

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт кораблестроения и морского транспорта

В.А. Очеретяный, О.Г. Лепеха

ГИДРОПРИВОД СУДОВЫХ ЛЮКОВЫХ ЗАКРЫТИЙ. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ

Рекомендовано
Учебно-методическим советом института
в качестве учебно-методического пособия
для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 26.05.06
«Эксплуатация судовых энергетических установок»

Севастополь
СевГУ
2015

УДК 629.506
ББК: 39.459
О-95

Рецензенты:

А. Р. Аблаев - к.т.н., доцент каф. ЭМСС
Т. Л. Чемакина - к.т.н., доцент каф. ЭМСС

Очеретяный В.А.

О-95 Гидропривод судовых люковых закрытий. Расчет показателей надежности: учеб.-метод. пособие / В.А. Очеретяный¹, О.Г. Лепеха². – Севастополь: СевГУ, 2015. – 24 с.: ил.

Рассматривается устройство и элементная база гидропривода откидного люкового закрытия современного балкера. Анализируется работа гидропривода на примере функциональной схемы, в частности, элементов обеспечения рабочих характеристик, защиты привода и безопасной эксплуатации люкового закрытия в целом. Изложена методика оценочного расчета важнейшей характеристики надежности гидропривода – вероятности безотказной работы.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, института кораблестроения и морского транспорта, направления подготовки 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

УДК 629.506

© Очеретяный В.А.¹,
Лепеха О.Г.², 2015
© ФГАОУВО «Севастопольский
государственный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Устройство гидропривода откидного ЛЗ	5
2. Оценка надежности гидравлической системы	14
2.1. Характеристики надежности гидравлической системы	14
2.2. Исходные данные к контрольной работе	17
2.3. Порядок выполнения контрольной работы	18
3. Требования к отчету	19
4. Вопросы к контрольной работе	19
Приложение А	21
Литература	22

ВВЕДЕНИЕ

Люковые закрытия (ЛЗ) грузовых трюмов выполняют важные функции, обеспечивая сохранность перевозимого груза, являются важным элементом системы непотопляемости судна [1, 2]. Возможно также размещение груза на поверхности ЛЗ.

На морских судах широко распространены ЛЗ откидного типа. В откидных ЛЗ крышки прикреплены на петлях (шарнирах) к комингсу люка или к палубе и при открывании откидываются к поперечным (в ДП) комингсам.

Особенностью откидных крышек является то, что в вертикальном положении, когда люки открыты, они занимают мало места на палубе. На рис. 1 показано судно с подобной системой ЛЗ [3].

Судно оснащено двумя четырехсекционными ЛЗ, открываемыми в нос и в корму. Видно, что в сложенном положении при открытых трюмах носовое ЛЗ имеет габариты: толщина набора – 3,8 м; высота более 12 м и ширина более 14 м. Выполнение требования по прочности привело к тому, массы секций ЛЗ достаточно значительны (18...33 т). Высота секции в районе комингса – около 630 мм, на пролетах более 800 мм.

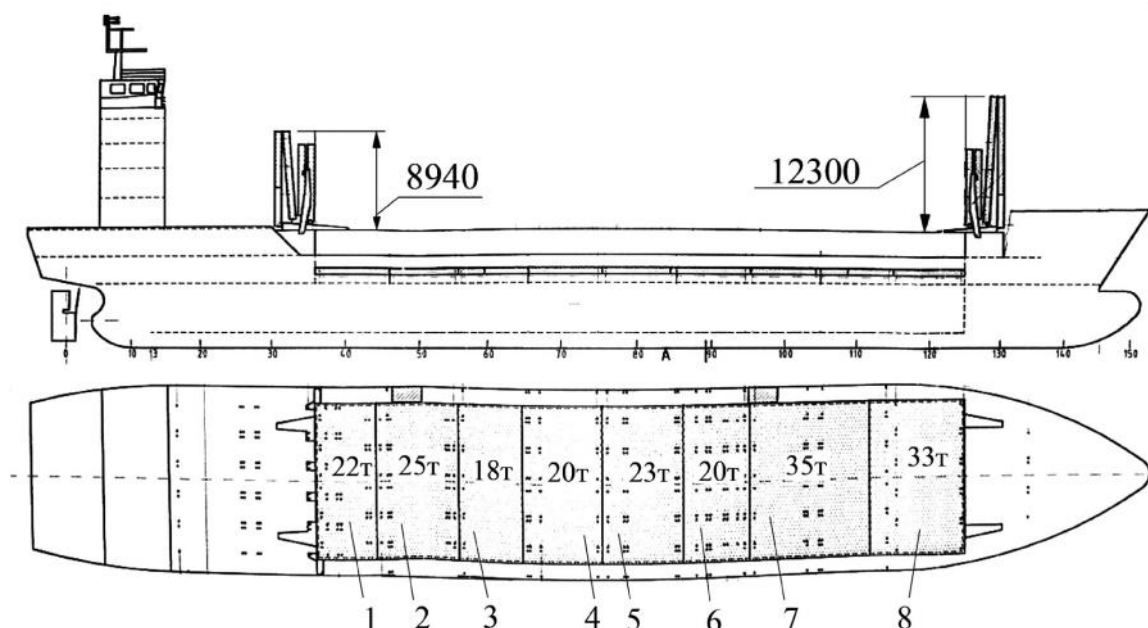


Рис. 1. Общий вид судна с ЛЗ откидного типа:

- 1, 2 – ведущие секции кормового ЛЗ; 3, 4 – ведомые секции кормового ЛЗ;
5, 6 – ведомые секции носового ЛЗ; 7, 8 – ведущие секции носового ЛЗ;

Параметры трюма, перекрываемого рассматриваемыми ЛЗ: длина 57,8 м, ширина 13,4 м. Современные ЛЗ откидного типа имеют, в основном, гидравлический привод [4, 5].

