

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ  
ІМЕНІ ГЕТЬМАНА ПЕТРА КОНАШЕВИЧА-САГАЙДАЧНОГО  
ДУНАЙСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МОРСЬКОГО ТА РІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ТА  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ РОБІТ ТА МЕТОДИЧНІ  
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ  
ФОРМИ НАВЧАННЯ**

**Суднові допоміжні установки та системи**

**Освітньо-кваліфікаційний рівень** \_\_\_\_\_ Бакалавр \_\_\_\_\_

**галузь знань** \_\_\_\_\_ 0701 Транспорт і транспортна інфраструктура \_\_\_\_\_  
(шифр і назва галузі знань)

**напрямок підготовки** \_\_\_\_\_ 6.070104 Морський та річковий транспорт \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)

**професійне  
спрямування** \_\_\_\_\_ Експлуатація суднових енергетичних установок \_\_\_\_\_  
(назва спеціалізації)

Затверджено на засіданні кафедри  
«Природничо-математичних та  
інженерно-технічних дисциплін»  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ року  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
Викладач \_\_\_\_\_

Виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Суднові допоміжні установки та системи» передбачає вирішення задачі з розрахунку якірно-швартовного присторю відповідно до свого варіанту:

№	Водотонажність судна $\Delta$ , т	Ширина В, м	Умовна висота Н, м	Площа парусності А, $\text{м}^2$
1	2 000	12	10	200
2	26 000	30	20	670
3	50 000	32	36	950
4	14 000	25	18	600
5	30 000	28	29	760
6	22 000	26	22	630
7	36 000	27	28	810
8	12 000	22	16	540
9	34 000	28	29	800
10	28 000	30	29	730
11	20 000	29	20	630
12	32 000	27	30	790
13	4 000	14	12	300
14	38 000	36	30	830
15	24 000	28	19	650
16	16 000	27	18	650
17	46 000	29	25	920
18	11 000	20	14	520
19	52 000	32	30	980
20	40 000	36	32	890
21	18 000	28	19	540
22	54 000	32	30	940
23	42 000	38	30	860
24	6 000	16	14	380
25	56 000	29	32	920
26	44 000	30	34	880
27	58 000	32	30	910
28	60 000	30	31	970
29	48 000	38	32	900
30	8 000	18	16	420

# Методичні вказівки до розрахунків

## 1. Призначення якірно-швартовних пристроїв

Якірно-швартовні пристрої призначені для виконання наступних операцій:

1. віддачі якоря 3-ма способами:
  - .1. за допомогою електроприводу;
  - .2. вільним травленням;
  - .3. вільним травленням з пригальмовуванням гальмом ланцюгової зірочки;
2. стоянки на якорі на гальмі ланцюгової зірочки;
3. почергового відриву 2-х якорів з половини розрахункової глибини стоянки;
4. одночасного підйому 2-х якорів з половини розрахункової глибини стоянки;
5. забезпечення швартування судна при отжимном вітрі 5 балів.

Відповідно до Правил Регістру, кожне судно повинне мати якірне пристрій, робочий механізм якого складається з 4-х вузлів:

1. редуктора;
2. гальмівних засобів;
3. муфт перемикачів;
4. основного і допоміжного вантажного барабанів.

Основний барабан призначений для переміщення якорів, допоміжний - для переміщення швартовних канатів.

Число якорів залежить від водотоннажності судна і складає 2 .. 3. При цьому на судах необмеженого району плавання якорів - 3, один з яких - запасний.

Маса якорів залежить від водотоннажності судна: на судах водотоннажністю 250 ... 400 Т маса одного якоря складає 300 кг, водотоннажністю 70 000 ... 100 000 Т - 11000 кг.

Сумарна довжина обох якірних ланцюгів залежить від водотоннажності судна і складає 110 ... 770 м; наприклад, для судна водотоннажністю 2000 т сумарна довжина становить 412,5 м, для судна з водотоннажністю 20 000 т - 550 м;

Якірний ланцюг складається з окремих змичок довжиною 25 .... 27,5 м кожна.

## 2. Особливості роботи якірно-швартовних пристроїв

Основними особливостями роботи ЯШП є:

1. короткочасний режим роботи тривалістю 30 хв з номінальним тяговим зусиллям на ланцюгової зірочці;
2. зміна навантаження на валу в межах 30 ... 200% номінального тягового зусилля;
3. можливість стоянки під струмом в загальмованому стані протягом 30 с - для якірних механізмів і 15 с - для швартовних механізмів;
3. часті пуски та зупинки електроприводу (до 60 циклів "включено-вимкнено" протягом 30 хв).

## 3. Класифікація якірно-швартовних і швартовних пристроїв

Якірно-швартовні пристрої діляться на 3 основні групи:

1. якірні шпилі;
2. якірно-швартовні шпилі;
3. брашпилі.

