедри ЕСУЕ та ТЕ.

Рецензенти:

С.І. Сербін, д-р техн. наук, професор, Директор МННІ Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова;

С.П. Коваль, Головний конструктор з механічної спеціалізації ПАТ "Чорноморсуднопроект".

Рекомендовано Методичною радою НУК

Личко Б.М., Кротик І.О., Ніколаєв С.І., Козинець С.О.

К 83

Личко Б.М., Кротик І.О. «Основи монтажу суднових технічних засобів»: Навчальний посібник / Б.М. Личко, І.О. Кротик, С.І. Ніколаєв, С.О. Козинець – Миколаїв: НУК, 2020. – 108 с.

Викладено технологію підготовки до монтажу СТЗ (суднових технічних засобів), основні вимоги та особливості проведення монтажних робіт в умовах судна.

Призначено для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 271 "Річковий та морський транспорт" освітньо-професійна програма підготовки "Управління судновими технічними системами і комплексами" при вивченні дисципліни "Монтаж та випробування суднових технічних засобів" і може бути корисною для інших спеціальностей, що пов'язані з даним напрямком.

© Личко Б.М., Кротик І.О., 2020

ЗМІСТ

	стор.
Передмова	5
1. Основні терміни та визначення	6
2. Шляхи вдосконалення технології монтажних робіт	9
3. Етапи монтажу	10
4. Контроль фундаментів	14
5. Завантаження механізмів	14
6. Обробка фундаменту	16
7. Підготовка базової системи механізму	19
8. Особливості монтажу механізмів	19
8.1. Монтаж головного упорного підшипника	19
8.2. Монтаж редукторів	20
8.3. Монтаж редуктора з жорстким корпусом	21
8.4. Монтаж редуктора з напівжорстким корпусом	21
8.5. Особливості монтажу редукторів за сучасною технологією	21
8.6. Монтаж нежорстких редукторів	22
9. Монтаж дизелів	24
9.1. Особливості монтажних робіт	25
9.2. Блочний монтаж великогабаритних головних дизелів	29
9.3. Особливості монтажу високообертових дизелів	30
10. Монтаж валопроводу	31
10.1. Монтаж гребного вала	33
10.2. Монтаж гребного гвинта	33
10.3. Монтаж проміжних валів з підшипниками ковзання	34
11. Монтаж головного турбозубчастого агрегату	34
11.1. Технологія монтажу	36
11.2. Особливості монтажу	37
12. Монтаж допоміжних механізмів	39
12.1. Механізація монтажних операцій	40
12.2. Монтаж парового котла	40
13. Центрування по навантаженнях	42
13.1. Особливості фіксування механізмів, що встановлюються на амортизатори	43
13.2. Визначення розмірів клина	46
13.3. Визначення зусилля затягування болтів	46
13.4. Розрахунок нерухомості кріплення механізму	48
13.5. Стопоріння сполучень механізмів	51
14. Монтаж рульових та підрулюючих пристроїв	54
14.1. Монтаж стерна	56
14.2. Монтаж поворотних насадок	58
14.3. Монтаж електрогідравлічних стернових машин	58
14.4. Монтаж підрулюючих пристроїв	59

15. Контрольно-перевірочні роботи	59
15.1. Центрування по зламах	65
15.2. Засоби кріплення механізмів	69
15.3. Технологія встановлення болтів	72
15.4. Базування механізмів	76
15.5. Точне базування на судні за фланцями валів (центрування)	78
15.6. Використання лазера для контрольно-перевірочних робіт	82
15.7. Оптично-вимірювальні системи	83
15.8. Повсякденні засоби вимірювання	88
16. Технологія монтажу трубопроводів	89
16.1. Пробивання траси трубопроводів	91
16.2. Згинання та підготовка труб	92
16.3. Складання труб	95
16.4. Монтаж трубопроводів	96
16.5. Ізоляція трубопроводів	98
16.6. Підвищення якості монтажу трубопроводів	100
16.7. Надійність трубопроводів	101
16.8. Вибір матеріалу труб	101
16.9. Покращення якості виготовлення труб	101
17. Випробування суднового енергетичного устаткування	103
17.1. Швартовні випробування	105
17.2. Ходові випробування суднових технічних засобів	106

ПЕРЕДМОВА

Сучасні, конструкції суднових дизелів та інших технічних засобів, які входять до складу суднових енергетичних установок, вимагають безупинного вдосконалення технологічних процесів їх монтажу і випробувань, які повинні відповідати постійно зростаючим вимогам до точності, продуктивності, ремонтпридатності та рівню механізації і автоматизації, а також довговічності судна і безпеки його експлуатації.

Так складна конструкція, як дизель містить декілька тисяч деталей. Поряд з деталями вагою в декілька тон і навіть декілька десятків тон, таких, як рами, циліндрові блоки, колінчасті вали малообертових двигунів, до його складу входять, наприклад, дрібні прецизійні (високоточні) деталі паливної апаратури.

Конструкції двигунів постійно удосконалюються, підвищується їх потужність, економічність, надійність, рівень механізації, автоматизації та моторесурс. Вирішення перелічених задач неможливе без розвитку технології, нових технологічних процесів, що відповідають підвищеним вимогам якості і надійності.

Дизелі, що використовуються на транспортних суднах, характеризуються різноманітністю типів, потужностей, габаритів та маси. Вони застосовуються як головні, так і допоміжні (дизель-генератори, дизель-компресори, тощо). Крім тронкових двигунів, які виробляються з різним розташуванням циліндрів – однорядним, дворядним, v-подібним, зірчастим, тощо, використовуються малообертові крейцкопфні двигуни великої потужності.

Поряд з цим, різноманітні нагнітачі повітря (газотурбінні, роторні і поршневі) стали обов'язковими елементами двигунів, а технологія їх виготовлення тісно пов'язана з технологією ремонту та відновленням втраченої працездатності.

1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Задача технології як науки є виявлення закономірностей, що дозволяють використовувати на практиці найбільш ефективні та економічні виробничі процеси, які вимагають найменших затрат часу та матеріальних ресурсів на виготовлення, ремонт і монтаж деталей, вузлів, механізмів суднових машин.

Раціональна технологія монтажу і ремонту суднового механічного обладнання передбачає рішення цілого комплексу питань, зокрема: створення технологічних конструкцій, з'єднання механізмів та пристроїв з фундаментами; розробку прогресивної технології безпосереднього монтажу; впровадження ефективних засобів виконання та контролю основних і допоміжних операцій механічно-монтажних і ремонтних робіт. Згідно з сучасними технологіями, намагаються перенести відповідальні монтажні роботи з судна в цех, застосовуючи, так звані, модулювання і агрегування механізмів. До опорних частин механічного обладнання і фундаментів ставлять вимоги максимальної жорсткості при мінімальних лінійних розмірах. Болти, компенсуючі ланки, контрольні бази, вибираються згідно з особливими вимогами вказаними в технічних умовах механізму.

Компенсуючі ланки (клини), як правило, завжди завищують як по розмірах, так і по кількості (де це можливо). Тому, якщо врахувати масовість застосування клинів та інших вирівнюючих пристроїв, ясно, що трудомісткість їх установа не виправдано зростає. Розрахунки елементів з'єднання механізмів з фундаментами, засновані на останніх досягненнях науки, практично відсутні. Результат завищення не тільки кількості, але й розмірів, йде у пряму суперечність з прагненням, щодо поліпшення ефективності виробництва. Через відсутність необхідних досліджень технічні вимоги до монтажу суднового обладнання засновані на практичному досвіді, даних і рекомендаціях, не маючих суворого науково-технічного обґрунтування.

Складність монтажу, незручність, важка доступність, являються основними затратними елементами робочого часу при виконанні технологічних операцій побудови та ремонту суден.

У цих обставинах механо-складальні (монтажні) роботи відносять до категорії важких та особливо важких.

Технологія монтажу – це установлення усередині судна та на його палубах головних (працюючих на гвинт дизелів, турбін (парових або газових), атомних реакторів та допоміжних механізмів.

Допоміжні механізми це – дизель -генератори (ДГ), насоси (паливні, водяні, мастильні), компресори, сепаратори, теплообмінники.

Палубні механізми: лебідки, стернова машина, шпиль, брашпиль.

Суднові валопроводи: з головними упорними і допоміжними опорними підшипниками, дейдвудними пристроями та гребними гвинтами.

Трубопроводи – з'єднують усі механізми між собою, створюють їх взаємодію та нормативне функціонування за призначенням. Монтаж цього обладнання, його зв'язок та центрування, складає понад 50% від трудомісткості спорудження судна. Корпусостпельні – 17%, добудівні – 16%. Від засобу виконання монтажних робіт залежить швидкість побудови судна за принципом– швидко, якісно і дешево.

Приклад ремонту суден на СРЗ «ЮСК» м. Миколаїв за відпрацьованою власною технологією, свідчить про ефективність ремонтно-відновлювальних робіт при низьких затратних показниках. В СРСР було біля 7,5 тис. суден валовою місткістю 23 млн. реєстрових т. У світі – 75 тис. суден валовою місткістю 450 млн. реєстрових т. і, всі вони через встановлений термін проходили і проходять технічне обслуговування і ремонт (ТО і Р). Стає зрозумілим, що застосування ефективних, випробуваних часом технологій, це скорочення простою суден в ремонті і, як наслідок, – прибуток зацікавлених сторін.

Всі існуючі вузли з'єднання механізмів з фундаментами можуть бути зведені до п'яти основних типів монтажу (рис. 1):

- а) безпосередній монтаж, рис. 1 а;
- б) з металевим клином, рис. 1 б;

- в) за допомогою амортизатора, рис. 1 в;
- г) з полімерним наповнювачем, рис. 1 г;
- д) з полімерним підшаром, рис. 1 д.

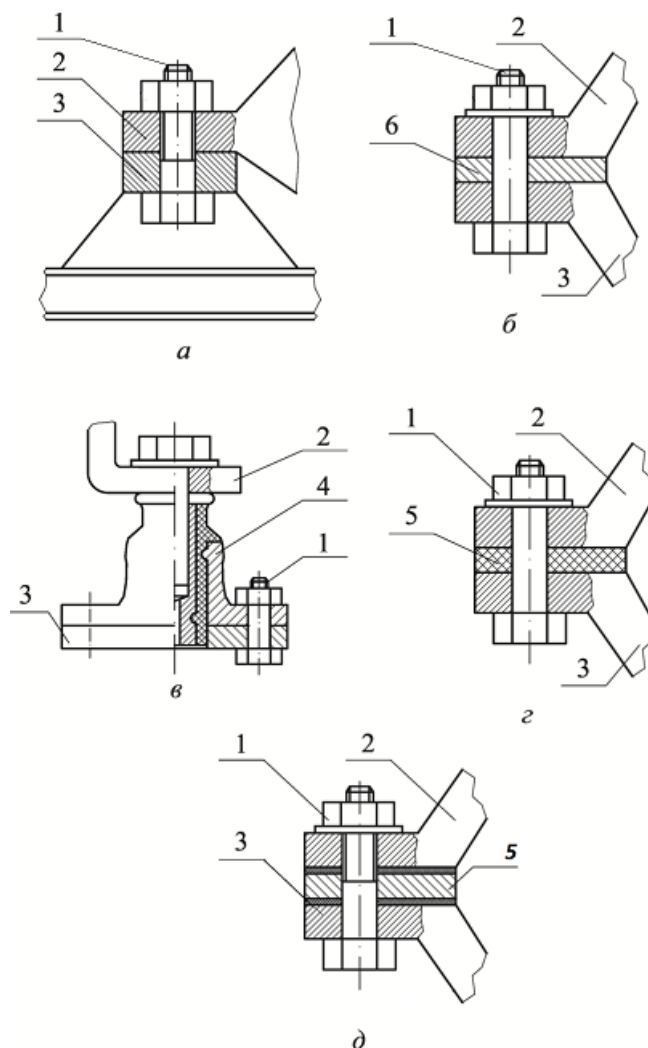


Рис. 1. Приклади з'єднання механізмів з фундаментом

- а* – з'єднання механічного обладнання безпосередньо з фундаментом;
- б* – з'єднання з допомогою компенсуючих ланок що вирівнюють;
- в* – з'єднання за допомогою амортизуючого пристрою;
- г* – з'єднання шляхом компенсації неточності сполучення підкладками з полімерних матеріалів;
- д* – з'єднання шляхом компенсації неточностей сполучення прошарком композитних матеріалів рис. 2.

1–болт, 2–механізм, 3–фундамент, 4–амортизатор, 5–клин з полімеру,
6–прокладка з'єднання з допомогою компенсуючих ланок, які підганяються по
місцю;

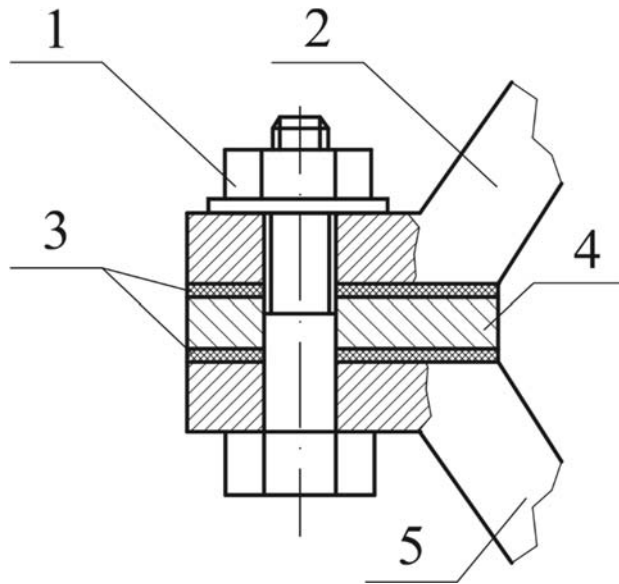


Рис. 2. Монтаж суднового механізму за допомогою "контакта Петрова"
 1 – болт, 2 – механізм, 3 – полімерний матеріал, 4 – підкладка, 5 – фундамент

2. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖНИХ РОБІТ

Сучасні шляхи вдосконалення технології монтажних робіт полягають в наступному:

1. Максимально можливе перенесення монтажних робіт з судна в цех— основний технологічний закон монтажного виробництва.
2. Паралельність виконання монтажних та складальних робіт.
3. Паралельність виконання самих монтажних робіт.
4. Агрегатування механізмів.
5. Виключення розконсервації механізму.
6. Сполучене проведення випробувань механізму без виходу судна у море.
7. Можливість застосування засобів механізації і роботизації.

Для перенесення в цех максимальної кількості робіт застосовують агрегатування механізмів: функціональне агрегатування (коли на одну раму ставлять обладнання, виконуюче одну функцію), або зональне агрегатування – механізми, які знаходяться в одній зоні ставлять на одну раму. Для зонального бажано застосовувати макетування, тому що воно виправдане для серійного виробництва, коли серійність відсутня, використовують індивідуальне базування відносно інших механізмів судна.

Монтаж головних механізмів можна проводити у цехах-модулях. При цьому змонтоване обладнання і механізми не повинні втрачати центрування, а це забезпечується за рахунок точного виготовлення модулів та введенням випереджень у положенні корпусу, тобто днищеві перекриття модулів перед стикуванням штучно згинаються, випереджуючи величину майбутньої деформації. Вигин здійснюється візками, обладнаними гідравлічними домкратами. Вказані деформації заздалегідь обчислюються на ЕОМ, а по одержаним даним деформують корпус судна, модуля. Для паралельного виконання самих монтажних робіт, треба спочатку змонтувати середній механізм (базовий підшипник), а від нього провести паралельний монтаж в ніс та в корму. Змонтовані механізми консервують. Для консервації застосовують інгібіторні мастила, що не потребують розконсервування механізму як при використанні мастил нафтогаз 203, К-17, як це було раніше. В мастило додають інгібітор, який через встановлений час руйнує каркас мастила, відокремлюючи його від захищеної поверхні.

Прогресивність цього метода консервації в тому, що виключаються мийні роботи, які пов'язані із забрудненням навколишнього середовища, а застосування полімерних матеріалів в якості компенсуючих ланок дає можливість виключити механічну обробку і підгонку контактних поверхонь, які готуються до монтажу.

3. ЕТАПИ МОНТАЖУ

Монтажні роботи проводяться у строго установленій послідовності, що носить назву технологічний процес монтажу. В свою чергу, процес монтажу ділиться на операції, в описовій частині яких, пояснюється короткий їх зміст, та інструмент і пристосування, що використовуються, а саме:

1. Підготовка судових фундаментів.
2. Підготовка механізму до завантаження,
3. Завантаження механізму.
4. Базування (грубе, точне (центрування)).
5. Фіксування (установка клинів).
6. Кріплення (з допомогою болтів ,або шпильок).

7. Приєднання трубопроводів.

8. Випробування.

В кожній операції надаються відомості про кваліфікацію виконавців роботи та кількісний їх склад. Окремо, вказується основний технологічний час, що витрачається на виконання робіт, який визначається за довідниками, або методом хронометражу. Можуть бути вказані особливі вимоги щодо виконання окремих оперативних дій персоналу. Весь технологічний процес поділяється на укрупнені розділи, що носять назву –етапи:

- підготовка фундаменту;
- завантаження механізму;
- центрування;
- кріплення;
- випробування механізму.

Підготовка суднових фундаментів – операція, що здійснюється за новою технологією в цеху, за виключенням фундаментів, які потребують обробки в одній площині на судні, що сьогодні практично не застосовується.

Мета:

- забезпечити необхідну шорсткість контактних поверхонь $Rz \leq 20\text{мкм}$;
- забезпечити необхідну площинність поверхні, на яку буде спиратись прокладка, площинність якої $\leq 0,05\text{мм}$;
- при обробці забезпечується нахил опорних поверхонь фундаменту в зовнішню сторону (розвал) 1: 200 для можливості установа прокладок поміж фундаментом та механізмом з зовнішньої сторони. (Тільки при установці металевих клинів). У цеху така робота виконується на стаціонарних верстатах на столі яких поміститься фундамент механізму (Рис. 3, а,б).

Фундамент повинен забезпечувати певну позицію механізму всередині судна, тобто він в деякій мірі визначає грубе базування в межах декількох міліметрів, (а саме, нижче теоретичної осі на 15...60 мм). Фундамент повинен забезпечувати незмінну позицію протягом всього терміну експлуатації судна, мати

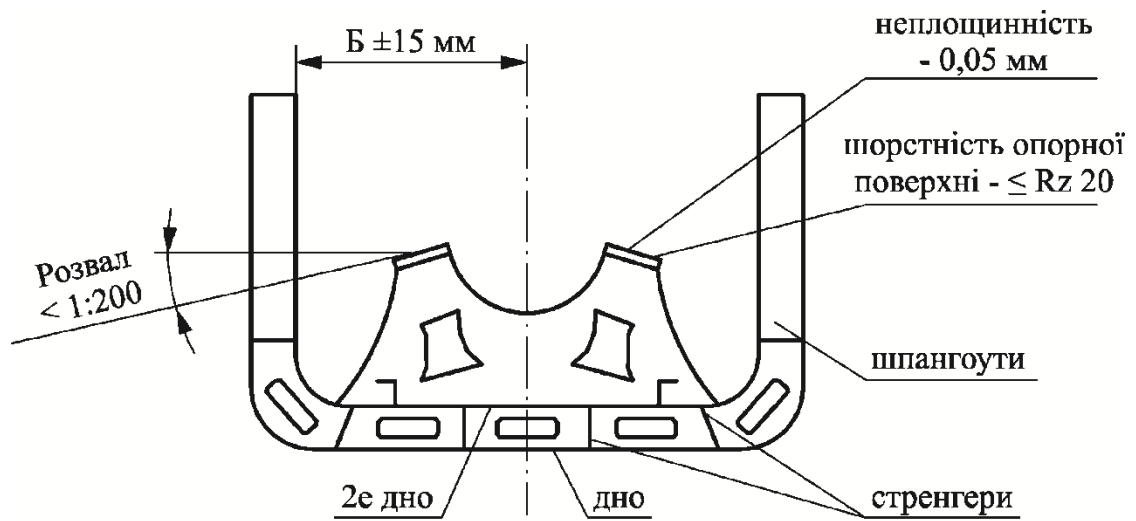
необхідну жорсткість, для цього він кріпиться до набору корпусу та його жорстким зв'язкам. Зрозуміло, що не останню роль в цьому відіграє і сама конструкція фундаменту. Для контролю жорсткості виникає нова умова – випробування фундаменту на жорсткість. Тобто після його приварки - останній навантажують вагою механізму, який буде тут стояти і перевіряють деформацію, що не повинна перевищувати 0,13 мм.

Після випробування на жорсткість фундаменту необхідно перевірити його на збереження площинності опірних поверхонь, де будуть встановлені прокладки. Перевірка здійснюється плитою або лінійкою та щупами, або по фарбі (Берлінська глазур). Якщо є необхідність, то здійснюється обробка поверхні з допомогою ручних пневматичних шліфувальних засобів.

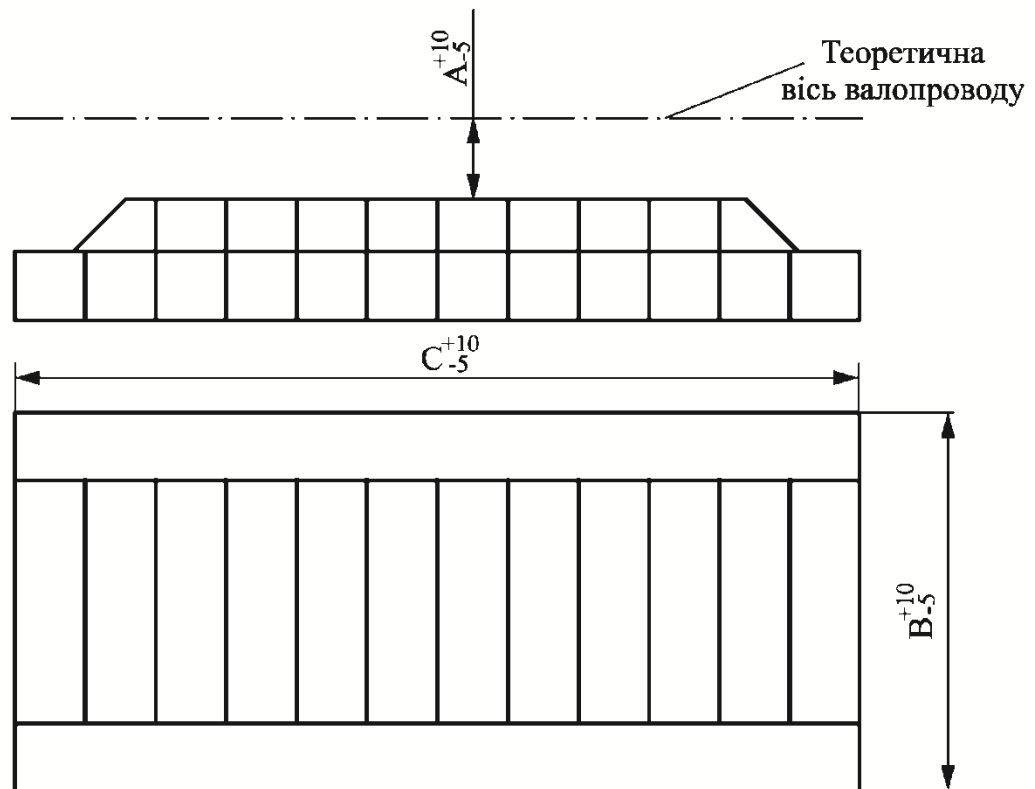
Окрім фундаментів оброблюються посадочні місця (поверхні) для дейдвудної та гелмпортної труб і підшипників валопровода, баллера, пера руля. З метою забезпечення співвісності цих місць та витримки необхідної допустимої величини відхилень, виду з'єднання, застосовують механічну обробку. Розточка виконується переносними розточувальними верстатами ЛЕР 377, ЛЕР 203, що дозволяють обробляти отвори до діаметра 1350 мм.

За сучасною технологією ці операції виконуються в модулях корпусів суден (у цехах).

Весь технологічний процес, виконується під контролем відповідних провідних спеціалістів монтажного цеху по завідуванню, при будівництві судна, а при ремонті до них приєднуються представники судновласника та старший механік судна які контролюють виконання вимог ремонтної відомості.



a



б

Рис. 3. Вимоги до фундаменту (допуски).

4. КОНТРОЛЬ ФУНДАМЕНТІВ

Координати фундаментів завдають відстанями L , B , H від опорної поверхні та осьових рисок до основних площин або конструкцій судна (переборок, шпангоутів), прийнятих за базу відліку. Положення фундаменту під головний двигун перевіряють також відносно осі валопроводу (відстань H_0) матеріалізованою струною, яку натягують поміж плазовими мітками A , та B , що нанесені на переборках машинного відділення. Відстань H по висоті від основної площини (ОП) до опорної поверхні фундаменту може змінюватись в залежності від товщини компенсуючої ланки. Так при установленні на амортизатори дозволяється найбільше відхилення, що дорівнює $\Delta H = \pm 10$ мм. При інших конструкціях компенсуючих ланок допуск має бути $\pm 2 \geq \Delta H \geq -6$ мм.

Установка фундаментів під механізми, що мають кріплення у двох площинах, виконують, дотримуючи більш сувору координацію опорних поверхонь одного фундаменту відносно другого.

5. ЗАВАНТАЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ

Допоміжні механізми вантажать у агрегатованому вигляді в модуль судна.

Головні механізми можна вантажити в модуль тільки після закінчення випробування деформуванням корпусу судна, і при цьому монтувати механізми у ранні строки складання, не зволікаючи.

Перед завантаженням необхідно зняти деталі та вузли, які можуть бути пошкоджені при завантаженні, промаркувати їх, а отвори закрити корками та фанерними заглушками надійно і якісно.

Стропувати необхідно у суворій відповідності до рекомендацій і вказівок заводів-виготівників. При цьому мають бути повністю виключені обрив механізму та його деформація, забезпечена вантажепід'ємність кранів. При необхідності, використовується 1...3 крани. Для виключення деформацій механізмів, застосовують різноманітні методи стропування, в тому числі стропа звичайні, рушники, траверси, а для забезпечення рівномірності навантажень на окремі частини механізму використовують талрепи і талі (див. Рис. 4).

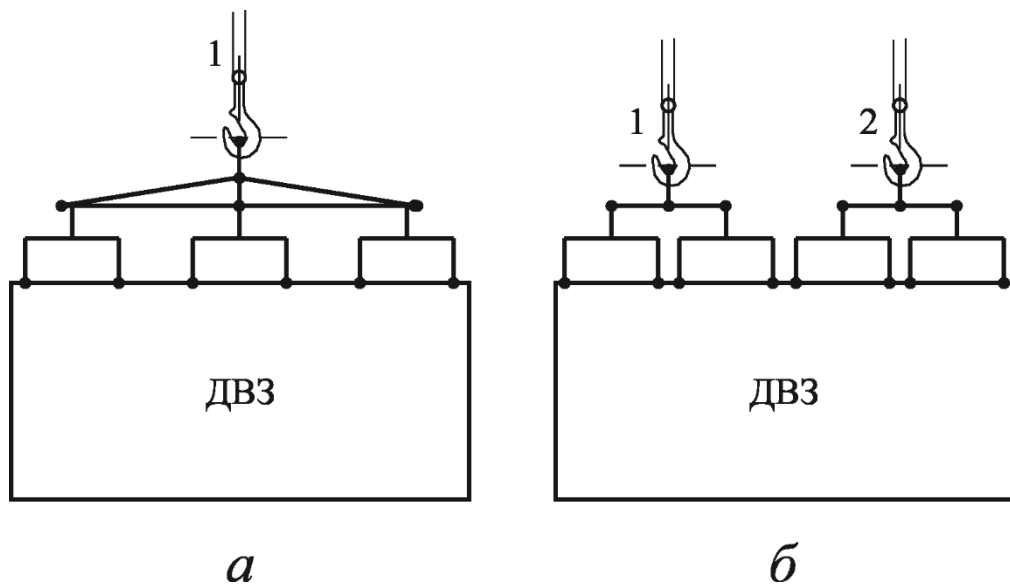


Рис. 4. Приклади стропування важких механізмів.

Недолік: у переміщенні механізмів застосовуються додаткові засоби, то зростає вага переміщуваного вантажу, іноді до 30 %, тому до основної маси додається вага траверси, талрепів, стропів та інших пристосувань, що необхідно враховувати для визначення вантажопід'ємності кранів. Таким чином механізм вантажиться на судновий фундамент, для виключення пошкодження якого останній покривається дерев'яними брусами однакової товщини з твердого дерева; дуб, бук, осика. Після установлення і базування механізму, знімаються строповочні засоби.

Технологічний процес на монтаж обладнання включає вісім основних етапів:

- 1) підготовка монтажних баз;
- 2) підготовка механізму до завантаження;
- 3) транспортування і вантаження механізму;
- 4) базування механізмів на судні, центрування;
- 5) установлення компенсуючих ланок на судові фундаменти;
- 6) кріплення обладнання на фундаменті;
- 7) установка демонтованих деталей та вузлів;
- 8) контроль якості монтажу.

Окремі етапи складаються з декількох операцій, наприклад, кріплення механізму включає розмітку і свердлення отворів у фундаменті, їх розгортання,

підрізання полиць фундаменту та затягування болтів. *Підготовка загальної бази передбачає можливі трудоємні переробки фундаментів, необхідність в яких виявляється після завантаження та початку центровки механізму на судні.*

Підготовка загальної бази складається з нанесення плазових відміток на корпусні конструкції, перевірки наявності осьових рисок на фундаменті, контролю правильності його установки на судні та обробки опорних поверхонь. Фундаменти виготовляють в межах допусків і встановлюють з дозволеним зміщенням і непаралельністю відносно базових площин судна і осі валопроводу. Перед завантаженням обладнання фундаменти ґрунтують, фарбують та здають на конструкцію відділу технічного контролю, Регістру і замовнику.

Похибка виготовлення фундаменту та установа на ньому механізмів, роблять положення фундаменту на судні нестабільним. Ці неточності переносяться на обладнання, що монтується, тому допускаються лише в заданих за технічними вимогами величинах.

6. ОБРОБКА ФУНДАМЕНТУ

Опорну поверхню обробляють для забезпечення якісного сполучення підкладок з фундаментом. Зменшення площі обробки фундаменту досягається приварюванням окремих планок до його полиць (Рис. 5). Обробка усіх планок в одну площину не вимагається, але має бути забезпечена площинність кожної з них, та шорсткість не більше Rz 80. Проте, це застаріла технологія і сьогодні, практично, не застосовується за винятком судноремонтних робіт. Фундаменти обробляють переносними фрезерними верстатами та пневматичними шліфмашинами вручну. При використанні неметалевих прокладок полиці не мають приварних планок, їх тільки зачищають від окалини та іржі.

Відхилення в розташуванні фундаменту по висоті відносно осі валопроводу компенсують підкладками, в залежності від конструкції котрих ставлять різні вимоги до якості поверхонь фундаментів, що обробляються. Площинність опорної поверхні планок перевіряють лекальною лінійкою та щупом. Пластина 0,10 мм не повинна проходити поміж лекальною лінійкою та контрольною поверхнею, за

виключенням окремих ділянок довжиною до 30 мм. Ухил полиць фундаменту, який має знаходитись в межах 1/50...1/200, виконують в зовнішню сторону для зручності і можливості установлення підкладок, якщо використовуються металеві клини при монтажі і centruванні механізму.

