Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Волжский государственный университет водного транспорта"

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б.1.В.Д07 Эксплуатация дизельных энергетических установок

Профиль	Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания
Институт	Пермский филиал
	Отделение высшего образования
Специальность	26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Семестры
		10
Лекции	36 Часы	36
Лабораторные работы	24 Часы	24
Практические занятия	12 Часы	12
СРС	43 Часы	43
Курсовой проект	2 Часы	2
Экзамен	27 Часы	27

2. Место дисциплины в структуре ООП

Код дисциплины	Наименование блока	Трудоемкость дисциплины, з.е.
Б1.В.07	Блок 1 Дисциплины (модули) (Часть, формируемая участниками образовательных отношений)	4

3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС	Курсовой проект	Экзамен	Всего
1	Раздел 1 Технико – эксплуатационные показатели СДУ							
1,1	Тема 1.1 Технико - эксплуатационные требования к судовым дизельным установкам (СДУ) в эксплуатации. Показатели экономичности, надежности, технического использования и экологической безопасности СДУ.	2 Часы	2 Часы	2 Часы	2 Часы			8 Часы
1,2	Тема 1.2 Требования классификационных обществ к технико-эксплуатационным, пусковым и реверсивным качествам ГД, обеспечению мощности заднего хода и перегрузки на ходовых режимах, техническому состоянию СДУ и корпуса судна, показателям обитаемости машинного отделения, экологической и пожарной безопасности при эксплуатации СДУ.	2 Часы		2 Часы	2 Часы			6 Часы
2	Раздел 2 Характеристики работы пропульсивного комплекса							
2,1	Тема 2.1 Взаимосвязь режимов работы СДУ с характеристиками элементов пропульсивного комплекса (ПК).	2 Часы		2 Часы	2 Часы			6 Часы
2,2	Тема 2.2 Характеристики элементов ПК и их взаимодействие на ходовых и маневренных режимах работы судна с различными типами ГД, передач и винтов. Изменение энергетических и экономических характеристик элементов ПК.	2 Часы		2 Часы	2 Часы			6 Часы
3	Раздел 3 Режимы работы СДУ							
3,1	Тема 3.1 Особенности задания режимов работы СДУ при их эксплуатации. Режимы работы СДУ при пуске, разгоне, маневрировании и полном ходу судна.	2 Часы	2 Часы	4 Часы	4 Часы			12 Часы
3,2	Тема 3.2 Установившиеся и переходные режимы. Роль ограничительной характеристики ГД при задании режима работы СДУ. Области режимов длительной и ограниченной по времени работы. Задание режимов полного хода при различных сопротивлениях движению судна. Использование морского и технического запасов мощности для поддержания скорости хода. Особенности задания режимов работы СДУ на мелководье, в ледовых условиях и при волнении.	2 Часы	2 Часы		4 Часы			8 Часы
3,3	Тема 3.3 Спецификационная диаграмма. Особенности задания маневренных и ходовых режимов при работе ГД через электрическую и гидродинамическую передачи, при работе на винт фиксированного и регулируемого шага и винто-рулевую колонку.	2 Часы			2 Часы			4 Часы
4	Раздел 4 Принципы безопасных процедур эксплуатации механизмов двигательной установки и систем управления ею							
4,1	Тема 4.1 Повышение качества эксплуатации и надежности СДУ на основе контроля, регулирования, технического диагностирования технического состояния деталей и узлов в процессе эксплуатации. Требования ПТЭ СТС и К по отклонению показателей рабочего процесса по цилиндрам.	2 Часы	2 Часы		2 Часы			6 Часы
4,2	Тема 4.2 Системы технического диагностирования. Эталонные зависимости диагностических параметров. Алгоритмы диагностирования и прогнозирования состояния дизеля и его элементов	2 Часы	2 Часы		2 Часы			6 Часы
4,3	Тема 4.3 Швартовные, ходовые и теплотехнические испытания СДУ и их элементов. Условия, цели и задачи их проведения	2 Часы	2 Часы		2 Часы			6 Часы
5	Раздел 5 Осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации вспомогательных первичных двигателей и связанных с ними систем							
5,1	Тема 5.1 Повышение эффективности эксплуатации СДУ на основе утилизации тепла и планирования режимов работы. Технологии утилизации тепла и их применимость на режимах эксплуатации СДУ. Оценка эффективности СДУ на режимах эксплуатационной характеристики.	2 Часы	4 Часы		4 Часы			10 Часы