Якірні та якірно-швартовні шпилі мають вертикальне розташування валу. При цьому на валу якірних шпилів розташована якірна зірочка, якірно-швартовних - якірна зірочка і Швартовний барабан (посадили турачка).

Брашпили мають розташування горизонтальне розташування валу, на якому знаходяться 2 швартовних барабана і 2 якірні зірочки.

Брашпили за швидкістю і пристрою діляться на нормальні і полегшені. Перші застосовуються на судах морського флоту, другі - на судах річкового та озерного флоту, де застосовуються короткі якірні ланцюги.

Швартовні пристрої діляться на 2 групи:

1. швартовні шпилі;
2. швартовні лебідки.

У швартовних шпилів при швартуванні трос вручну накладається на Швартовний барабан, а після закінчення швартування також вручну змотується з барабана.

У швартовних лебідок на барабані зберігається весь запас троса.

#### 4. Кінематична схема брашпиля

Електродвигун 1 (рис. 1) через запобіжну фрикційну муфту 2 з'єднаний з черв'ячним редуктором 11 і проміжним валом 12.

Обертання цього валу через пару шестірнею 13 передається на головний вал 14, на якому знаходяться швартовні барабани 9.

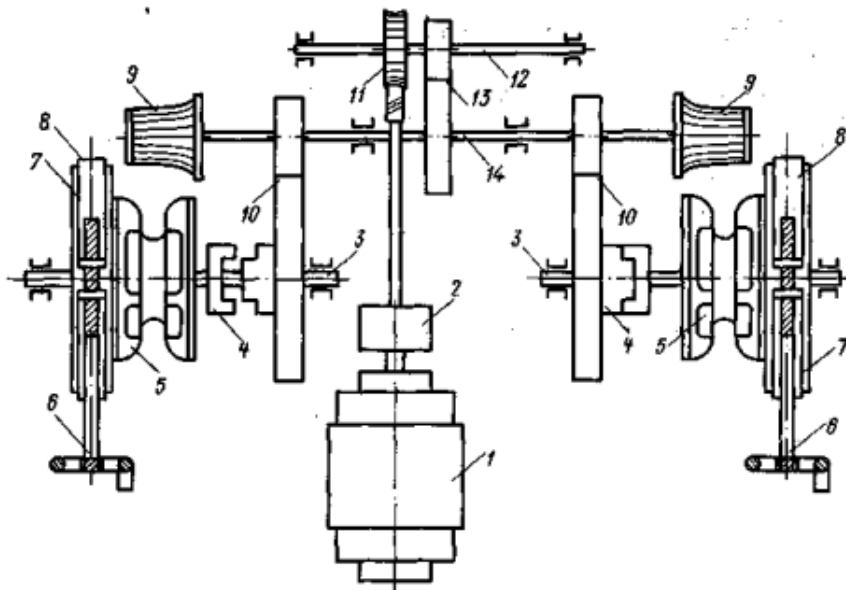


Рис. 1. Кінематична схема брашпиля

З головним валом за допомогою двох однакових пар зубчастих коліс 10 з'єднані 2 вантажних вала 3. На них можуть вільно обертатися п'ятикутні якірні зірочки (ланцюгові барабани) 5, виконані заодно з гальмівними колесами 7.

Ці колеса охоплені стрічками 8 стрічкового гальма з ручним гвинтовим приводом 6.

Ланцюгові барабани за допомогою кулачкового пристрою 4 з ручним приводом можуть приєднуватися до вантажних валів 3 і обертатися разом з ними.

На рис. 1 правий барабан повідомлений з зубчастим колесом, а лівий від'єднаний, тому брашпиль може переміщати тільки правий якір. Таким чином, електродвигун брашпиля може переміщати обидва якоря по черзі або одночасно.

Редуктор брашпиля може бути як самогальмуються, так і несамотормо зящімся. У другому випадку брашпиль повинен мати електромагнітні дискові гальма, загальмовують привід при знеструмленні судна або спрацьовуванні захистів у схемі електроприводу.

Віддача якоря відбувається під дією його власної ваги, швидкість травлення регулюється стрічковим гальмом.

Сучасні судна мають гідравлічні пристрої управління стрічковими гальмами, що дозволяє віддавати якір дистанційно (з рульової рубки). При цьому контролюється довжина витравленого якір-ланцюга і швидкість її травлення.

Весь механізм брашпиля і виконавчий електродвигун розташовані на відкритій палубі, що ускладнює обслуговування і підвищує уразливість.

Цього недоліку позбавлені шпилі, у яких на відкритій палубі розташовані тільки якірна зірочка і барабан, а електродвигун з редуктором знаходяться нижче палуби полубака в закритому приміщенні.

#### **Режим підйому одного якоря.**

При стоянці судна на якорі один кінець якірного ланцюга з якорем лежить на ґрунті, а другий проходить через клюз і якірну зірочку в ланцюговій ящик.