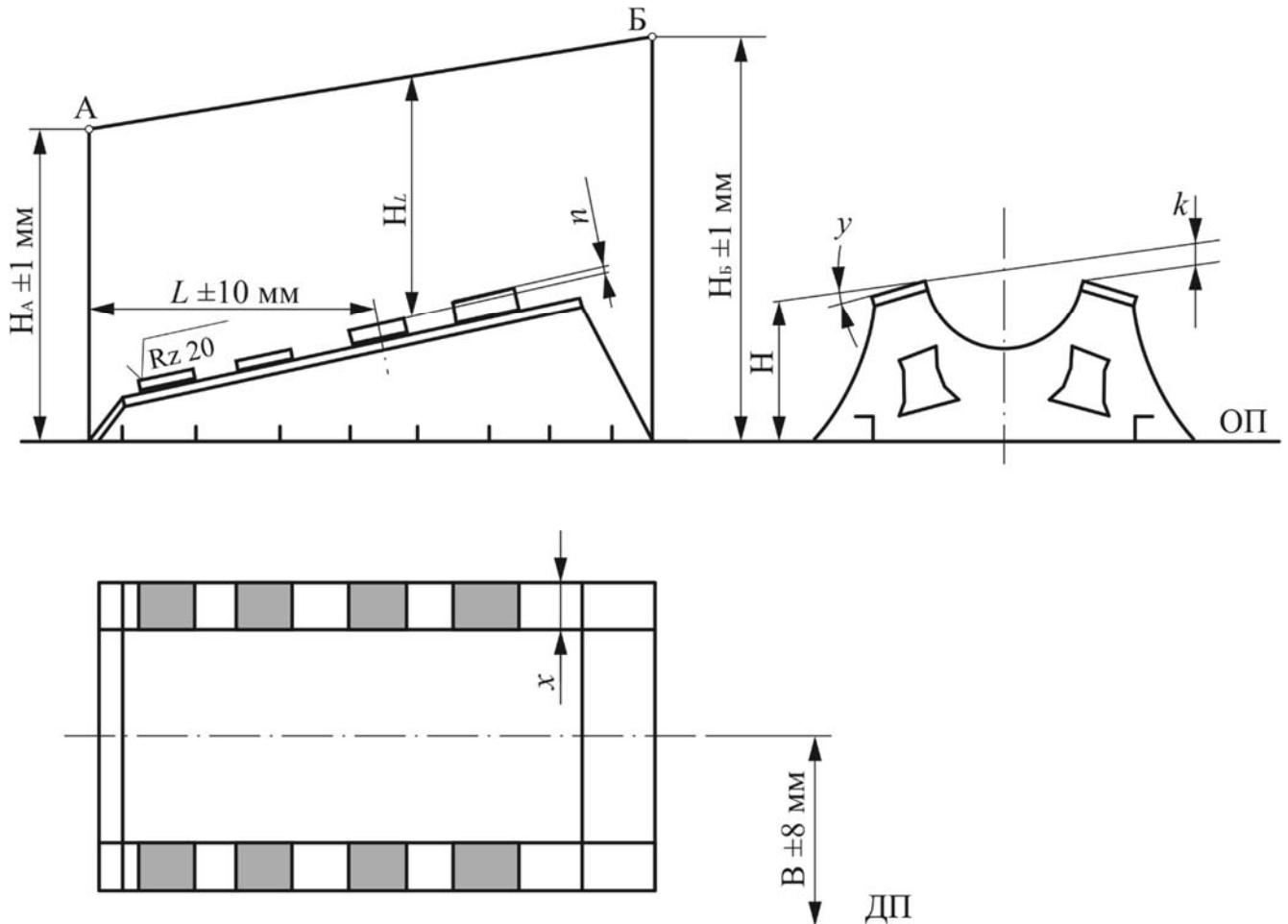


Рис. 5. Установка фундаменту під головний двигун.

Величина ухилу

$$i = \frac{y}{x}, \quad (1)$$

де: y – відхилення опірної поверхні від горизонтального положення, мм;

x – ширина полиці, м.

Ухил полиці зручно визначати з допомогою мікрометричного рівня з ціною поділки 0,01 мм. Обертаючи барабан мікрометричного приладу, вимірну трубку рівня, приводять в горизонтальне положення. Ухил планок вимірюють по шкалі відлікового пристрою (Рис. 6). Сходінки полиць визначають як величину

зміщення у вертикальній площині однієї полиці відносно другої $TD=K \leq 5 \text{ мм}$. Її перевіряють лінійкою 5 з рівнем 4, яку накладають впоперек фундаменту на дві протилежні полиці 6. Ухил лінійки визначають мікрометричним рівнем з перерахунком за формулою:

$$K = C \times L, \quad (2)$$

де: C – показання рівня, мм / м;

L – відстань між полицями фундаменту, м.

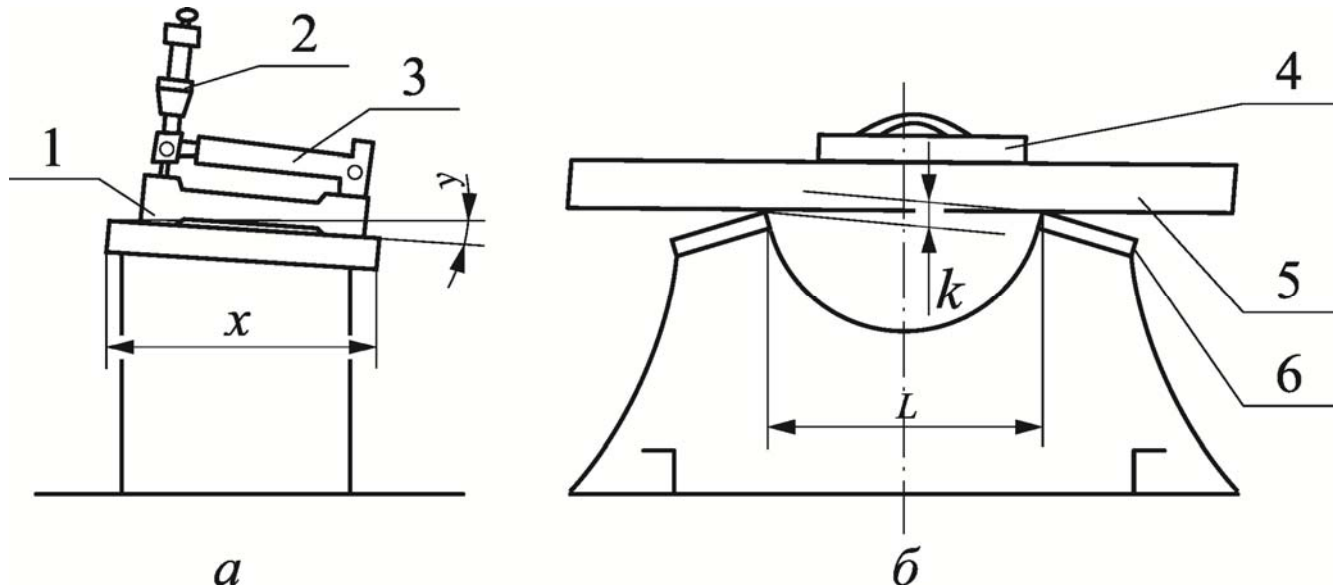


Рис. 6. Контроль якості підготовки фундаменту:
а) кут нахилу полиць; б) сходинок полиць фундаменту.

Ухил полиць у повздовжньому напрямі має дорівнювати ухилу валопроводу, відхилення від котрого $m \leq 5 \text{ мм}$. Ухил фундаменту перевіряють рівнем та лінійкою, яку накладають уздовж кожної полиці, паралельно з її опорною поверхнею. Одночасно визначають сходинок кожної полиці у повздовжньому напрямі. Для цієї мети поміж лінійкою та полицями заміряють зазори, які мають бути $n \leq 3 \text{ мм}$.

Площинність фундаментів великих розмірів (наприклад, під редуктори ГТЗА) та головні упорні підшипники перевіряють з допомогою спеціальної оснастки, яку обирають в залежності від допуску і розміру поверхні. Складність полягає в тому, що задані відхилення від площинності суворі і не повинні перевищувати $0,05 \text{ мм}$ на 1 м довжини поверхні. Для контролю площинності у

суднових умовах знайшли застосування перевірочні лінійки з рівнями, гідростатичні системи та оптичні прилади.

7. ПІДГОТОВКА БАЗОВОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЗМУ

Ця операція не викликає ускладнень і полягає у перевірці наявності осьових рисок на механізмах, розконсервації та контролі відсутності механічних ушкоджень опорних поверхонь, які сполучуються з фундаментом.

Поверхні лап механізмів та фундаментних рам повинні знаходитись в одній площині і оброблятись не грубіше Rz80. Місця прилягання гайок, шайб, голівок болтів підрізають з додержанням перпендикулярності до осі отвору. Порушення цієї умови приводить до передчасного послаблення з'єднання, а в окремих випадках до обриву болтів.

8. ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ МЕХАНІЗМІВ

Допоміжні механізми (не центруємі), монтуються у цеху в модулі судна. Після установки модуля на будівне місце на стапелі, на ньому монтуються головний механізм. При цьому на стапель подається модуль машинного відділення, як найбільш насичений, у ньому можна робити монтаж головних механізмів та паралельно з ними монтувати корпус судна. У модулі починаємо монтаж з базового механізму (наприклад, з ГУПа, або редуктора) і від нього паралельний монтаж в корму та в ніс (заздалегідь треба створити упереджувальні навантаження на корпус судна на розрахункову величину).

8.1. Монтаж головного упорного підшипника (ГУПа).

ГУП буває одно- та двогребінчатий. Він може розміщуватись окремо, або вмонтований в редуктор (див. рис. 7). Для нормального функціонування ГУПа необхідно забезпечити його рівномірне прилягання його шипів до усіх підшипникових поверхонь. ГУП центрується (див. центрування), потім фіксується та кріпиться, при цьому необхідно запобігти зсув ГУПа відносно фундаменту від надто великого упорного тиску гвинта. Для цього нарівні з каліброваними болтами

використовують упори, що приварюють до фундаменту, а регулювальними болтами вибирають можливі зазори. Така конструкція робить надійним монтаж, створюючи відповідний запас нерухомості ГУПа.

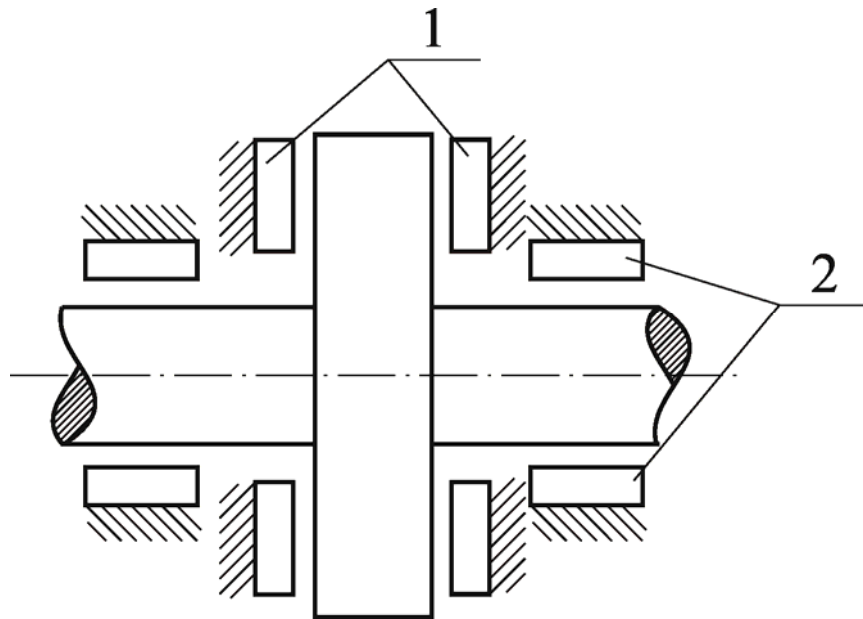


Рис. 7. Принципова схема одногребінчастого ГУПа
1-упорні підшипники, 2-опорні підшипники

Після приєднання до ГУПа валопроводу та редуктора необхідно запобігти відрив вала ГУПа від опорних поверхонь підшипників. Контроль здійснюється з допомогою індикатора годинникового типу та динамометрів.

При centruванні ГУПа по навантаженнях, останні прикладають не до корпусу підшипника, а до носового та кормового фланця, а корпус ГУПа потім підводиться до вала, до повного прилягання поверхонь тертя шипових підшипників. При цьому враховується осьовий розбіг шипового вала для ходу «вперед» та «назад» із забезпеченням масляного зазору (клина) в торцевих поверхнях шипа.

8.2. Монтаж редукторів.

Суднові редуктори – механізми для зниження обертів гребного вала та підвищення обертового моменту гребного гвинта.

З точки зору монтажу, редуктор – механізм з жорстким, з напівжорстким і з нежорстким корпусом. Базою для контролю відсутності деформації корпусу

редуктора є його опорна поверхня. Критерієм якості монтажу є вірність зачеплення зубчатих коліс, яке перевіряється під час монтажу з допомогою тонкого свинцевого дроту (вижимки), а більш точно – «на фарбу».

8.3. Монтаж редуктора з жорстким корпусом.

Жорсткі редуктори – це маленькі редуктори, які можна переміщати при центруванні з допомогою віджимних болтів та упорів з застереженням деформувати їх корпус, що практично, неможливо.

8.4. Монтаж редуктора з напівжорстким корпусом.

Ці редуктори середніх розмірів до 10 т вагою, для середньообертових дизелів. Такий редуктор під час монтажу на віджимних болтах може прогнутись з порушенням зубчатого зачеплення. При виконанні монтажних робіт слід дотримуватись вимог, передбачених технологічним процесом та технічними вимогами щодо монтажу цього механізму.

8.5. Особливості монтажу редукторів за сучасною технологією.

На машинобудівному заводі, що виготовляє редуктори, на спеціальному стенді піднімають над опорною поверхнею зібраний редуктор на однакову величину по всій контактній поверхні з допомогою динамометрів, як на віджимних болтах. При цьому записують у формуляр показання кожного із динамометрів, контролюючи якість зубчастого зачеплення. Зрозуміло, що на судні картина повторюється з допомогою таких же динамометрів та навантажень, які записані у формулярі, але встановлюється редуктор на фундамент судна (Рис. 8).

Практично неможливо забезпечити під час монтажу редуктора одночасне одержання навантажень при центруванні його до ГУПа.

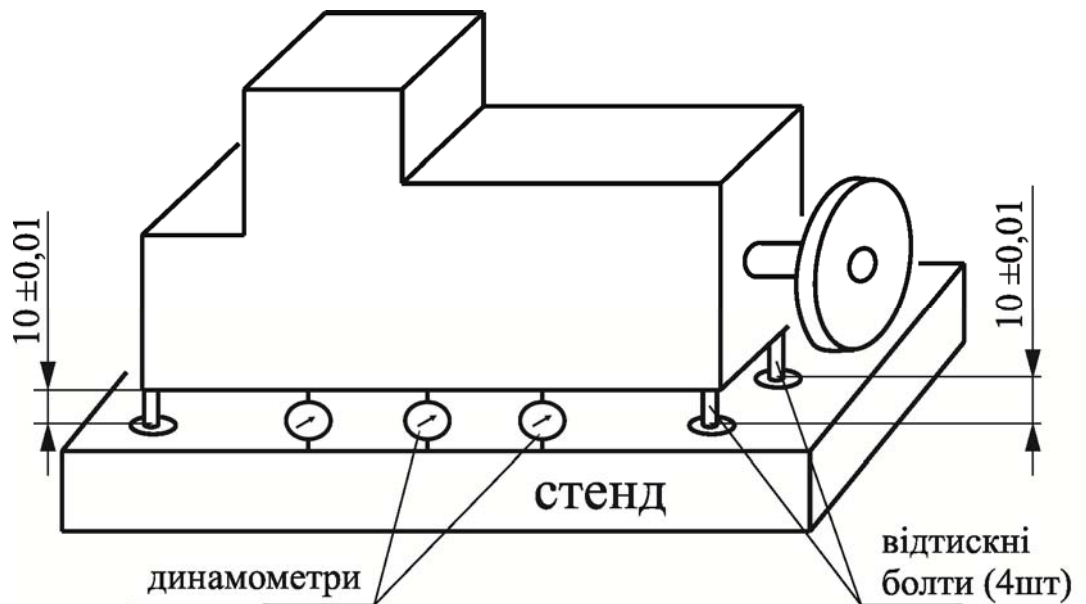


Рис. 8. Монтаж редуктора на випробувальному стенді

На судні центрування редуктора здійснюється чотирма віджимними болтами, а потім динамометрами переборюємо угин з отриманням стендового навантаження. Замість віджимних болтів застосовують три домкрати, котрі ставлять на фундаменті під редуктор і динамометрами підіймаємо краї до отримання стендових (формулярних) навантажень. Далі цю операцію повторюємо, якщо в процесі випробувань виявиться, що пляма контакту зубчастого зачеплення редуктора не відповідає технічним вимогам. Так, іноді буває, коли центрування проведено на судні, що знаходилось на стапелі, а потім спустили на воду.

8.6. Монтаж нежорстких редукторів.

Ці редуктори не можна центрувати ні домкратами, ні динамометрами, не порушивши зачіплення зубчатих коліс. Для таких редукторів фундамент обробляється на судні переносними фрезерувальними верстатами у одну площину з точністю 0,3 мм, щоб фундамент імітував заводський стенд. Далі у місцях майбутніх клинів на фундамент встановлюють мірні прокладки, однакові по висоті. Мірні прокладки для того, щоб зменшити розцентрування, а його величину, що залишиться, поміряти індикатором годинникового типу, що вмонтовується. Здійснюємо центрування у горизонтальній площині по зламу та зміщенню

$\pm 0,1\text{мм/м}$ (Рис. 9). У вертикальній площині висоту кожного майбутнього клина визначаємо розрахунком по заміряному розцентруванню.

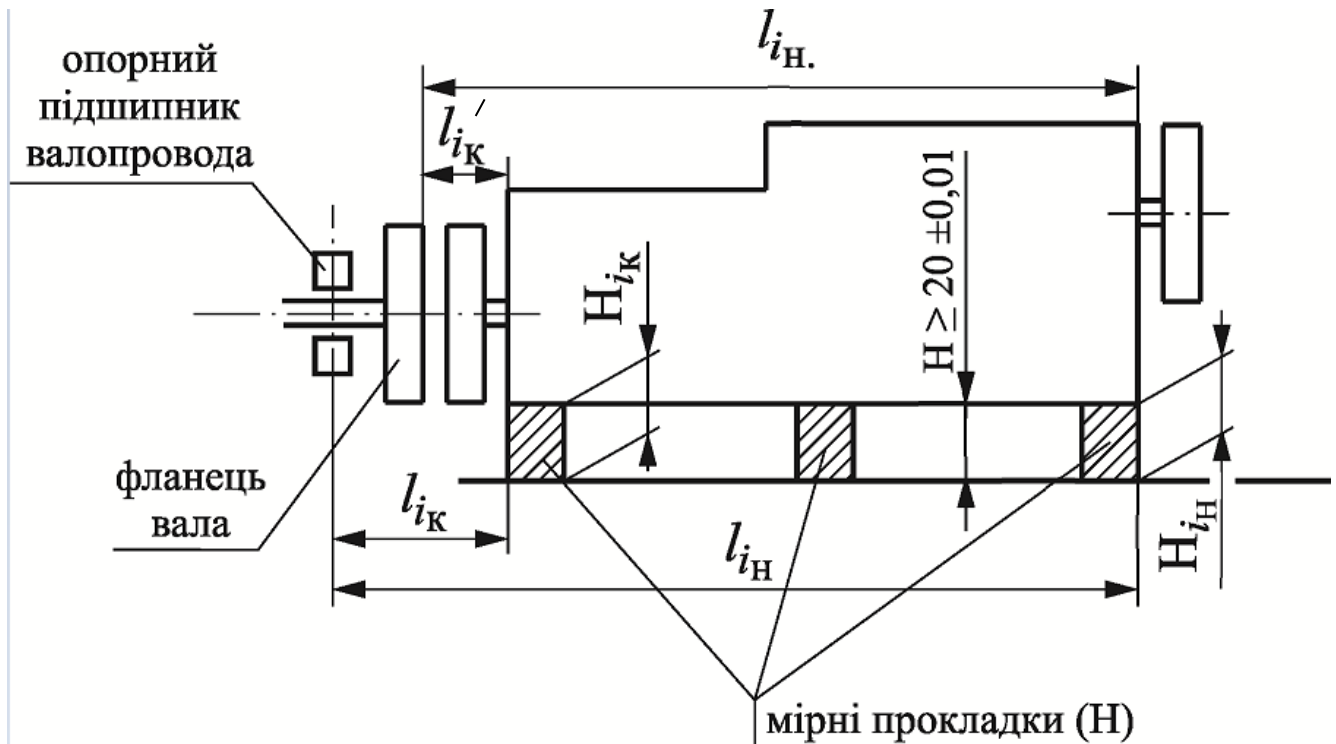


Рис. 9. До розрахунку мірних підкладок

$$H_{i_{\text{корми}}} = H \pm \Delta \pm \psi \cdot l_{i_{\text{корми}}} \quad (3)$$

$$H_{i_{\text{ніс}}} = H \pm \Delta \pm \psi \cdot l_{i_{\text{ніс}}} + \text{усадка} \quad (4)$$

де: ψ – величина зламу, мм ; Δ – величина зміщення, мм/ м; $H_{i_{\text{корми}}}$ – висота i -го клина корми; $H_{i_{\text{ніс}}}$ – висота i -го клина носу; $H = 50 \pm 0,01$ – мірна прокладка; $l_{i_{\text{корми}}}$ – усадка корми; $l_{i_{\text{ніс}}}$ – усадка носа .

За цими розрахунками виготовляють клини, підіймають редуктор і точно у ті ж місця, де стояли мірні прокладки, встановлюємо клини , на які потім опускаємо редуктор, при цьому його центрують у горизонтальній площині, а у вертикальній, центрування забезпечується автоматично. Після цього перевіряємо зачіплення у зубцях редуктора, свердлимо отвори в фундаменті і кріпимо редуктор. Якщо механізм ставимо на амортизатори, тоді до розрахованої величини висоти клина додається величина усадки амортизатора. (Проте, на амортизатори, встановлюють, переважно, тільки не центруємі механізми такі як ДГ, АДГ, а редуктори, практично, не встановлюють)

За новою технологією монтаж починається з базового механізму, а центрування валопроводу здійснюється по навантаженню (див. центрування по навантаженням).

Після установки гребного вала, здійснюємо центрування за навантаженням інших валів. Далі усі вали з'єднуються поміж собою (спаровуються по технологічних відмітках з рознесенням мас дисбалансу) остаточно без перевірки зламів та зміщень), центрування здійснюється лише перед установленням з'єднувальних болтів у фланцях.

У лапи опорних підшипників встановлюються динамометри і навантажуються розрахованим навантаженням, що дозволяє забезпечити рівномірне навантаження на підшипник вала. Після цього здійснюємо остаточне фіксування та кріплення.

9. МОНТАЖ ДИЗЕЛІВ

Конструктивні особливості, що впливають на монтаж головних двигунів вказуються у технічних вимогах, що супроводжують механізм.

Наприклад, двигун корпорації MAN B&W марки L60ME – це двотактний, крейцкопфний, реверсивний двигун, з турбонаддувом, який має наступні характеристики:

- кількість циліндрів: 5, 6, 7, 8 (рядного розташування);
- діаметр циліндра: 700 мм;
- хід поршня: 2360 мм;
- співвідношення хід поршня/діаметр: 3,37;
- робочий об'єм: 908,2 л. на циліндр;
- циліндрова потужність: 2200...3270 кВт;
- середній ефективний тиск: 16,0...22,0 бар;
- максимальний тиск циклу: 161 бар;
- температура відхідних газів перед турбіною: 420 °C;
- тиск надувного повітря: 3,76 бар;
- частота обертання колінчастого валу: 97...108 хв⁻¹;

- середня швидкість поршня: 7,63...8,50 м/с;
- питома витрата палива: 163...172 г/(кВт·год.).

Дизель – це найбільш поширені на морських судах як головні двигуни: 98% усіх суден у світі – дизельні (з них на 75% – встановлені малообертові, а на 25% – середньообертові двигуни).

Переваги: відносно дешеве пальне – мазут, великий ресурс до капітального ремонту (100 тис. год), тобто приблизно 20 років роботи дизеля. Постачають їх ліцензіати корпорації MAN B&W, які мають понад 200 світових представництв.

Недоліки: великі габарити і маса, що впливають на умови монтажу від 100 т до 1,5 тис. т, а в перспективі і більше.

Незважаючи на великі габаритні розміри їх збирають на спеціальному майданчику та вантажать на судно за допомогою вантажопід'ємних засобів, що здатні здійснити цю операцію.

9.1. Особливості монтажних робіт

Центрування дизеля за теоретичною віссю валопровода виконують по двом зафіксованим базовим мішеням, розташованим з кормової, або носової сторони дизеля. Теоретична вісь валопровода повинна співпадати з перехрестям двох взаємно перпендикулярних ліній, нанесених на мішень (Рис. 10).

Мішені слід розміщати :

- на кормовій, або носовій переборці машинного відділення та на кормовому, або носовому шергені, зв'язаному з корпусом судна ;
- на спеціальних шергенях усередині корпусу блока з встановленням їх, найближче до дизеля, на відстані не менше мінімальної межі візування оптичного приладу за допомогою якого проводять процес центрування (пробивання теоретичної осі).

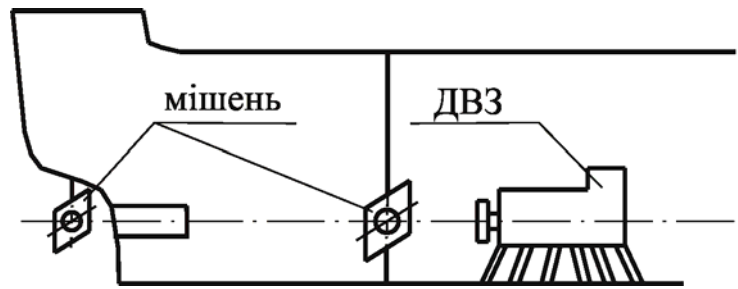


Рис. 10. Центрування дизеля по теоретичній осі валопровода

Дизелі, які мають важкий маховик на колінчастому валу – такі дизелі, у яких величина раскепу у кормовому кривошипі під впливом сили тяжіння маховика не відповідає межам, встановленим підприємством – постачальником (Рис. 11).

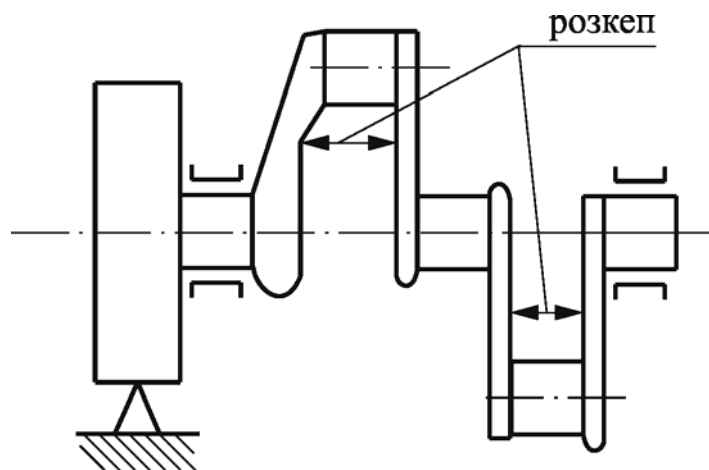


Рис. 11. Регулювання раскепу колінчастого вала ДВЗ

Розкеп кормового кривошипа у вертикальній площині, визваний дією сили тяжіння маховика, необхідно усунути за допомогою спеціального пристрою, який являється невід'ємним пристосуванням на суднобудівних та ремонтних підприємствах. Пристрій встановлюють на вал як найближче до центра маси маховика. При цьому зусилля підпору на маховик має дорівнювати силі тяжіння маховика. Після з'єднання дизеля з валом та видалення монтажної опори слід перевірити деформацію колінчастого вала та прилягання шийок до укладок рамових підшипників. Якщо дозволений розкеп перевищений, необхідно привести його до формулярного, шляхом підняття, або опускання найближчих до дизеля

підшипників валопроводу в межах допущених навантажень, які не мають перевищувати 10% розрахункової величини.

$$h_k + C < b_k; \quad h_n + C < b_n \quad (5)$$

У всіх випадках зазори в упорному підшипнику валопровода (Рис. 12), мають бути менш, ніж у підшипнику колінчастого вала та задовільняти умовам (5), де C – регламентована величина експлуатаційного зносу для кожного типу упорного підшипника валопровода (встановлюється підприємством-постачальником підшипника).

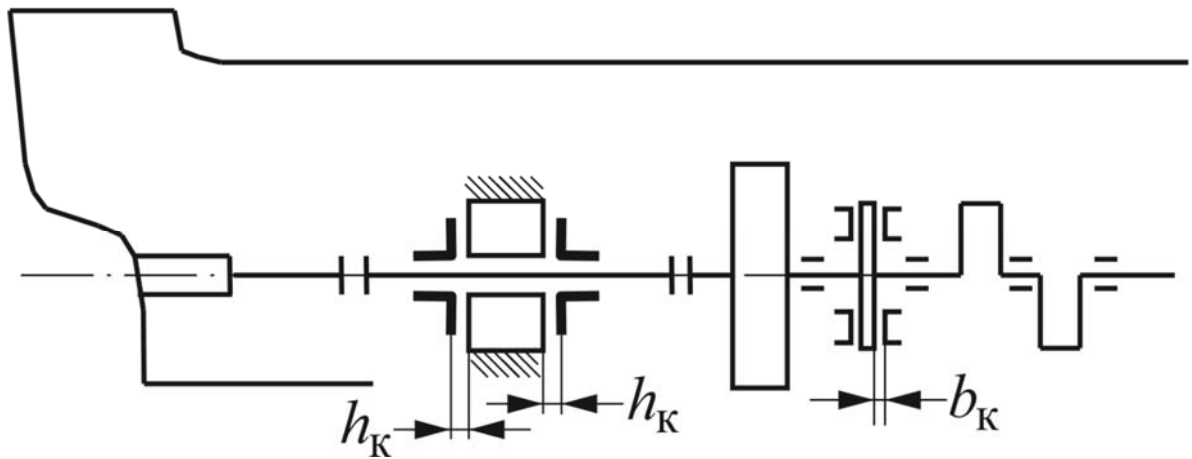


Рис. 12. Схема перевірки зазорів в упорних підшипниках.

Після спуску судна на воду перевіряють розкеп кормового кривошипа вала двигуна. Якщо він виходить за межі формулярного, слід привести його до нормального за рахунок збільшення навантаження на найближчі до дизеля підшипники валопровода у межах розрахованого навантаження з відхиленнями не більше $\pm 20\%$. При цьому необхідно, щоб навантаження підшипника валопровода не перевищували його несучої спроможності. Далі проводять кріплення найближчих до дизеля підшипників валопровода.

Свердляться сумісно отвори під болти, підрізаються торці під головку болта та гайки на величину не більше 10% товщини лапи дизеля, або полиці фундаменту. Шорсткість підрізаної площини $R_z \leq 80$ за ДЕСТ 2789-73 (Див. рис. 43).

Затягування кріпильних болтів здійснюють за правилом "хрест-нахрест". Момент затягування кріпильних болтів має бути вказаний у настановному

кресленні у відповідності до вимог підприємства-постачальника двигуна. Контроль моменту затягування здійснюється вимірюванням моменту $M_{кр}$ ключа, зусилля на силовимірювачі, встановленому на гідравлічному пристрої, кута повороту гайки та ін.

Слід приділяти особливу увагу надійності стопоріння гайок кріпильних болтів!!!

Після центрування головного двигуна вимір розмірів прокладок поміж опорних поверхонь дизеля та фундаменту має бути виконаний не менш, ніж у трьох точках, закоординованих від однієї бази, наприклад, від отвору у лапі дизеля під кріпильний болт з відхиленнями по висоті не більше $\pm 0,01$ мм. Усі зняті розміри заносять у таблицю контролю, або у паспорт на прокладки. Обробку клинів у цеху проводять за розмірами, знятими з місця для кожного клина окремо. Допуск на довжину та ширину клинів ± 5 мм. Шорсткість прилеглих поверхонь $R_z \leq 80$ мкм. При перевірці якості установки клинів користуються пластиною щупа 0,05мм, яка не повинна проходити у стики клина за периметром 66 %. На іншій частині допускається проходження щупу 0,1 мм.

Проте вказаних вимог не досить для досягнення необхідної жорсткості центруємих механізмів з-за обмеженої площі контакту поверхонь, що з'єднуються, та через мікронерівності. Оптимальним засобом забезпечення жорсткості механізмів слід вважати введення у зону контакту механізм – клин – фундамент, рідкого самотвердіючого полімеру. При встановленні на амортизаторах необхідно користуватися керівною галузевою документацією (заміряти угини; заміряти непаралельність).

Статичні деформації повинні відрізнятися в амортизаторах не більше, ніж на 20 % від середнього значення деформації, що дорівнює напівсумі найбільших та найменших значень деформацій амортизаторів. Деформації амортизаторів, розташованих поряд, або протилежно, повинні відрізнятися не більше, ніж на 10%. Значення деформації амортизаторів визначають на випробувальному стенді (пресі), який забезпечує стиск амортизаторів з необхідним зусиллям. Зусилля стиску-амортизаторів на пресі повинні бути спрямовані перпендикулярно до опорних

поверхонь. Стиск амортизаторів повинен проводитися три рази з доведенням навантаження від нуля до випробувального. Інтервал між розвантаженням та наступним навантаженням амортизатора не менше 1 хв. Швидкість стиску повинна бути $10 \div 15$ мм/хв.; деформації виміряють при третьому стиску.