5,2	Тема 5.2 КПД установки, пропульсивного комплекса, удельные расходы топлива, теплотехнические, гидромеханические потери. Утилизация тепловых потерь главных и вспомогательных дизелей. Особенности использования вторичного тепла СДУ различных проектов судов. Путевой расход топлива. Режимы экономичного хода.	2 Часы	4 Часы		2 Часы			8 Часы
6	Раздел 6 Безопасная эксплуатация двигательной установки и систем ее управления							
6,1	Тема 6.1 Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив и масел. Их классификация. Топлива и масла, применяемые в СДУ различных типов.	2 Часы	2 Часы		2 Часы			6 Часы
6,2	Тема 6.2 Обеспечение надежной эксплуатации СДУ на жидком и газовом топливах. Циркуляционная и цилиндровая системы смазки. Технология использования масел на судах. Физико-химические и эксплуатационные показатели охлаждающих и моющих жидкостей.	2 Часы	2 Часы		2 Часы			6 Часы
6,3	Тема 6.3 Технологии водоподготовки и без разборной очистки элементов СДУ, применяемые на судах.	2 Часы			2 Часы			4 Часы
7	Раздел 7 Меры для предотвращения загрязнения и экологическая безопасность СДУ							
7,1	Тема 7.1 Обеспечение требований экологической безопасности СДУ.	2 Часы			2 Часы			4 Часы
7,2	Тема 7.2 Особенности эксплуатации СДУ с двухтопливными системами, с выпуском ОГ через скруббер и систему SCR.	2 Часы			3 Часы			5 Часы
7,3	Тема 7.3 Особенности использования ЛОС в СДУ. Оценка и планирование энергоэффективности СЭУ.	2 Часы			2 Часы			4 Часы
8	Раздел 8 Консультирование, проверка и защита курсовой работы					2 Часы		2 Часы
9	Раздел 9 Экзамен						27 Часы	27 Часы

4. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Формируемые компетенции						
1	Раздел 1 Технико – эксплуатационные показатели СДУ							
1,1	Тема 1.1 Технико - эксплуатационные требования к судовым дизельным установкам (СДУ) в эксплуатации. Показатели экономичности, надежности, технического использования и экологической безопасности СДУ.	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)					
1,2	Тема 1.2 Требования классификационных обществ к технико-эксплуатационным, пусковым и реверсивным качествам ГД, обеспечению мощности заднего хода и перегрузки на ходовых режимах, техническому состоянию СДУ и корпуса судна, показателям обитаемости машинного отделения, экологической и пожарной безопасности при эксплуатации СДУ.	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)						
2	Раздел 2 Характеристики работы пропульсивного комплекса							
2,1	Тема 2.1 Взаимосвязь режимов работы СДУ с характеристиками элементов пропульсивного комплекса (ПК).	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)						
2,2	Тема 2.2 Характеристики элементов ПК и их взаимодействие на ходовых и маневренных режимах работы судна с различными типами ГД, передач и винтов. Изменение энергетических и экономических характеристик элементов ПК.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
3	Раздел 3 Режимы работы СДУ							
3,1	Тема 3.1 Особенности задания режимов работы СДУ при их эксплуатации. Режимы работы СДУ при пуске, разгоне, маневрировании и полном ходу судна.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
3,2	Тема 3.2 Установившиеся и переходные режимы. Роль ограничительной характеристики ГД при задании режима работы СДУ. Области режимов длительной и ограниченной по времени работы. Задание режимов полного хода при различных сопротивлениях движению судна. Использование морского и технического запасов мощности для поддержания скорости хода. Особенности задания режимов работы СДУ на мелководье, в ледовых условиях и при волнении.	ПК-5.(ИДК: ПК-5.3.1;)						
3,3	Тема 3.3 Спецификационная диаграмма. Особенности задания маневренных и ходовых режимов при работе ГД через электрическую и гидродинамическую передачи, при работе на винт фиксированного и регулируемого шага и винто-рулевую колонку.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
4	Раздел 4 Принципы безопасных процедур эксплуатации механизмов двигательной установки и систем управления ею							
4,1	Тема 4.1 Повышение качества эксплуатации и надежности СДУ на основе контроля, регулирования, технического диагностирования технического состояния деталей и узлов в процессе эксплуатации. Требования ПТЭ СТС и К по отклонению показателей рабочего процесса по цилиндрам.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
4,2	Тема 4.2 Системы технического диагностирования. Эталонные зависимости диагностических параметров. Алгоритмы диагностирования и прогнозирования состояния дизеля и его элементов	ПК-55.(ИДК: ПК-55.3.1;)						
4,3	Тема 4.3 Швартовные, ходовые и теплотехнические испытания СДУ и их элементов. Условия, цели и задачи их проведения	ПК-34.(ИДК: ПК-34.3.1;)						
5	Раздел 5 Осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации вспомогательных первичных двигателей и связанных с ними систем							
5,1	Тема 5.1 Повышение эффективности эксплуатации СДУ на основе утилизации тепла и планирования режимов работы. Технологии утилизации тепла и их применимость на режимах эксплуатации СДУ. Оценка эффективности СДУ на режимах эксплуатационной характеристики.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
5,2	Тема 5.2 КПД установки, пропульсивного комплекса, удельные расходы топлива, теплотехнические, гидромеханические потери. Утилизация тепловых потерь главных и вспомогательных дизелей. Особенности использования вторичного тепла СДУ различных проектов судов. Путевой расход топлива. Режимы экономичного хода.	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)						
6	Раздел 6 Безопасная эксплуатация двигательной установки и систем ее управления							