Провисаюча в воді частина ланцюга "а" знаходиться під дією зовнішніх сил, що діють на судно: сили вітру  $F$  і сили течії води  $F_t$ . Чим більше ці сили, тим сильніше натягнута якірний ланцюг.

Збільшення натягу ланцюга викликає підйом частини ланцюга з ґрунту, при цьому збільшується довжина її провисаючої частини.

Процес зняття судна з якоря ділиться на 4 стадії (рис. 2).

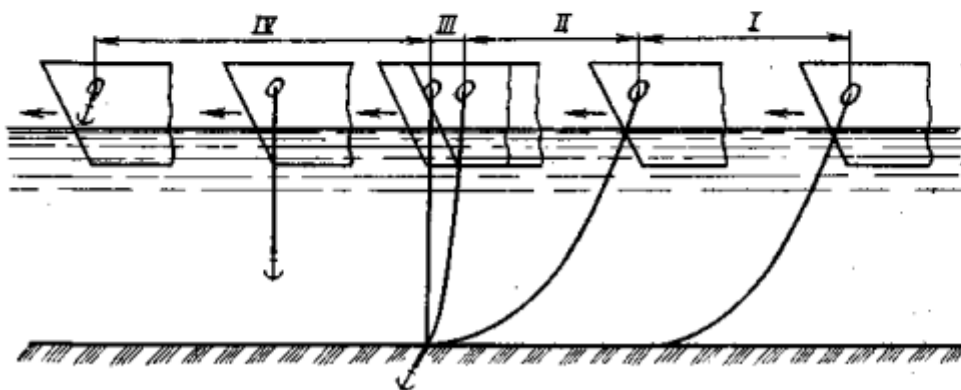


Рис.2. Процес зняття судна з якоря

**В стадії 1** брашпиль вибирає ланцюг, втягуючи її ланки в клюз. При цьому судно з дією зусилля в ланцюзі, створеного роботою електродвигуна брашпиля, рухається з невеликою швидкістю до місця залягання якоря.

Кількість ланок, втягуються в клюз, дорівнює кількості ланок, піднятих з ґрунту, тому форма провисаючої частини ланцюга «б» не змінюється. Значить, сила натягу ланцюга біля входу в клюз і момент  $M$  на валу електродвигуна на цій стадії не змінюються.

Стадія 1 закінчується, коли з ґрунту буде піднято останнім вільно лежаче ланка ланцюга. На цій стадії швидкість вибирання якоря збільшується, як правило, від 9 до 12 м / хв.

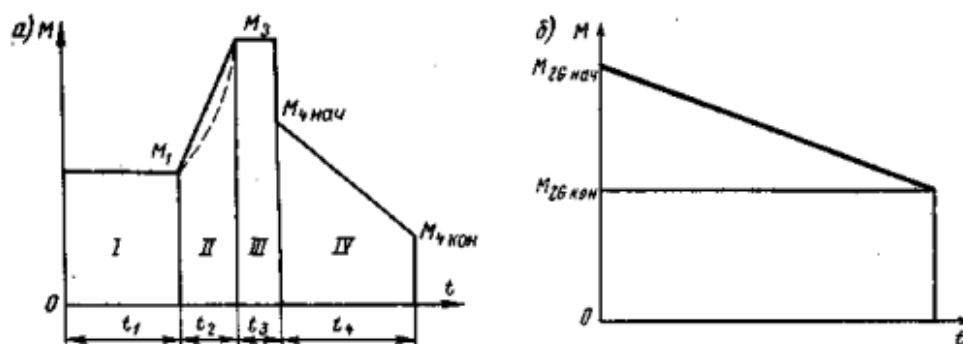


Рис.3. Навантажувальні діаграми електроприводу брашпиля при підйомі одного (а) і двох (б) якорів

Протягом **стадії 2** брашпиль продовжує втягувати ланцюг в клюз, а судно продовжує рухатися практично з незмінною швидкістю внаслідок придбаної інерції.

Натяг ланцюга збільшується і її форма в кінці стадії провисаючої частини ланцюга «в» наближається до прямої.

Наприкінці стадії 2 двигун може зупинитися, якщо момент на валу електродвигуна недостатній для відриву якоря від ґрунту. Двигун при цьому переходить в режим стоянки під струмом, тривалість якої обмежена Правилами Регістру до 30 с.

На цій стадії момент на валу електродвигуна  $M_2$  збільшувався від значення  $M_1$  до значення  $M_3$ .

На **стадії 3** двигун вибирає слабіну ланцюга, що утворюється внаслідок руху судна по інерції. Значення моменту на валу електродвигуна практично не змінюється, тобто одно  $M_3$ .

Наприкінці стадії 3 судно проходить над місцем залягання якоря і відриває його від ґрунту. В результаті момент електродвигуна стрибкоподібно зменшується від значення  $M_3$  до значення  $M_{4\text{нач}}$ .