9.2. Блочний монтаж великогабаритних головних дизелів.

У суднобудуванні застосовують в якості головних двигунів мало оборотні великогабаритні крейцкопфні дизелі різних модифікацій і різних виробників.

Через великі габарити і масу, що не дозволяють транспортувати дизель, у зібраному вигляді його постачають окремими частинами (вузлами і блоками). У цьому випадку окрім центрування і кріплення на фундамент виконують працеемну операцію складання дизеля з забезпеченням повторення стендових допусків в умовах судна, що будується. Як правило, цю роботу виконує завод –постачальник силами своїх мобільних бригад шеф-монтажників. Це ще і тому, що тільки в такий спосіб, змонтований малооборотний двигун (МОД), підлягає гарантійному обслуговуванню і ремонту. Зверніть увагу, що монтаж МОД декілька відрізняється, особливо по кріпленню і, виконується:

- подовженими шпильками (виключення послаблення їх при затягуванні);
- установлюється один клин на дві шпильки;
- через неможливість застосування призонних болтів, застосовують упори;
- застосовують самоустановлювальні (сферичні) шайби;
- використовують круглі (не шестигранні) гайки (при цьому домкратом розтягується шпилька на розрахункову величину, а гайку закручуємо від руки);
- під гайки установлюють спеціальні деформуємі (див. рис. 13) втулки які гасять вібрації та стопорять гайку від розкручування.

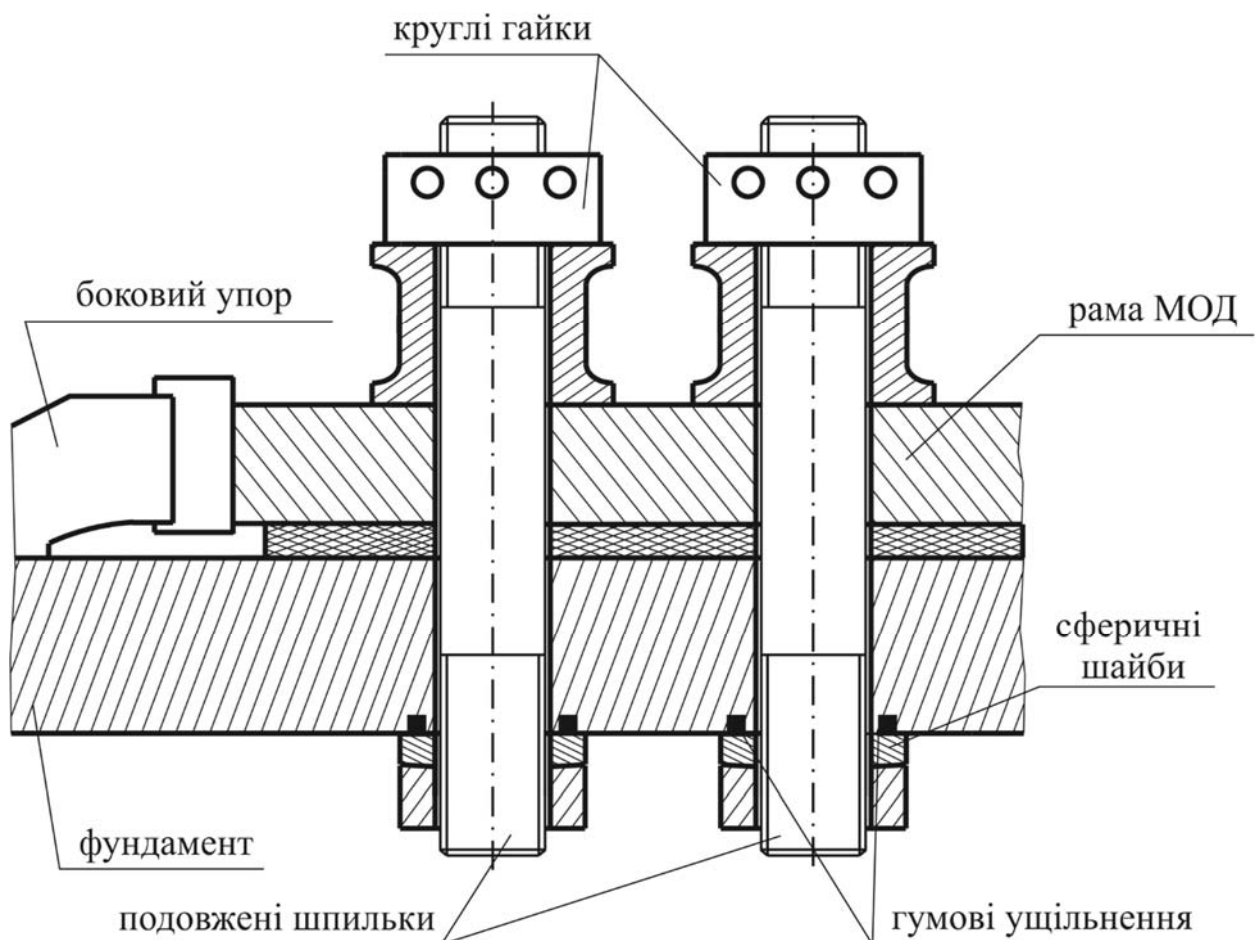


Рис. 13. Монтаж великогабаритного головного суднового двигуна.

Після завантаження дизель переміщується при центруванні за допомогою малогабаритних домкратів, динамометрів, віджимних болтів та виводиться на теоретичну вісь валопровода. Під час центрування, а воно проводиться безпосередньо до фланцю валопровода (тому що, МОДи працюють без редукторів), необхідно забезпечити не тільки параметри центрування, але й прямолінійність їх конструкції. Контроль здійснюється за поверхнею фундаменту. Допуск на не площинність рами – 0,3мм.

9.3. Особливості монтажу високообертових двигунів.

Постачаються високообертові двигуни (ВОД) у зібраному вигляді разом з реверс-редуктором. У V-подібних двигунах остов жорсткий. Центрування здійснюється чотирма відтискними болтами за теоретичною віссю валопровода.

Особливості: розкеп колінчатого вала не перевіряється. Монтаж доцільно здійснювати з допомогою макет- кондуктора. Це металева конструкція, імітуюча опорну поверхню для невеликих дизелів. Далі на місце макета встановлюють дизель, як правило, НА ВЛАСНИЙ ЖОРСТКИЙ ОСТОВ, чи на власну раму, що прирізається до набору судна.

10. МОНТАЖ ВАЛОПРОВОДУ

Валопровід призначений для передачі обертального моменту ГД рушію, сприйманню осьової сили (упору) та передачі її корпусу судна з метою забезпечення його руху.

Валопровід складається з:

- гребного гвинта ;
- гребного вала;
- опорного підшипника (при наявності кронштейна);
- дейдвудного пристрою (втулок);
- дейдвудного ущільнення;
- проміжного вала;
- опорних підшипників валів;
- упорного підшипника;
- стопорного пристрою, а також, в залежності від конструкції судна, до складу валопроводу можуть входити: муфти, напівмуфти, переборочні сальники та упорний вал.

В теперішній час знаходять застосування два способи монтажу валопроводів і ГД.

Спосіб 1. В основу способу покладається послідовний метод виконання монтажних робіт з корми в ніс. При цьому монтажі валопроводу використовують метод послідовної укладки валів від гребного валу до ГД, з centruванням по зламах і зсувах, або по навантаженнях на підшипники. Центрування і монтаж головного двигуна починають

тільки при закінченні монтажу валопроводу. Цей метод застосовується тільки при центруванні коротких валопроводів.

Спосіб 2. В основу другого методу покладається паралельний метод ведення монтажу валопроводу і головного двигуна, тобто з носа в корму. Цей метод, застосовується при серійному та багатосерійному будівництві суден. Монтажні роботи починаються із центрування головного двигуна і розмітки опор гребного валу оптичним методом. Потім паралельно з виконанням робіт по монтажу головного двигуна проводять розточування опор гребного валу, що подовжує загальний цикл монтажних робіт, а далі здійснюють монтаж дейдвудного пристрою гребного валу і гвинта (Рис. 14).

Найбільш придатна технологія: з корми в ніс – дейдвудна труба, гребний вал, проміжний вал (з підшипниками), редуктор, головний двигун (останній).

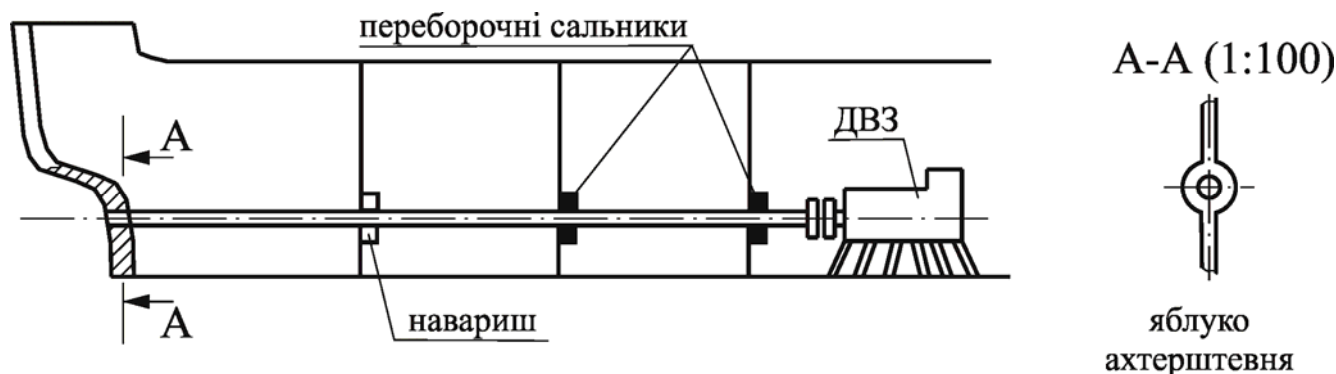


Рис. 14. Монтаж валопровода

У дейдвудній трубі встановлено ущільнення та підшипник для гребного валу. Підшипники бувають залиті баббітом (при цьому, необхіден сальник, що протидіє проникненню забортної води в індивідуальну систему мащення підшипника оливою), бокаутів (залізне дерево), та з капролону. Останні змащуються водою. Монтаж починається з пробивки світової лінії та розмітки під розточку місць для дейдвудної труби і місць установаження переборочних сальників. Розмітка здійснюється оптичним приладом НО-1, (останнім часом все більше розповсюдження отримали лазерні прилади), встановленим на фланці редуктора,

або на маховику ДВЗ, та мішені з центром. Остання встановлюється в розмічуванні місця, що підлягають механічній обробці. Її перехрестя суміщається з перехрестям оптичного приладу, після чого у центр мішені встановлюється циркуль та наноситься коло, яке використовується як установча технологічна база для центрування борштанги розточувального верстата. Після розмічання, встановлюється розточувальний верстат. Його борштанга центрується по нанесеному колу і здійснюється розточка посадочних місць під дейдвудну трубу, кронштейн (якщо він передбачений конструкцією), та перебірочні сальники. Після розточки підрізається торець яблука ахтерштевня для забезпечення перпендикулярності осі розточеного отвору та для встановлення остаточної довжини валопроводу.

Для перебірочних сальників отвори вирізають газорізкою з припуском під кінцеву обробку. Отвори заміряються, підводяться до відповідних розмірів валопроводу. Встановлюється дейдвудна труба з натягом, гідродомкратами, а потім проточується остаточно з дотриманням вимог розмітки та центрування.

10.1. Монтаж гребного валу.

Маса валу може досягати 100 т. Виготовляється із кованої легованої сталі, захищається бронзовими втулками від корозії. Після встановлення, необхідно забезпечити його прилягання до дейдвудних підшипників по всій їх довжині, тому, центрування борштанги розточувального верстата перед кінцевим розточуванням, проводиться надто прискіпливо.

10.2. Монтаж гребного гвинта.

За сучасною технологією гвинт встановлюється на конус гребного валу гідропресовим способом. Для цього поміж маточиною гвинта та конусом гребного вала подається олива під тиском до 1000 кгс/см^2 (100 МПа). В наслідок впливу тиску маточина гвинта роздається. З допомогою домкрата, встановленого на кормовій частині гвинта та спеціальної оснастки, маточина подається на конус з суворим дотриманням осьового зміщення. Тиск знімається, маточина гвинта

щільно обхоплює конус гребного вала. З'єднання стає нероз'ємним до наступного, конче необхідного втручання. На різьбову частину вала встановлюється гайка, що на всякий випадок, забезпечує нерухомість з'єднання та ковпачковий обтічник, який заповнюється пластичним мастилом, отвори гідро-каналів глушаться гвинтовими пробками.

10.3. Монтаж проміжних валів з підшипниками ковзання.

Особливості: вали центруються один до одного по зламу та зміщенню. При цьому необхідно врахувати прогин валів (при центруванні вали повинні мати розкеп знизу тому, що їх простіше підняти ніж опустити). За новою технологією монтаж починається з базового механізму, а центрування йде за навантаженнями по розрахунковими даними. Контроль якості виконаних робіт здійснюють з допомогою щупів, лекальних лінійок та парних стріл в межах допусків, що передбачені технічними умовами (ТУ) для даного валопроводу судна.

11. МОНТАЖ ГАЗОВИХ ТУРБОЗУБЧАСТИХ АГРЕГАТІВ

Якість монтажу газових турбозубчастих агрегатів (ГТЗА) в основному залежить від **якості** установки і обробки опорних поверхонь фундаменту. Фундамент під ГТЗА має складну форму, так як корпуса турбін неоднакові за габаритами і розташовані на різній висоті. Основою фундаменту являються сталеві балки, що зв'язані між собою бракетами та підкріплені кницями. Перед приварюванням фундаменту до набору судна перевіряють положення не тільки його головної осі (осі редуктора ГТЗА,) але і вісей фундаментів під корпуса турбін та головний конденсатор, а також можливість розташування останніх на опорних площинах фундаменту. Це необхідно для того, щоб виключити попадання кріпильних болтів на книці чи бракети при установці турбін.

Перевірку положення осей фундаментів під ГТЗА виконують за допомогою струни, що імітує теоретичну вісь валопроводу, з навішеними на неї схилами.

Відхилення осей в горизонтальній площині допускається при цьому не більше ± 5 мм, в вертикальній площині не більше $+3$ і -10 мм. Опірні площини

фундаменту в залежності від його розмірів, обробляють шліфувальною машиною, або переносним фрезерувальним верстатом. Перевірку точності обробки виконують за допомогою лінійки і щупу; при цьому допускається зазор не більше 0,1 мм. Однак при обробці опорних поверхонь (полок) фундаменту неможливо отримати оду рівну площину, що пояснюється не тільки складністю точного вивірення положення переносного фрезерувального верстата під час виконання операції обробки, але і необхідністю зберегти встановлену кресленням товщину полка фундаменту. Тому між опорними поверхнями фундаменту і редуктора ГТЗА, а також турбін при монтажі заводять сталі підкладки (клини, сферичні самоустановлювальні та інші), що компенсують не площинність фундаменту.

Для полегшення установки підкладок полиці фундаменту надають ухил 1:50; 1:150 в ту сторону, з якої будуть заводитися клинові підкладки.

Завантаження і монтаж окремих частин ГТЗА виконують у визначеній послідовності: спочатку вантажать і встановлюють на фундамент по осі валопровода редуктор, потім вантажать конденсатор і турбіна низького тиску (ТНТ), а після них турбіна середнього тиску (ТСТ) або турбіна високого (ТВТ). Одночасно з вантаженням ГТЗА, або до цього вантажать 60...70% допоміжних механізмів, щоб виключити вплив їх завантаження на центрування редуктора і турбіни по редуктору.

Присутність зубчастого зачеплення пред'являє суворі вимоги до відсутності деформацій корпусу редуктора, які можуть порушити заводську стендову збірку і не благоприємно відобразитися на роботі зачеплення.

Залежно від конструкції ГТЗА при монтажі за базовий механізм приймають редуктор, або ГУП, від яких одночасно встановлюють в корму – валопровод і в ніс – корпуса турбін та інші механізми. В процесі монтажу необхідно забезпечити співвісність вала редуктора і валопроводу, валів турбін з валами шестерень редуктора при збереженні якості зубчастого зачеплення і можливість теплового розширення турбін (Рис. 15).

Центрування редуктора ГТЗА виконують аналогічно центруванню головного дизеля, використовуючи для цієї мети мішені, розташовані в розмічених

контрольних точках осі валопровода: на кормовій переборці і на шергені, або на носовій і кормовій переборках блоку машинного відділення. Відповідно візирні труби встановлюють на одному чи на обох кінцях пустотілого вала редуктора. При встановленні редуктора необхідно забезпечити:

- співвісність вала редуктора і валопровода (допустимі зміщення і злам відповідно 0,10 мм і 0,15 мм/м для жорстких фланцевих муфт і 0,20 мм і 0,40 мм/м для пружних муфт з гумовими вставками);
- збіг його поперечних рисок з рисками на фундаменті;
- крен редуктора не більше 1мм на 1м його ширини;
- різність навантажень на носову і кормову опори, коліс редуктора не більше 20 % його сили тяжкості.

Перед кріпленням редуктора на фундаменті з допомогою сталевих клинових або сферичних підкладок перевіряють ще раз його центрування і величини навантажень на динамометри.

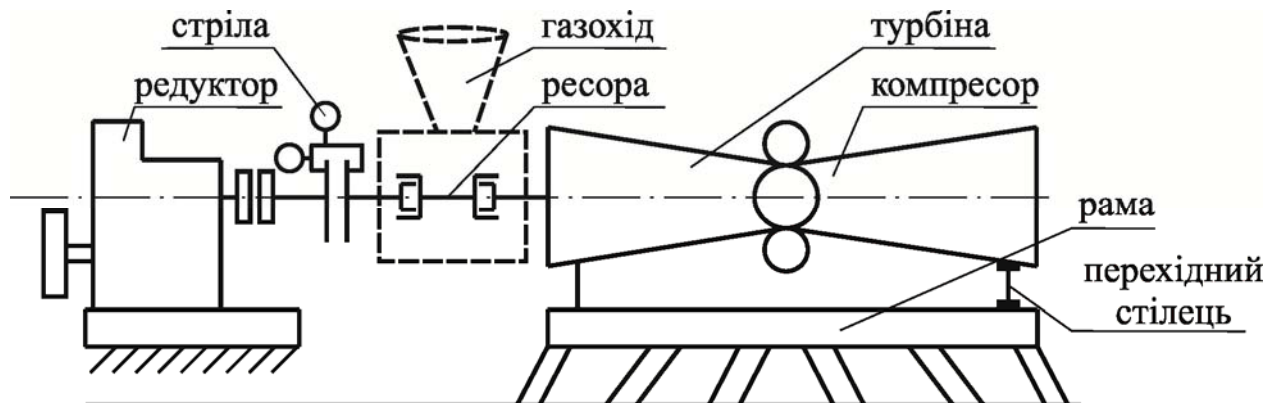


Рис. 15. Монтаж ГТЗА

11.1. Технологія монтажу.

- 1) Вантаження турбіни з рамою на фундамент.
- 2) Вантаження нижньої частини завитка газоходу.
- 3) Вантаження та установлення ресори.
- 4) Вантаження верхньої частини (ресори) газоходу.
- 5) З'єднання ресори з валом редуктора та турбіни.

- 6) Центрування рами . На ресору встановлюють стрілу, що вимірює злам редуктора , ресори та турбіни.
- 7) З допомогою віджимних болтів рама і турбіна центруються до редуктора у двох місцях. При цьому вимагається спільне повертання редуктора і турбіни (допуск – 0,1 мм/м). **ВИКЛЮЧИТИ ВИГИН РАМИ ТУРБІНИ!!!** Контроль прямолінійності здійснюється з допомогою металевих струн (редуктор при цьому вже остаточно змонтований).
- 8) Далі здійснюють фіксування рами , установленням вирівнюючих підкладок та кріпленням. Турбіни, як правило, кріпляться на амортизаторах, та на перехідних стільцях.
- 9) Вантаження верхньої частини газоходу.
- 10) Центрування газоходу до патрубку турбіни по кіничному з'єднанню, (по рівномірному зазору). Після центрування – фіксування.

11.2. Особливості монтажу.

На танкери та на судах, водотоннажність яких більше 200 тис. т, встановлюються газові турбіни.

Недолік: якісне високовартісне пальне, витрата палива (≈ 240 г/(кВт·год)) велика, але вони компактні та потужні.

Моторесурс приблизно у 2 рази менше, ніж у малообертових двигунів. У теперішній час виготовляється змінне газотурбінне устаткування, що дуже сприяє ремонтпридатності головного двигуна – газової турбіни.

Парові турбіни (ПТ) громіздкі, але споживають будь –яке паливо.

ПТ – це 2-3 турбіни (ТВТ + ТНТ) (див. рис. 16).

ТВТ – малі розміри та постачається на спеціальній фундаментній рамі.

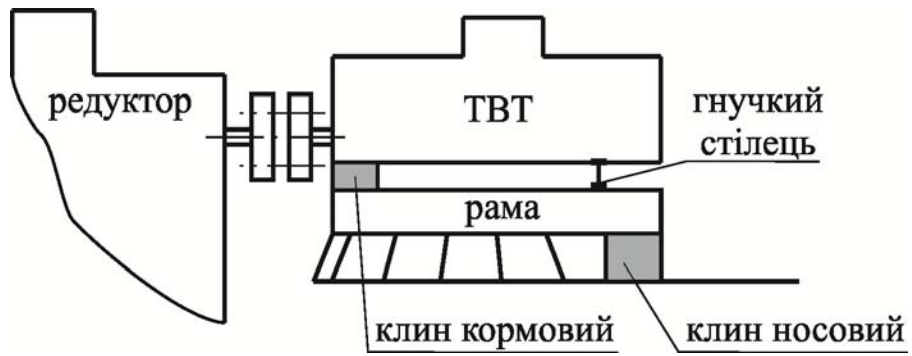
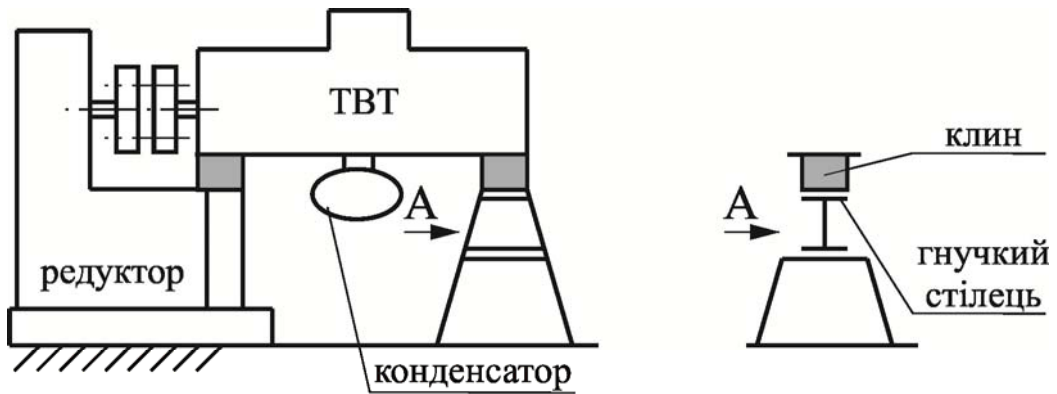


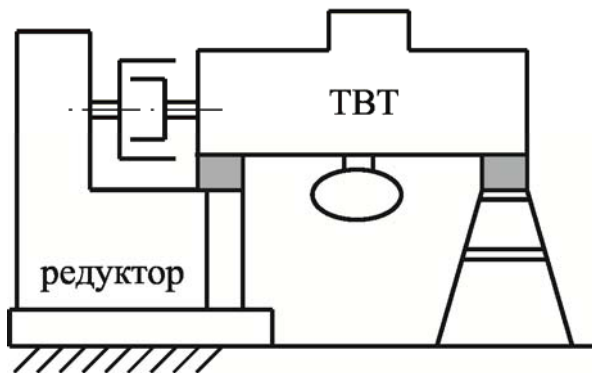
Рис. 16. Монтаж ТВТ.

$T_{\text{пари}} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 50 \dots 80 \text{ МПа}$.

З'єднання турбіни з редуктором: фланцеве рис. 17,а, шліцеве рис. 17,б .



а



б

Рис. 17. З'єднання ТВТ з редуктором

а) фланцеве; б) шліцеве.

ТВТ – центрується до редуктора віджимними болтами, встановленими у рамі:

- по зламу та зміщенню, якщо з'єднання фланцеве;
- лише по зміщенню, якщо з'єднання шліцеве, так як при шліцевому з'єднанні один вал входить у другий, (зазору немає, є злам і його можна заміряти, у двох з'єднаннях (з редуктором та з турбіною)).

ТВТ під час монтажу своєю носовою частиною спирається через гнучкий стілець на власну раму.

Після центрування під час монтажу нижня частина гнучкого стільця має бути переміщена в ніс на півдовжини пересування при нагріві її і, в цьому положенні зафіксована. Конденсатор кріпиться безпосередньо до турбіни.

12. МОНТАЖ ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ

Допоміжні механізми (ДМ) – це не центруємі один до одного механізми (компресори, котли, насоси, сепаратори, охолоджувачі, а також шпилі, брашпилі, лебідки і навіть рульові машини). Всі ці механізми постачаються виробником на спільній рамі з приводом. Невеликі ДМ додатково агрегатуються на спільній рамі зонально, або функціонально (паливні насоси), а потім монтуються на судні.

Такий спосіб монтажу називається базування механізму, що виконується згідно з розміткою від бортів симетрично фундаменту, а також по висоті .

Далі здійснюють монтаж на дистанційних підкладках , що встановлюються (частіше) під раму з забезпеченням заданих допусків по крену і деференту механізму згідно з ТУ. Закінчується монтаж свердленням отворів та кріпленням модулю до набору судна, причому, кріплення виконується в один із способів: кріплення механізму болтами, заведеними знизу; приварюванням рами до набору суднового фундаменту.

У вигляді прокладок використовують набір металевих прокладок, або пластмаса БКД. На кораблі допоміжні механізми іноді надходять не на жорсткій рамі, тому необхідно виключити їх вигин (як для випадку газових турбін) , так ,наприклад, при монтажі дизель–генератора перевіряють центрування генератора з двигуном. Такі агрегати не можуть бути поставлені на прокладках, що вирівнюються, потрібні тільки клини, або сферичні прокладки.

12.1. Механізація монтажних операцій.

1. Обробка опорних поверхонь і фундаментів здійснюють за допомогою переносних фрезерних верстатів; ГФ-30; СПФ-1; ГФ-1081; ГФ-1179; ОКФ-600; ОКФ-800 .
2. Отвори виконують свердлильними верстатами: СПС-32, СПС-50 , або ж пневматичними, ручними свердлувальними машинами типу СМ

Отвори отримані свердлуванням діляться на три типи:

- тип 1 – обробка отворів під не центруєме обладнання
- тип 2 – обробка отворів під центруєме обладнання;
- тип 3 – обробка отворів під центруєме устаткування , що

установлюється на амортизатори.

3. Ударні гайковерти: ГПУ-400, ГП-14, УПГ-16, ГПР, ГПР- И.
4. Домкрати клинові: ДПУ-40, ДПГ-40 – 60, ДПГ-50 – 60, ПГ-60 – 100, ДПГ-90 – 100 (перша цифра – хід силового штока, друга цифра – діаметр штока, мм).
5. Розточувальні верстати: ЛР-5, ОФ-2000, ОФ-560, ОФ-1200.
6. Лебідки: ЛПР-0,25 ЛР-0,25 ; ЛП-0,25 ; ЛМ 0,5/1,0; ЛПМ 0,5/1,0.

12.2. Монтаж парового котла.

Котел (бойлер) – його особливість у тому, що він піддається тепловим розширенням в усі сторони (так як і труби), що треба враховувати при монтажі . Тобто, висновок один – котел не можна кріпити до фундаменту жорстко усіма лапами (одна лапа кріпиться жорстко, інші – рухомо).

Котел – агрегат не центруємий, він базується відносно фундаменту та корпусних конструкцій, тобто здійснюється грубе центрування, простіше, базування. При цьому треба точно виставити крен та диферент, щоб при хитавиці не оголялися та не потекли труби в результаті непомірного нагріву (Рис. 18).

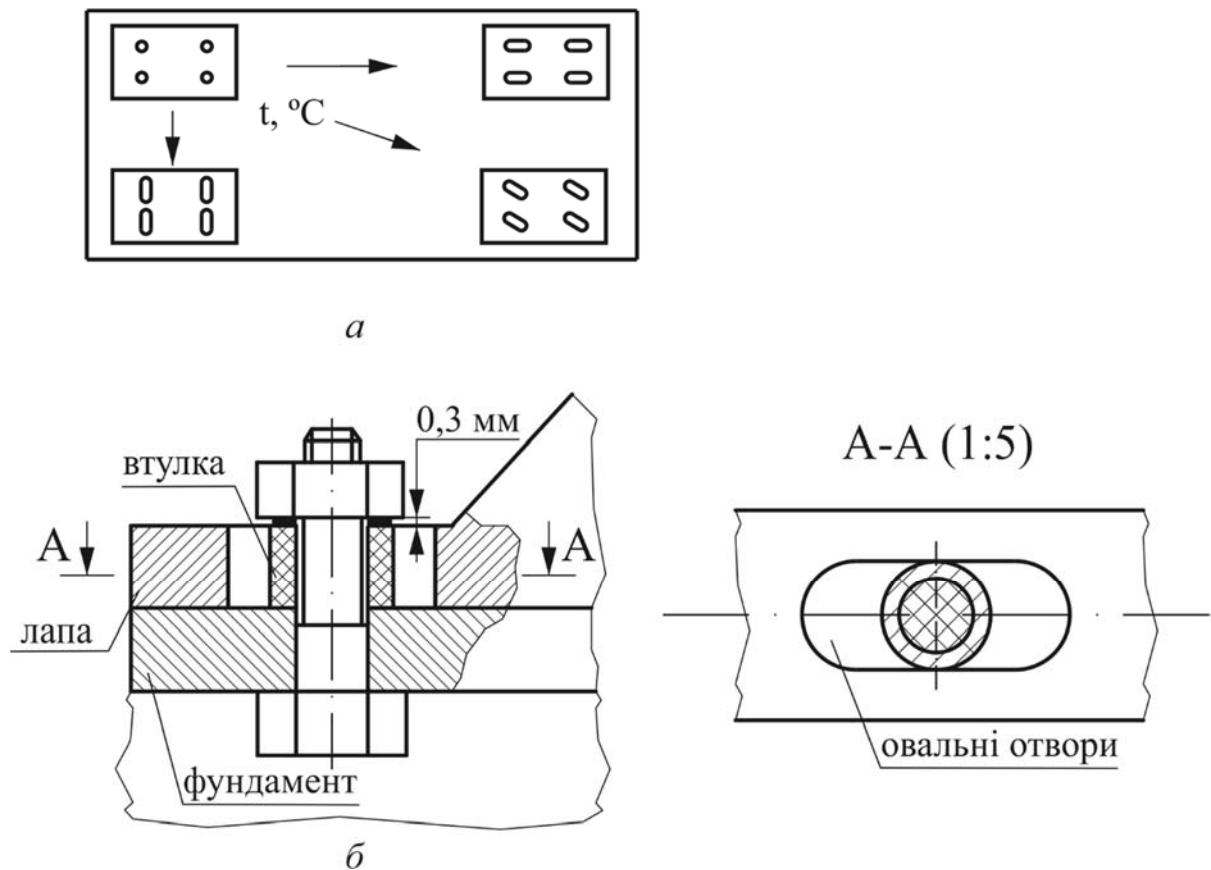


Рис. 18. Монтаж теплових механізмів суднової енергетики

Класична схема кріплення котлів полягає в тому, що на кожній лапі 4-6 болтів, мінімальна кількість лап: 4-6.

Щоб виключити пригоночні роботи, що виконують на судні, по установленню клинів великих розмірів (плита 500x500x5х мм), монтаж котла здійснюють на перехідних частинах, або на перехідних рамах. При цьому верхня частина суднового фундаменту відрізається, переноситься у цех і з'єднується з лапами котла. Далі котел з цими перехідними частинами вантажиться на судно та сполучається із залишившимся там фундаментом. Прирізається до нього газорізальним пристроєм в одній площині, а після, зварюються один до одного.

Більш прогресивним засобом є монтаж в цеху на перехідній рамі, коли перехідні частини зварені в одну рамну конструкцію, на яку в цеху монтується котел. А далі разом з рамою завантажується на судно – прирізається, приварюється до набору судна.