1. УСТРОЙСТВО ГИДРОПРИВОДА ОТКИДНОГО ЛЗ

Производитель ЛЗ компания HamworthyKSE. Гидравлика ЛЗ обеспечивает рабочее давление, создаваемое аксиально-поршневыми насосами 25 МПа. Давление испытания гидропривода – 35 МПа. Имеется две рабочие насосные установки. Одна расположена в районе МКО, другая в носовой оконечности судна. Каждая насосная станция оснащена двумя электроприводными насосами, производительность каждого 25 л/мин. Мощность электродвигателей по 11 кВт. Один насос – резервный. Емкость масляного бака 840 л. Масса оборудования с маслом 1450, без – 730 кг. Трубопроводы - высокопрочная сталь стандартных размеров (для линий высокого и среднего давления - 25х4; 20х3; 14х2; 12х1,5; сливные и на всасывании насосов – 28х2; трубы бесшовные. Штоки гидроцилиндров выполнены из хромоникелевой стали.

Суммарное время открытия всего ЛЗ – 7 мин, где время открытия носовых ведущих секций – 5,0; кормовых ведущих 3,9 мин; носовых ведомых 2,0 мин; кормовых ведомых 2 мин.

Суммарное время закрытия всего ЛЗ – 5,7 мин, где время закрытия носовых ведомых секций – 2,0; кормовых ведомых 1,8 мин; носовых ведущих 2,0 мин; кормовых ведущих 2 мин.

При работе насосной установки в течение 2 - 4 часов с температурой масла более 63 °С следует отключение насосов. В зимнее время необходимо осуществлять прогрев масла в баке до температуры +25 °С, прогрев масла в баке начинать за 20 - 24 часа до начала работу гидропривода. При достижении температуры +25 °С, подогрев автоматически выключится.

Смазке подлежат следующие элементы ЛЗ: кистью - задрайки, замочные болты; шприцовкой - петли гидроцилиндров, межсекционные петли; ролики; крышки управляющей арматуры; направляющие скольжения гидроцилиндров; штоки. Для открытых деталей применяется смазка Mobilac 81 компании Mobil Oil, для прессмасленок – Spheerol LMM компании Castrol.

На рис. 2 представлен план расположения гидрооборудования ЛЗ судна. Работу гидропривода обеспечивает две насосные станции 10 и 22. Станция 10 – обеспечивает открытие и закрытие носового ЛЗ; станция 22 – кормового ЛЗ. Масло по трубопроводам 12 поступает на пульты управления 2 и 17. От пультов управления 2 рабочая среда подается к четырем гидроцилиндрам 5, 6, 8, 9, которые управляют ведущими секциями носового ЛЗ; к двум гидроцилиндрам 3 и 7, которые управляют ведомыми секциями носового ЛЗ. От пульта управления 17 рабочая среда подается к двум гидроцилиндрам 20 и 21, которые управляют ведущими секциями кормового ЛЗ; к двум гидроцилиндрам 18 и 19, которые управляют ведомыми секциями кормового ЛЗ.

Концевые гидровыключатели 1 и 16 служат для предотвращения работы ведущих секций при неполном закрытии ведомых секций. Запорная арматура 15 служит для аварийного управления в случае отказа одной насосной станции.