На **стадії 4** двигун вибирає вільно висить ланцюг, довжина якої, що знаходиться у воді, безперервно зменшується. Момент на валу електродвигуна поступово зменшується від значення  $M_{4\text{нач}}$  до значення  $M_{4\text{кон}}$ , при якому ланцюг повністю втягнута в клюз.

Двигун при цьому треба відключити від мережі.

На цій стадії швидкість вибирання якоря зменшується, як правило, від 12 м / хв до 3 м / хв.

#### Режим підйому 2-х якорів

В цьому режимі якоря попередньо відірвані від ґрунту, а довжина ланцюга у

воді дорівнює половині розрахункової глибини стоянки.

Початковий момент на валу електродвигуна, обумовлений сумарною вагою якоря і ланцюги, становить  $M_{2\text{нач}}$  (рис. 3, б).

Після включення електродвигуна відбувається плавний підйом якоря, момент електродвигуна зменшується від значення  $M_{2\text{нач}}$  до значення  $M_{2\text{кон}}$ .

### **Швартовний режим**

В цьому режимі зусилля на тросі може змінюватися від нуля (слабина троса) до номінального значення.

Крім того, при ривках тягове зусилля в тросі може досягати значень, коли відбувається зупинка механізму. Однак тривалість перевантаження зазвичай не перевищує 4 ... 7 с.

Робота в швартовні режимі контролюється членами екіпажу, і швидкість на барабані може змінюватися в межах 7,2 ... 18 м / хв.

## **6. Характеристика якірного постачання суден**

Характеристика якірного постачання судна є безрозмірне число  $N_c$ , на підставі якого з таблиць визначаються основні параметри якірної частини якірно-швартовного пристрої: калібр ланцюга, число якорів і швартовних канатів, довжина якір-ланцюгів і швартовних канатів та ін.

Характеристика якірного постачання

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1 A,$$

де:  $\Delta$  – водотоннажність судна, Т;

$B$  – ширина судна, м;

$H$  - умовна висота від ватерлінії до верхньої кромки настилу палуби біля борту найвищої рубки, що має ширину не менше  $0,25B$ , м;

$A$  – площа парусності в межах довжини судна по ватерлінії

без урахування парусності щогл, стріл, огороження,  $\text{м}^2$ .

2. Маса якоря Холу для судів необмеженого району плавання ( кг )

$$Q = 3 N_c.$$

3. Сумарна довжина 2-х якірних ланцюгів ( м )

$$\sum L = 87 (N_c)^{0,25}$$

4. Калібр ланцюгів для станкових якорів (мм) знаходять за формулою

$$d = R N_c^{0,5},$$

де:  $R$  – коефіцієнт, равный для цепей обычной прочности 1,75, повышенной прочности – 1,55, особой прочности – 1,35.

## **7. Характеристика швартовного постачання суден**

Під характеристикою швартовного постачання судів розуміють сукупність таких параметрів швартовних канатів: кількості, довжини та діаметру. При цьому кількість і довжина визначаються Правилами Регістру, а діаметр розраховується за формулою (див. нижче).

1. Кількість швартовних канатів (тросів) на судні залежить від основної характеристики постачання  $N_c$  і становить 3 ... 20 шт. (Додаток 1);
2. Довжина швартовних канатів також залежить від основної характеристики постачання  $N_c$  і становить 130 ... 200 м кожен (Додаток 1);
3. Діаметри канатів визначають виходячи з нормованого розривного зусилля

$$F \geq a_2 (N_c - v_2)^{0,5},$$

причому коефіцієнти  $a_2$  і  $v_2$  мають такі значення:

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів  $a_2$  і  $v_2$

$N_c, T$	$a_2$	$v_2$
До 1000	500	0
1000...5000	630	375
Понад 5000	825	2300

Однак максимальне значення розривного зусилля каната не слід вибирати більш 50 000 даН.

4. Номінальне тягове зусилля швартовних механізмів не має бути більше 1/3 розривного зусилля швартовних канатів.

## 8. Вимоги Правил Регістру до якірним і швартовних електроприводів

1. Потужність електропривода якірного механізму повинна забезпечувати номінальне тягове зусилля на зірочці (Н)

$$F_{к.н} = 11 (ph + Q),$$

де:  $p$  – маса одного метра ланцюга, кг;

$h$  – глибина стоянки на якорі, м;

$Q$  – маса одного якоря, кг.