13. ЦЕНТРУВАННЯ ПО НАВАНТАЖЕННЯХ

Відміна від усіх попередніх видів центрування у тому, що на centruємі механізми замість віджимних болтів встановлюються динамометри, а механізми перед цим відцентровуються одним з раніше описаних методів, причому це центрування необхідне тільки для проведення спаровування валів, тобто їх фланців (Рис. 19,а).

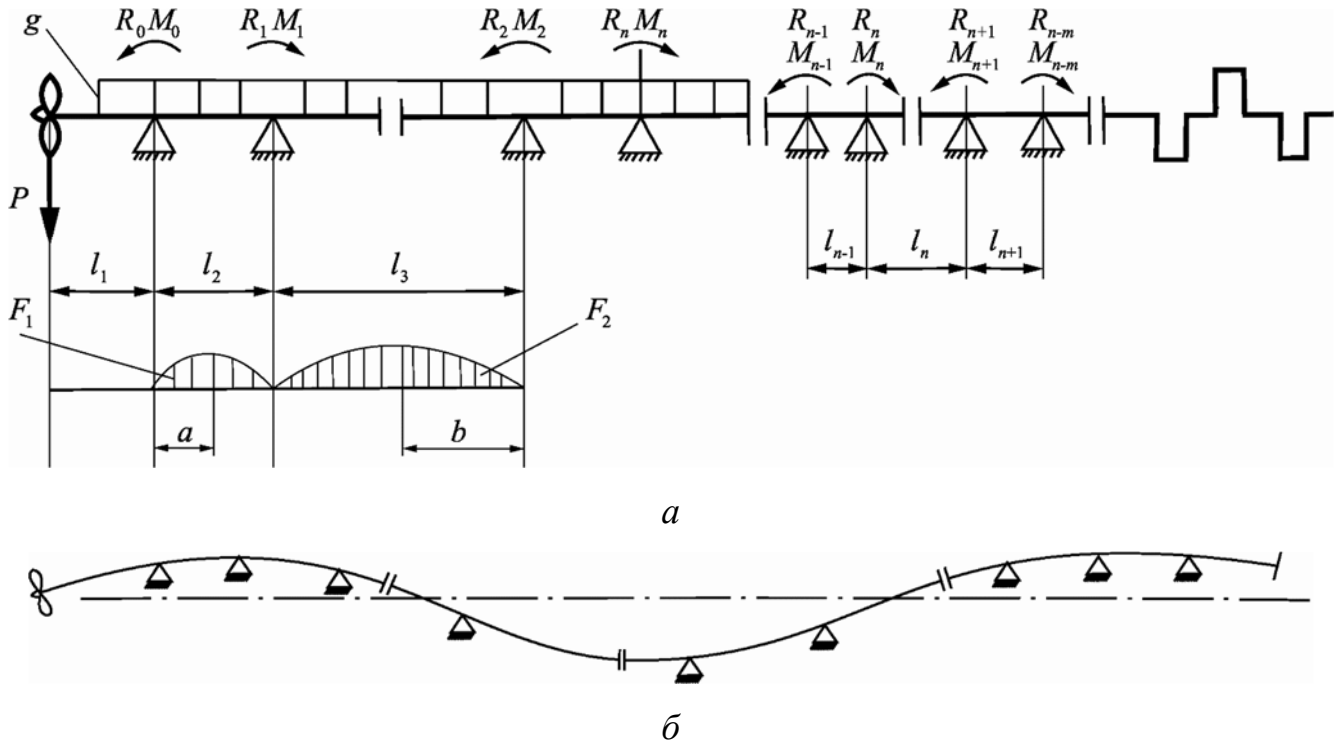


Рис. 19. Схема центрування валів за навантаженнями і дійсне положення лінії валопроводу.

Підшипники навантажуються розрахунковим навантаженням, котре визначається через рівняння трьох моментів:

1. $R_n = R_g + R_{Mn}$;
2. $R_{gn} = \frac{g \cdot l_n}{2} + \frac{g \cdot l_{n+1}}{2}$;
3. $R_{Mn} = \frac{M_{n-1} + M_n}{l_n} + \frac{-M_n + M_{n+1}}{l_{n+1}}$

Моменти визначаються системою рівнянь за теоремою трьох моментів:

1. $M_0 = -\left(P \cdot l_0 + \frac{g \cdot l_0}{2}\right)$;

$$2. \quad M_0 l_0 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = 6 \left(\frac{F_1 \cdot a}{l_1} + \frac{F_2 \cdot b}{l_2} \right) \quad (7)$$

$$3. \quad \begin{aligned} & M_{n-1} l_{n-1} + 2M_{n-1} M_n (l_{n-1} + l_n) + M_{n+1} l_{n+1} = \\ & = \left(\frac{F_{n-1} \cdot a}{l_{n-1}} + \frac{F_n \cdot b}{l_n} \right) + EY \frac{\delta_n}{l_n} \text{ (для другого варіанту)} \end{aligned}$$

З цієї системи рівнянь визначаємо усі моменти, а через них реакції опор. Перший розрахунок виконується з припущення, що усі опори знаходяться на одній лінії. Після цього побачимо, що навантаження на підшипники вкрай нерівномірне.

Висновок: щоб рівномірно навантажити усі підшипники, одні треба опустити, а інші підняти. Ця величина називається коефіцієнтом впливу. Цим коефіцієнтом ми заздалегідь завдаємося. δ_i – коефіцієнт впливу.

З безлічі цих рішень ми обираємо оптимальне рішення і варіант, при якому навантаження будуть однакові.

Після цього валопровід прийме вигляд як показано на рис. 19,б.

При цьому не можна допустити, щоб у перерізі вала виникали додаткові великі напруги ! Даний метод монтажу по навантаженням дозволяє виключити вплив валопроводу на редуктор, або двигун.

Після створення розрахункових навантажень на вал з допомогою динамометричних пристроїв, можна переходити до фіксування підшипників.

Фіксування та центрування на металевих клинах застосовується для центруємих – основних механізмів, для не центруємих застосовуються вирівнюючі прокладки, а також пластмаси БКД (основа: бакеліт, деревинна тирса, затверджував на основі смоли ЕД – цей склад називається "Контакт Петрова").

13.1. Особливості фіксування механізмів, що встановлюються на амортизатори.

Амортизатор – це не клин (рис. 20...24). Він служить для запобігання передачі вібрації корпусу судна та зниження шуму, що дають обертові деталі механізмів машин.

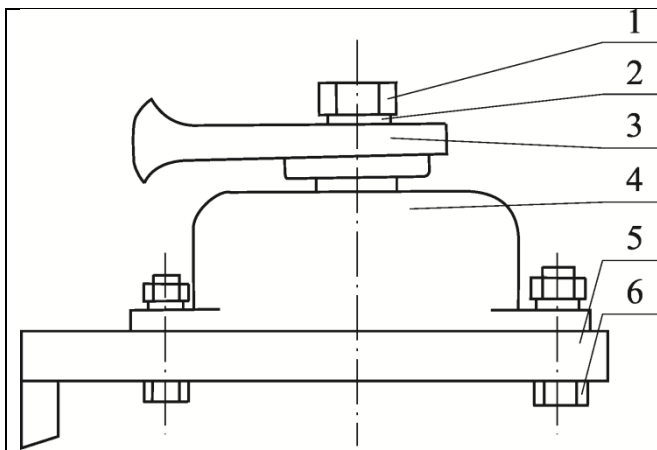


Рис. 20. Амортизатор типу АКСС-И

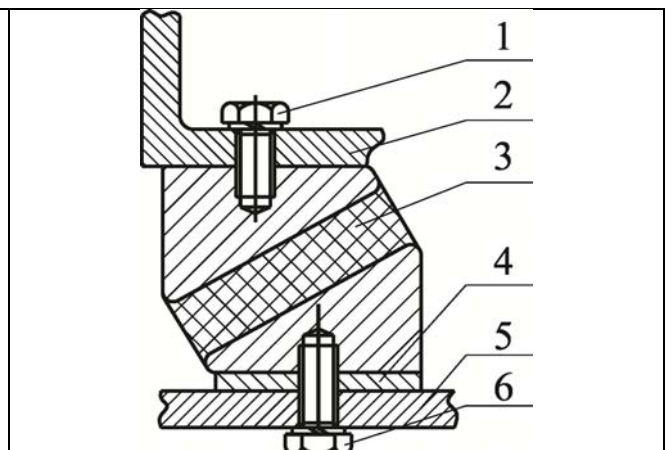


Рис. 21. Амортизатор типів АПН, КАС

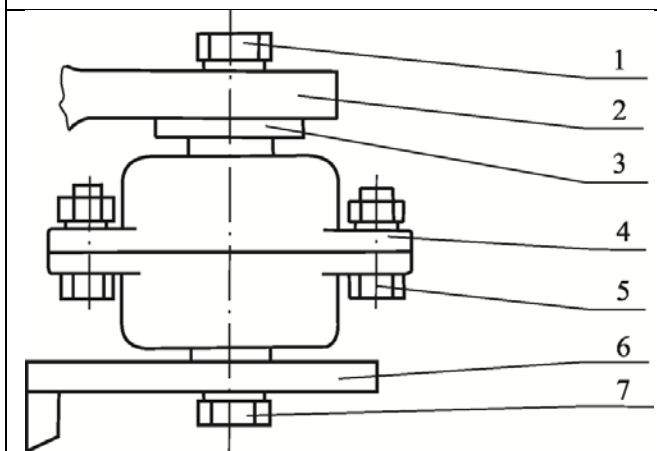


Рис. 22. Амортизатор типу АПС

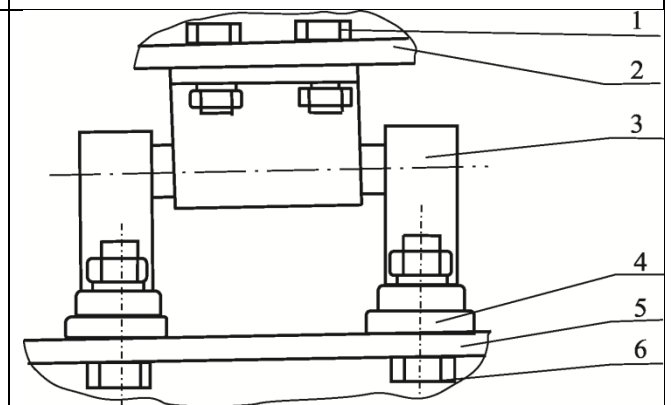


Рис. 23. Арочний амортизатор

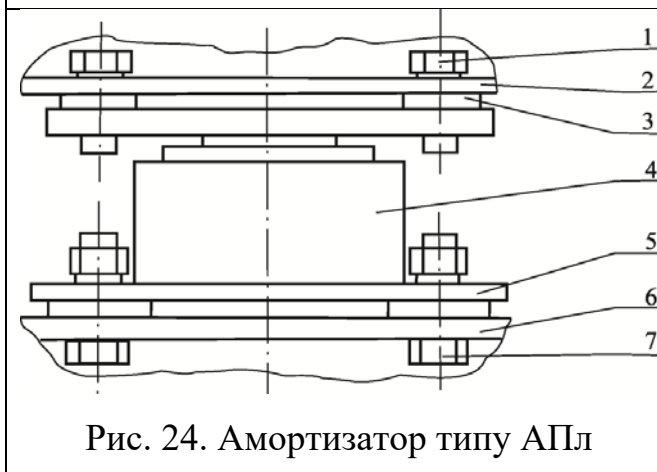


Рис. 24. Амортизатор типу АПл

Рис. 20...24. Встановлення суднових механізмів на амортизаторах

Амортизатори обираються в залежності від навантаження (АКСС, АПЛ, АПН, АПУ, КАС, арочні, АПС, АПМ 1700М, АКПО згідно з ОСТ5.4051-72). Амортизатори гумово-металеві мають усадку, яка має бути заздалегідь визначена на спеціальному пресі у цеху. Амортизатор навантажується три рази

розрахунковим навантаженням, після третього натиску визначається величина усадки, яка заноситься у сертифікат амортизатора та при розрахунку товщини клина враховується у його товщині (цей процес носить назву "Компенсація усадки амортизаторів"). Простіше кажучи, величину усадки амортизатора додають до товщини клина.

Монтаж деяких механізмів передбачається проектантом виробляти із застосуванням амортизаторів, які запобігають передачі шуму і вібрації на корпус судна, а також зменшують виникнення ударних навантажень на механізм.

Слід мати на увазі, що амортизатор не є компенсуючим елементом(прокладкою) і не виключає їх застосування.

Основним елементом амортизатору є масив із маслостійкої гуми, з двох боків до нього методом вулканізації приварені два металевих елементи (пластини) з отворами. Отвори мають різьбу, в яку вкручуються болти, що прикріплюють амортизатор з однієї сторони до механізму, з іншої – до фундаменту.

Для вибору амортизаторів мають значення два основних фактори: вантажопідйомність і усадка від навантаження. Усадка повинна бути приблизно однаковою у всіх амортизаторів даного механізму. Якщо механізм центруємий, тобто, з'єднується з іншим механізмом, то необхідно визначити величину усадки кожного амортизатора від навантаження, яку він буде мати під механізмом і місці свого розташування.

Амортизатори заздалегідь прикріплюють до лапи механізму. Після його центрування вимірюється відстань між амортизатором і фундаментом. До цієї відстані додати величину усадки і по ним виробляється прокладка.

Для установки прокладок після їх виробництва, механізм піднімається віджимальними пристосуваннями строго в вертикальній площині. Після установки прокладок і прихватки їх до фундаменту електрозварюванням, через отвори в опірній плиті амортизатора розмічаються місця отворів під болти на прокладках. Після чого механізм зміщується і виконується свердлення отворів в прокладках і в фундаменті. Якщо дозволяють умови для установки кутової свердлувальної машини в проміжок між фундаментом і механізмом, то свердлування виконують

безпосередньо скрізь отвори в опірній лапі амортизатора без розмічання і здригання механізму.

Другий спосіб монтажу механізмів з амортизаторами виконується за допомогою макет-кондуктора, який імітує опорну раму з отворами під болти кріплення і фланець для центрування, якщо механізм центруємий.

13.2. Визначення розмірів клина.

Форма клина залежить від розмірів лапи механізму, під який він встановлюється. Частіше ця форма – кругла, але у будь-якому випадку необхідно, щоб її площа була такою, щоб питоме навантаження не перевищувало виникаючого у ній граничного питомого тиску.

$g \leq 400 \text{ кгс/см}^2$ – для металу;

$g \leq 200 \text{ кгс/см}^2$ – для пластмаси.

На клин діють:

- а) вага механізму;
- б) зусилля затягування болта, під який встановлений клин;
- в) інерційне навантаження при хитах судна.

$$g = \frac{M}{(F_{\text{кл}} \cdot n + V)/F_{\text{кл}}}, \quad (8)$$

де: g – питоме навантаження; M – маса механізму; $F_{\text{кл}}$ – площа клину;

n – кількість клинів; V – осьове зусилля затягування болта ($V = 0,8 \cdot \sigma \cdot \frac{\pi D^2}{4}$

– для круглої опорної поверхні клина).

Якщо питомий тиск не відповідає допустимому, тоді змінюємо форму клина, наприклад, на прямокутну ($F_{\text{кл}} = a \cdot b$).

13.3. Визначення зусилля затягування болтів.

При затягуванні болтів зусилля затягування V не повинно викликати у стрижні болта напругу, перевищуючу межу текучості, тобто в розрахунок має бути

введена величина $(0,7...0,8) \times \sigma$ межі плинності (це нормальне зтягування болта)
рис. 25.

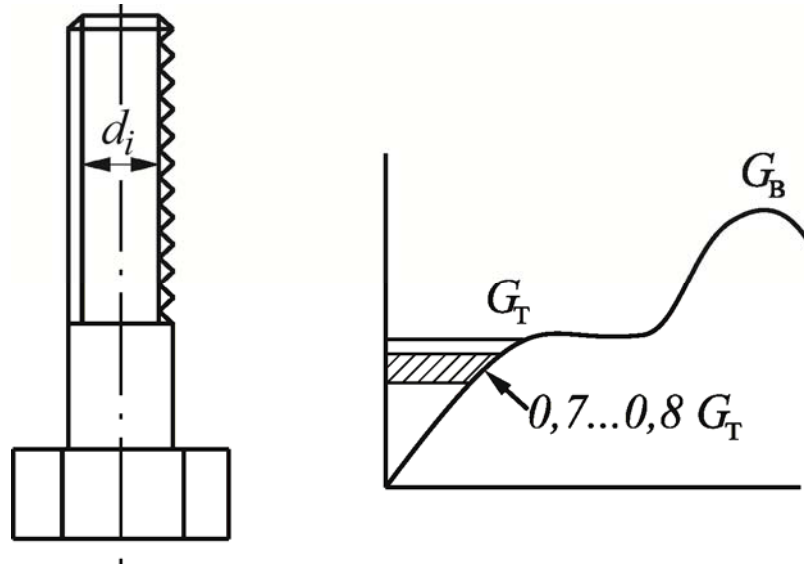


Рис. 25. До розрахунку зтягування кріпильних болтів

$$V_{\text{зат}} = (0,7...0,8) \cdot \sigma \cdot F_{\text{наріз. част.}} \quad (9)$$

$$F_{\text{наріз. част.}} = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (10)$$

де d -внутрішній діаметр різи болта тоді:

$$V_{\text{зат}} = (0,7...0,8) \cdot \sigma \cdot \frac{\pi d^2}{4}. \quad (11)$$

Для забезпечення $V_{\text{зат}}$ на відповідальних різьбових з'єднаннях (реактори, дизелі) великого діаметру (до 100 мм) необхідно застосовувати гідравлічні домкрати, що встановлюються на хвостовик болта, виступаючого над гайкою, яку закручуємо від руки. В торець болта установлюється індикатор годинникового типу, за допомогою якого визначається розрахункове подовження болта при його розтягуванні розрахунковим зусиллям. Гайка закручується, тиск знімається, з'єднання гарантоване. Для зтягування болтів ключами, гайковертами, динамометрами необхідно осьове зусилля перерахувати на момент через два коефіцієнти тертя – у різьбі та поміж торцем гайки і опорною поверхнею, значення котрих не визначене. Більш сучасним являється перший метод.

13.4. Розрахунок нерухомості кріплення механізму.

Кріплення механізму повинно забезпечити його положення, зафіксоване клинами, від дії експлуатаційних навантажень, якими є:

ударні навантаження, які приводять до багаторазового збільшення мас;

вибухові навантаження

$$P_1 = M \cdot K_g, \text{ кгс}, \quad (12)$$

де K_g – коефіцієнт перевантаження (2...15), M – маса механізму, кгс;

навантаження при крені

$$P_2 = M \cdot \cos 45^\circ \approx 0,7M \quad (13)$$

інерційне навантаження

$$P_3 = \frac{4M}{T^2} \cdot (0,008l + 1,75)g \quad (14)$$

де M – маса механізму; T – період бортової хитавиці, сек. (становить 5...30 сек.);

l – проекція відстані між центром тяжіння механізму та центром тяжіння судна на площину мідельшпангоута (ці навантаження діють на всі механізми, а деякі механізми зазнають впливу додаткових навантажень) (Рис. 26).

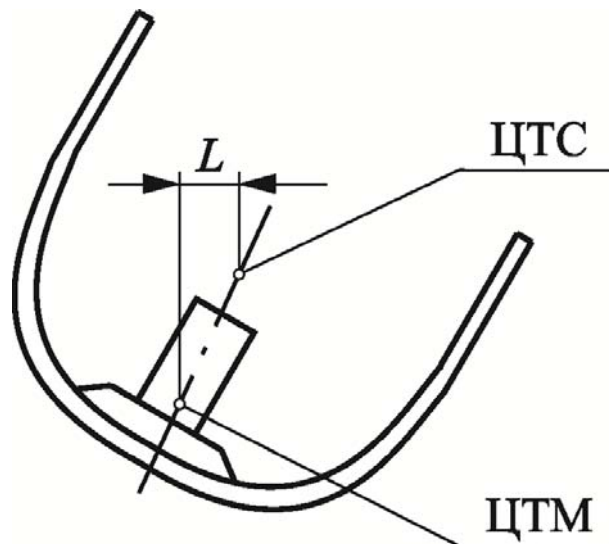


Рис. 26. Схема визначення проекції величини L

Формула (14) – це формула академіка Шиманського.

Додаткові навантаження від упору гребного гвинта

$$P_4 = P_{\text{упора}} \quad (15)$$

– це навантаження діє, якщо встановлено упорний підшипник;
навантаження від моменту (Рис. 27)

$$P_5 = \frac{M}{r}. \quad (16)$$

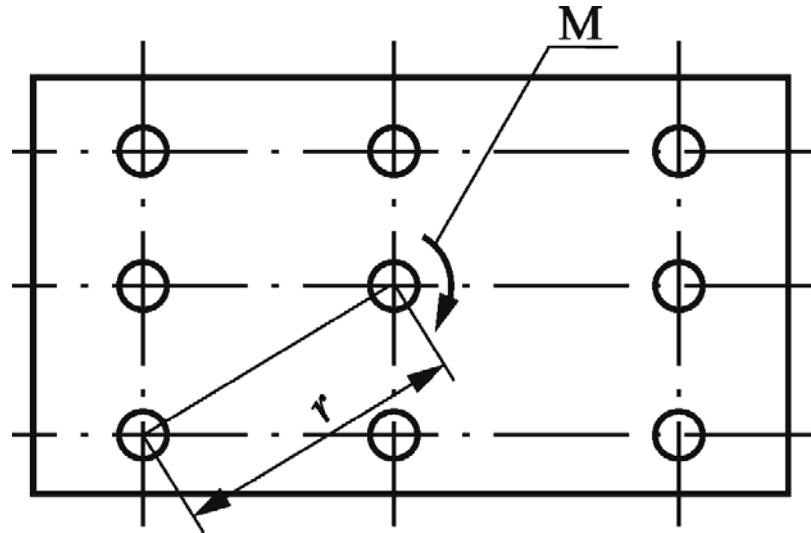


Рис. 27. Схема визначення навантаження від дії моменту.

Наприклад: шпиль, рульова машина. Від дії вищевказаних експлуатаційних навантажень механізм на фундаменті утримує сила тертя від затягування болтів у стику: лапа – клин – фундамент. Зрушує механізм сумарне експлуатаційне навантаження (Рис. 28):

$$\Sigma P_{\text{експ}} = \sqrt{(P_1 + P_4)^2 + (P_2 + P_3)^2} + P_5, \quad (17)$$

при цьому сила тертя

$$R \geq 2 \Sigma P_{\text{експ}}; \quad (18)$$

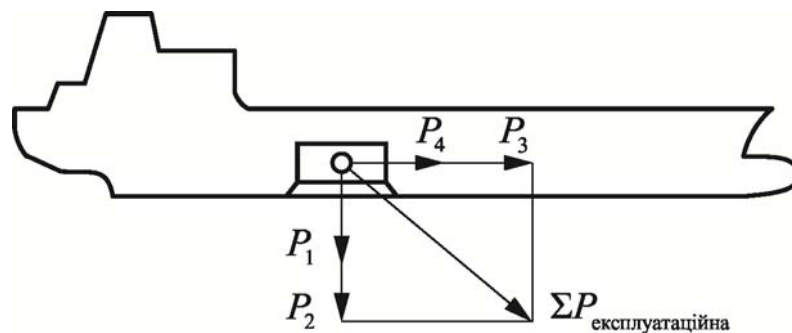


Рис. 28. Схема визначення $P_{\text{експл.}}$

$$P = V_{\text{зат}} \cdot \mu \cdot z \text{ – це вимога нерухомості,} \quad (19)$$

де: μ – коефіцієнт тертя ($\mu=0,3$); z – кількість болтів.

Якщо у результаті розрахунку виявиться, що умова нерухомості не виконується, тобто сила тертя $R \leq 2\Sigma P_{\text{експ}}$, то:

- 1)обираємо болти з матеріалу з більшою межою плинності;
- 2)збільшуємо діаметр болта (змінюємо крок різьби, або її діаметр);
- 3)якусь кількість встановлених розрахунком звичайних болтів змінюємо на призонні, при цьому необхідно економічно обґрунтувати таке технологічне рішення, тому що подібна дія ускладнює технологію монтажу, збільшує, витрати, зв'язані зі свердленням отворів, їх розгортанням та установленням болтів з натягом більше $0,02...0,07$ мм в залежності від діаметру, а також з виготовленням призонних болтів, що потребує додаткових матеріальних витрат (Рис. 29).

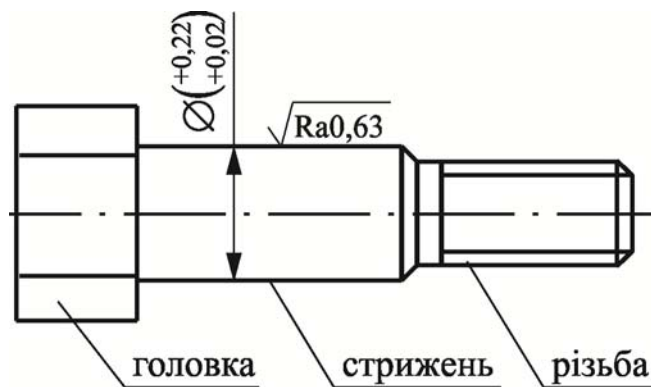


Рис. 29. Призонний болт

Застосування призонних болтів вкрай небажане і не завжди можливе, наприклад, при монтажі механізмів на амортизаторах, або у випадку кріплення подовженими шпильками;

- 4)замість призонних болтів доцільно встановлювати бокові упори;
- 5)зазор між прохідними болтами та отворами заливають розчином на основі епоксидної смоли, що виключає підрізання торців та пригонку поверхонь контакту, а у випадку застосування призонних болтів до сили тертя додається сила зрізу болта, що забезпечить нерухомість механізму:

$$R_{\text{тер}} = R + R_{\text{ср}}, \quad (20)$$

де R – зусилля затягування болта, $R_{\text{ср}}$ – сила зрізу болта.

$$R_{\text{ср}} = 0,5[\tau]F_{\text{ст}} \cdot n, \quad (21)$$

$$R_{\text{ср}} \approx (0,4 \dots 0,5) \cdot \sigma \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n, \text{ кгс} \quad (22)$$

де n – кількість призонних болтів, шт.; σ – межа міцності матеріалу болта, кг/см²

Якщо цей вираз підставити в умову нерухомості, то можемо отримати формулу розрахункової кількості призонних болтів n :

$$n = \frac{2P_{\text{експ}} - R_{\text{ср}}}{0,157 \cdot \sigma \cdot d^2}, \quad (23)$$

де d – діаметр стрижня призонного болта, мм.

І все таки, бувають обставини, що застосовуються призонні болти та ще й з великими натягами. Під час складання цих спряжень, охоплюючи деталь нагрівають, а охоплену – охолоджують. Температуру нагрівання, або охолодження визначають за формулою:

$$T = (1,2 \dots 1,3) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{N}{\alpha \cdot d}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (24)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі;

N – натяг у спряженні, мкм;

d – номінальний діаметр спряжених деталей, мм.

Температура нагрівання не повинна перевищувати 500 °С, щоб деталь не втратила початкову міцність. Перед запресуванням деталь нагрівають у маслі, розплавленому свинці, або відкритим способом, а охолоджують зрідженими газами, повітрям, азотом, або сухим льодом.

13.5. Стопоріння різьбових сполучень механізмів

Основні вимоги до різьбових з'єднань полягають в наступному:

1.Всі гайки з'єднання повинні бути затягнені рівномірно.

2. В з'єднаннях, працюючих при вібрації, товчках, ударах, гайки повинні бути обов'язково застопорені.

3.Різьбова частина болта чи шпильки повинна виступати над гайкою не менше ніж на дві нитки різьби, а різьба , в свою чергу, повинна бути чистою і повною.

4. Під гайками і головками болтів не повинно бути зазорів, тобто вони повинні щільно стикатися з поверхнями деталей, що з'єднуються, або підкладними шайбами.

5. Діаметр підкладних шайб повинен бути декілька більше найбільшого розміру гайки; шайби повинні щільно прилягати як до поверхонь з'єднуємих деталей, так і до торцевих поверхонь гайок.

6. Отвори для болтів і шпильок повинні бути чистими та розташовуватися строго перпендикулярно до поверхонь деталей, що збираються.

Вказані вимоги у повній мірі відносяться як до збирання, так і до монтажних з'єднань.

Не виконання умов технології установки кріпильних болтів, і шпильок їх стопоріння, приводить до браку при складанні різьбових з'єднань.

Переважно при цьому виникають наступні, характерні дефекти:

- обрив болта, або шпильки із-за надмірної затяжки гайки,чи в наслідок наявності в металі болта мікротріщин;

- поломка шпильки в отворі при перекосі шпильковерта під час вкручування шпильки, або при сильному ударі по шпильці важким інструментом;

- змінання різьби гайки чи болта в наслідок неправильної установки в гайці стопорного гвинта або невідповідності виду різьб на гайці і болті;

- нещільне прилягання головки болта і гайки до поверхонь, що з'єднуються із-за відсутності, або неправильно виконаного підрізання місця під установку болта і гайки;

- перекіс чи східчастість отвору під установку болта внаслідок неправильного свердлення, або суміщення отворів в збираємих деталях;

-пошкодження різьби на поверхні , що виступає над гайкою різьбової частини болта або шпильки від ударів по ним гайковим ключем чи іншим інструментом при затягуванні гайок.

- Всі перелічені види браку повинні бути усунені методом заміни пошкоджених болта і гайки, видаленням зламаної шпильки із отвору розсвердленням пошкодженого отвору в деталях що з'єднуються до розміру, обумовленого кресленням.
- При розбиранні деяких різьбових з'єднань на їх деталях рекомендується наносити мітки зубилом, крейцмейселем, або керном. Це значно поліпшує збірку, так як збіг міток свідчитиме про вірність збірки механізму.

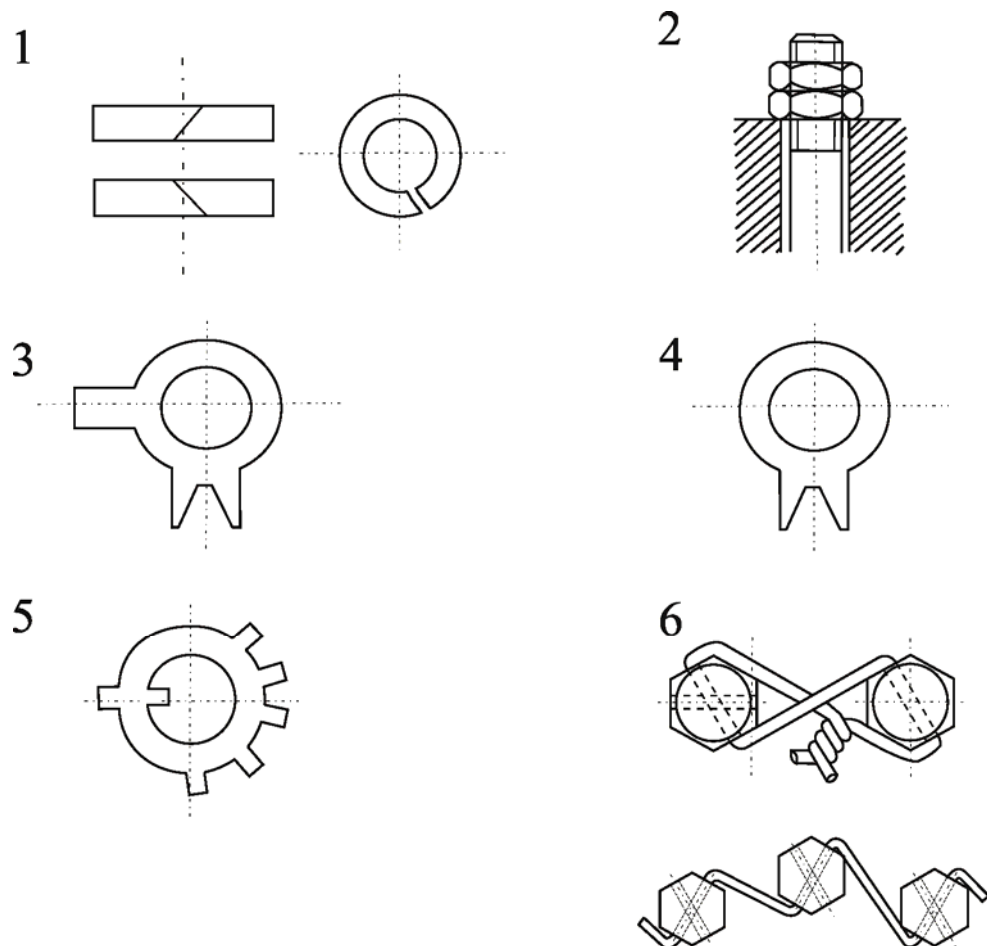


Рис. 30. Типи стопоріння різьбових сполучень

1 – шайба пружинна (гровер) ГОСТ 6402- 70; 2 – контргайка нормальної товщини ГОСТ 5915- 78; 3 – шайба стопорна з лапкою ГОСТ 13463-77; 4 – шайба стопорна з носком ГОСТ 13465-77; 5 – шайба стопорна багатолапчата ГОСТ 11872-80; 6 – в'язання м'яким дротом; 7 – анеробними герметиками.