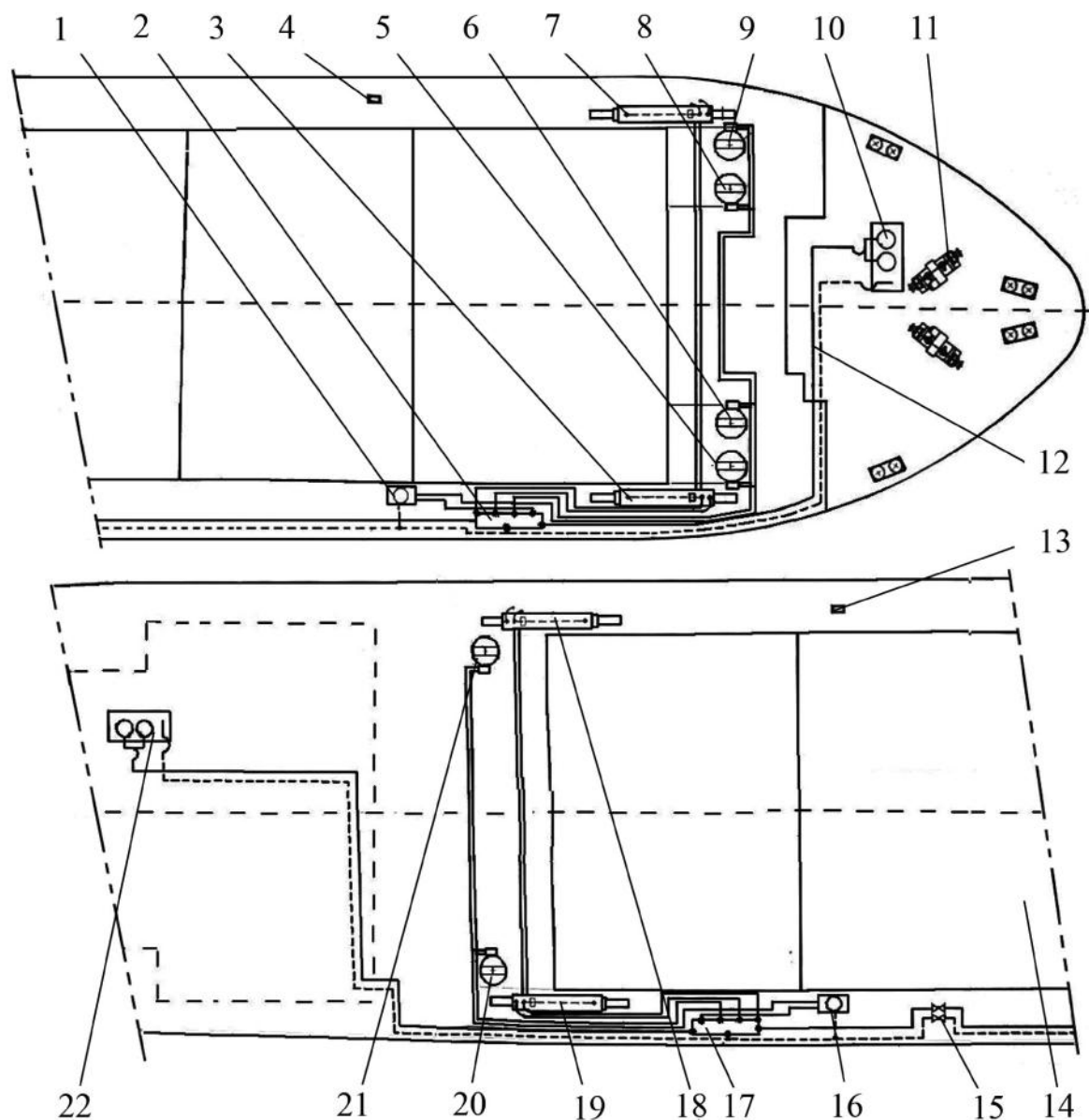


Рис. 2. Расположение элементов гидропривода ЛЗ на судне:
 1, 16 – гидровыключатель; 2, 17 – пульта управления носовыми и кормовыми ЛЗ; 3, 7, 18, 19 - гидроцилиндры управления ведомыми секциями носового и кормового ЛЗ; 4, 13 – пульта аварийной остановки насосов; 5, 6, 8, 9, 20, 21 - гидроцилиндры управления ведущими секциями носового и кормового ЛЗ; 10, 22 – резервная и основная насосные станции; 11 – якорно-швартовный механизм; 12 – трубопроводы; 14 – секция ЛЗ; 15 - арматура перехода на управление ЛЗ резервной насосной станцией

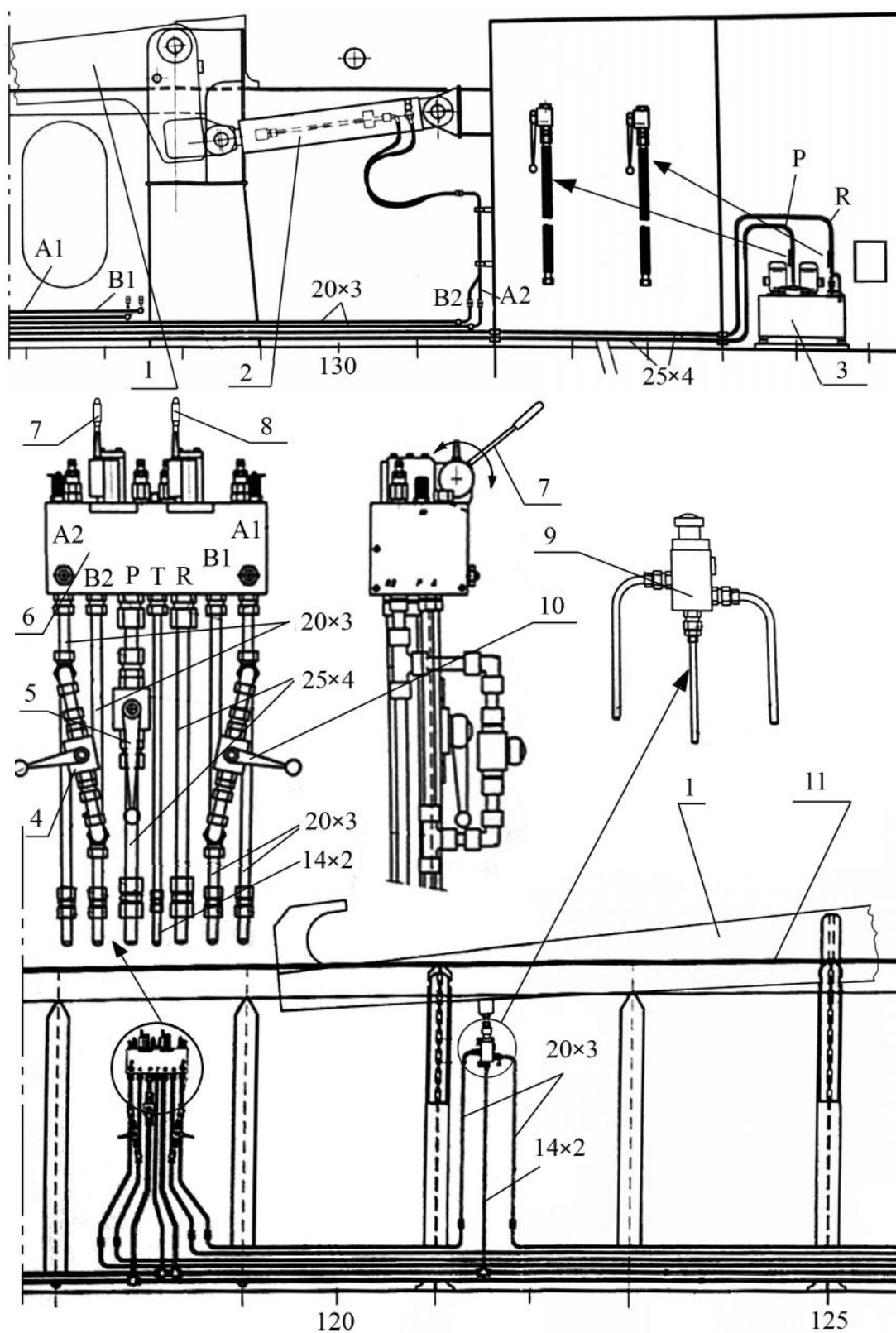


Рис. 3. Элементы гидрооборудования ЛЗ продольного борта комингса

На рис. 3 представлены элементы гидрооборудования ЛЗ продольного борта комингса: 1 – тяга ведомых секций; 2 – гидроцилиндр управления

тягой; 3 – насосная станция; 4, 5, 10 – арматура управления потоками рабочей среды; 6 – пульт управления; 7 – рукоятка управления работой ведомыми секциями ЛЗ; 8 – рукоятка управления работой ведущими секциями ЛЗ; 9 – конечный гидровыключатель; 11 – поверхность продольного комингса; А2 – отвод (подача) масла гидроцилиндра ведомых секций; В2 – подача (отвод) масла гидроцилиндра ведомых секций; Р – подвод масла от насосной станции; Т – отвод утечек; R – отвод масла в бак насосной станции; В1 – подача (отвод) масла гидроцилиндра ведущих секций; А1 – отвод (подача) масла гидроцилиндра ведущих секций

На рисунке указаны габариты поперечных сечений трубопроводов (наружный диаметр и толщина стенки в мм). Видно расположение трубопроводов на стенках комингсов, отмечено направление движения в них потока масла (Р, R, В1, В2, А1, А2). На рис. 3 гидроцилиндр 2 (вместе с парным на другом борту комингса) осуществляет подъем и опускание посредством тяги 1 ведомых секций носового ЛЗ.