2. Вказану потужність електродвигун якірного механізму повинен розвивати протягом 30 хв безперервної роботи з наступною стоянкою під струмом протягом 30 с;
3. Швидкість вибирання якірного ланцюга при номінальному тяговому зусиллі на зірочці  $F_{к.н}$  повинна бути не менше 0,17 м/с ( 10,2 м/хв );
4. Пусковий момент електродвигуна повинен забезпечити подвійне значення номінального тягового зусилля на зірочці  $2 F_{к.н}$  ;
5. Якщо пусковий момент електродвигуна створює зусилля, що перевищує номінальне тягове зусилля в 4 рази, між електродвигуном і механізмом повинна встановлюватися запобіжна фрикційна муфта;
6. Гальмо механізму повинно розвивати момент, що перешкоджає розвороту механізму при тяговому зусиллі на зірочці не менше  $1,3 F_{к.н}$  ;
7. Електропривод якірно-швартовного механізму повинен забезпечувати одночасне вибирання двох вільно висять якорів з половини номінальної глибини стоянки;
8. при підході якоря до клюзи електропривод повинен розвивати швидкість не більше 0,17 м / с (10,2 м / хв); кращою є швидкість 0,12 м / с (7,2 м / хв);



9. на ступенях швидкостей, призначених тільки для швартовних операцій, має бути передбачений захист від перевантаження, при спрацьовуванні якої електродвигун переходить на щабель, призначену для підйому якоря;
10. привід якорного пристрою повинен забезпечувати безперервну роботу з номінальним тяговим зусиллям протягом 30 хв, а потім, без перерви, стоянку під струмом в загальмованому стані протягом 30 с - для якорних механізмів і 15 с - для швартовних механізмів;
11. при цьому допускається перевищення температури на 30% по відношенню до граничної температури обмоток, визначених класом ізоляції обмоток (електричні машини морського виконання випускають з ізоляцією обмоток класів В - 130 ° С, F - 155 ° С і Н - 180 ° С);
12. при стоянці під струмом асинхронні двигуни з фазним ротором і двигуни постійного струму повинні розвивати момент стоянки не менше подвійного номінального моменту;
13. живлення електроприводів якорно-швартовних механізмів повинно здійснюватися безпосередньо від ГРЩ.

## **9. Рекомендації по вибору систем електроприводів якорно-швартовних пристроїв**

Процес зйомки з якоря включає в себе:

1. допоміжні операції, пов'язані із звільненням ланцюгових стопорів і підготовкок механізму;
2. вибирання ланцюга;
3. введення якоря в клюз і кріплення його в похідному положенні, та ін.

Незважаючи на численні спроби автоматизувати весь процес роботи якорно-швартовних пристроїв, багато операцій залишаються ручними і не піддаються автоматизації.

В даний час автоматизована віддача якоря за допомогою управління стрічковим гальмом з містка (рубки). Довжина витравленого якор-ланцюга контролюється за допомогою лічильника у 2-х місцях-на містку і безпосередньо в приводу якорно-швартовного пристрої на півбак.

Процес вибирання ланцюга також може бути автоматизований, проте перед введенням якоря в клюз рекомендується перейти на місцеве управління для візуального контролю за рухом ланцюга і якоря.

Швартовні операції в силу специфіки повинні знаходитися під безперервним візуальним контролем (крім операцій з контролю натягу троса, який може бути автоматизований за допомогою автоматичних швартовних лебідок - АШЛ).

Для всіх типів шпилів і брашпилів морського і річкового флоту в межах калібрів ланцюгів 100 мм (водотоннажність суден до 100 000 Т включно) доцільне застосування асинхронних короткозамкнених полюсопереключаємих електродвигунів серії МАП з 2-ма і 3-мя обмотками на статорі. Ступінь захисту - IP56.

Системи генератор - двигун застосовують у разі, якщо потужність електроприводу більше 20% потужності суднової електростанції.

## 10. Розрахунок і вибір параметрів характеристики якірного постачання судна

### 1. Характеристика якірного постачання судна

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1 A = 10\,000^{2/3} + 2*20*10 + 0,1*380 = 899,3 \approx 900$$

де:  $\Delta = 10\,000$  Т – водотоннажність судна;

$B = 20$  м – ширина судна;

$H = 10$  м - умовна висота від ватерлінії до верхньої кромки настилу палуби;

$A = 380 \text{ м}^2$  – площа парусності ;

### 2. маса одного якоря Холу

$$Q = 3 N_c = 3*900 = 2700 \text{ кг}$$

### 3. сумарна довжина 2-х якірних ланцюгів

$$\sum L = 87 (N_c)^{0,25} = 87(900)^{0,25} = 476 \text{ м}$$

### 4. калібр ланцюга для станових якорів

$$d = R N_c^{0,5} = 1,75*(900)^{0,5} = 52,5 \text{ мм},$$

де:  $R = 1,75$  – коефіцієнт для ланцюгів звичайної міцності;

### 5. приймаємо такі характеристики якірного пристрою

калібр ланцюга звичайної  $d = 53$  мм;

кількість якорів  $n = 3$ ;

середня маса одного якоря  $Q = 2750$  кг;

найменша довжина 2-х ланцюгів  $\sum L = 480$  м;

розрахункова глибина стоянки  $h = 100$  м;

### 6. діаметр ланцюгової зірочки

$$D_{зв} = 13,7 d = 13,7*53 = 726 \text{ мм} = 0,73 \text{ м}$$

7. оскільки один механізм якірно-швартовного пристрою застосовується для 2 ... 3 калібрів ланцюгів і відповідних цим калибрам ланцюгових зірочок, в розрахунках величину діаметра зірочки  $D_{зв}$  беруть мінімальної.