14. МОНТАЖ РУЛЬОВИХ ТА ПІДРУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

До початку монтажу рульових машин на судні монтують стерно, по баллеру якого проводять центрування стернової машини. В залежності від конструкції стерна (навісний, напівбалансирний, або балансирний) визначають необхідність розточування петель, в які заводять штирі стерна при навішуванні, а також навариш для кріплення сальника на баллері стерна. При навісному стерні і встановленні сальника на дерев'яній подушці можна обійтися без розточування. В інших випадках бажано використовувати розточувальний пристрій.

Перед навішуванням стерно центрують. Для цього його з'єднують з баллером і розташовують горизонтально, перевіряючи його положення по рівню. Потім встановлюють хрестовини, які закріплюють у верхнього торця баллера і нижнього штиря. По натягнутих від хрестовини струнах вимірюють положення штирів із занесенням знятих розмірів в таблицю.

Стерно вважається задовільно зцентрованим, якщо зміщення центрів штирів і шийок баллера не перевищує 0,5мм.

При використанні стерна з подвійним обшиванням внутрішню порожнину їх заповнюють деревом, або полімером , що значно зменшує вагу стерна і дозволяє не встановлювати пристрій для відкачування вологи із його порожнини.

Перед навішуванням стерна перевіряють також центрування петель ахтерштевня. Розрахунок ведеться за замірами струни, що натягнута по центру отворів п'ятки ахтерштевня і сальника баллера. Для розрахунку вимірюють відстані від струни до внутрішніх стінок кожної петлі в напрямках до бортів і в подовж судна у нижнього і верхнього торців кожної петлі.

Якщо в результаті неточності обробки і деформації ахтерштевня при його установці буде виявлено значну не співвісність отворів петель, може бути допущено ексцентричне розточування втулок, що встановлюються в отвори. Цей метод широко використовується при ремонті суден, так як в період експлуатації їх можливі деформації ахтерштевня, що приводять до порушення центровки петель. Центрування виконується методом заміни втулок.

Після установки стерна фланець баллера з'єднують з фланцем рудерпіса на болтах. Як правило, в цьому з'єднанні застосовується шпонка, що сприймає крутний момент. При її відсутності, встановлюються призонні болти. Після установки баллера, на ньому кріплять румпель, попередньо перевіривши, щоб його середнє положення відповідало положенню стерна в діаметральній площині.

По румпелю проводяться центровка і кріплення стернової машини, технологія монтажу якої залежить від конструкції машини і її привода (ручний, електричний, електрогідравлічний). Основними операціями являються центрування і кріплення привода до баллера. Центрування полягає в регулюванні положення привода на фундаменті відносно румпеля до тих пір, поки плунжери циліндра не розташуються в одній площині і строго перпендикулярно вісі баллера з точністю, що відповідає вимогам постачальника машини. Всі переміщення виконуються з допомогою віджимних болтів.

Завершальним етапом центровки привода являється пригонка прокладок та закріплення його на фундаменті.

Установка стернових пристроїв відрізняється жорстким зв'язком з координатами корпусу судна і складається із стерна стернової машини, електричних насосів, трубопроводів та системи керування. Ці вузли нерівнозначні з точки зору монтажу. Достатньою простотою відрізняється монтаж масляного трубопроводу, клапанних коробок, приводів системи керування. Значні труднощі виникають при установленні стернових пристроїв великотонажних суден, в яких деформації корпусу можуть недопустимо змінювати величину радіальних зазорів у отворах ахтерштевня.

Монтаж пера стерна – найбільш трудомістка технологічна операція з усіх вузлів стернового пристрою. Складність монтажу зв'язана з тим, що стерно складається з великих деталей різної форми та має, значну довжину і масу які досягають 15 м та 10 т. Відповідно опори баллера та штиря повинні бути співвісні, що досягається трудомістким розточуванням отворів ахтерштевня в умовах судна, що будується.

14.1. Монтаж стерна.

1. Перо стерна повинно знаходитись суворо у діаметральній площині (ДП) перпендикулярно основній площині (ОП).
2. Зазори між пером стерна та ахтерштевнем повинні бути витримані у межах, вказаних у кресленні.
3. Кути перекладки стерна повинні бути точно встановлені і зафіксовані упорами.

Пробивання теоретичної осі стерна танкера виконують наступним чином. Спочатку визначають співвісність отвору гелмпортної труби та п'ятки ахтерштевня. Для цього на зовнішніх торцях труби та п'яті ахтерштевня встановлюють мішені, через отвори яких протягують струну, за якою центрують проміжні мішені. Далі наносять робочі та контрольні кола на верхньому та нижньому торцях труби та ахтерштевня. Розточування отвору роблять по черзі. Спочатку обробляють отвір гелмпортної труби розточувальним верстатом, борштангу якого орієнтують за контрольними колами, нанесеними від базової струни. При розточенні п'ятки ахтерштевня борштангу орієнтують по колах, але з врахуванням розточеної гелмпортної труби. Після обробки допускається неспіввісність осі отвору п'ятки та осі труби не більше, ніж 1,0 мм (Рис. 31).

Втулки ахтерштевня оброблюють в цеху по фактичному діаметру розточених отворів із забезпеченням 7-9 квалітетів точності. Встановлюють їх з охолодженням у рідкому азоті.

Стерно транспортують під корму суднового підзору та заводять штирем у отвір п'ятки ахтерштевня, верхню частину прицентровують до фланця баллера, або до гелмпортної труби (залежно від конструктивного виконання) з допомогою кранів, талів та домкратів. Радіальні зазори у опорах стерна повинні відповідати ходовій посадці ($f7 \div f9$.) Для компенсації деформації корпусу судна зазори збільшують у опорі штиря на 1 мм і опорах баллера на 0,5 мм. Стерно орієнтують таким чином, щоб були витримані зазори $a = 30 \pm 5$ мм; $b = 20 \pm 5$ мм.

Кут перекладки стерна $\alpha = 35^\circ \pm 1^\circ$ перевіряють за градусною сіткою, що нанесена під кормою судна, та обмежують упорами на п'ятці ахтерштевня.

Знаходження руля у діаметральній площині та робоче положення на правому та лівому бортах фіксується рисками на корпусі опорного підшипника та баллера. Перекладка руля на кожний борт повинна відповідати зусиллям, завданим у кресленні, або технічними умовами на цей механізм.

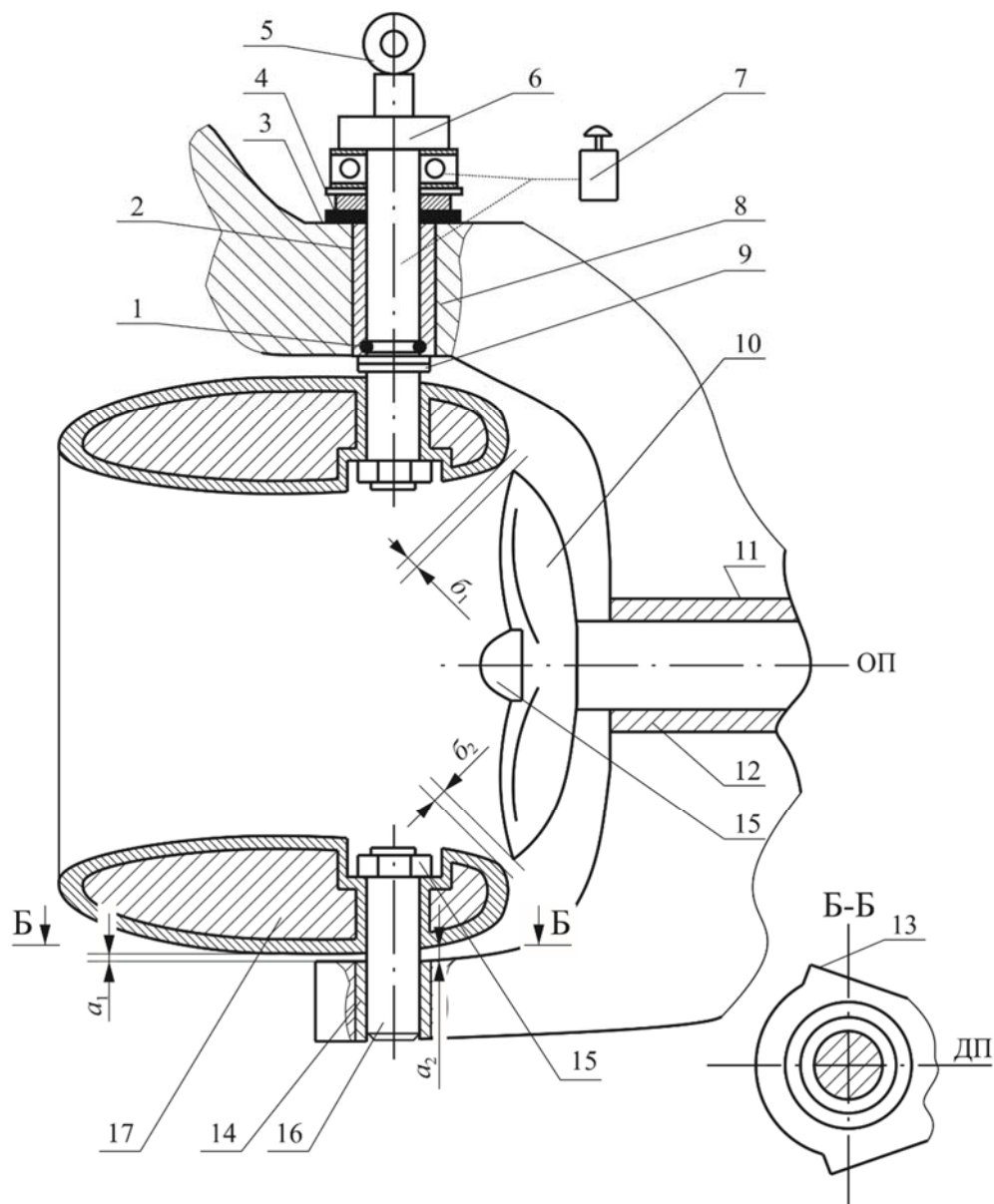


Рис. 31. Монтаж стерна

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1 – ущільнення | 10 – гвинт гребний |
| 2 – втулка гелмпорта | 11 – дейдвудна труба |
| 3 – компенсуюче кільце | 12 – підшипник |
| 4 – опорний підшипник | 13 – пята ахтерштевня |
| 5 – румпель | 14 – упори (ПБ, ЛБ) |
| 6 – бугель | 15 – обтічник |
| 7 – масляна система | 16 – штир |
| 8 – гелмпортова труба | 17 – насадка |
| 9 – фланець | |

14.2. Монтаж поворотних насадок.

Баллер має фланцеве, або конічне з'єднання з насадкою. Верхня опора баллера кріпиться до підволоку румпельного відділення та має роликовий та кульковий упорно-опорний підшипники, на яких базуються насадки. У середній частині баллера на шпонках встановлюють роз'ємний румпель стернової машини.

Насадка може мати нижню опору у вигляді пальця. Центрування насадки виконують відносно встановленого гребного гвинта по радіальних зазорах у опорах та фіксують його положення по висоті за рахунок компенсуючої прокладки баллера.

14.3. Монтаж електрогідравлічних стернових машин.

Машини складаються з чотирьох гідравлічних циліндрів, які у опорній частині мають опорні лапи для кріплення до суднового фундаменту та у верхній частині приливи для установалення насосних агрегатів. Блок з чотирьох циліндрів та напрямних балок утворює жорстку раму, в центрі якої розміщується румпель. У середині кожного циліндра мається плунжерний пристрій, до якого кріпиться по два повзуни. Під тиском гідравліки, що нагнітається насосами змінної продуктивності у два розташовані по діагоналі циліндри, задається пара сил, що переміщує плунжери уздовж осі циліндрів. Від плунжерів через шарніри зусилля передається на цапфу румпеля та на баллер стерна.

Стернова машина має електричні та механічні показники дійсного стану її положення.

При базуванні стернової машини необхідно забезпечити:

- 1) зазори $a = a$, між напрямними рейками та торцями румпеля;
- 2) відстань $L_1 = L_2 = L_3 = L_4$ від плунжерів до оброблених торців циліндрів;
- 3) перпендикулярність машини до баллера, виміряну квадрантом по крену та диференту відносно його торця;
- 4) суміщення показань стрілки на румпелі, фіксуючої знаходження пера стерна у діаметральній площині ДП з нульовим положенням шкали на машині.

Менш трудомістким є кріплення стернової машини з допомогою пластмаси ЄРІ польського виробництва. Отвір у фундаменті свердлять по розмітці або, якщо дозволяє конструкція, через отвори у лапах гідроциліндрів. Машину спочатку кріплять простими, а потім призонними болтами. Найбільш трудомістка операція – ручна обробка в одну горизонтальну площину опорної поверхні фундаментів великих розмірів. Це зв'язане з необхідністю надійного ущільнення фланцевого з'єднання пристрою з фундаментом шляхом застосування латунної сітки у два шари на мастилі, що складається зі свинцевого сурику, цинкових білил, натуральної оліфи з льону. Виключення цієї операції досягається застосуванням герметизуючої пластмаси, що сьогодні широко застосовується (наприклад Ері, польського виробництва).

14.4. Монтаж підрулюючих пристроїв.

Застосовують підрулюючі пристрої (ПП) для швартування суден та руху у стислих каналах. Пристрої мають електричні та гідроприводи, їх розташовують зі зміщенням по довжині симетрично до діаметральної площини у тунелі носового та кормового кінців судна. Для зменшення опору під час руху під головним двигуном робочу частину пристроїв прибирають у спеціальні рецеси, зроблені у корпусі судна. Технологія монтажу залежить від комплектації і методу поставки на судно.

На судні можуть бути встановлені дві гвинтові рушійні рульові колонки, котрі розташовані біля корми у ахтерштевня або в носі поряд з форштевнем. При монтажі повинні бути забезпечені вертикальність колонок з відхиленням не більше 1мм на 1м довжини та щільність з'єднання з фундаментом.

15. КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНІ РОБОТИ

В процесі побудови і експлуатації корпус судна деформується під впливом різних факторів (перерозподіл зварювальних напруг, зміна температурних умов, при спуску на воду, в експлуатації при завантаженні судна, в залежності від хвилювання, крену, диференту та ін.). Валопровід та головні двигуни частково сприймають ці деформації. Одночасно може змінюватись положення базових

площин судна. Все це ускладнює остаточний монтаж великогабаритного обладнання на стапелі.

Деформації корпусу, не дивлячись на необхідність їх врахування, особливо для великих суден, лишаються малодослідженими та недостатньо вивченими. Це пояснюється тим, що вони залежать від багатьох факторів, що не піддаються точним розрахункам та вимірюванням при нестабільних умовах побудови та експлуатації судна. У зв'язку з проектуванням та прискореним будівництвом багатотонажних танкерів, маючих жорсткі короткі валопроводи великого діаметру, проблема вивчення впливу деформацій корпусу стає дуже актуальною. Для головних енергетичних установок цих суден характерні завищені вимоги до їх надійності, що пов'язане з різким зростом ресурсу головних двигунів та значною вартістю ремонтних робіт.

При побудові судна спостерігаються пружні та остаточні деформації корпусу. У період експлуатації найбільш небезпечні остаточні деформації, котрі виникають від перерозподілу напруг після зварювання корпусу судна. Вони приводять до зміни точності монтажу механічного обладнання, досягненої при будові судна на стапелі. Внаслідок цього порушується співвісність валів, виникає перерозподіл навантажень на опори валопроводу, погіршується якість зубчастого зачіплення редуктора ГТЗА, змінюються раскепи колінчатих валів дизелів. У гребних валах виникають напруги, які досягають небезпечних значень, особливо при наявності концентраторів.

Деформації корпусу поділяються на загальні та місцеві. Загальний вигин корпусу як балки, характеризується зміною пружної лінії внаслідок наступних причин:

- 1) деформації під час спуску судна зі стапеля, у період плавання, та перерозподілу зварних напруг;
- 2) різниці температур надводної та підводної частин корпусу;
- 3) нерівномірністю нагріву сонячними променями палуби з одного борту.

Загальні деформації важко піддаються розрахунку. Практично розраховують тільки навантаження судна та вплив гідростатичного тиску води. Інші фактори

враховують за досвідно-статистичним методом, отриманим на збудованих судах, що знаходяться в експлуатації.

Приблизно вважають, що загальний повздовжній вигин корпусу відбувається за плавною кривою, внаслідок чого пружна лінія 1 (див. рис.32.) отримує стрілу прогину $Y_{\max}$. Форма та напрямок вигину визначаються конструкцією судна, його завантаженням та положенням на хвилі. Ступінь впливу загальних деформацій на умови монтажу залежить від багатьох факторів, у тому числі від матеріалу корпусу, довжини судна та місця установлення обладнання.

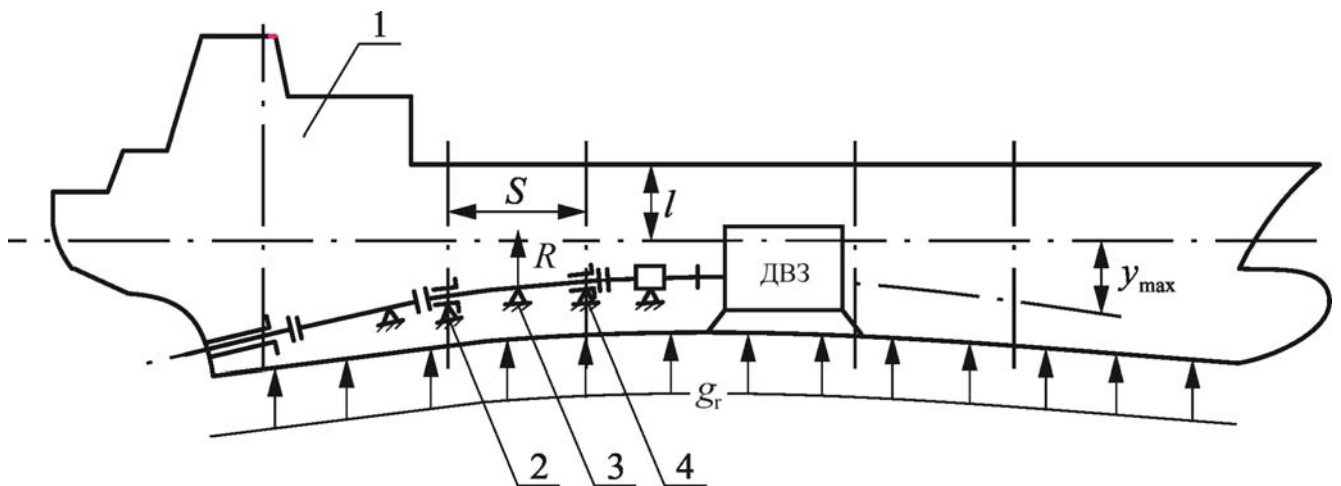


Рис. 32. Дія зовнішніх сил на пропульсивний комплекс.

Найбільш напруженими механізмами на судні є валопроводи та великогабаритні головні двигуни. Оцінку впливу загального вигину можна зробити через навантаження у валах та навантаження на підшипники, виникаючі у валопроводі, котрий знаходиться у найбільш несприятливих умовах.

Академік Ю. А. Шиманський, вважаючи валопровід жорстко зв'язаним з корпусом судна, встановив таку залежність:

$$\sigma_B = \frac{E_B}{\frac{E_K \cdot r}{l \cdot \sigma_K}}, \quad (25)$$

де: σ – напруга у валопроводі; E_B , E_K – відношення модулів нормальної пружності матеріалу вала та корпусу; r – радіус вала; l – відстань палуби від пружної лінії; σ_K – напруга у корпусі судна.

Таким чином, напруги у валопроводі від сумісного вигину з судном залежать від матеріалу валів та корпусу, а напруги у корпусі у стільки раз менше, у скільки відстань від палуби до пружної лінії більше радіусу вала.

$$\sigma_v = \frac{r}{l \cdot \sigma_c} \quad (26)$$

Для сталевих суден: $r/l = 1/10 \dots 1/30$.

Ця формула не враховує впливу зазорів у підшипниках валопроводу, котрий не може точно наслідувати вигин корпусу, так як зв'язаний з ним тільки в опорах і може рухатися у повздовжньому напрямі. Тому фактична величина напруг у валах буде значно нижче вказаних невеликих величин. Вірність цього підтверджують експериментальні дані, але необхідно мати на увазі, що нормальні напруги у валопроводі від вигину мають знакоперемінний характер та при несприятливих умовах можуть бути небезпечні.

При загальному вигині корпусу виникають додаткові навантаження на підшипники, котрі можна визначити як різницю між значеннями перерізуючих сил посередині суміжних прольотів валопроводу (рис. 33).

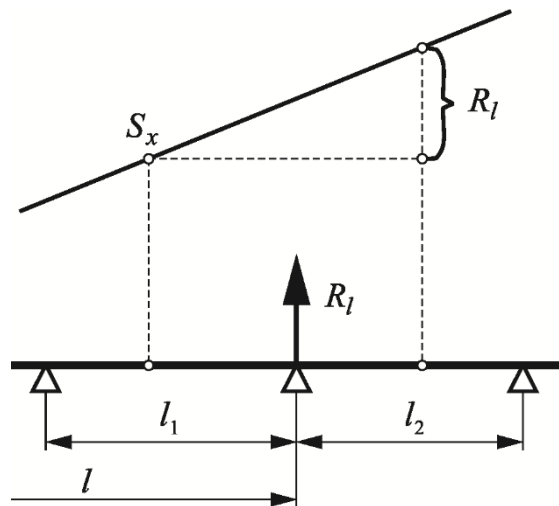


Рис. 33 . Схема для розрахунку навантажень на підшипники валопроводу.

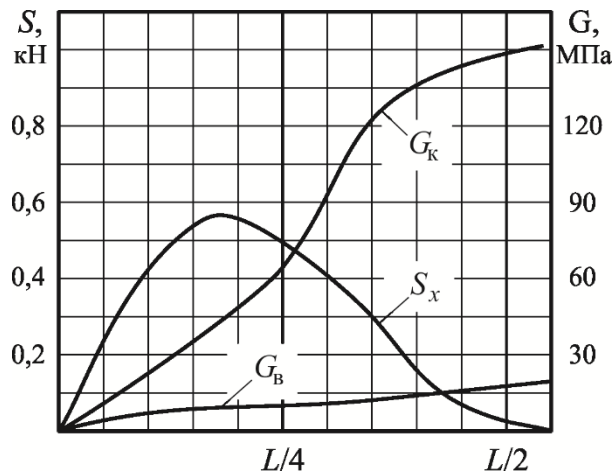


Рис. 34. Зміна нормальних напруг та перерізаючих сил у корпусі та валопроводі під дією загального вигину судна.

$$R_l = |S_x|_{x=l+\frac{l_2}{2}} - |S_x|_{x=l-\frac{l_1}{2}}, \quad (27)$$

де: l – відстань між підшипником та кінцем вала; l_1 , l_2 – довжини суміжних прольотів валів.

у формулі (28) перерізаюча сила при згинанні валів:

$$S_x = 0,01 \cdot V \cdot \frac{I_B}{I_0} \cdot \frac{\sin \frac{2\pi x}{L}}{1,15 \sin \frac{\pi x}{L} + 0,15 \sin \frac{3\pi x}{L}}, \quad (28)$$

де: V – водотонажність судна; I_B – момент інерції вала; I_0 – момент інерції перерізу корпусу у міделі; L – довжина судна; x – даний переріз корпусу.

Приклад. Знайдемо величину навантажень для судна: $L = 110\text{м}$; $I_0 = 1,84\text{м}$, $I_B = 3,65 \cdot 10^4 \text{м}$.

Для кінцевого підшипника (кронштейна)

$l = 0$; $l_1 = 0$; $\frac{1}{2}l_2 = 4,5\text{м} = 0,041 \cdot L$ - для кінцевого підшипника (кронштейна),

отже:

$$R_k = |S_x|_{x=0,041L} = 0,42 \text{кН}.$$

Знайдене навантаження незначне і, становить усього лише декілька відсотків конструктивного навантаження на підшипник. Таким чином для судна з довгим

валопроводом та повздовжніми переборками зміна навантажень на його підшипники при сумісному вигині з корпусом настільки мале, що не може вплинути на експлуатаційну надійність валопроводу.

Однак загальний вигин корпусу судна викликає значну не співвісність при відокремлених фланцевих з'єднаннях. Це особливо небезпечно для з'єднання головного двигуна з валопроводом, де виникає злам пружної лінії судна (температурний вплив на деформацію судна).

Місцевий вигин двигуна, (тиск води, зварювальні напруги, баласт, вантаж...).

Вплив вигину днища в більшій мірі залежить від розташування судових фундаментів та підшипників валопроводу по відношенню до поперечних переборок.

Місцеві деформації корпусу створюють вертикальне переміщення підшипників, найбільша величина якого $f_{\max}$ спостерігається у випадку розташування підшипника 3, посередині між переборками, а суміжних підшипників 2 і 4 – поблизу них (див. рис. 32). Додаткове навантаження підшипника від вигину днища можна визначити за формулою:

$$R = k \frac{E_B I_B}{l^3} f \quad (29),$$

де: k – коефіцієнт, що залежить від характеру затиску вала на суміжних підшипниках ($k=192$ при жорсткому затиску вала на крайніх підшипниках; $k=48$ при вільно опертих кінцях вала); E_B, I_B – жорсткість вала при вигині; l – відстань між підшипниками, суміжними з розглядаємою опорою; f – зміщення опори відносно суміжних підшипників.

Розглянемо крайній випадок: підшипники розташовані посередині прольоту, а кінці вала жорстко затиснуті в опорах, розташованих поблизу переборок. Тоді :

$$f_{\max} = \alpha \cdot S = \frac{1}{192} R \frac{S^3}{E_B I_B} \quad (30)$$

де: S – відстань між переборками; $\alpha=1/2000$ – відношення найбільшої стріли прогину днища до довжини його прольоту.

Звідси:

$$R \approx 0,01 \frac{E_B I_B}{S^2}. \quad (31)$$

Приймаючи $E_B I_B = 7,3 \cdot 10^7$, Н·м²; $S = 10$ м, отримаємо: $R = 73$ кН, а це приблизно у 3 рази перебільшує конструктивне навантаження на підшипники.

Навантаження на перекриття від гідростатичного тиску води:

$$q_r = H + \frac{h}{2}, \quad (32)$$

де: H – осадка судна, м; h – середня висота хвиль, м.

Вигинаючий момент від дії упора гребного гвинта біля головного упорного підшипника:

$$M = T \cdot Y, \quad (33)$$

де: T – упор гребного гвинта; Y – відстань від осі валопроводу до центра важкості вертикального кіля.

15.1. Центрування по зламу.

Вимірювання зламу робиться у вертикальній та горизонтальній площинах. Допуск величини зламу 0,1...0,15 мм/м (Рис. 35).

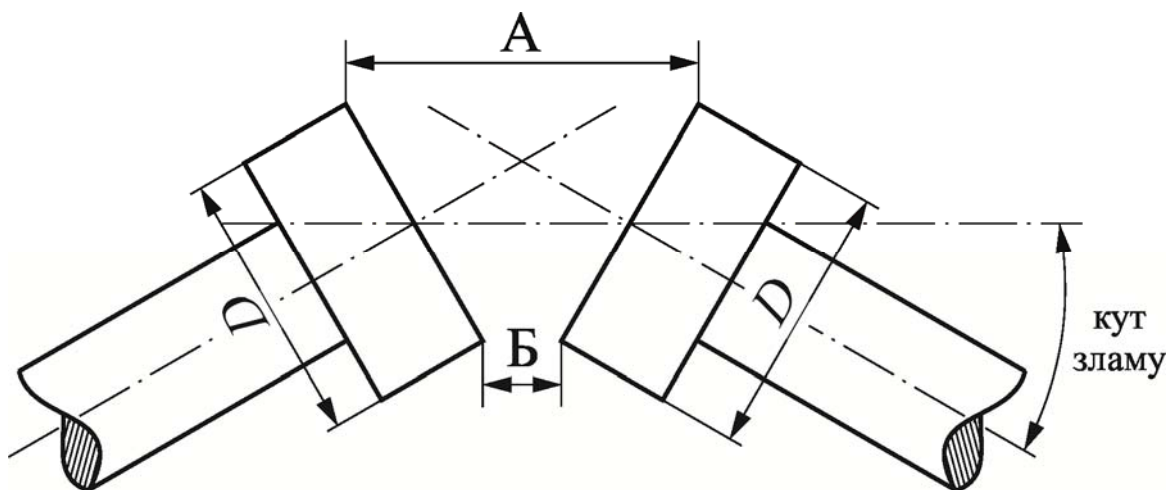


Рис 35. Схема вимірювання зламу валів

Практично важко в умовах судна перевірити кут зламу (його визначають посереднім шляхом виміру різниці зазорів між фланцями у двох взаємно-протилежних точках щупом (індикаторними стрілами)), і це подається, як:

$$S = \frac{A-B}{2} \cdot D, \text{ мм/м.} \quad (34)$$

При цьому у випадку різних за діаметром фланців результат також різний.

Для того, щоб зрівняти допущену величину з одержаною, необхідно: різницю розділити на діаметр фланців, так як допуск дається для фланців діаметром 1м. Розмірність зламу S – мм/м.

Переваги методу у тому, що немає необхідності обертати вали, так як заміряємо щупом.

Для більш точного виміру зламу застосовують стріли, але вимагається сумісне обертання валів (Рис. 36).

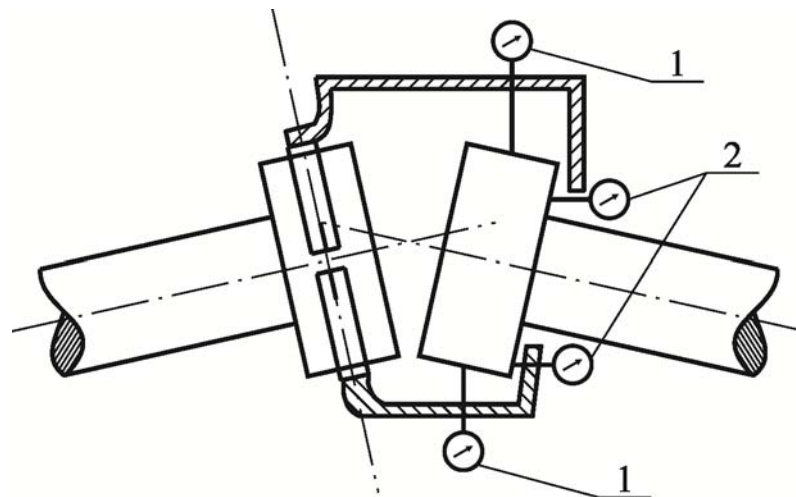


Рис. 36. Центрування з допомогою парних стріл.

1 – зміщення; 2 – злам

Для підвищення точності вимірів та отримання додаткової інформації про зміщення та злам застосовують парні стріли (у двох протилежних діаметрально місцях).

$$\delta = \frac{(z_1 - z'_1) + (z_2 - z'_2)}{2 \cdot D}, \text{ мм/м.} \quad (35)$$

Ділимо на 2, щоб усереднити показання двох індикаторів.

Приклад:

$$\delta = \frac{(0,2 - 0) + (0,2 - 0)}{2 \cdot 0,25} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \text{ мм/м.}$$

(значення злам у виходить за межі допуску – центрування повторити).

Після виконання точного центрування можна починати фіксування. Вищеописана технологія – це стара методика. За новою технологією (сучасною) монтаж починається з установлення базового механізму (редуктора), коли ще немає насичення машинного відділення. При цьому механізм центрується по теоретичній осі, котра наноситься у вигляді двох крапок на конструкції корпусу, або за кормою судна на спеціальному кронштейні-шергені (Рис. 37).