На рис. 4 представлены элементы гидрооборудования поперечного борта комингса. На рис. 4 гидроцилиндр 2 (вместе с тремя другими) осуществляет подъем и опускание ведущих секций носового ЛЗ.

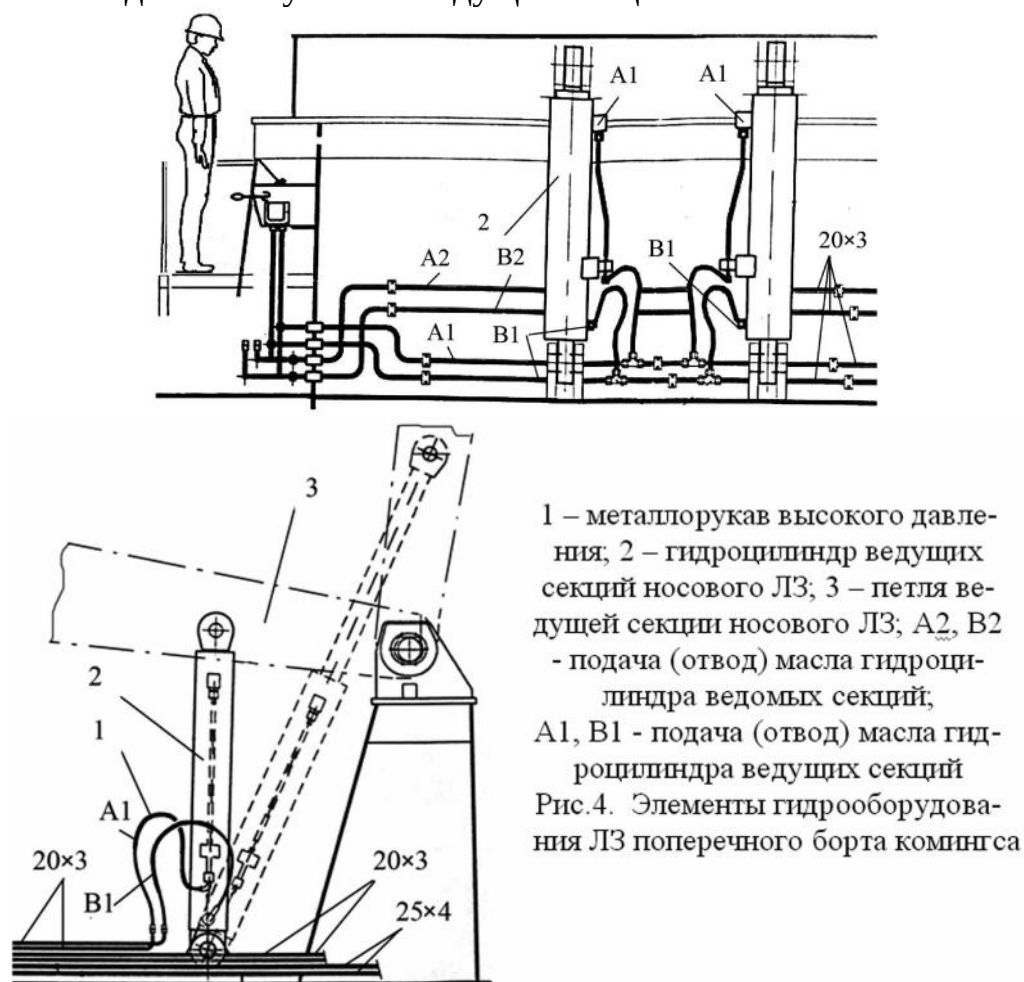


Рис. 4. Элементы гидрооборудования поперечного борта комингса



The diagram illustrates a hydraulic system for a two-cylinder pump. It features two main sections, P and R, separated by a vertical dashed line. Section P contains two pumps, P1 and P2, each driven by a motor (M) and connected to a 28x2 cylinder. A pressure gauge (2) is connected to the line between the pumps and a 30 MPa pressure relief valve (3). A valve (4) is also present in this section. Section R contains a 12x1,5 cylinder connected to a 22x2 cylinder. A pressure gauge (5) is connected to the line between these cylinders, and a valve (6) is located downstream. The system is grounded at points 13 and 8. Various components are labeled with numbers 1 through 13, including pipes, valves, and gauges.

1, 5 – обратный клапан; 2 – предохранительный клапан; 3 – манометр;
4 – перепускной клапан; 6 – подогреватель; 7 – сигнализатор давления;
8, 9 – фильтр; 10, 12 – насос; 11, 13 – фильтр влагоотделитель

На рис. 6 представлена принципиальная гидравлическая схема насосной станции (на рис. 5 обозначена – 10). Основной насос 12 аксиально-поршневого типа забирает масло из бака через трубопровод 28х2. Масло подается через обратный клапан 1. Для контроля давления имеется манометр 3.

При повышении давления до 30 МПа срабатывает предохранительный клапан 2 и масло сливается обратно в бак. Имеется перепускной клапан 4. Возврат масла осуществляется через обратный клапан 5, фильтр 8. При превышении сопротивления давления срабатывает сигнализатор 7, подрывается предохранительный клапан. Носовая насосная установка оснащена электрическим подогревателем 6.

На рис. 7 представлена принципиальная гидравлическая схема пульта управления. Масло поступает через канал Р на трехпозиционный распределитель 15 и далее через канал R поступает на трехпозиционный распределитель 10 и далее по каналу R – на слив в цистерну.