23. для вибору параметрів якірного і швартовного постачання використовують Додаток 1, таблицю 3.1.3-1 «Характеристики якірного і швартовного постачання морських суден» Правил класифікації та побудови морських суден Регістра.

У цій таблиці значення  $N_c = 900$  немає, тому приймаємо в якості розрахункового найближчим більше значення  $N_c = 910$ .

24. Характеристиці постачання судна  $N_c = 910$  відповідають 3 калібру: 54, 48 і 42 мм (Додаток 1, таблиця 3.1.3-1 «Якірне і швартовні постачання морських суден»).

Приймаємо найменший діаметр зірочки

$$D'_{зв} = 13,7*42 = 575,4 \text{ мм} = 0,57 \text{ м}$$

## 11. Розрахунок і вибір параметрів характеристики швартовного постачання судна

1. відповідно до Додатку 1, таблиця 3.1.3-1. «Характеристики якірного і швартовного постачання морських суден», при якірної характеристиці судна

$N_c = 910$  кількість швартовних канатів

$$n_{ш} = 4$$

2. довжина кожного каната

$$L_k = 170 \text{ м};$$

3. розривне зусилля каната

$$F_p \geq a_2 (N_c - v_2)^{0,5} = 500(900 - 0)^{0,5} = 15\,000 \text{ даН} = 150 \text{ кН},$$

де:  $a_2 = 500$ ;  $v_2 = 0$ .

Значення коефіцієнтів  $a_2$  і  $v_2$  знаходимо в Додатку 3. "Значення коефіцієнтів  $a$  і  $v$  при розрахунку і виборі параметрів швартовного постачання суден".

4. уточнене значення розривного зусилля в канаті визначають по таблиці «Основні дані швартовних канатів» (Додаток 4). У цій таблиці розривне зусилля  $F_p = 150 \text{ кН}$  відсутня, тому приймаємо в якості цього зусилля найближчим більше  $F'_p = 190 \text{ кН}$

(при розрахунковій межі міцності дроту на розтяг  $H = 1400 \text{ Н/мм}^2$ ). Цьому зусиллю відповідає діаметр каната  $d_k = 22,5 \text{ мм}$ ; розрахункова маса 100 м каната

$$m_{100} = 166 \text{ кг};$$

5. номінальне тягове зусилля швартовного каната

$$F_n = F'_p / 3 = 190 / 3 = 64 \text{ кН}.$$

## 12. Вибір системи керування електроприводом якірно-швартовного пристрої

Відповідно до Додатку 5 «Вибір системи керування електроприводом якірно-швартовного пристрої», для якірно-швартовних пристроїв з калібром ланцюга  $d = 49 \dots 100 \text{ мм}$  (в нашому випадку  $d = 53 \text{ мм}$ ) застосовується система управління за допомогою магнітного контролера 3-швидкісним асинхронним короткозамкненим електродвигуном з такими вихідними даними: номінальна синхронна частота обертання  $n_n = 750 \text{ об / хв}$ ; кількість швидкостей – 3.

Таким чином, подальший розрахунок, вибір і перевірка двигуна будуть виконуватися, виходячи з того, що номінальна частота обертання двигуна  $n_n = 750 \text{ об / хв}$ .

## 13. Розрахунок, вибір і перевірка електродвигуна на його відповідність нормативам для якірно-швартовних пристроїв

### А. Якірна частина пристрою

1. Необхідна розрахункова потужність електродвигуна

$$P = \kappa * L * d^2 * v_{ш} / 3850 * \eta * \lg(d + 70) = 1 * 300 * 53^2 * 0,17 / 3850 * 0,75 * \lg(53 + 70) = 23,7 \text{ кВт},$$

де:  $\kappa = 1$  – коефіцієнт навантаження для морських якірних механізмів;

$L = 3 \text{ h} = 3 * 100 = 300 \text{ м}$  – повна довжина ланцюга,

$d = 53 \text{ мм}$  – калібр ланцюга;