6,1	Тема 6.1 Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив и масел. Их классификация. Топлива и масла, применяемые в СДУ различных типов.	ПК-3.(ИДК: ПК-3.3.1;)						
6,2	Тема 6.2 Обеспечение надежной эксплуатации СДУ на жидком и газовом топливах. Циркуляционная и цилиндровая системы смазки. Технология использования масел на судах. Физико-химические и эксплуатационные показатели охлаждающих и моющих жидкостей.	ПК-3.(ИДК: ПК-3.3.1;)						
6,3	Тема 6.3 Технологии водоподготовки и без разборной очистки элементов СДУ, применяемые на судах.	ПК-3.(ИДК: ПК-3.3.1;)						
7	Раздел 7 Меры для предотвращения загрязнения и экологическая безопасность СДУ							
7,1	Тема 7.1 Обеспечение требований экологической безопасности СДУ.	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)						
7,2	Тема 7.2 Особенности эксплуатации СДУ с двухтопливными системами, с выпуском ОГ через скруббер и систему SCR.	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)	ПК-3.(ИДК: ПК-3.3.1;)	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;)				
7,3	Тема 7.3 Особенности использования ЛОС в СДУ. Оценка и планирование энергоэффективности СЭУ.	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;)						
8	Раздел 8 Консультирование, проверка и защита курсовой работы	ПК-37.(ИДК: ПК-37.3.1;ПК-37.У.1;ПК-37.В.1;)						
9	Раздел 9 Экзамен	ПК-2.(ИДК: ПК-2.3.1;ПК-2.У.1;ПК-2.В.1;)	ПК-3.(ИДК: ПК-3.3.1;ПК-3.У.1;ПК-3.В.1;)	ПК-34.(ИДК: ПК-34.3.1;ПК-34.У.1;ПК-34.В.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.3.1;ПК-37.У.1;ПК-37.В.1;)	ПК-5.(ИДК: ПК-5.3.1;ПК-5.У.1;ПК-5.В.1;)	ПК-55.(ИДК: ПК-55.3.1;ПК-55.У.1;ПК-55.В.1;)	ПК-63.(ИДК: ПК-63.3.1;ПК-63.У.1;ПК-63.В.1;)

5. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих компетенций:

№ п/п	компетенции	Индикатор достижения		
		Знать	Уметь	Владеть
1	Способен исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами	ПК-2.З.1 Знает процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами	ПК-2.У.1 Умеет исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами	ПК-2.В.1 Владеет способностями исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами
2	Способен выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы	ПК-3.З.1 Знает меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы	ПК-3.У.1 Умеет выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы	ПК-3.В.1 Владеет способностями выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы
3	Способен планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна	ПК-34.З.1 Знает способы планирования выполнения технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна	ПК-34.У.1 Умеет планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна	ПК-34.В.1 Владеет способностями планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна
4	Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации	ПК-37.З.1 Знает способы осуществлять разработку эксплуатационной документации	ПК-37.У.1 Умеет осуществлять разработку эксплуатационной документации	ПК-37.В.1 Владеет способностями осуществлять разработку эксплуатационной документации
5	Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	ПК-5.З.1 Знает как выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	ПК-5.У.1 Умеет выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	ПК-5.В.1 Владее способностями выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления
6	Способен выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	ПК-55.З.1 Знает способы выполнинния техническогообслуживания и ремонта судовых механизмов и оборудования	ПК-55.У.1 Умеет выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	ПК-55.В.1 Владеет способностями выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования
7	Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению	ПК-63.З.1 Знает возможности устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению	ПК-63.У.1 Умеет устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению	ПК-63.В.1 Владеет способами устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих требуемых Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года стандартов компетентности:

№ п/п	Таблица	Функция	Сфера компетентности
1	A-III/1. Спецификация минимального стандарта компетентности для вахтенных механиков судов с обслуживаемым или периодически не обслуживаемым машинным о	A-III/1-1. Судовые механические установки на уровне эксплуатации	A-III/1-1.1. Несение безопасной машинной вахты
2	A-III/1. Спецификация минимального стандарта компетентности для вахтенных механиков судов с обслуживаемым или периодически не обслуживаемым машинным о	A-III/1-1. Судовые механические установки на уровне эксплуатации	A-III/1-1.4. Эксплуатация главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления
3	A-III/2. Спецификация минимального стандарта компетентности для старших механиков и вторых механиков судов с главной двигательной установкой мощностью	A-III/2-1. Судовые механические установки на уровне управления	A-III/2-1.3. Эксплуатация, наблюдение, оценка работы и поддержание безопасности двигательной установки и вспомогательных механизмов
4	A-III/2. Спецификация минимального стандарта компетентности для старших механиков и вторых механиков судов с главной двигательной установкой мощностью	A-III/2-3. Техническое обслуживание и ремонт на уровне управления	A-III/2-3.2. Обнаружение и выявление причин неисправной работы механизмов и устранение неисправностей
5	A-III/4. Спецификация минимального стандарта компетентности для лиц рядового состава машинной вахты	A-III/4-1. Судовые механические установки на вспомогательном уровне	A-III/4-1.3. Использование аварийного оборудования и действия в аварийной ситуации

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение программы

6.1 Помещения и оборудование

№ п/п	Вид помещений	Оснащение помещений	№ помещений

1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	оборудование и технические средства обучения (Стул (16 ед.); Стол аудиторный (2 ед.); Действующий судовой двигатель 6L275PNII с системами (1 ед.); Действующий судовой двигатель 4Ч8,5/11 с системами (1 ед.); Действующий судовой двигатель 2Ч8,5/11 с системами (1 ед.); Макет судового двигателя 6VD26/20 (1 ед.) (4) Парты (34 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.); Стол аудиторный (10 ед.) (662) Стул (32 ед.); парты (19 ед.); мультимедийное оборудование (1ед.); стол аудиторный (18 ед.); доска (1 ед.) (663) Парты (47 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (668) Парты (40 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (670) Парты (33 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.); Стол аудиторный (15 ед.); Стул (5 ед.) (671) Парты (36 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.); Стол аудиторный (1 ед.) (673))	62,663,668,670,671,673
2	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	3,3,663

6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование
1	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Договор №44/109-15 от 28.12.2015 (бессрочно))
2	Microsoft Office ProPlus 2013 (Договор №44/59-18 от 09.04.2018 (бессрочно))

6.3 Карта обеспеченности печатными и(или) электронными изданиями и электронными образовательными ресурсами

№ п/п	Наименование источника	Год издания	Ресурс	Количество экземпляров
1	Крайнова, В.В. Методические указания по организации и выполнению внеаудиторной (самостоятельной) работы [Электронный ресурс] : для преподавателей и студ.по направлениям подготовки (спец.) высш.и сред.проф.образования / В. В. Крайнова ; ВГУВТ. - Н.Новгород, 2018. - 1 текст/файл. - Авторский вариант. – Режим доступа: http://94.100.87.24:8080/MarcWeb/Tmp/f15520.pdf	2 018	Электронный ресурс	0
2	Цветков, В.С.;Эксплуатация СДУ. Особенности эксплуатации ГД при различных условиях плавания;конспект лекций для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403;Цветков, В.С.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 006	Текст	224
3	Матвеев, Ю.И.;Эксплуатация судовых дизельных установок;метод.пособие к проведению лабор.занятий для студ.5-го курса очн.и заочн.обучения спец.26.05.06;Матвеев, Ю.И.Троицкий, А.В.Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,ВГУВТ; <null> ;	2 016	Текст	49
4	Матвеев, Ю.И.;Эксплуатация судовых дизельных установок;метод.пособие к проведению лабор.занятий для студ.5-го курса очн.и заочн.обучения спец.26.05.06;Матвеев, Ю.И.Троицкий, А.В.Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 016	Электронный ресурс	0
5	Колыванов, В.В.;Эксплуатация судовых дизельных установок;учебно-метод.пособие для студентов (курсантов): [по направлению подготовки 26.05.06];Колыванов, В.В.Матвеев, Ю.И.Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 023	Электронный ресурс	0
6	Колыванов, В.В.;Эксплуатация судовых дизельных установок;учебно-метод.пособие для студентов (курсантов): [по направлению подготовки 26.05.06];Колыванов, В.В.Матвеев, Ю.И.Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,ВГУВТ; <null> ;	2 023	Текст	50

Программа предусматривает возможность применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.
Электронная информационно-образовательная среда университета с возможностью доступа к информационно- телекоммуникационной сети "Интернет" - Режим доступа: http://www.eios.vsuwt.ru/.