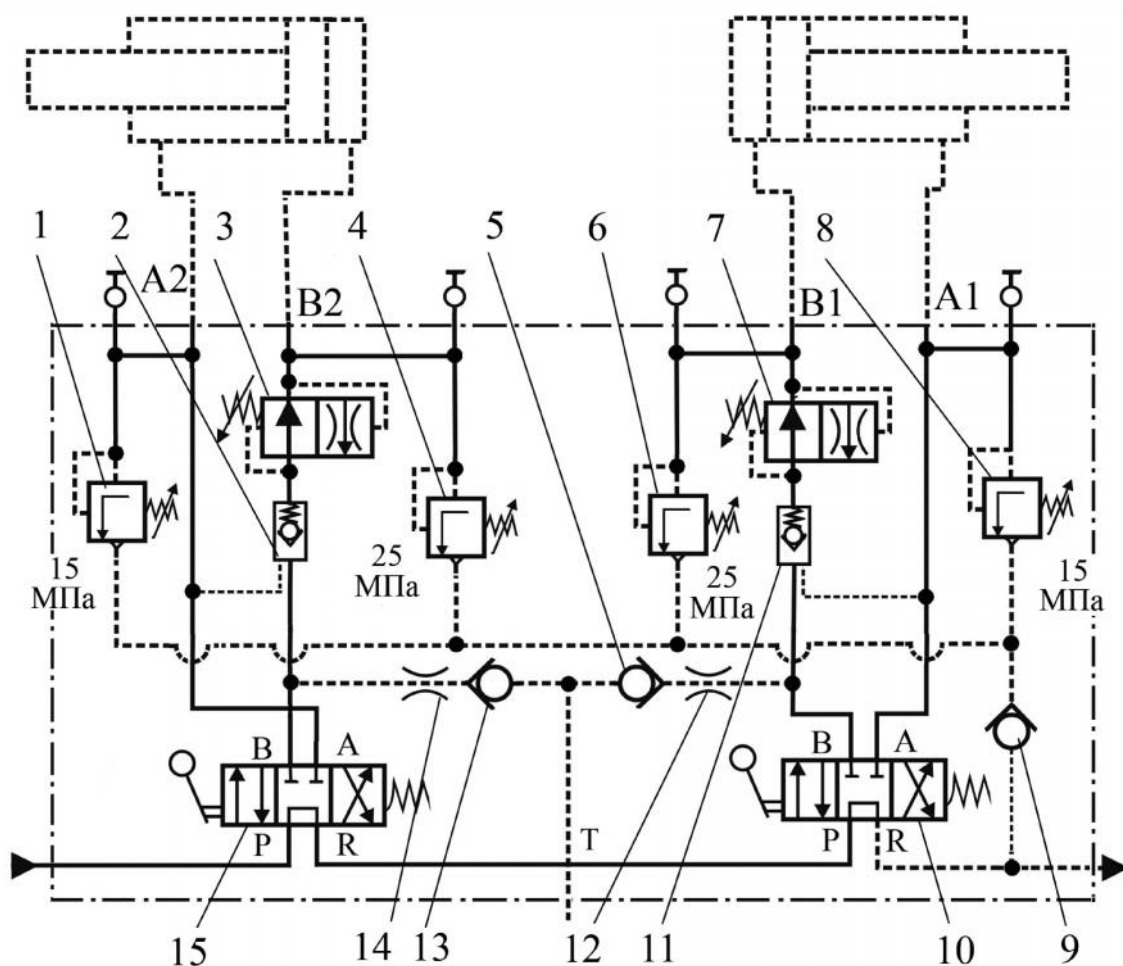


Рис. 7. Принципиальная схема пульта управления:
 1, 4, 6, 8 – предохранительный клапан; 2, 5, 9, 11, 13 – обратный клапан;
 3, 7 – регулятор потока; 10, 15 - гидрораспределитель

Подъем ведущих секций осуществляется распределителем 10 перемещением штока вправо. Среда идет через канал В на обратный клапан 11 и двухпозиционный распределитель 7 и далее через канал В1 к потребителям (см. рис. 5). Рабочее давление 25 МПа создает предохранительный клапан 6. Для компенсации динамических ударов в трубопроводе имеется дроссель 12 и обратный клапан 5. Возврат масла осуществляется по каналу А1. Предохранительный клапан 8 обеспечивает максимальное давление в этом участке – 15 МПа.

Далее осуществляется подъем ведомых секций гидрораспределителем 15. При подъеме ведомых секций работа системы аналогична.

При осуществлении опускании ведомых секций рукоятка управления распределителя 15 переводится влево. Масло движется по каналу А2, максимальное давление обеспечивает предохранительный клапан 1. Отработав масло возвращается по каналу В2. Двухпозиционный распределитель перемещается влево и работает как дроссель (спускной тормоз). По каналу (показан пунктирной линией) масло от напорной линии подрывает невозвратный клапан 2 и далее на слив.

На рис. 8 представлена схема управления насосной установкой.