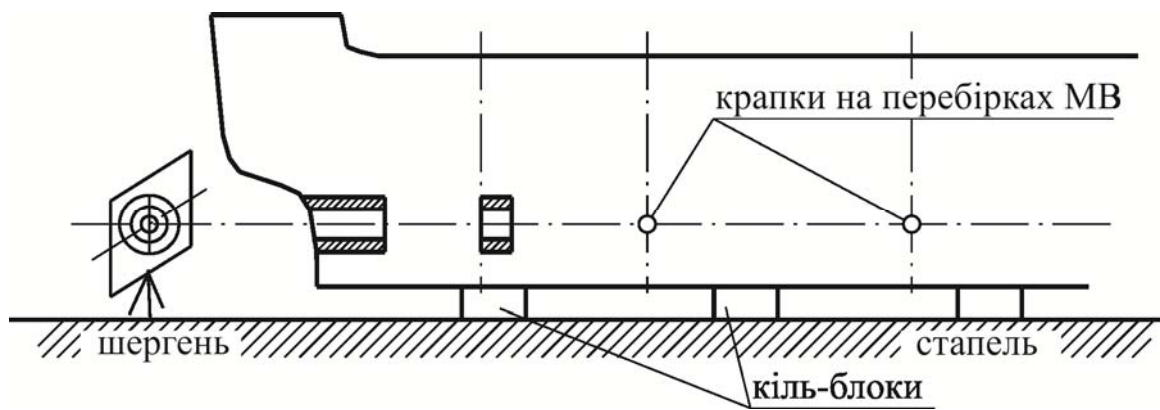


Рис. 37. Пробивка теоретичної осі валопровода

Наносяться крапки по координатах з теоретичного креслення корпусу судна. Ці крапки монтажники матеріалізують з допомогою мішені, тобто через крапку проводиться дві взаємно-перпендикулярні лінії. Вирізаємо отвори газорізкою та на отвори встановлюємо мішень (скляна з поділками), суміщуючи її перетин. А далі по двом мішеням можна центрувати базовий механізм. Для цього на механізм встановлюється оптичний прилад, спочатку відцентрований до осі обертання вала механізму.

Фіксування – це установлення прокладок поміж лапою механізму та фундаментом (Рис. 38).

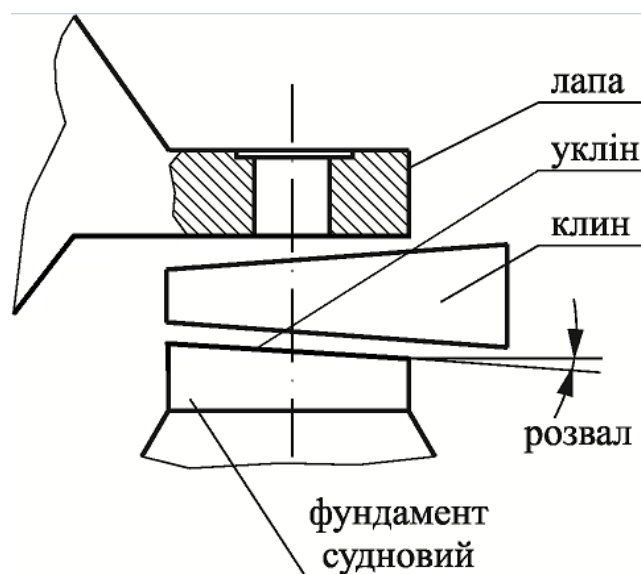


Рис. 38. Фіксування механізмів на фундаменті

Ці прокладки називаються клиновими підкладками, компенсуючими елементами. Ухил на підкладках аналогічний розвалу на фундаменті. Ставлять підкладки біля кожного отвору болта лапи механізму. Можна ставити один клин на два отвори, у будь-якому випадку він не повинен виступати за межі лапи механізму. Прокладка повинна бути точно пригнана до поверхні фундаменту та поверхні лапи механізму без зазору. Щуп 0,05 мм не повинен проходити між ними. Якість прилягання повинна перевірятись на фарбу (прилягання не менш 70%). Якщо контакт гірше, то в процесі експлуатації через великі контактні напружки можливе зминання клинів та, як наслідок, просадка механізму (порушення центрування та ін.).

Для точного виготовлення підкладок необхідно точно виміряти зазор між рамою (лапою) та фундаментом. Величина монтажного зазору: під установку прокладок 10...60 мм. Виміри робляться з допомогою нутроміра-солдатика з точністю 0,01 мм. Існують спеціальні пристрої, які дозволяють виготовляти клини без їхньої підгонки до місця. Після установки клинів знімають віджимні болти, а механізм при цьому не повинен змінити своє відцентроване положення.

Форми прокладок:

- 1) кругла;

- 2) квадратна;
- 3) прямокутна.

Мінімальна величина розміру прокладок визначається технологією та можливістю її виготовлення.

Максимальна величина прокладки регламентується металоємкістю, велика висота погіршує стійкість механізму на фундаменті.

Матеріал прокладок – метал, який не дає усадок (чавун, сталь, полімери, дуб).

Конструкція прокладок:

1) круглі, що складаються з одного, або двох самовстановлюючих, виготовляючих на спецобладнанні елементів (товщина сферичної прокладки при невірному виготовленні може давати усадку механізмів);

2) з полімерних матеріалів на основі епоксидної смоли (ФМВ – формуєма малоусадочна волокниста; ЕД – 5, ЕД – 6, ЕД – 20 – смола; ПЕПА – затверджувач): для міцності додають арматуру (скловолокно або асбест); все це перемішується у змішувачі та з допомогою преса крізь отвори у лапі механізму заливається в зазор навколо отвору, де стоїть рамка. Така прокладка виключає обробку фундаменту повністю та забезпечує 100% прилягання з виключенням приганяльних робіт, але ця прокладка має високу вартість (питоме навантаження ≤ 200 кг/см² – композит; а якщо більше 200, але менше 400 кг/см² – метал);

3) ЖМ-250 – рідиннотекуча малоусадочна + залізний порошок;

4) клин з полімерів – це металевий клин на 0,5 мм тонше зазору, змащений з двох сторін епоксидною смолою.

15.2. Засоби кріплення механізмів.

Різьбовими називають такі роз'ємні складальні з'єднання, які можна отримати, або за допомогою різьбових кріпильних деталей (болти, гайки, шпильки, гвинти), або за допомогою різьби, нанесеної безпосередньо на з'єднуємі деталі (в трубних з'єднаннях).

Болти, що застосовуються для щільного з'єднання між собою деталей або вузлів, мають шестигранну, квадратну, рідше – напівкруглу або потайну головку і циліндричний стержень з різьбою на частині його довжини. Залежно від повноти обробки розрізняють болти: чисті, у яких повністю оброблена головка і чисто обточений стержень; напівчисті, у яких обточена тільки опорна поверхня головки і торець стержня, і чорні, застосовувані для невідповідальних з'єднань, у яких стержень і головка остаються необробленими після кування або штамповки. В залежності від призначення болти підрозділяються на прості (з різною по формі і розмірах головкою), фундаментні, призонні і вантажні (рим-болти).

Прості (прохідні) болти – виготовляють по місцю, або використовують стандартні, виготовлені за діючим ДЕСТом, або за ОСТом, з врахуванням довжини на яку впливає товщина лапи, фундаменту та вирівнюючої підкладки, що використовується при монтажі і centruванні механізмів. Тому болти підбираються тоді коли виконані монтажні роботи. Так як наперед важко вгадати їх довжину (див. рис. 39).

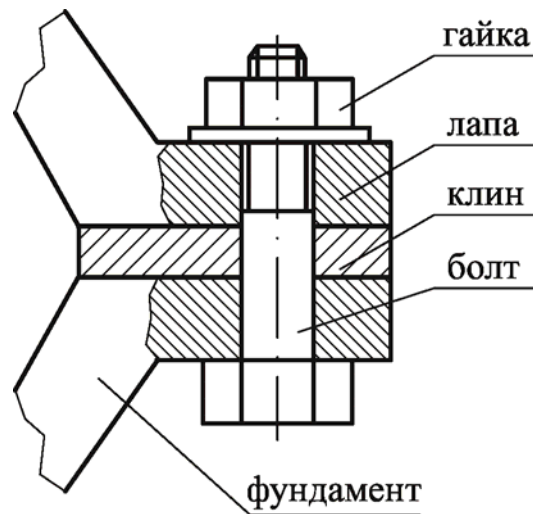


Рис. 39. Болтове кріплення механізму до фундаменту.

Призонні, або калібровані, болти мають чітко оброблені циліндричний або конічний стержень, щільно посаджений в отвір. Такі болти призначені для чіткого фіксування на фундаменті головних судових двигунів, а також для запобігання взаємного бокового зміщення з'єднаних деталей.

Вантажні болти (рим-болти) мають головку, виконану у вигляді кільця, і застосовують для підняття судових механізмів при завантаженні їх на судно або для зняття кришки корпусу при огляді і ремонті механізму.

Гвинтами називають кріпильні деталі невеликого розміру, які на відміну від болтів мають головку циліндричної, напівкруглої, напів потайної, потайної і іншої форми з прорізом для викрутки. По призначенню гвинти підрозділяються на прості, установчі, відкидні та ін. Найбільше застосування в слюсарно-збірних роботах знаходять установчі гвинти, використовувані для фіксування однієї деталі відносно іншої (наприклад, установчі кільця та рукоятки на валах)

Шпильками називають циліндричні стержні з різьбою на обох кінцях, застосовувані частіше всього для кріплення знімних кришок судових насосів, компресорів, редукторів та ін., а також для кріплення фланців труб до наваристів на переборках. Основними розмірами простої шпильки є: номінальний діаметр d різьби; діаметр d_1 гладкої частини; довжина l_1 вгвинчуємого (посадочного) різьбового кінця; довжина l_0 другого різьбового кінця; довжина l виступаючої частини (стяжного кінця) шпильки.

Калібрований болт (встановлюється з натягом).

Шпильками (як різновід – подовженими шпильками, для більш надійного, кріплення віброуючих механізмів (див. рис. 40).

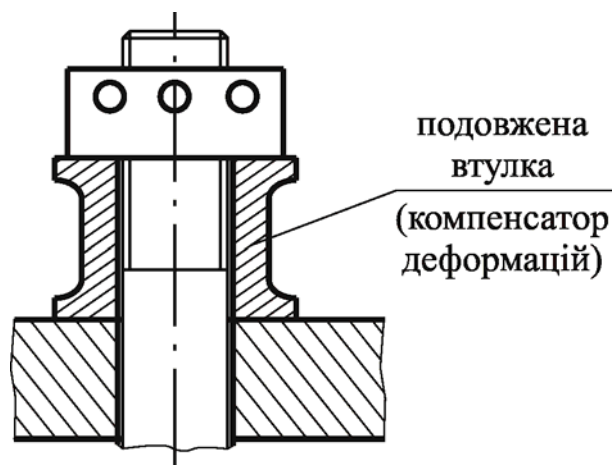


Рис. 40. Кріплення механізму шпильками

Кріплення з допомогою упорів у сполученні з болтовими з'єднаннями (упори ставляться на механізми, схильні до значних зрушуючих навантажень (шпиль, брашпиль, стернова машина), а також у тих випадках, коли неможливо поставити призонні болти) (див. рис. 41).

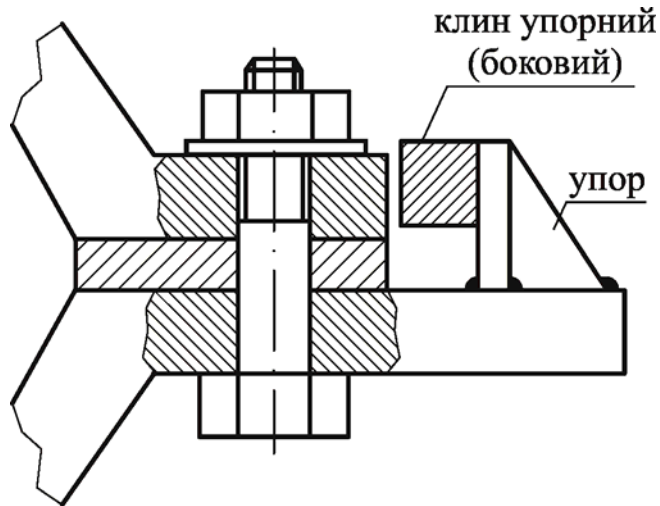


Рис. 41. Встановлення бокових упорів.

Кріплення прохідними болтами (після закріплення необхідно запобігти самовідкручування гайок, застосувавши засоби стопоріння різьбового з'єднання (див. рис. 42).

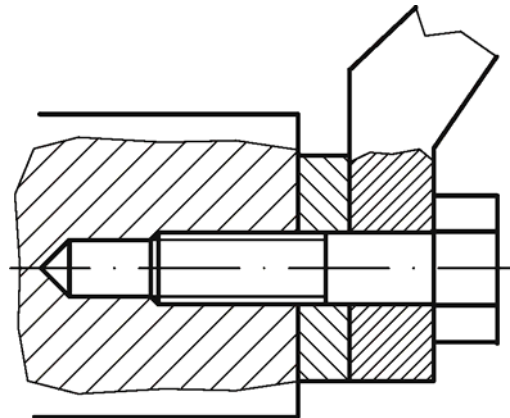


Рис. 42. Кріплення механізму глухими болтами.

15.3. Технологія встановлення болтів.

Правила зборки різьбових з'єднань передбачають, щоб при збірці окремих деталей було забезпечено щільне прилягання поверхонь, що з'єднуються без всяких прокладок, якщо вони не передбачені кресленням. При кріпленні деталей

болтами спочатку перевіряють місце на якому повинна стати гайка, і якщо це місце недостатньо рівне, то його проточують на верстаті або розгорткою (рис. 44), допускається виготовляти спеціальну шайбу. Якщо з'єднання невідповідальне, то болти входять в отвори деталей, що з'єднуються з великим зазором. Як правило болти заводять в отвори знизу, а потім на них вільно нагвинчують гайки.

Остаточну затяжку гайок проводять тільки тоді, коли в отвори поставлені всі болти і нагвинчені всі гайки. Затягувати гайки необхідно поступово, за три прийоми: з початку завернути до дотику з шайбами, або з поверхнею деталі, потім затягнути легко і тільки потім затягнути остаточно, дотримуючись при цьому визначеної черговості затяжки. Не слід затягувати гайки підряд, одну за другою, так-як при цьому вони можуть бути затягнуті нерівномірно, що приведе до перевантаження деяких з них, зминанню різьби і навіть обриву болтів. Гайки, розташовані по колу (на фланцях трубопроводів, кришках циліндрів ДВЗ і т.п.), слід затягувати хрест-на-хрест в три прийоми, дотримуючись послідовності указаної в технічних вимогах на зборку. На кришках великої довжини(кожухи блоків циліндрів ДВЗ, великих редукторів) гайки затягують, як правило, від середини до країв, або по спеціальній схемі, тому що затягування гайок від країв до середини приведе до деформації кришок.

Рівномірному затягуванню гайок сприяє застосування ключів з регулюємим крутним моментом. З'єднання деталей за допомогою шпильок виконується за визначеними правилами. Правильно поставлена шпилька повинна сидіти в отворі щільно і при згвинчуванні з неї гайки навіть з тугою різьбою шпилька не повинна вигвинчуватись із деталі. Вона повинна бути строго перпендикулярна тій площині деталі, в котру вона вгвинчена. Глибина отвору під шпильку повинна бути більше довжини її нарізаної частини. Існують наступні способи вкручування і викручування шпильок:

1. На вільний нарізний кінець шпильки навертають дві гайки так , щоб вони були щільно прижаті одна до одної. Повертаючи ключем верхню гайку, шпильку вкручують в нарізний отвір. *НЕДОЛІК* цього способу полягає в тому, що послабляється посадка шпильки при зкручуванні з неї гайок.

2. На різевий кінець шпильки накручують »солдатик« - спеціальне пристосування, що являє собою високу шестигранну гайку зі стопорним гвинтом в її верхньому кінці. Застопоривши «солдатик» на шпильці, звичайним гайковим ключем крутять гайку, разом з котрою загвинчується і шпилька. Коли шпилька загвинчена, стопорний гвинт послаблюють, підтримуючи гайку ключем.

Після цього гайка легко згвинчується із шпильки. Таким же чином виконують викручування шпильки.

3. Шпильку вкручують і викручують з допомогою спеціальної головки шпильковерта, що значно підвищує продуктивність праці.

Правила затягування гайок на шпильках ті ж самі, що і для болтового з'єднання. Після затягування, гайки стопорять для попередження само відкручування при вібраціях під час роботи механізмів. Основні способи стопоріння гайок приведені на рис.30.

Перед установленням болтів необхідно підготувати місце їх установки.

Просвердлити отвори у клині та у фундаменті (по місцю) крізь отвір (існуючий) у лапі двигуна (механізму), як крізь кондуктор.

Для установлення призонних болтів необхідна додаткова технологічна операція– розгортання. Розгортання отворів здійснюється декількома розгортками, райберами) до отримання достатньо чистої поверхні ($R_a=1,25\ldots0,63$). Після цього діаметр отвору заміряється з (точністю до 0,01 мм) та тільки після цього проточується стрижень болта з врахування величини натягу (+0,02÷0,14) в залежності від діаметру болта.

Установлення призонних болтів здійснюється з допомогою охолодження їх у рідкому азоті (до -163°C). З метою спрощення цієї операції допускається застосовувати полімерний матеріал, який заливають у зазор між болтом та стінками отвору.

Після свердлення отворів у клині та фундаменті необхідно підрізати торцеву поверхню у місці установки гайки та головки болта.

Для забезпечення перпендикулярності цієї поверхні до осі отвору. Здійснюється розточення площадок під установку гайок та голівок болтів,

забезпечуючи цим безззорне площинне з'єднання, так як у іншому випадку на болт діють не тільки розтягуючі зусилля, та зусилля зрізу (при крені судна), але й згинальні моменти, котрі приведуть болт до розриву (Рис. 43).

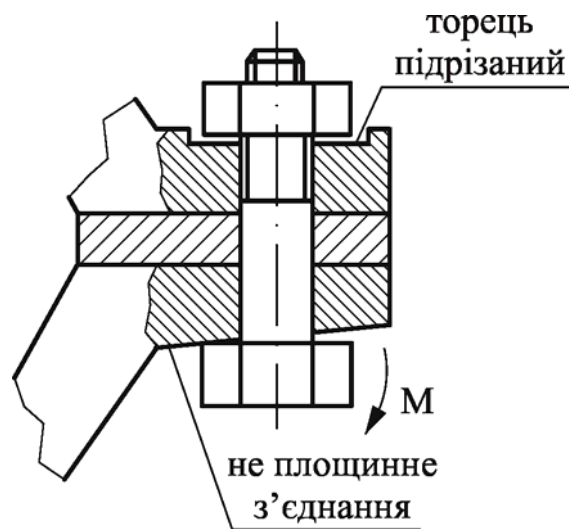


Рис. 43. Приклад підготовки полиць для болтового з'єднання.

Для підрізання торця у нижній важкодоступній частині, у отвір вставляють оправку з ковзною по отвору посадкою, на кінці якої установлюється торцева фреза, ріжучою частиною звернена до оброблюємої поверхні рис. 44.

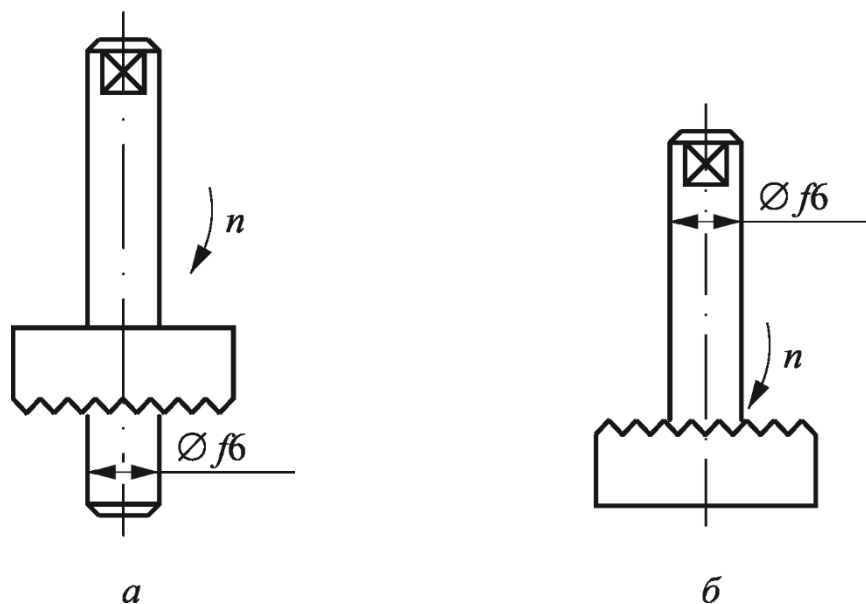


Рис. 44. Зенкери для обробки торців поверхонь під гайку (а) та голівку болта(б).

У цьому випадку забезпечується перпендикулярність отвору під призонний болт та оброблений торець під голову болта і його гайку (Рис. 45).

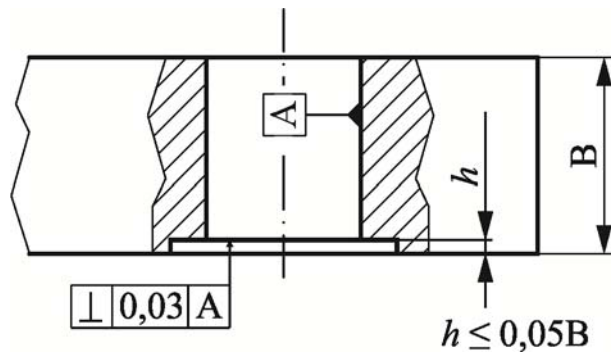


Рис. 45 .Технічні вимоги до розвертання контактних поверхонь

15.4. Базування механізмів.

Це установлення механізму відносно фундаменту (симетрично відносно корпусних конструкцій).

Базування здійснюється за параметрами: ніс-орма, ЛБ-ПБ, верх-низ, крен-диферент.

Для здійснення базування, тобто переміщення механізму, застосовують віджимні болти, котрі завертаються в лапу механізму для його вертикального переміщення, для горизонтального – приварюються тимчасові упори. Віджимні болти застосовують не завжди, так як вони володіють обмеженою вантажепід'ємністю. Для ваговитих механізмів застосовують клинові домкрати або гідродомкрати, але необхідно пам'ятати, що усі ці пристрої повинні мати невелику товщину (висоту). Перед базуванням прибираються дерев'яні прокладки, після чого починається базування. Кількість встановлюємих віджимних пристроїв залежить від ваги та розмірів базуємого механізму.

Допуск на базування допоміжних механізмів $\pm 1...3$ мм. Точність розмітки ± 3 мм. Для допоміжних механізмів на цьому базування закінчено. Приступаємо до фіксування.

Точному базуванню підлягають механізми точні, котрі з'єднуються один з одним (дизель з редуктором). Перед точним базуванням, котре називається "центровка", необхідно зробити спарювання валів з'єднуємих механізмів. Ця операція, як правило, робиться в цеху. При спарюванні вали підлягають дуже

точному центруванню один до одного 0,03мм (центровка на судні допускається 0,1...0,2мм).

При спарюванні вали центруються за зміщенням з точністю 0,03 мм
рис. 46...49.

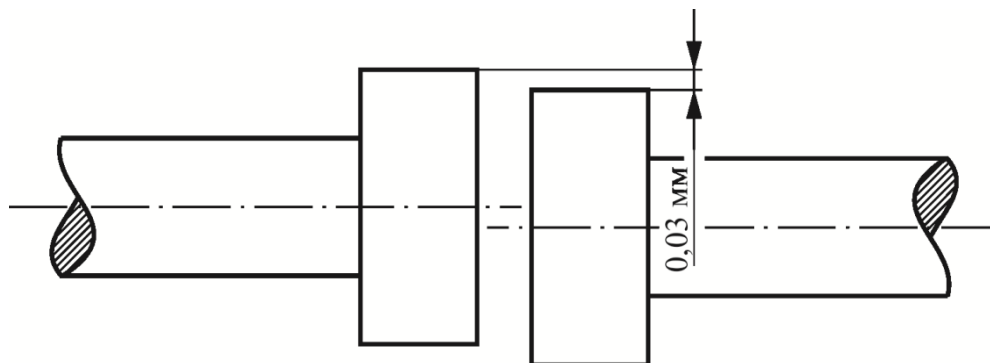


Рис. 46 Допуск на спарювання валів

Здійснюється рознесення центрального бою рис. 47.

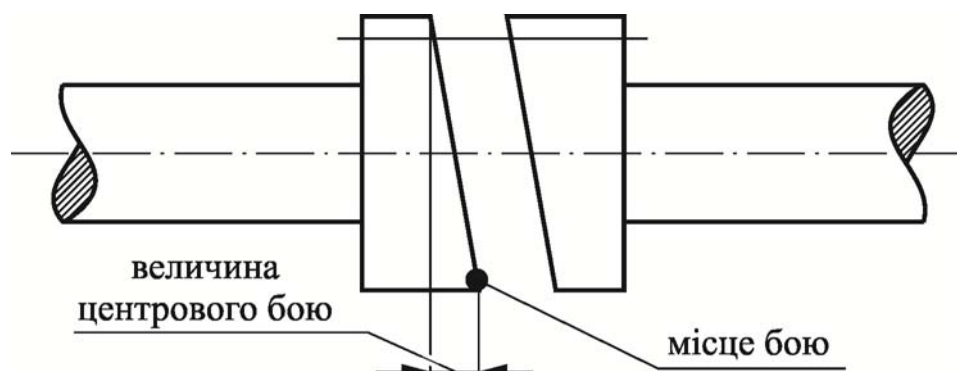


Рис.47. Рознесення центрального бою

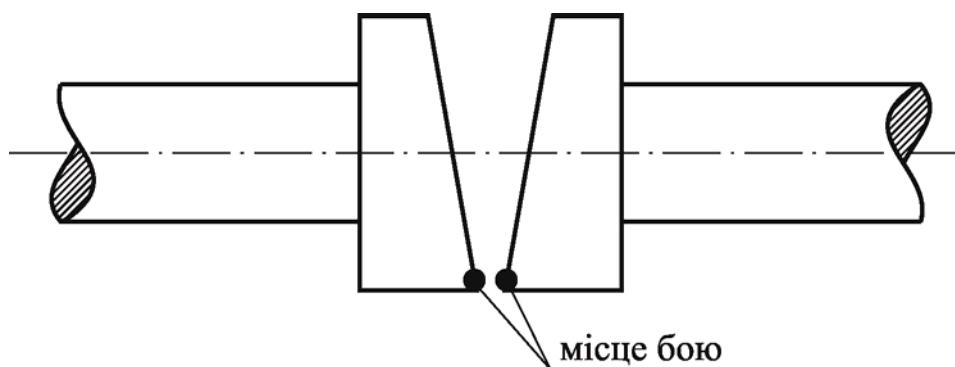


Рис. 48. Визначення центрального бою

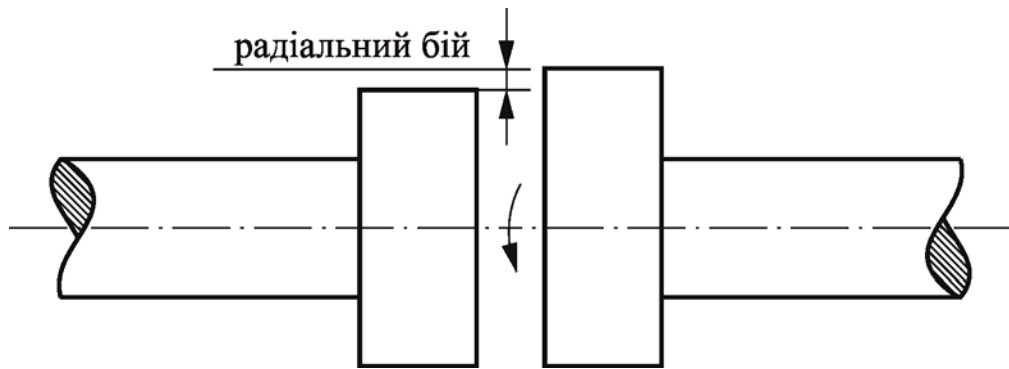


Рис.49 . Визначення радіального бою

Рознести бій – це виміряти його величину, намітити місце його знаходження та розвернути фланець на 180° . Вимірюється з допомогою двох індикаторів.

Після цього робиться сумісне виготовлення отворів, з'єднуючих фланці валів, тобто спарювання – це ще й сумісне свердлення отворів у фланцях, та з'єднання валів.

15.5. Точне базування на судні за фланцями валів (центрування)

Здійснюється за двома параметрами:

- 1) за зломом;
- 2) за зміщенням рис.50.

Допуск на судні $\Delta = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$.

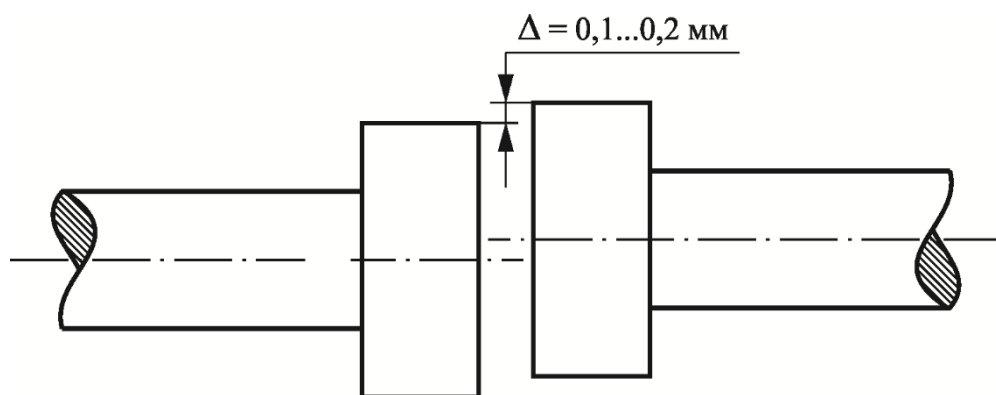


Рис 50. Допуск на зміщення

Вимірювання зміщення здійснюється лінійкою та щупом по циліндричній поверхні фланця (без врахування ексцентричності вала). Вимірювання здійснюється у вертикальній та горизонтальній площині. Зручність цього методу у тому, що вали немає потреби провертати.

Недолік: не враховує ексцентричність вала; неможна використовувати, якщо фланці різних діаметрів.

Для більш точного заміру зміщення, та коли фланці неоднакові застосовують стріли, які називають парними (Рис. 51).

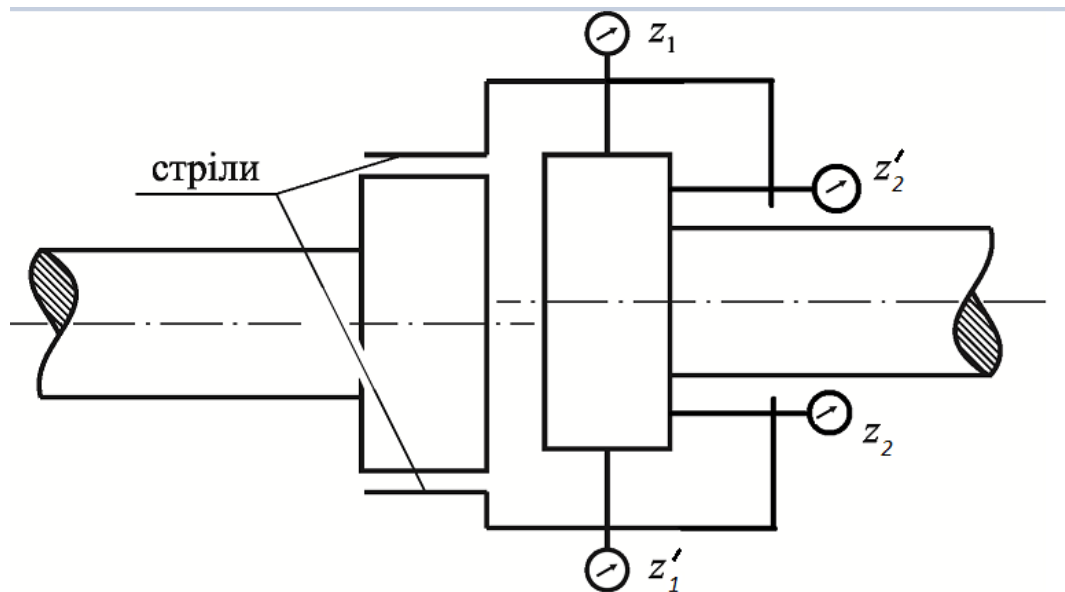


Рис. 51. Центрування різних за діаметром фланців*

Стріла – кронштейн з індикатором годинникового типу.