- $v_{\text{ц}} / = 0,17 \text{ м/с}$  – швидкість підйому якоря;  
 $\eta = 0,75$  – коефіцієнт корисної дії механізму;
- обираємо електродвигун за двома параметрами:
    - розрахункової потужності  $P = 23,7 \text{ кВт}$ ;
    - номінальною синхронної частоті обертання  $n_H = 750 \text{ об / хв}$  ( див. п. 10).
  - для електроприводів якірно-швартовних пристроїв застосовують асинхронні полюсопереключаєміе даігателі серії МАП (морської асинхронний полюсопереключаєміий). Технічні характеристики цих двигунів приведені в Додатку 6 «Технічні характеристики трьохшвидкісних асинхронних двигунів для якірно-швартовних пристроїв».
- Як впливає з Програми, у всіх без винятку типів двигунів синхронна частота обертання обмотки третій швидкості  $n_{\text{с3}} = 1500 \text{ об / хв}$ , другий швидкості  $n_{\text{с2}} = 750 \text{ об / хв}$ .
- Тому вибирати двигун з таблиці Додатка 6 треба з горизонтальної рядки, відповідної другій швидкості  $n_{\text{с2}} = 750 \text{ об / хв}$ , тобто з строчки з числом полюсів  $2p = 8$  і значенням потужності, рівною або більшою розрахункової  $P = 23,7 \text{ кВт}$ .
- з Додатку 6 вибираю двигун серії МАП 621-4/8/16 з такими даними:

Таблиця 1. Номінальні дані двигуна типу МАП 621-4/8/16

1	Число полюсів $2p$	4	4	8	16
2	Режим роботи, хв	30	15	30	10
3	Потужність $P_{2H}$ , кВт	25	30	25	8
4	Частота обертання $n$ , об / хв	1435	1430	675	320
5	Час стоянки під струмом після режиму, с	15	15	50	30
6	Номінальний струм при напрузі 380 В	50,5	56,5	62,5	41,5
7	Максимальний момент $M$ , даНм	60	60	80	55
8	Пусковий момент $M$ , даНм	45	45	75	55
9	Пусковий струм $I$ , А	390	390	240	90
10	Коефіцієнт потужності $\cos \phi$	0,9		0,76	0,5

- у цього двигуна частота обертання другій швидкості  $n_H = 675 \text{ об / хв}$ , чому відповідає синхронна частота обертання  $n_H = 750 \text{ об / хв}$ , а потужність  $P_{2H} = 25 \text{ кВт} > P = 23,7 \text{ кВт}$ . Таким чином, обидва умови вибору двигуна, зазначені в п.2, дотримані.
- передавальне число механізму

$$i \leq \pi * D'_{36} * n / 60 * v_{\text{ц}} = 3,14 * 0,57 * 675 / 60 * 0,17 = 118,44,$$

де:  $n = 675 \text{ об/хв}$  – номінальна частота обертання двигуна на 2-й швидкості; приймаємо  $i = 120$ ;

- перевіряємо електродвигун на достатність пускового моменту за умовою

$$M_H \geq M'_{\text{мех}} = k * L * d^2 * D_{36} / 39 * i * \eta * \lg (d + 70), \text{ або, в числах:}$$

$$75 \geq 1 * 300 * 53^2 * 0,73 / 39 * 120 * 0,75 * \lg (53 + 70) = 62,9 \text{ даН*м}$$

(в праву частину підставляємо калібр ланцюга  $d = 53 \text{ мм}$  і відповідний йому діаметр зірочки  $D_{36} = 0,73 \text{ м}$ ).

Як впливає з отриманого нерівності, пусковий момент двигуна  $M_H = 75 \text{ даНм}$  більше необхідного розрахункового  $M'_{\text{мех}} = 62,9 \text{ даНм}$ , тобто достатній для

підйому якоря з номінальною глибини стоянки.

При невиконання нерівності треба збільшити потужність електродвигуна, для чого вибрати з довідника найближчий більший за потужністю двигун і повторити розрахунок.

8. перевіряємо двигун на можливість пошкодження механічної частини електроприводу пусковим моментом двигуна по умові

$$M_n < M''_{\text{мех}} = 6 d^2 * D_{36} / i * \eta, \text{ або, в числах,}$$

$$75 > 6 * 42^2 * 0,57 / 120 * 0,75 = 67 \text{ даН*м}$$

(в праву частину підставляємо можливий мінімальний діаметр калібру  $d = 42 \text{ мм}$  і відповідний йому діаметр зірочки  $D'_{36} = 0,57 \text{ м}$ ).

Як впливає з отриманого нерівності, пусковий момент електродвигуна більше допустимого, тому між електродвигуном і редуктором треба встановити запобіжну фрикційну муфту.

9. допустимий час стоянки під струмом після 30 хв роботи в номінальному режимі

$$t_{\text{см}} = (v_{\text{ц}} d^2) / (\Delta^{1/3}) [0,11 M_n n \eta (32 + 0,14L) / (v_{\text{ц}} d^2 L) - 1]^{0,5} =$$
$$= (0,17 * 53^2) / (10\,000)^{1/3} [0,11 * 75 * 675 * 0,75 (32 + 0,14 * 300) / (0,17 * 53^2 * 300) - 1]^{0,5} = 21,4 \text{ с}$$

Цей час менше наведеного в таблиці 1 «Номінальні дані двигуна типу МАП621-621-4/8/16» допустимого часу стоянки під струмом, рівного 50 с.