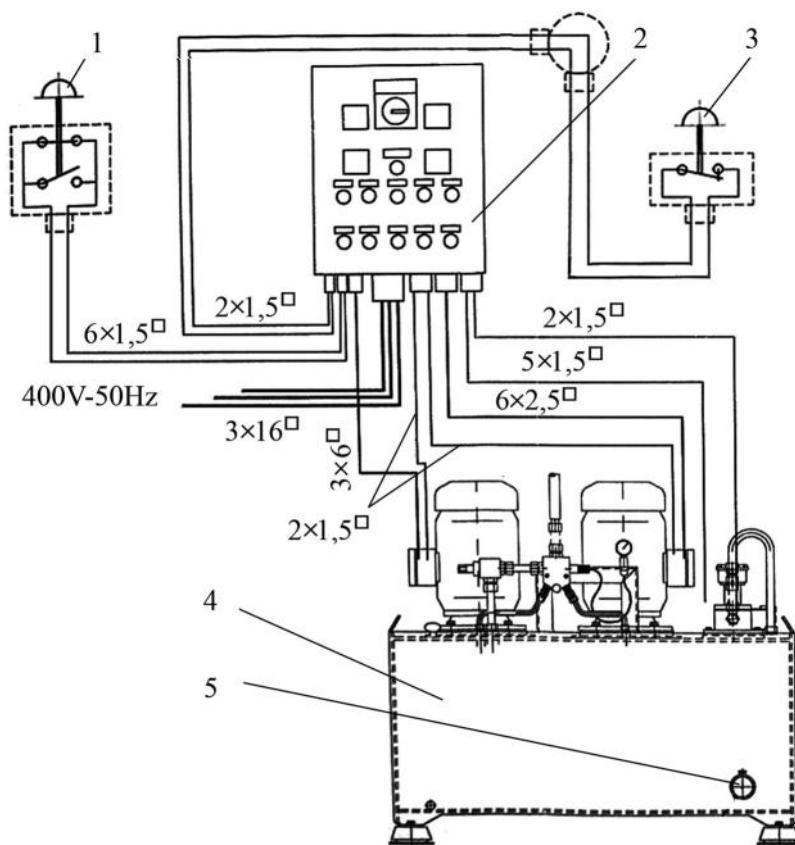


Рис. 8. Схема управления насосной станцией: 1 – кнопка запуска насосов; 2 – щит аварийно-предупредительной сигнализации; 3 – кнопка аварийной остановки насосов; 4 – масляный бак; 5 – маслоподогреватель

Масло, применяемое в гидроприводе - HLP ISO VG 32.

Для защиты уплотнений от износа при открытии и закрытии ЛЗ компания HamworthyKSE использует систему Vacu-seal. В традиционных ЛЗ (например, реализуемых компанией MacGREGOR) для задрайки и поставки секций ЛЗ на уплотнения катки секций опускаются специальными гидродомкратами в карманы, таким образом, обеспечивая жесткий контакт секции с комингсом и упругий контакт уплотнения с буртом [3] и дальнейшую задрайку.

В системе Vacu-seal используются уплотнительные элементы, имеющие в сечении балонную структуру (рис. 9), т.е. образующую с корпусными элементами секции крышки воздушный канал. Система Vacu-seal использует вакуумную систему, в которой применяется воздушный насос, вытягивающий воздух из внутренней части уплотнения А.

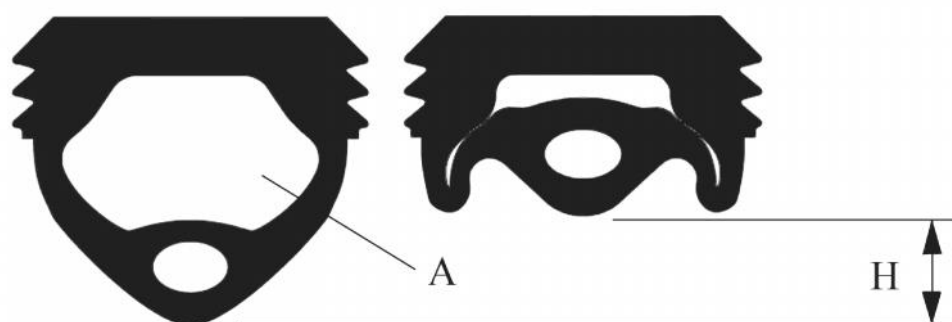


Рис. 9. Схема уплотнительного элемента ЛЗ

Созданное разрежение заставляет профиль уплотнения деформироваться, втягивая и отводя уплотняющую кромку от сопрягаемой поверхности, тем самым, позволяя открывать и закрывать люковое закрытие без повреждения уплотнения. Ход кромки уплотнения – Н.

2. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1. Характеристики надежности гидравлической системы

Под надежностью гидравлической системы ЛЗ понимают ее свойство обеспечивать работу ЛЗ с заданной скоростью, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение заданного времени. Эксплуатационные показатели – это мощность привода, КПД установки и т.п., заданные пределы – данные, указанные в технической документации. Надежность системы обуславливается ее безотказностью, ремонтпригодностью и долговечностью элементов, из которых она состоит. Элемент системы – законченная конструкция (например, насос, клапан) предназначенная для выполнения определенной задачи. Простым считают элемент, отказ которого выводит его из эксплуатации. Сложным – такой элемент, который, кроме указанного может иметь отказы, ограничивающие его работоспособность по параметрам и продолжительности. Под системой следует понимать совокупность связанных между собой и совместно действующих элементов, предназначенных для выполнения некоторых самостоятельных функций.

Под работоспособностью системы будет понимать ее состояние, при котором она способна выполнять функции, обеспечивающие работу ЛЗ с параметрами, указанными в технической документации. Определяющими при работе системы гидропривода ЛЗ являются задачи безотказности. Безотказность системы – ее свойство сохранять работоспособность без вынужденных перерывов в течение заданного промежутка времени. Безотказность зависит от безотказности элементов и характера их соединения.

В СЭУ применяют различные схемы соединения элементов. Приведенные на рис. 10 отражают функциональную связь между элементами с точки зрения надежности. Такие схемы называют функциональными или структурными; их строят на основании принципиальных схем установок и их систем.

В СЭУ наиболее широко используют последовательное соединение элементов. Схема такого соединения (из трех элементов) показана на рисунке 10,а. Оно отличается минимальным числом необходимых элементов. Однако при такой схеме отказ любого из них приводит к отказу того или другого класса. Для повышения надежности установок и их систем применяют резервирование отдельных ответственных элементов. На рис. 10,б показана схема параллельной работы нескольких элементов (постоянно включенный резерв). Примером параллельной работы двух элементов служат котельные вентиляторы. Если, например, два вентилятора, подающие воздух в топку котла, работают с 50%-ой нагрузкой, то при отказе од-

ного из них второй вентилятор принимает на себя всю нагрузку. На рис. 10,в показана схема, резервированная замещением. В случае отказа 2 элемента включается резервный элемент 3. Например, при засорении фильтра грубой очистки масла системы смазки фильтр отключается и производится его очистка, а масло направляется по обводу через другой фильтр.