Як правило, застосовують дві стріли для підвищення точності вимірювання з двома індикаторами розташованими перпендикулярно до циліндричної та торцевої поверхонь фланцю. Це дуже точний і наглядний метод вимірювання.

Вимірювання з допомогою стріл вимагає сумісного провертання валів. Виміри повинні робитись у двох площинах: вертикальній та горизонтальній.

Індикатор встановлюється на "0", а далі провертається разом з валом на 180° . При цьому індикатор показує подвійну величину зміщення. Для одержання значення зміщення розділимо на 4:

$$\Delta = \frac{z_1 + z'_1}{4} \quad (36)$$

Якщо з більшим допуском відцентруємо вали, виникне перевантаження підшипника. Ці операції повинні забезпечувати мінімальну працездатність та простоту перевірконого контролю. Якість прилягання клина до опорних поверхонь механізму та фундаменту перевіряють "на фарбу" або щупом. Контроль сполуки на фарбу складніше, ніж щупом., але достовірніше.

Призонні болти встановлюють шляхом механічного запресовування або з попереднім охолодженням у рідкому азоті (ручне запресовування незручне, так як болт заводиться знизу вверху).

Співвісність валів механізмів перевіряють з використанням стріл, зазори між торцями фланців (злами) заміряють індикатором або щупом (щупом – працездатно і результат залежить від досвіду виконавця).

Центровка валопроводів здійснюється шляхом визначення співвісності валів, або навантажень на підшипники (за регулюванням навантажень дозволяється мати більш вільні допуски, технологічно забезпечені у суднових умовах). Контроль співвісності валів, за приляганням шийок до підшипників та інші операції вимагають часткового розбирання механізму, що небажано у суднових умовах.

Актуальні питання сьогодення – скорочення числа контролюємих вузлів для перевірки відсутності деформацій без розбирання механізму.

Підвищення жорсткості механізмів зменшує деформації агрегату в процесі монтажних операцій до величин, допустимих технічними умовами. Після установлення жорстких агрегатів достатньо контролювати тільки вузли кріплення до суднового фундаменту.

Для центрування головних двигунів та валопроводів, пробивання теоретичної осі валопроводів та баллерів стерня з діаметром валів понад 300 мм при відстані візування не більше 60...70 м, та перевірки прямолінійності і площинності застосовують прилад ППС –11 (див. рис. 52.)

ППС –11 складається з циліндричного корпусу 1. У ньому змонтована оптична система двох барабанів 2, з допомогою котрих визначається точне

відхилення осі мішені від сітки приладу у двох взаємно перпендикулярних площинах. До складу приладу входять також барабан 3 (для регулювання фокусної відстані), змінний окуляр 4, основа 5 та підставка 6, з допомогою якої перевіряється прямолінійність та площинність поверхонь. Наглядність якості центрування відбувається безпосередньо візуально в окулярі труби.

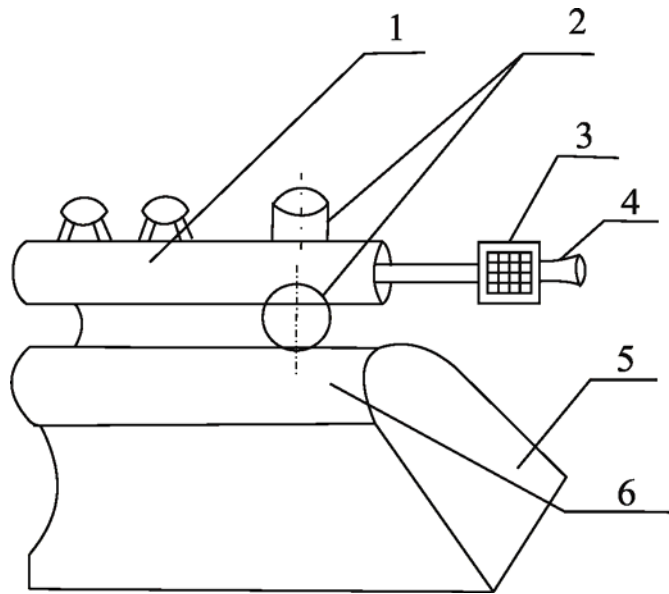


Рис. 52. Прилад ППС-11

1 – циліндричний корпус; 2 – барабани взаємо-перпендикулярних переміщень; 3 – барабан фокусування; 4 – змінний окуляр; 5 – основа; 6 – підставка.

Для центрування механізмів, пристроїв, валів, підшипників, а також для розмітки під розточку мортир, кронштейнів та наваришів, розташованих на великих відстанях від базових механізмів, застосовують нівелір прицевий НА – 1, котрий складається з основної внутрішньої труби та з'єднувальної втулки, що служить для компенсації лінійного розширення труби. У стовщену частину основної труби угвинчений об'єктив із зубчастою рейкою. До заднього торця оправки прикріплена труба з зафіксованою лінзою, що переміщується вздовж осі з допомогою рейки, у зачепленні з якою знаходиться шестірня з маховиком.

Для контролю прямолінійності та співвісності, для розмічання мортир і кронштейнів під розточення, центрування опор, механізмів та пристроїв переважно використовується струна оптична ДП-477. Вона складається з сферичного аксікону та спостережного мікроскопа. Відхилення від співвісності (прямолінійності)

спостерігається як зміщення зображення світлової точки відносно сітки окуляра. Величина відхилення відраховується по барабану мікрогвинта у мікрометрах. Пристрій може бути використаний для перевірки висотних відміток при монтажі та установленні важких механізмів. Він може бути застосований як у вертикальному, так і в горизонтальному положенні.

15.6. Використання лазера для контрольно-перевірочних робіт.

У зв'язку з переходом до індустріальних методів побудови суден, зокрема до зборки суден з насичених зональних блоків та модулів, підвищуються вимоги до точності монтажу механічного обладнання, його координат у зональних блоках та модулях, до точності виконання стиковочних елементів самих зональних блоків та модулів і, як слідство, підвищуються вимоги до точності монтажу в цілому.

Для рішення цих задач необхідні відповідні контрольно-вимірювальні методи та засоби, серед котрих важливе місце займають лазерні вимірювальні системи через їх широкі можливості та перспективи.

Лазер, або оптичний квантовий генератор (ОКГ) – це оптичний резонатор, виконаний, наприклад, у вигляді двох плоских дзеркал, між відбивними поверхнями котрих знаходиться речовина із збудженими атомами, або молекулами, здатними випромінювати світлову енергію. Збуджений атом, або молекула при зіткненні з фотоном випромінювання виділяє один точно такий же фотон. Виділення посилюється при переміщенні від одного дзеркала до іншого, що розповсюджується вздовж осі резонатора до певної якоїсь межі. Випромінювання ж у інших напрямках згасає.

Частина світлової енергії, що розповсюджується вздовж осі резонатора, відводиться крізь дзеркала, котрі виконуються напівпрозорими.

Лазерні вимірювальні системи включають наступні пристрої перетворення проміння:

- 1) модулятори, що змінюють інтенсивність потоку випромінювання за заданим законом;
- 2) сканери – пристрої для переміщення променя;

- 3) пристрої для фокусування променя та збільшення його потужності (зорові труби та коліматори);
- 4) пристрої для фокусування променя;
- 5) пристрої для поділу променя на частини з однаковим характером розподілу енергії у поперечному перерізі;
- 6) пристрої для зміни характеру розподілу енергії у поперечному перерізі променя (діафрагми, зонні пластини);
- 7) пристрої, приймаючі випромінювання (візуальні та фотоелектричні);
- 8) пристрої для зміни напрямків променя (призми, дзеркала, дзеркально-лінзові відбивачі).

15.7. Оптично-вимірювальні системи.

Оптично-вимірювальні системи (ОВС) характеризуються простотою конструкції, процесу вимірювання та контролю прямолінійності і співвісності, а також високою точністю матеріалізації прямої (референтної) до 1".

Лазерні вимірювальні системи (ЛВС) складніше ОВС, але вони компактні, прості у обслуговуванні, забезпечують високу точність на відстані 30...50 м, вимагають зайнятості одного оператора (Рис. 53).

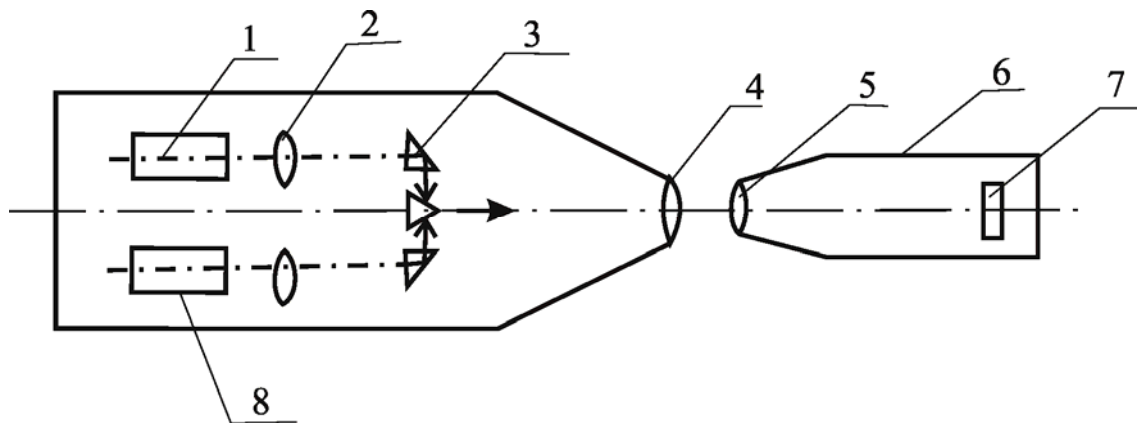


Рис. 53. Схема лазерної вимірювальної системи із світлодіодом.

1 – прожектор, 2 – конденсор, 3 – призма, 4,5 – об'єктиви, 6 – фотоприймач, 7 – фотоеlement, 8 – іонно-гелієвий світлодіод

У суднобудуванні широко використовуються для контролю розташування осей та поверхонь. Методи вимірювання ґрунтовані на використанні оптичних

теодолітів. Оснащення теодолітів лазерним випромінювачем поширює діапазон перевірочних робіт, що виконуються при монтажі суднового механічного обладнання. Лазерні теодоліти дозволяють створювати у просторі орієнтовані необхідним чином світлові промені, обертати ці промені у горизонтальній та вертикальній площині, дистанційно керувати машинами для обробки фундаментів та відрізання припусків на стиковочних секціях. (Рис. 54 та 55).

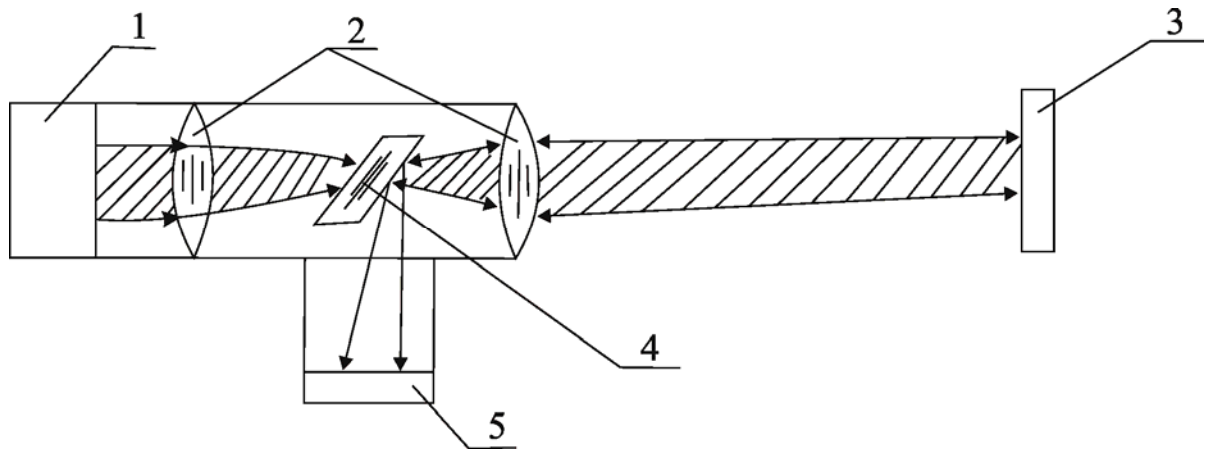


Рис. 54. Схема лазера з автоколімаційною голівкою
1 – лазер; 2 – колімаційна система; 3,5 – фотоелементи; 4 – напівпрозоре дзеркало.

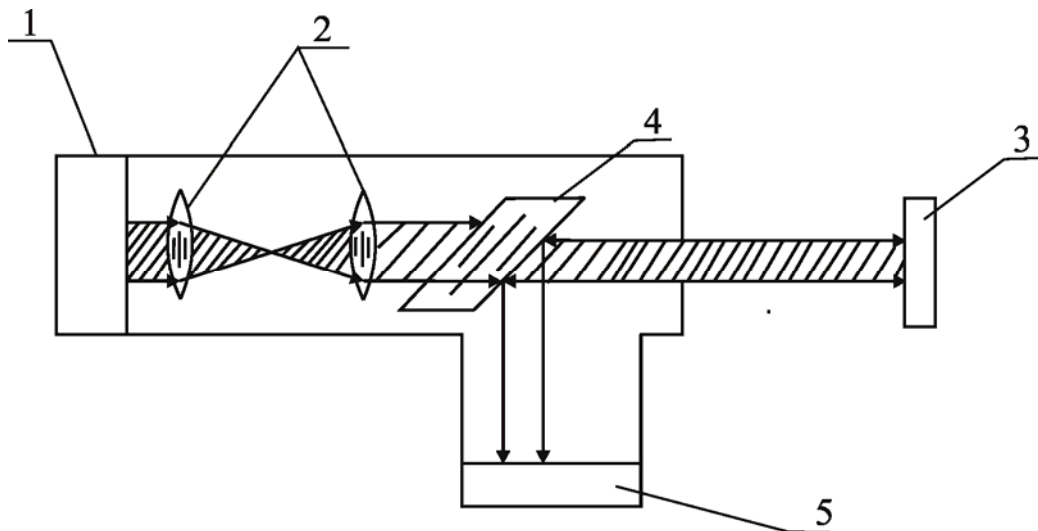


Рис. 55. Схема лазера з автоколімаційною голівкою
1 – лазер; 2 – колімаційна система; 3,5 – фотоелементи; 4 – напівпрозоре дзеркало.

Для контролю поверхонь на площинність знаходять застосування пристрої зображені на рис. 56.

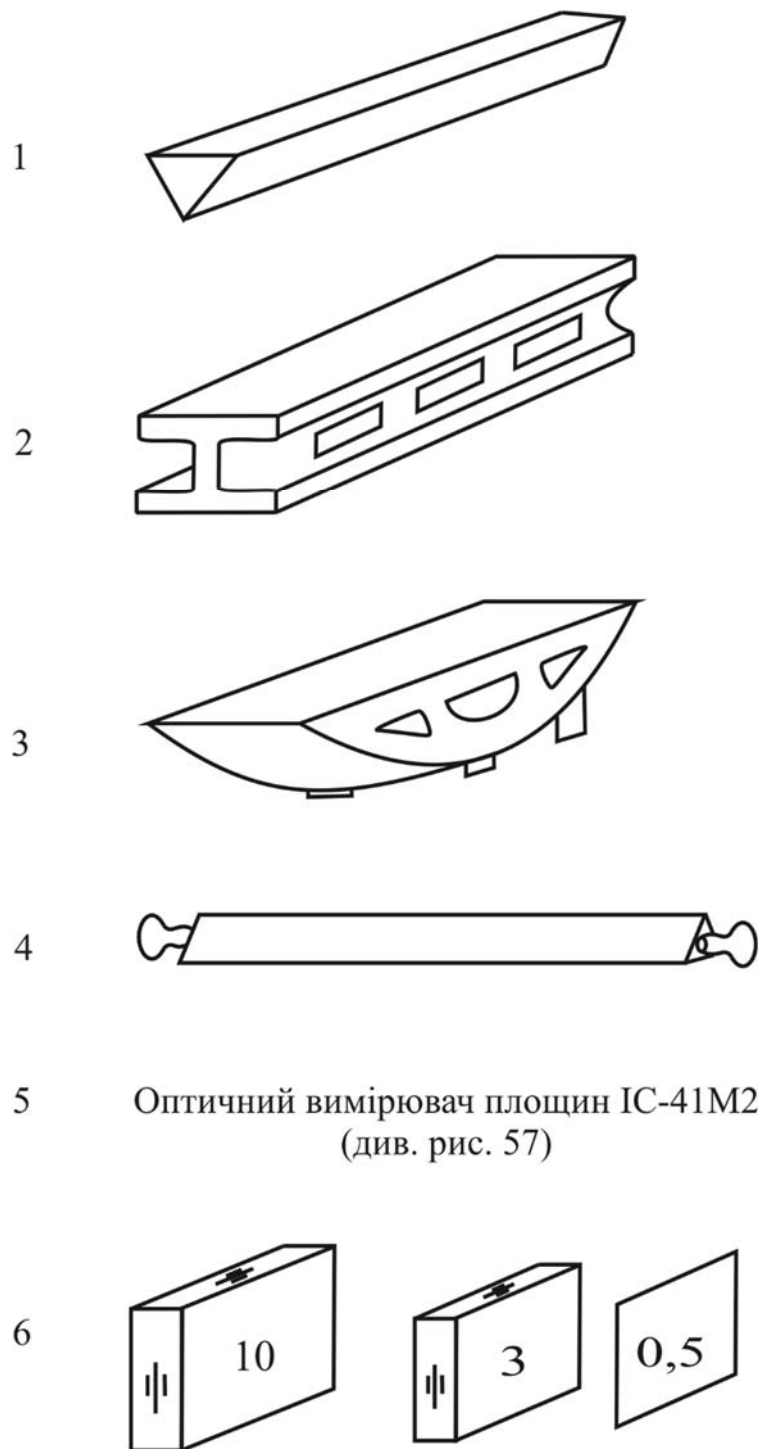


Рис. 56. Пристосування та інструмент для контролю площинних поверхонь

- 1) лекальна лінійка з гострим робочим ребром;
- 2) двотаврова лінійка з широкою робочою поверхнею;
- 3) плита типа "місток";
- 4) кутова тригранна лінійка ($l = 500 \dots 4000$ мм);
- 5) оптичний вимірювач площин IC-41M2;
- 6) перевірочні плитки.

Дрібнозернистий чавун, сталь – це матеріали із яких виготовляються перелічені вимірювально-контрольні прилади, що пройшли нормалізацію, штучне

та природне старіння, а потім фінішно оброблені фрезеруванням, шліфуванням та шабруванням «на фарбу».

Оптичний вимірювач площин IC-41M2 (рис. 57) застосовують для перевірки площинності опорних поверхонь фундаментів, особливо перед установкою на них великогабаритних двигунів. Оптичний вимірювач площин призначений також для фіксування різновисотних реперних відміток, наприклад при монтажі механізмів і пробиванні теоретичної осі валопровода.

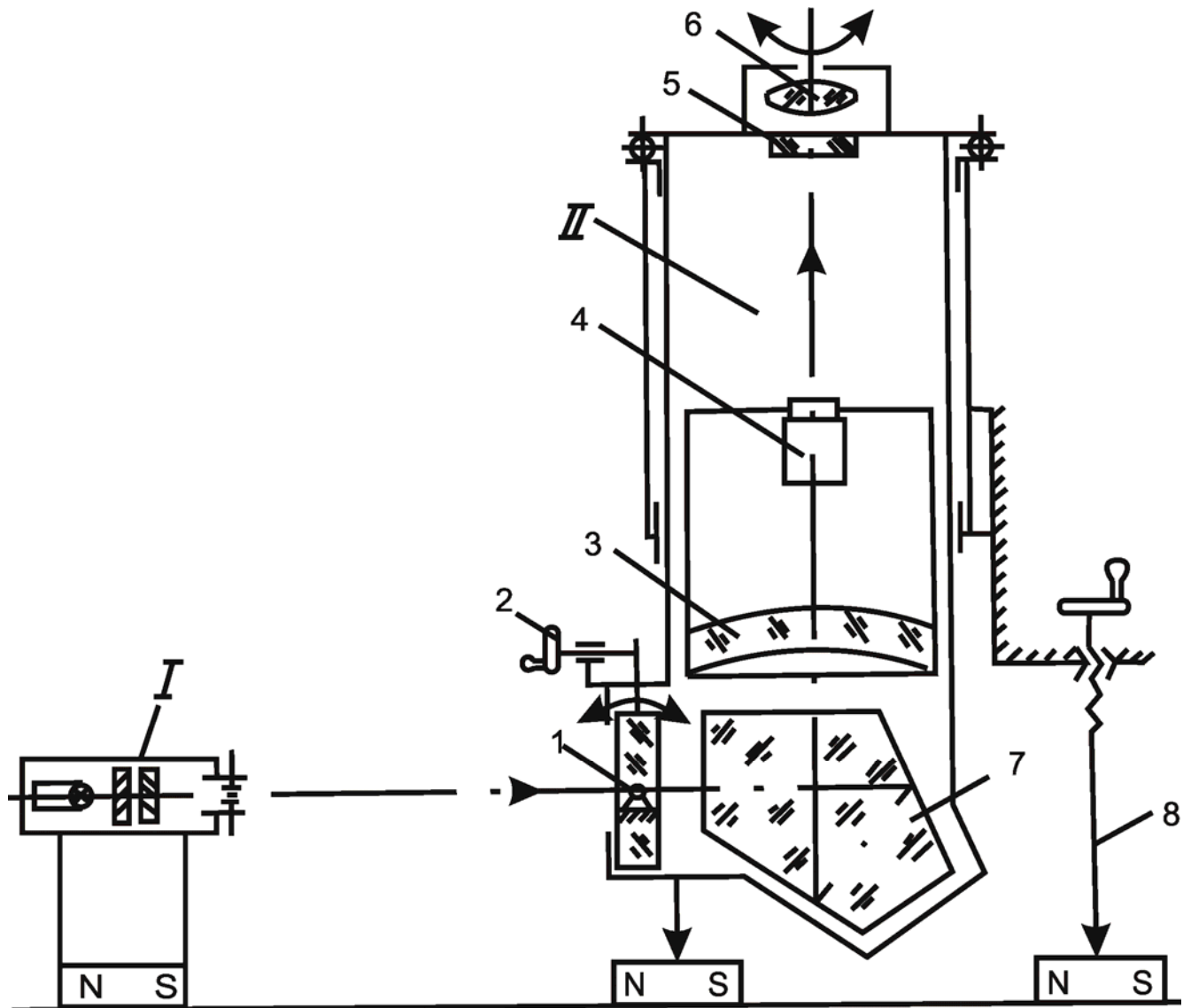


Рис. 57. Схема оптичного вимірювача площин IC-41M2.

Слюсарні рівні:

- слюсарні;
- рамні;

- оптичні ;
- квадранти (КО-1), КО-10 (див. рис. 59).

Мікрометричні ватерпаси.(комбінація рівня та мікрометра).

Оптичний площиномір ІС-41М2.

Рівень гідростатичний УТС-1.

Оптичний вимірювач площин складається з вертикально розташованої візирної труби II з вимірювальним мікроскопом, трьох базових і однієї вимірювальної марок I, що мають точкове джерело світла. У середній (нерухомій) частині труби закріплені аксікон 3 і мікрооб'єктив 4. Нижня і верхня частини труби поворотні. На нижньому кінці труби розташовані плоскопаралельна пластина 1 і пентапризма 7, а на верхньому – окуляр 6 з сіткою 5. Нахил пластини, що виконується мікрогвинтом 2, дозволяє судити про величину неплоскостності контрольованої поверхні. Труба має три регульовані по висоті опори 8, за допомогою яких прилад вивіряють за трьома базовими марками, встановленими на підконтрольній поверхні. Отримана площа візування приладу служить вихідною для оцінки неплоскостності поверхні. Помістивши вимірювальну марку в будь-яку точку поверхні, можна з високою точністю визначити її відхилення від початкової площини по зсуву зображення світної точки в полі зору мікроскопа.

Технічні характеристики оптичного вимірювача площин ІС-41М2

Розміри контрольованих поверхонь, м:

за площею	15X15
по дальності	5-30

Ціна поділки відлікового барабана мікрометрів, мм:

труби	0,001
марки	0,01

Похибка візування, мкм $\pm 1,5$

Похибка приладу, мкм . $\pm (3-5)$

Габарити, мм:

труби .	280x280x520
---------	-------------

марки	100x150x180
Маса, кг:	
труби	20
марки	3,5

15.8. Повсякденні засоби вимірювання.

Площинність механізму (поверхні) можна перевірити гідростатичним рівнем. Але цей пристрій не використовується, якщо судно на плаву.

Оптичний рівень.(Рис. 58). Точність цього пристрою 0,01 мм або 2 сек.

У якості рівня можна застосовувати оптичний квадрант, котрий служить для вимірювання кутових величин з точністю до 1''. Пряме його призначення у визначенні взаємної перпендикулярності контролюємих поверхонь .

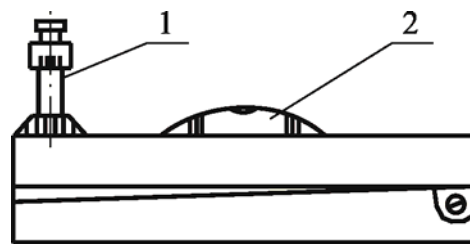


Рис. 58. Мікрометричний вимірювач горизонтальності.
1 – мікрометр; 2 – пухир повітря

Оптичний квадрант – це пентапризма з кришкою (вона повертає промінь світла на 90°).Рис.59.

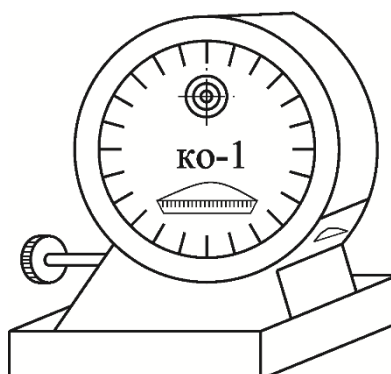


Рис. 59. Квадрант оптичний

Як бачимо з малюнку, рис. 60, пристрій розвертає промінь на 90° незалежно від повороту пентапризми. Доцільно оптичний квадрант використовувати сумісно

з лазером. Лазери бувають розмічальні з невеликою потужністю променя (безпечні) та теплові для різання металу.

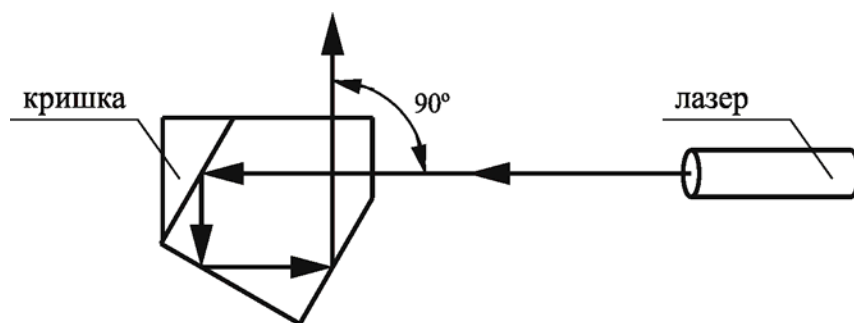


Рис.60. Хід променя в оптичному квадранті.

Переваги: немає окуляра (промінь видно зі сторони); промінь несе енергію, яка може керувати механізмами, якщо на них поставити фотоелементи. Оптичні пристрої дозволяють виключити застосування металевих струн (струна – це сталевий дріт діаметром 0,5 мм).

Недолік: дріт під власною вагою прогинається, а також на ньому залишаються синусоїди вигину після розмотки його з котушки.

16. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТРУБОПРОВОДІВ

Трубопровідне виробництво відноситься до однієї із складних та трудомістких робіт технології суднового машинобудування, яка важко піддається механізації та характеризується значним обсягом ручних приганяльних операцій. Питоме значення трубопровідних робіт сягає 8...12 % трудомісткості побудови судна. Трубопроводи складаються з кількох конструктивних елементів: труб, підвісок, компенсаторів, арматури, приводів керування та ізоляції. На суднах застосовують зварні та безшовні труби з різних матеріалів: металевих (сталеві, мідні, мідно-нікелеві, латунні, алюмінієві...) і неметалевих (поліетиленові, а також біметалеві).

Труби мають діаметр від декількох міліметрів (манометричні) до метру і більше, наприклад, труби вантажних систем. Довжина трубопроводів надзвичайно велика і складає на танкерах близько 60 км, а на великій промисловій базі типу "Восток" – 160 км.

Таке багатопланове трубопровідне господарство складної форми повинно бути точно встановлене у насичених приміщеннях та надійно функціонувати на судні.

Трубопроводи транспортують газоподібні та рідкі середовища, які часто агресивно впливають на матеріал труб, викликаючи відмову в експлуатації машин, під назвою—корозія.

Особливістю монтажу трубопроводів є залежність від готовності корпусу судна та роботи за монтажними схемами, у яких, як правило, відсутні остаточні розміри та координати труб, що ускладнює їх взаємозамінність на серійних суднах. Технологія та трудомісткість монтажу залежать від методу проектування.

Недолік: монтаж за схемами при відсутності креслень на труби, означає—великий обсяг приганяльних операцій на судні.

Новий метод (об'ємно- пакетний) включає:

- 1 – виготовлення макету приміщення у масштабі 1:5, або 1:10 для опрацювання траси трубопроводів та узгодження розташування обладнання;
- 2 – випуск збірно-монтажних креслень трубопроводів за макетом з указанням координат трас;
- 3 – розробка робочих креслень, або технологічних карт на труби з ескізами та програмою згинання.

Складально-монтажні креслення включають розташування трубопроводів, що відносяться до однієї групи класифікатора. Координацію труб роблять відносно слідів набору та корпусних конструкцій одночасно на групи труб, утворюючи закінчені взаємозв'язані вузли, наприклад, панель магістральних труб. Координати служать для розрахунку геометричних розмірів труб та контролю при монтажі трубопроводів. Фіксуванню на кресленнях підлягають патрубки механізмів, арматура, паростки та ділянки труб, обмежені стандартними прогинами та їх сполученнями. На окремі труби можуть бути випущені робочі креслення, які містять дані, необхідні для згинання та складання труб.

Технологічна проробка креслень включає:

- 1) розбивання трубопроводів на складові частини з вказівкою розмірів труб на кресленнях з координатами трас;
- 2) визначення геометричних розмірів, та складання ескізів труб;
- 3) оформлення технологічних карт на ескізи труб, та складання програми згинання на верстатах.

Технологічні карти містять програму згинання та ескізи труб, які включають розміри розташування арматури та прогинів, згідно схем типових форм труб. Радіуси, кути та сполучення прогинів труб повинні відповідати вимогам уніфікації. Вірність розрахунку довжини труб перевіряють співставленням розмірних ланцюгів у трьох вимірах, утворених трубами та корпусними конструкціями.

16.1. Пробивання траси трубопроводів.

При монтажі труб в загальну базу входять кінцеві точки (фланці прийомних та відливних патрубків механізмів, встановлені на плоских секціях і блоках корпусу судна), до яких кріплять трубопровід.

Трасу майбутнього трубопроводу матеріалізують ескізами труб у технологічних картах, записами у карточках та шаблонами. Ескізи труб складають за масштабним макетом, або складальним монтажним кресленням. Кількість розмірів на ескізі повинна бути достатньою для розрахунку програми згинання, або виготовлення згинального шаблону за розміткою.

Фіксування траси у вигляді записів застосовують у малонасичених приміщеннях при серійному будівництві суден. Складання записів, що визначають розміри та форму труб, виконують за шаблонами, знятими з еталонних труб.

Шаблон – трудомісткий шлях, та має великі похибки, його слід уникати. Доцільно використовувати для магістральної прокладки труб, декількох поряд розташованих трубопроводів з фіксуванням на місті приєднувальної арматури.

Прокладання труб від одного механізму до іншого називається трасуванням.

Трасування повинне забезпечити технологічність виготовлення труб, та монтаж трубопроводів. Ця вимога виключає довільну форму труб та пред'являє трубопроводам наступні обмеження:

- 1) необхідність сполучення прямолінійних ділянок та мінімальної кількості вигинів типової форми, згинання яких можна робити на верстатах;
- 2) використання уніфікованих елементів фасонних частин труб;
- 3) взаємозамінність та повторювання труб з однаковими геометричними розмірами на серійних судах;
- 4) розташування з'єднань труб у місцях, зручних для збирання та демонтажу;
- 5) групування магістральних труб у панелі, а арматури – у монтажні вузли.