Таким чином, результат перевірки на нагрів задовільний.

## Б. Швартовних частина пристрою

1. Діаметр швартовного барабана

$$D_{\text{б}} = 1,1 D_{36} = 1,1 * 0,73 = 0,803 \approx 0,8 \text{ м}$$

2. Номінальний момент механізму при швартуванні

$$M_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} (D_{\text{б}} + d_{\text{к}}) / 2 i \eta = 70 * 10^3 (0,8 + 0,0225) / 2 * 120 * 0,75 = 320 \text{ Н*м}$$

3. Номінальний момент електродвигуна при швартуванні на номінальній (2-й) швидкості

$$M_{2\text{н}} = (9550 P_{2\text{н}}) / n_{2\text{н}} = (9550 * 25) / 675 = 353 \text{ Н*м}$$

Таким чином, номінальний момент електродвигуна більше необхідного номінального моменту механізму.

4. номінальний момент механізму при швартуванні (в% від номінального моменту двигуна на 2-й швидкості)

$$M'_{2\text{ш}} = (M_{\text{ш}} / M_{2\text{н}}) * 100 = (320 / 353) * 100 = 90,65 \% \approx 90 \%$$

5. частота частота обертання електродвигуна при номінальному моменті механізму на 2-й швидкості визначається за графіками механічних характеристик двигунів з числом полюсів  $2p = 4, 8, 16$  (Додаток 9 «Механічні характеристики електродвигунів серії МАП з числом полюсів  $2p = 4, 8, 16$ ») для характеристики 2-ї швидкості з  $2p = 8$  при  $M\% = 90 \%$

$$n_2 = 744 \text{ об / хв.}$$

6. швидкість швартовного троса при номінальному моменті механізму на 2-й швидкості

$$v_{ш} = \pi (D_{\sigma} + d_k) n_2 / 60 \tau = 3,14 * (0,8 + 0,0225) * 744 / 60 * 120 = 0,27 \text{ м / с,}$$

що відповідає рекомендованому значенню цієї швидкості - не більше 0,30 м / с (Додаток 11 «Технічні дані єдиного ряду якірно-швартовних механізмів», стовпчик № 13);

7. номінальний момент електродвигуна при швартуванні на 3-й швидкості

$$M_{3н} = (9550 P_{3н}) / n_{3н} = (9550 * 30) / 1430 = 200 \text{ Н*м}$$

8. номінальний момент механізму при швартуванні (в% від номінального моменту двигуна на 3-й швидкості)

$$M'_{3ш} = (M_{ш} / M_{3н}) * 100 = (320 / 200) * 100 = 160 \%$$

9. частота обертання електродвигуна при номінальному моменті механізму на 3-й швидкості визначається за графіками механічних характеристик двигунів

10. з числом полюсів  $2p = 4, 8, 16$  (Додаток 9 «Механічні характеристики електродвигунів серії МАП з числом полюсів  $2p = 4, 8, 16$ ») для характеристики 3-й швидкості з  $2p = 4$  при  $M\% = 160 \%$

$$n_3 = 1170 \text{ об / хв}$$

11. максимальна швидкість швартовного троса (на 3-й швидкості)

$$v_{ш \cdot \max} = \pi (D_{\sigma} + d_k) n_3 / 60 \tau = 3,14 * (0,8 + 0,0225) * 1170 / 60 * 120 = 0,33 \text{ м / с,}$$

що практично відповідає рекомендованому діапазону найбільших значень цієї швидкості - 0,4 ... 0,67 м / с (Додаток 11 «Технічні дані єдиного ряду якірно-швартовних механізмів», стовпець № 13).

Додаток 11 встановлює найбільші (граничні) значення швидкості вибирання швартовного каната, які не слід перевищувати, оскільки члени палубної команди на півбак не будуть встигати укладати обираний канат на Швартовний барабан.

## **В. Перевірка обраного електродвигуна по розривне зусилля троса**

1. перевірка на розрив полягає в порівнянні пускового моменту електродвигуна  $M_n$  з розривним моментом троса  $M_{разр}$ . Щоб трос при пуску не розірвався, пусковий момент двигуна на 2-й швидкості повинен бути менше розривного моменту троса  $M_{разр}$ :

$$M_n < M_{разр} = 40 F_p (D_{\sigma} + d_k) / \tau \eta ,$$

$$75 < 40 * 216 * (0,8 + 0,0225) / 120 * 0,75 = 79 \text{ даН*м}$$

Таким чином, прийняте нерівність виконується, трос при пуску не обірветься.