По последствиям отказы классифицируются по трем группам: 1 – отказы, до устранения которых система сохраняет работоспособность, ограниченную во времени по сравнению с первоначальной; 2 - отказы, до устранения которых система сохраняет работоспособность частично; 3 – тяжелые отказы, до устранения которых эксплуатация системы невозможна. К отказам первой группы можно отнести отказы механизмов при наличии резервных (резервный насос), второй группы – работа ЛЗ на пониженных скоростях (протечка сальника гидроцилиндра), третьей группы – порыв трубопровода.

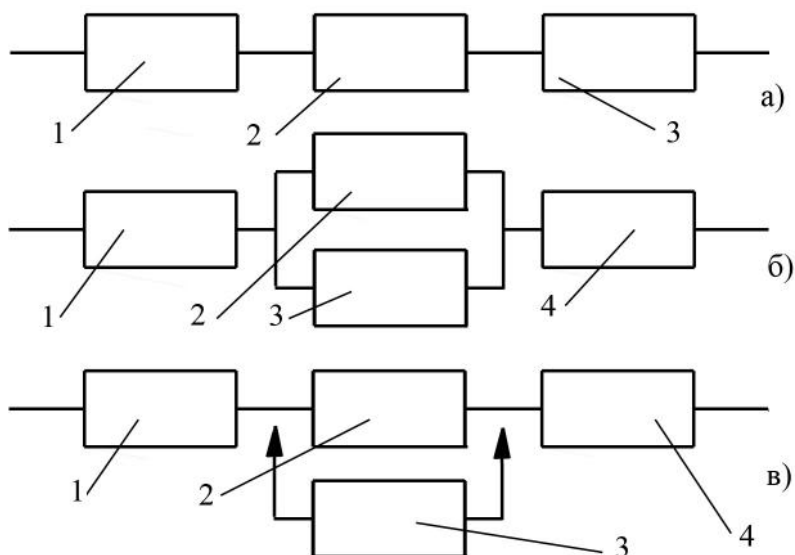


Рис. 10. Схемы соединения и резервирования элементов в СЭУ

Количественные характеристики надежности определяются типом распределения среднего времени безотказной работы и параметрами этого распределения.

В случае заранее известного экспоненциального закона распределения достаточно знать опасность (интенсивность) отказов λ , обратная величина которого является средним временем безотказной работы.

Для элемента, отказы которого классифицируются отказами третьей группы, справедливы уравнения:

- вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t}; \quad (1)$$

- вероятность отказа

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}; \quad (2)$$

- частота отказов

$$a(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}; \quad (3)$$

- среднее время безотказной работы

$$T = (\lambda)^{-1}. \quad (4)$$

Для последовательно соединенных элементов, отказы которых классифицируются отказами третьей группы, когда для каждого справедлив экспоненциальный закон надежности, справедливы уравнения:

- вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}; \quad (5)$$

- вероятность отказа

$$Q(t) = 1 - e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}; \quad (6)$$

- интенсивность отказов

$$a(t) = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \right) \cdot e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}; \quad (7)$$

- среднее время безотказной работы

$$T = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \right)^{-1}. \quad (8)$$

Для элемента, резервированного замещением (рис. 10,в), отказы которых классифицируются отказами третьей группы, когда для каждого справедлив экспоненциальный закон надежности, справедливы уравнения:

- вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\lambda_{оч} \cdot t} \cdot (1 + \lambda_{оч} \cdot t); \quad (9)$$

- вероятность отказа

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda_{оч} \cdot t} \cdot (1 + \lambda_{оч} \cdot t); \quad (10)$$

- частота отказов

$$a(t) = \lambda_{оч}^2 \cdot t \cdot e^{-\lambda_{оч} \cdot t}; \quad (11)$$

- среднее время безотказной работы

$$T = \lambda_{оч}^{-1} + \lambda_{рез}^{-1}. \quad (12)$$

2.2. Исходные данные к расчету

Задание к контрольной работе выбирается студентом по двум последним цифрам зачетной книжки в соответствии с табл. 1 и 2, или назначается преподавателем.

Т а б л и ц а 1

Подбор исследуемой схемы

Последняя цифра зачетки	Система
0	Гидропривод ведущих секций носового ЛЗ
1	Гидропривод ведомых секций носового ЛЗ
2	Гидропривод ведущих секций кормового ЛЗ
3	Гидропривод ведомых секций кормового ЛЗ
4	Гидропривод ведущих секций носового ЛЗ
5	Гидропривод ведомых секций носового ЛЗ
6	Гидропривод ведущих секций кормового ЛЗ
7	Гидропривод ведомых секций кормового ЛЗ
8	Гидропривод ведущих секций носового ЛЗ
9	Гидропривод ведомых секций носового ЛЗ

Т а б л и ц а 2

Подбор степени интенсивности отказов

Последняя цифра зачетки	Степень интенсивности отказов
0	Максимальная
1	Средняя
2	Минимальная
3	Максимальная
4	Средняя
5	Минимальная
6	Максимальная
7	Средняя
8	Минимальная
9	Максимальная

2.3. Порядок выполнения расчета

Изучить настоящие указания.

Изучить схему расположения элементов гидропривода ЛЗ на судне.

Изучить функциональную схему гидропривода ЛЗ.

Изучить функциональную схему насосной станции ЛЗ.

Изучить функциональную схему пульта управления ЛЗ.

В соответствии с табл. 1 и 2 выбрать исследуемую функциональную схему гидропривода ЛЗ и степень интенсивности отказов.

На основании изучения схем (рис. 5, 6, 7) составляется и отображается графически структурная схема изучаемой системы. При этом считать насосную установку с двумя параллельно установленными насосами элемента как элемент, имеющий резервированного замещением. Параллельно установленные гидроцилиндры не считать постоянным резервированием, так как отказ любого из них ведет к выходу из строя всего гидропривода.

На основании статистических материалов об интенсивности отказов элементов гидропривода (приложение 1) выполнить расчеты:

- рассчитывается вероятность безотказной работы системы по формулам 5 и 9 для временных наработок 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 5000 часов;
- рассчитывается вероятность отказов работы системы по формулам 6 и 10 для временных наработок 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 5000 часов;
- рассчитывается частота отказов системы по формулам 7 и 11 для временных наработок 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 5000 часов;
- рассчитывается среднее время безотказной работы системы по формулам 8 и 12.