Вісь майбутнього трубопроводу матеріалізують безшаблонним та шаблонним методами. Визначення положення траси зв'язане з методом проектування, залежить від затісненості приміщень та серійності побудування суден, виконується за масштабним макетом складально-монтажним кресленням з координатами трас, суміщеним кресленням, та по місцю. Перші три засоби забезпечують остаточне виготовлення магістральних труб без припасувальних робіт на судні. Трасування трубопроводів на судах одиничного будування і довжини «забійних» труб серійних суден визначають за місцем. Оптимальне трасування досягається шляхом розрахунку, та виміру труб по макету з коректуванням форми, та розмірів складних труб за головним судном.

16.2. Згинання та підготовка труб.

Виготовлення труб полягає у згинанні, припасуванні та приварюванні фланців, паростків, штуцерів та інших деталей. Згинання може виконуватись у холодному та гарячому стані. Після згинання до труб ставлять наступні вимоги:

- 1 – відхилення розмірів труб від величин, вказаних у ескізах, або кресленнях не повинне перевищувати 2 мм;
- 2 – радіуси вигинів не повинні відрізнятись від номінальних більше, ніж на 4 %;
- 3 – відхилення кутів вигинів, та між площинами фланців, допускається 0,2°;
- 4 – овальність труб у місцях вигинів не повинна перевищувати 8 %;
- 5 – висота складок (хвилястості) на внутрішній частині вигинів труб, та глибина окремих вм'ятин дозволяється до 3 % діаметру труби;

6 – відхилення стінки труби при гарячому згинанні не повинне перевищувати 30 % від її номінальної товщини.

Холодне згинання – найбільш поширений метод виготовлення труб на трубозгинальних верстатах з електричним, гідравлічним або пневматичним приводом.

При згинанні труби матеріал знаходиться у складному напруженому стані. На зовнішній частині погину виникають розтягуючі напруги (зусилля), що викликають потоншення стінки труби, а на внутрішній – стискуючі зусилля, які приводять до її потовщення. Від дії рівнодіючих зусиль N_1 та N_2 труба отримує овальну форму поперечного перерізу. При вигині виникає також пружинення та подовження труби у місці погину. Радіус згинального диска обирають з врахуванням пружної деформації труби.

$$R_g = R_{\pi} \cdot \frac{1 - \psi}{\alpha} \quad (37)$$

де: R_{π} – завданий радіус погину труби; α – кут погину; ψ – кут пружинення.

$$R_{\pi} = (2,5 \dots 3)d \quad (38)$$

де: d – зовнішній діаметр труби.

Холодне згинання економічно доцільне при обмеженій кількості типорозмірів та уніфікації елементів форми труби. Труби уніфікують за радіусом та кутом прогинів.

Уніфікованими є кути α , що дорівнюють 15° , 20° , 30° , 45° , 90° та 180° .

Розрахунок елементів згинання роблять з врахуванням пружності, та подовження труб (ОСТ5.0005-70).

Радіус погину труби після зняття пружної деформації:

$$R_{\pi} = 0,5 \cdot k \cdot D_g \quad (39)$$

де: D_g – середній діаметр згинального диска; k – коефіцієнт пружної деформації, враховуючий діаметр і марку матеріалу труби ($k = 1,014 \dots 1,024$).

Мінімальна пряма ділянка між прогинами:

$$l_{\text{пр}} = l_{\text{п}} - 0,1R_{\text{п}} \quad (40)$$

де: $l_{\text{п}}$ – пряма ділянка перед першим прогином, що дорівнює довжині циліндричної частини згинального диска.

Мінімальна пряма ділянка, сполучена з останнім прогином:

$$l_{\text{к}} = 1,5 \cdot d_{\text{п}} \quad (41)$$

Кут прогину з врахуванням пружності:

$$\alpha_1 = \alpha \left(1 + \frac{1}{m} \right) \quad (42)$$

де: α – завданий кут прогину труби; m – коефіцієнт, що визначає пружну деформацію труби ($m=75$ – для мідних та мідно-нікелевих труб; $m=40\dots60$ – для сталевих труб, у залежності від відношення радіуса прогину до діаметра труби).

Кут прогину, що відповідає початку пластичної деформації труби:

$$\alpha_0 = \alpha_{\text{к}} - \alpha_1 \quad (43)$$

де: α – кут, відрахований по місцю на планшайбі верстата до зняття пружної деформації.

Довжина труби, що приходить на один прогин з врахуванням витягнення матеріалу під час згинання:

$$l = \frac{\pi \cdot R_{\text{п}} \cdot \alpha}{180 \cdot n} \quad (44)$$

де: n – коефіцієнт, враховуючий подовження труби ($n=1,025\dots1,045$).

Для збереження форми труби у процесі її згинання у холодному стані методом намотування, застосовують пробку-дорн (ложкоподібної або кулеподібної форми). Величина випередження дорна визначається за формулою (45) та рис. 61.

$$U = \sqrt{2R_{\text{п}} \cdot r} \quad (45)$$

де: r – зазор між трубою та дорном.

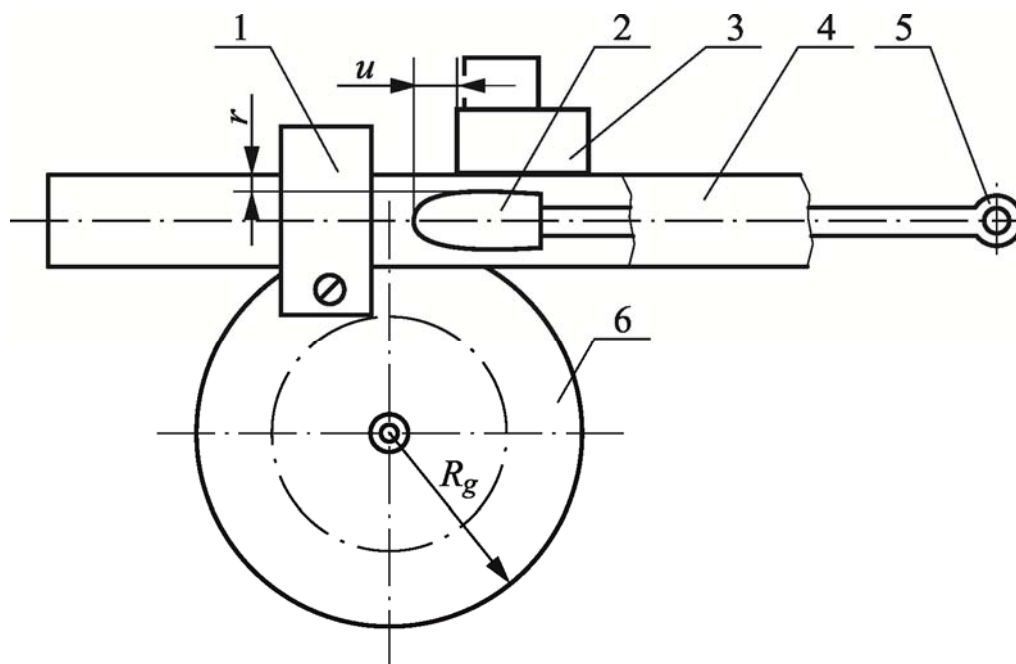


Рис. 61. Схема згинального верстата

1 – башмак; 2 – дорн; 3 – повзун; 4 – труба;
5 – механізм переміщення; 6 – згинальний диск

16.3. Складання труб.

Складання труб розпочинається з проточування, та приварювання фланців, фіксування положення патрубків, та штуцерів з подальшими гідравлічними випробуваннями труб на міцність. При будівництві головного судна збирання труб з фланцями, та іншими деталями роблять по місцю. Трубу, зігнуту за шаблоном, приносять на судно, та визначають точне положення фланців по сусідній трубі, або патрубку механізму. Складання труб для серійних суден, виготовляємих за технологічними ескізами, зручно виконувати на стенді.

Труби з мідно-нікелевих сплавів, що мають прогини радіусом менше двох діаметрів, виготовляють зварюванням з секторів.

Макетування трубопроводів дозволяє зробити остаточне збирання значної кількості труб у цеху.

Якість приварювання з'єднувальних деталей до труби контролюють гасово-крейдовим засобом, або рентгенографуванням зварного шва.

Труби у цеху підлягають випробуванню на міцність гідравлічним тиском, величина якого залежить від робочого тиску, та температури середовища.

Пробний гідротиск для труб:

1 – трубопроводів свіжої пари $P = 2,5P_{\text{роз}}$;

2 – трубопроводів на суднах, що будуються за правилами Регістру України

$$P = 1,5P_{\text{роз}} .$$

Труба вважається якісною, якщо протягом 10 хвилин не буде спостерігатись падіння тиску на контрольному манометрі. Компенсатори, ще випробують на здатність сприймати теплові подовження трубопроводів без залишкових деформацій.

16.4. Монтаж трубопроводів.

Технологічність установавання трубопроводів залежить від вигляду постачання труб на судно та конструкції з'єднань.

При проектуванні найбільшу кількість труб намагаються пов'язати в агрегати механічного обладнання. Прямолінійні ділянки магістральних труб групують у пакети та панелі, які встановлюють разом з обрешетником.

Крупну арматуру збирають з трубопроводами у монтажні блоки. Розташування трубопроводів визначають остаточно при трасуванні труб.

Вимоги при монтажі трубопроводів:

1) труби повинні проходити, по можливості, паралельно одна до другої без утворення ділянок, у яких може бути скупчення рідини;

2) арматуру та роз'ємні з'єднання не слід розташовувати над пристроями, та електричною апаратурою, так як необхідно забезпечити доступ для їх складання, та обслуговування;

3) підвіски повинні мати надійне кріплення до суднових конструкцій, та розташовуватись у місцях дії найбільших навантажень на трубопровід виключаючи вібрації труб;

4) з'єднання труб повинні бути зібрані з рівномірним обтиском прокладок, які не повинні перекривати живий переріз труби;

5) неспіввісність складаємих кінців труб, не повинна перевищувати допустимих величин (розкриття ущільнювальних поверхонь 1,5...4 мм; зміщення кінців: 3 мм – прямі труби, 4 мм – з прогином);

6) відстань між ізолюваними трубами та корпусом судна дозволяється не менше 10мм, а від паропроводів до електричних кабелів більше 100мм.

Прокладки, які застосовують для ущільнення фланцевих з'єднань труб, повинні мати достатні пружні характеристики, та забезпечувати надійну герметизацію стиків в умовах експлуатації при можливо меншому зусиллі обтиску. Матеріал прокладок повинен відповідати ущільнюючому середовищу, та тиску в трубопроводі.

Монтаж труб виконують у два етапи:

1) попереднє встановлення на "фальшиво" для перевірки узгодження геометричних розмірів виготовлених труб та визначення, у разі необхідності, довжини "забійної" труби;

2) збирання фланцевих з'єднань, кріплення труб на підвісках до суднових конструкцій, та випробування трубопроводів на щільність.

Довжину прольоту трубопроводу рекомендують приймати:

$$l = 2,52 \sqrt{\frac{0,258}{f}} \sqrt{\frac{EY}{m} - \left(\frac{EY}{f}\right)^{\frac{2}{3}}} \quad (46)$$

де: f – частота коливань; EY - жорсткість поперечного перерізу труби; m - маса одного сантиметра труби з середовищем, що перекачується, та ізоляцією.

Конструкції підвісків залежать від призначення трубопроводу. Гарячі трубопроводи з температурою середовища до 480°C мають рухливі підвіски з пружинними тягами, які забезпечують переміщення закріплюваної ділянки труб. При збиранні талрепних з'єднань забезпечують рівномірний обтиск прокладок і надійне затягування болтів та шпильок. Контроль зусилля затягування шпильок

відповідальних трубопроводів здійснюють ключами з тарованим зусиллям, динамометричними ключами, або мікрометричною скобою, (налагодженою на розмір подовження болта). Деякі трубопроводи встановлюють із застосуванням гумових та гумометалевих патрубків, які одночасно слугують амортизаторами, та компенсаторами. Після збирання фланцевих з'єднань трубопроводи піддають випробуванням на щільність, водою або повітрям. Для цього труби роз'єднують від кінцевої арматури, цистерн, механізмів, та встановлюють на кінці заглушки. Падіння пробного тиску, що спостерігається на контрольному манометрі, допускається не більше 5%.

Пробний гідравлічний тиск: $P_v = 1,25P_{роб}$.

Випробування водою зв'язані з виконанням таких операцій, як наповнення трубопроводу водою, випускання, та підігрівання її у зимовий час. Більш доцільні повітряні випробування на щільність, яким підлягають трубопроводи, що працюють під тиском не більше $P_{роб} = 1,6$ МПа.

Проникна можливість повітря значно вище, ніж води, тому пробний тиск: $P_{пов} = 0,35P_{роб}$, але не менше 0,1 МПа. Фланцеві з'єднання обмилують, а нещільність визначають наявністю бульок повітря на з'єднаннях. Монтаж закінчують ізоляцією та фарбуванням труб (нанесенням відмітних позначок та планок, полегшуючих визначення призначення трубопроводу).

16.5. Ізоляція трубопроводів.

Труби, встановлені у зовнішніх та неопалювальних частинах судна, ізолюють проти замерзання, а трубопроводи пари та гарячих газів ізолюють для зменшення витрат тепла випромінюванням, та запобігання опіків особового складу команди судна при його експлуатації. Найбільш розповсюдженими матеріалами для ізоляції холодних труб є повсть, конопельний шнур. Вибір матеріалу та конструкції ізоляції гарячих трубопроводів залежить від розмірів труб та температури робочого середовища. Так, ньюель та совеліт застосовують при температурі $\leq 375^\circ\text{C}$; азбестові матеріали (азбестовий шнур, азбокартон, азбострічка, азботканина) – при

$t \leq 400^{\circ}\text{C}$; склоповсть, склополоси – при $t \leq 450^{\circ}\text{C}$; термаль та алюмінієва фольга – при $t \leq 500^{\circ}\text{C}$; мінеральна вата, зоноліт, верминуліт – при $t \leq 600 \dots 800^{\circ}\text{C}$.

Ізоляція повинна мати мінімальну вагу та низький коефіцієнт теплопровідності. Ці вимоги, у більшій мірі, властиві скломатеріалам та термалі. Однак склотканини та скловата при розрізанні утворюють дрібні частинки скла, які потрапляють у дихальні шляхи та пори шкіри, що вимагає обережності при роботі. Термаль застосовують завтовшки 0,1 мм у зім'ятому вигляді, або гладкими листами при багатошаровій ізоляції.

Ізоляцію роблять у наступних технологічних формах:

1) труби, захищені проти замерзання (їх покривають кузбаслаком та обгортають повстю, на яку накладають пергамін та парусину, зшиваючи дротом);

2) труби гарячі, що мають невелику температуру, (парове опалення, трубопроводи продування та ін.) ізолюють азбестовим шнуром з обшиттям міткалем, або парусиною; при підвищенні температури середовища до $200 \dots 250^{\circ}\text{C}$ застосовують комбіновану ізоляцію з декількох шарів азбокартону, азбошнура, совеліта, азбозурітової штукатурки, що обшиваються меткалем ;

3) трубопроводи свіжої пари, та інші з температурою середовища $350 \dots 375^{\circ}\text{C}$ ізолюють декількома шарами гладкого термаля, на які накладають азбострічку. Таким чином отримують декілька шарів термаля з повітряним прошарком між ними. Термаль зовні обгортають азбестовим картоном, обмазують совелітом та обшивають бавовняною тканиною.

Ізолювання – остання операція монтажу трубопроводу, за якою йдуть швартовні випробування енергетичного устаткування. Це трудомістка операція, і тому ізоляцію труб намагаються перенести у цех, виготовляючи шкарлупи з совеліту та веминуліту, які закріплюють на трубах у цеху. Для підвищення міцності шкарлупи покривають магнезіальним цементом.

16.6. Підвищення якості монтажу трубопроводів

Технологічність конструкцій впливає не тільки на трудомісткість, але й пов'язана з надійністю трубопроводів. Вимоги технології намагаються виконати ще на стадії проектування, та трасування трубопроводу. Наприклад, на масштабних макетах добиваються спрямлення траси, спрощення форми, та скорочення кількості прогинів труб і фланцевих з'єднань.

Ефективне застосування гнучких металевих шлангів у сполученнях з амортизованими механізмами та, впровадженню шлангових компенсаторів для трубопроводів пари скорочує основний технологічний час на монтажні операції. З'єднання труб повинно забезпечити швидку збірку, та демонтаж (у разі необхідності) на судні. Жорсткі фланці – неперспективні, більш технологічні зварні та роз'ємні з'єднання труб.

Бугельні з'єднання застосовуються при тиску робочої рідини $P = 2,0 \dots 3,5$ МПа.

Штуцерні з'єднання з кільцем що врізається використовують при $P = 5$ МПа.

Великі труднощі бувають при ущільненні трубопроводів з великими параметрами пари. Сталеві та паронітові прокладки у фланцевих сполученнях труб мають кілька недоліків: вимагаються великі зусилля обтиску; мала пружність та низький опір повзучості, високі вимоги до обробки ущільнених поверхонь фланців, порушення герметичності з'єднання при зміні температурних впливів.

Зусилля обтиску, необхідні для створення герметичності фланцевого з'єднання, перевищують межу текучості матеріалу приблизно в чотири рази. Так, наприклад, критичний питомий тиск для обтиску прокладки з армко-заліза дорівнює:

$$q = 4G = 600 \text{ МПа}$$

Спирально навиті прокладки надійні у експлуатації, мають пружність у 80 разів більше, ніж сталеві зубчасті, тоді як необхідний критичний тиск обтиску у 10...15 разів менше.

16.7. Надійність трубопроводів.

Основна причина порушення герметичності трубопроводів – корозійне руйнування їх матеріалу. Широко розповсюджена виразкова корозія, яка перевищує швидкість загальної корозії сталевих труб у 10...15, а труб з мідних сплавів у 20...25 разів. Найбільш часто виходять з ладу трубопроводи охолодження забортної води, протипожежні, парові та ін. У особливо важких умовах знаходяться системи танкерів (вантажна), обігріву вантажу та зачисні труби які піддаються перемінному впливу нафтопродуктів та морської води, а при очищенні – дії миючих розчинів.

Проектування – найбільш важливий етап забезпечення надійності трубопроводів, при цьому обирають матеріал та форму труб, технологію виготовлення, та режими використання, з огляду на надійність та економічність експлуатації та ремонту.

16.8. Вибір матеріалу труб.

Довговічність труб у значній мірі визначається антикорозійними властивостями матеріалу. Труби, здебільшого виготовляють з вуглецевих сталей та кольорових сплавів на мідній основі. Підвищення надійності досягається застосуванням матеріалів, більш стійких у корозійному відношенні, наприклад, титан, алюміній, поліетилен; заміною труб систем морської води з міді МЗр, трубами з мідно-нікелевого сплаву МНЖ5-1 (91...93 % Cu, 5...6,6 % Ni + Co, 1...1,4 % Fe, 0,2...0,3 % Mn) та упродовженням труб із сталі, футерованої поліетиленом.

16.9. Покращення якості виготовлення труб

Корозійно-ерозійні руйнування труб локалізуються на так званих слабких ділянках трубопроводів, відгалуженнях, прогинах, районах фланцевих та різьбових з'єднань, переходах по діаметру та у місцях контактів різнорідних металів. Наприклад, після чотирьох років експлуатації суднових трубопроводів з

мідно-нікелевого сплаву виявлено 23 крізні корозійні руйнування, з них 52 % – біля розділення та злиття потоків; 26 % – у фланцевих з'єднаннях; 22 % – у прогинах.

У районі відгалужень найбільш інтенсивній корозії піддаються місця, прилеглі безпосередньо до зварного шва. Це пояснюється тим, що застосування у теперішній час з'єднання паростків з магістраллю не забезпечує плавності потоку. При порушенні технології виготовлення: “провалі” паростків у переріз трубної магістралі, перекриття перерізу труб, або паростків, виступаючими крайками, з'єднання труби з магістраллю без врахування напрямку потоку морської води, (вузли відгалуження) підпадає під вплив посиленої потокової корозії, та швидко виходять з ладу.

Запровадження поопераційного контролю та, застосування для вузлів відгалужень фасонних трійників гідравлічно раціональної конфігурації є одним із шляхів підвищення надійності вказаних вузлів.

На прогинах труб крізні корозійні руйнування виникають в основному за верхівкою прогина у районі виходу потоку води на пряму ділянку. Корозія має характер окремих виразок, що переростають з часом у суцільне руйнування стінки труби. Особливо інтенсивний розвиток корозійних руйнувань при сполученні магістралі паростком, що переходить у прогин.

Основна причина крізних корозійних руйнувань – порушення плавності гідродинамічного потоку морської води через неякісне виготовлення прогинів; збільшення овальності труб, та наявності гофр вище допустимих меж, неякісного зварювання сегментів, нераціонального трасування трубопроводів, допускаючого розміщення прогинів безпосередньо після арматури та паростків. З'єднання труб приварними фланцями піддаються потоковій корозії у місцях їх розвальцювання та на відстані двох-трьох діаметрів від фланців.

Різьбові з'єднання сталевих оцинкованих водогазопровідних труб підлягають корозії, як правило, у місцях порушення цілісності цинкового покриття на внутрішній поверхні труби, потоншення, або скрізного прорізання трубок (стінок) при нарізанні різьби. Покращення технології досягається заборонаю

паяння труб з кольорових металів, сплавів та відмовою від використання з'єднань на відборткування, що потоншує стінки труб.

Серед інших рекомендацій можуть бути:

- локальний захист місць майбутньої корозії нанесенням епоксидного покриття клеєм К-153;
- для агресивних середовищ – захисні покриття з застосуванням сілікатних емалей, застосування гарячого цинкування сталевих труб з товщиною покриття 250...300 мкм.

17. ВИПРОБУВАННЯ СУДНОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

Випробування СЕУ – це визначення дослідним способом основних конструктивних, технологічних і експлуатаційних властивостей машин, механізмів, систем і пристроїв суднових технічних засобів (СТЗ) окремо, або у взаємодії.

За призначенням випробування СТЗ діляться на визначальні (паспортні), контрольні і дослідні (спеціальні). Визначальні випробування проводяться з метою одержання вихідних даних для побудови характеристик СЕУ. Контрольні випробування СЕУ призначені для систематичної перевірки відповідності якості установки заданим вимогам (наприклад, приймально-здавальні випробування СЕУ, контрольні теплотехнічні випробування СТЗ, контрольні випробування СЕУ на надійність). Метою дослідних випробувань енергетичного обладнання являється перевірка вірності прийнятих технічних рішень, визначення найвигідніших режимів роботи, встановлення причин появи різноманітних дефектів (виходу із ладу окремих деталей, вузлів, вібрації і т.п.) вплив експлуатаційних факторів на характеристики установки і т.д

За умовами проведення дослідних випробувань СЕУ, розділяють на стендові і натурні. Стендові випробування, проводять на спеціально обладнаних ділянках–стендах, як правило, для окремих елементів СЕУ та СТЗ і тільки у виняткових випадках для СЕУ в цілому. Натурні випробування СТЗ виконуються на судні в

умовах, близьких до експлуатаційних, і в свою чергу діляться на швартовні (ШВ) і ходові (ХВ). Швартовні випробування СТЗ проводяться при фіксованому положенні судна, тобто при жорсткому закріпленні судна тросами (швартовами) до причалу, з метою перевірки правильності монтажу, робото- здатності установки і її готовності до ходових випробувань СЕУ в морі.

В залежності від складу випробовуємого обладнання і, виявляємих властивостей СЕУ розрізняють часткові і комплексні випробування. З метою скорочення часу випробовування СЕУ, практикують суміщення етапів, а також застосування засобів імітації.

Зміст, обсяг і організацію випробувань визначають з допомогою програми і методики, розроблених проектантом судна.

Випробування є завершальним етапом побудови чи ремонту судна, та призначені для перевірки якості монтажних та добудовних робіт, а також відповідності характеристик судна проектним даним. Висока енергоозброєність суден приводить до того, що випробування мають відносно велике питоме значення у загальному циклі побудови судна (до 10% по трудомісткості та 12% по тривалості).

Розрізняють три види випробувань суден:

- 1) швартовні;
- 2) ходові заводські;
- 3) ходові державні (здавальні).

По узгодженню з замовником ходові випробування можуть виконуватися як єдині здавальні випробування.

У період ходових випробувань головного судна виконують поширені (прогресивні) випробування. Під час цих випробувань встановлюють залежності, наприклад, швидкості судна від частоти обертання валопроводу, потужності та витрати палива головним двигуном. Визначають радіус циркуляції, дальність плавання судна та ін.

Для серійних суден ці характеристики приймають без повторних перевірок.

Після режимних випробувань здійснюють ревізію механізмів та усувають виявлені недоліки. Випробування завершують контрольним виходом судна в море, далі підписують приймальний акт, а судно передають замовнику.

Основним документом здавально-приймальних робіт є програма, котру розробляє КБ – проектант судна. Вона відображає обсяг та прийнятий порядок задачі судна. В додаток до програми на суднобудівельному заводі випускають методики випробувань найбільш складних механізмів. Результати випробувань по кожному механізму, або системі, оформляють посвідченнями.

Календарні графіки, котрі розробляють для кожного виду випробувань, визначають терміни та місце їх проведення. Технічні характеристики механізмів, отримані на судні, порівнюють із стендовими, вказаними у паспортах та формулярах. Морехідні якості судна, досягнені при випробуваннях, повинні відповідати вимогам договірної документації. Підготовку до випробувань та здачу суден замовнику організують будівельники заводу. Старший будівельник, який веде побудову судна, призначається відповідальним здавальником. Начальник монтажної ділянки стає здавальним механіком та першим його заступником. Здавальна команда комплектується на кожне судно до початку швартовних випробувань із відповідної кількості інженерно-технічних працівників та робітників, які проходять спеціальну підготовку та мають досвід налагодження і експлуатації подібних судових механізмів. До неї входять також здавальний капітан та випробувальна партія ВТК. Контроль за якістю випробувань здійснює група спостереження замовника та представник Регістру. Строк швартовних випробувань визначається наказом директора заводу (ДЗ) після закриття усіх будівельних посвідчень. Подальші випробування виконують згідно до програми. Ходові випробування проводять у присутності голови та членів державної комісії, думка яких є остаточною при рішенні будь-яких питань.

17.1. Швартовні випробування.

ШВ служать для перевірки якості монтажу та виконання регульовально-налагоджуваних робіт у процесі введення механізмів до експлуатації.

Випробовують системи та пристрої, які входять до комплексу суднового обладнання та забезпечують його безаварійну роботу. Випробування виконують у стінки заводу, а їх закінчення визначає готовність судна до виходу в море.

Підготовка до випробувань полягає у приведенні усього обладнання судна до стану, що дозволяє його експлуатацію. На механізми встановлюють штатні контрольно-вимірювальні прилади (КВП) та деталі, зняті на період монтажу, перевіряють комплектність обладнання, виконують розконсервацію механізмів, контролюють та регулюють зазори, доводячи їх до формулярних величин. На судно у цистерни приймають паливо, воду, мастила. Перевіряють ДВЗ, ПТУ та допоміжне обладнання, що забезпечує роботу судно –механічного комплексу в зборі.

Після випробувань судно комплектують рятівними та технічними засобами, які забезпечують готовність до виходу в море і безпеку мореплавання.

17.2. Ходові випробування

Ходові випробування призначені для виконання регулювально-налагодочних операцій, перевірки у дії на специфікаційних режимах головних двигунів та визначення морехідних якостей судна.

Режимні випробування двигунів роблять одночасно з швидкісними випробуваннями судна на спеціально обладнаному полігоні у районі, глибина якого достатня, щоб виключити вплив мілководдя на швидкість судна. Глибина полігону повинна бути не менше найбільшого значення, отриманого за одною з формул:

$$H = 4\sqrt{B \cdot T}; \quad (47)$$

$$H = 0,35V^2, \quad (48)$$

де: T – осадка судна,м; B – ширина судна,м; V – очікувана швидкість судна, м/с.

Випробування проводять при хвилюванні моря не більше трьох балів. Швидкість судна визначають з допомогою радіолокаційних засобів, або на мірній милі, що має берегові січні стули, відстань між якими точно відома.

Перший метод виключає такі недоліки мірної милі, як видимість стулок, похибки відліку та ін., а також передбачає швидкісне випробування у районі, обладнаному спеціальним буєм з радіолокаційним відбивачем, або іншим нерухомим об'єктом.

На судні за командою, поданою з поста радіолокаційної станції, починають перший відлік часу по секундоміру і одночасно визначають відстань до фіксованого об'єкта. Другий відлік роблять через кілька секунд або хвилин (Рис. 62).

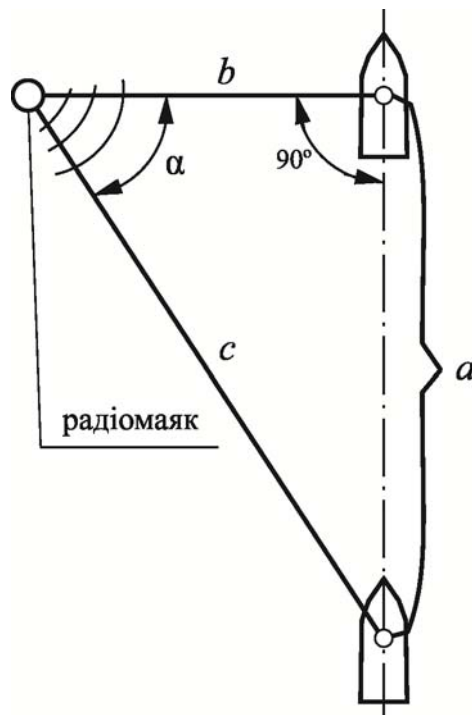


Рис. 62. Схема визначення швидкості судна на спецполігоні

Розв'язуючи трикутник відстаней визначають шлях, пройдений судном за фіксованим часом, а потім і його швидкість.

Одночасно з морехідними випробуваннями судна, проводять регулювання лага. Якірний пристрій випробовують на глибині 70-80 м, а стерновий – на режимах переднього та заднього повних ходів. Перевіряють у дії навігаційні пристрої та засоби зв'язку судна, суднові генератори електричного струму та інші джерела енергії, а також системи, які працюють за прямим призначенням при повному навантаженні.

Список використаних літературних джерел

1. Галашов, Н.Н. Монтаж судового оборудования.[Текст]: / Н.Н.Галашов,Ф.Ф.Репин,Ю.П.Леснов.– Н-Новгород: из-во ФГОУ ВПО ВГАВТ,2006,– 84с.
2. Конкс,Г.А Мировое судовое дизелестроение [Текст]:/ . Г.А Конкс , В.А Лашко .– М.Машиностроение.,2005– 522 с.
3. Криница, М.М. Оснастка для судовых монтажных работ. Справочник. . [Текст]:/ М.М.Криница — Л.: Судостроение, 1988 –.373 с.
4. Криница, М.М Справочник судового слесаря-монтажника по механизации. [Текст]:/ М.М.Криница –Л Судостроение, 1986– 328с.
- 5.Мусинский, Н.А. Устройство и монтаж судовых машин, механизмов и трубопроводов. [Текст]:/ Учебник Н.А.Мусинский –Л. Судостроение, 1981.– 304с.
6. Овчинников, И.Н. Судовые системы и трубопроводы. [Текст]:/ И.Н.Овчинников - Л.: Судостроение, 1983– 327с.
7. Раздрогоин,Ю.В Справочник по монтажу судового механического оборудования . [Текст]:/ .Ю.В.Раздрогоин –Л.: Судостроение, 1981–. 346с.
8. Сторожв В.П. Технология судоремонта. [Текст]: / Учебник для высших учебных заведений / В.П. Сторожев. – Херсон: ОЛДИ-ПЛЮС, 2018. – 578 с.
9. ГОСТ 5.4194-81 – монтажный.
10. ОСТ5.4368-81 Валопроводы судовых движетельных установок.Монтаж.
11. ОСТ5.4405-84 Типовые технологические процессы на монтаж.
12. СТ5.5097-85Спаривание валов перед монтажом
13. ОСТ5.4126-75 Агрегатирование судовых механизмов и оборудования.
14. ОСТ5.95013 Установка механизмов на жестких прокладках со слоем полимерного материала.
15. ОСТ5.9814-80Установка механизмов и оборудования на прокладках из пластмассы.
16. ОСТ5.9779-79 Установка механизмов и оборудования на сферических прокладках.