Результаты расчета должны быть представлены в табличном и графическом видах.

Расчеты рекомендуется выполнять с применением вычислительной техники, например в программных продуктах Microsoft Excel или Mathcad.

Сделать выводы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

1. Отчет выполняется на листах формата А4.
2. Отчет должен содержать
 - название;
 - цель работы;
 - функциональную гидравлическую схему исследуемой части гидропривода ЛЗ со сквозной нумерацией учитываемых элементов;
 - структурную схему исследуемого гидропривода со сквозной нумерацией элементов и указанием интенсивности отказов элементов для расчета показателей надежности
 - результаты расчета показателей надежности в табличном виде;
 - результаты расчета показателей надежности в графическом виде;
 - выводы.

4. ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Перечислить типы ЛЗ, применяемые на судах.
2. Перечислить состав оборудования гидропривода ЛЗ.
3. Описать (по функциональной схеме) работу насосной установки.
4. Указать рабочие параметры элементов гидропривода.
5. Описать (по функциональной схеме) работу пульта управления ЛЗ.
6. Описать работу (по функциональной схеме) гидропривода ЛЗ.
8. Описать работу (по функциональной схеме) гидропривода ЛЗ при выходе из строя носовой насосной установки.
9. Охарактеризовать работу (по функциональной схеме) защитных элементов гидропривода ЛЗ.
10. Описать работу (по функциональной схеме) элементов при подъеме ведомых секций носового ЛЗ.
12. Описать работу (по функциональной схеме) элементов при подъеме ведущих секций носового ЛЗ.
13. Перечислить параметры работы ЛЗ при открытии и закрытии.
14. Охарактеризовать основные показатели надежности работы СЭУ.
15. Что понимают под надежностью гидравлической системы ЛЗ.
16. Что понимать под работоспособностью системы.
17. Как классифицируются отказы по последствиям.
18. Как определяются количественные характеристики надежности.
19. Как определяется вероятность безотказной работы последовательно соединенных элементов, отказы которых классифицируются отказами третьей группы.
20. Как определяется вероятность отказа последовательно соединенных элементов, отказы которых классифицируются отказами третьей группы?

21. Как определяется среднее время безотказной работы последовательно соединенных элементов, отказы которых классифицируются отказами третьей группы?

22. Как определяется вероятность безотказной работы для элемента, резервированного замещением, отказы которого классифицируются отказами третьей группы?

23. Как определяется вероятность отказа для элемента, резервированного замещением, отказы которого классифицируются отказами третьей группы?

24. Как определяется среднее время безотказной работы для элемента, резервированного замещением, отказы которого классифицируются отказами третьей группы?

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр судоходства. – СПб.: Регистр России, 2001. – 843 с.
2. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. РД 31.21.30 – 97. - СПб.: ЦНИИМФ, 1997. – 364 с.
3. *Очеретяный В.А.* Судовые люковые закрытия. Методические указания к практическим занятиям / В.А. Очеретяный. – Севастополь: СевНТУ, 2009. – 24 с.
4. *Декин Б.Г.* Машины судового объемного гидравлического привода/ Б.Г. Декин, В.Т. Писклов. - Одесса: Фенікс, 2003. – 132 с.
5. *Седор А.М.* Судовые подъемно-транспортные машины и устройства /А.М. Седор. – Одесса: ОГМА, 1998. – 126 с.
6. Судовые устройства. Справочник / Под. ред. М.Н. Александрова. – Л.: Судостроение, 1987. – 656 с.
7. *Ватипко Б.А.* Техническая эксплуатация судовых палубных механизмов и закрытий / Б.А. Ватипко, В.Г. Бригида, В.И. Ролинский. – М.: Транспорт, 1978. – 200 с.
8. *Камнев Г.Ф.* Подъемно-транспортные машины и палубные механизмы/ Г.Ф. Камнев, Г.Р. Кипарский, В.М. Балин. – Л.: Судостроение, 1976. – 312 с.

Приложение А

Интенсивность отказов элементов судовых гидроприводов

№ п/п	Наименование элемента	Интенсивность отказов $10^{-6} \cdot \lambda(t), ч^{-1}$		
		наибольшая	средняя	наименьшая
1	Гидродвигатели	7,15	4,3	1,45
2	Клапаны	8,0	5,1	2,00
3	Клапаны запорные	10,2	6,5	1,98
4	Клапаны обратные	14,1	5,7	3,27
5	Клапаны переключающие	1,62	0,5	0,26
6	Клапаны перепускные	8,13	5,88	1,41
7	Клапаны предохранительные	8,94	5,7	2,24
8	Клапаны регулируемые	19,8	8,5	1,00
9	Краны трехходовые	7,41	4,6	1,87
10	Гидрораспределители	9,76	6,9	2,89
11	Насосы с гидроприводом	45,0	14,0	6,4
12	Насосы с механическим приводом	31,3	13,5	3,33
13	Насосы с электрическим приводом	27,4	13,5	2,9
14	Регуляторы давлений и расхода	5,54	2,14	0,70
15	Гидроцилиндры	0,12	0,008	0,006
16	Пневмоцилиндры	0,013	0,004	0,002
17	Баки	2,52	1,5	0,48
18	Резервуары (малые) на высокое давление	0,144	0,08	0,044
19	Резервуары (малые) на низкое давление	0,324	0,18	0,1
20	Теплообменники	18,6	15,0	2,21
21	Шланги низкого давления	3,22	2,0	0,05
22	Шланги высокого давления	5,22	3,9375	0,157
23	Электродвигатели	0,58	0,3	0,11
24	Фильтр	1,2	0,75	0,23

Владимир Анатольевич Очеретяный
Ольга Григорьевна Лепеха

**ГИДРОПРИВОД СУДОВЫХ ЛЮКОВЫХ ЗАКРЫТИЙ.
РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ**

Технический редактор
Р.В. Дмитриева

Подписано к печати 16.06.15. Изд. №. 24/15. Зак. № 131/2015. Тираж 50 экз.
Объем 1,5 п. л. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,47.
Формат бумаги 60х84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»