6.4 Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование
1	Статистический сборник: Транспорт в России- Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312
2	Центральная база статистических данных - Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/

6.5 Информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
2	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
4	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)

7. Оценочные и методические материалы

Оценочные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, являются приложением к программе.

№ п/п	Индикатор достижения компетенций	Сфера компетентности (МК ПДНВ)	Контролируемые разделы (темы)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения		Процедура оценивания	Критерии оценивания результата обучения и шкала оценивания			
							2	3	4	5
				Вид контроля	Форма контроля		не зачтено	зачтено		
1	ПК-2.З.1,ПК-2.У.1,ПК-2.В.1		1	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 6 вопроса. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы
2	ПК-2.З.1,ПК-2.У.1,ПК-2.В.1,ПК-6 З.З.1,ПК-6 З.У.1,ПК-6 З.В.1		2	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 8 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы
3	ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6 З.З.1,ПК-6 З.У.1,ПК-6 З.В.1	A-III/4-1. 3.	3	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 9 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы

4	ПК-34.З.1, ПК-34.У.1, ПК-34.В.1, ПК-55.З.1, ПК-55.У.1, ПК-55.В.1, ПК-63.З.1, ПК-63.У.1, ПК-63.В.1	А-III/2-1.3.,А-III/2-3.2.	4	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 8 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы
5	ПК-63.З.1, ПК-63.У.1, ПК-63.В.1	А-III/1-1.1.	5	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 6 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы
6	ПК-3.З.1,ПК-3.У.1,ПК-3.В.1	А-III/1-1.4.	6	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 5 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы
7	ПК-2.З.1,ПК-3.З.1,ПК-63.З.1		7	Текущий контроль	Опрос	Предлагается 5 вопросов. На подготовку отводится 15 мин	Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает нелогичное и непоследовательное изложение материала, делает ошибки	Обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки.	Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, способен быстро реагировать на уточняющие вопросы

8	ПК-37.З.1, ПК-37.У.1, ПК-37.В.1		8	Промежуточная аттестация	Курсовой проект	Предлагается выбрать вариант задания по мктодическому указанию. По результатам выполненой работы происходит защита.	Проект не выполнен или не соответствует заданию; пояснительная записка содержит все необходимые разделы, но составлена непоследовательно, с ошибками, доклад обучающегося непоследователен, без выделения ключевых моментов; не получены ответы на вопросы	Проект выполнен частично, соответствует заданию; пояснительная записка содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена непоследовательно, с ошибками; графическая часть выполнена с отклонениями от требований ЕСКД; доклад обучающегося непоследователен; на ряд вопросов даны неправильные ответы	Проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию; пояснительная записка содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания; графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов; при защите доклад обучающегося краток, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии; ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов	Проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию; пояснительная записка последовательно содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы; графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ЕСКД; защита проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы; ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие
9	ПК-2.З.1,ПК-2.У.1,ПК-2.В.1,ПК-3.З.1,ПК-3.У.1,ПК-3.В.1, ПК-34.З.1, ПК-34.У.1, ПК-34.В.1, ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-5 5.З.1,ПК-5 5.У.1,ПК-5 5.В.1,ПК-6 3.З.1,ПК-6 3.У.1,ПК-6 3.В.1		1,2,3,4,5,6,7	Промежуточная аттестация	Экзамен	Предлагается ответить обучающемуся на вопросы Билета. Время на подготовку 20 мин.	Незнание или непонимание обучающимся основного материала; на большую часть вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов	Знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью; содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета; нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала	Знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы; недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета	Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; обучающийся свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; обучающийся демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию
10	ПК-2.З.1,ПК-2.У.1,ПК-2.В.1,ПК-3.З.1,ПК-3.У.1,ПК-3.В.1, ПК-34.З.1, ПК-34.У.1, ПК-34.В.1, ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-5 5.З.1,ПК-5 5.У.1,ПК-5 5.В.1,ПК-6 3.З.1,ПК-6 3.У.1,ПК-6 3.В.1		1,2,3,4,5,6,7	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	Тест	0-49% правильных ответов	50-69% правильных ответов	70-89% правильных ответов	90-100% правильных ответов

ПК-2

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос
Примерный перечень вопросов:

1. Характеристики совместной работы ГД с гребным винтом в установившихся режимах.
2. Дать понятие об оптимальном регулировании СДУ.
3. Требования, предъявляемые к СДУ с учетом действующих документов контролирующих и наблюдающих организаций.
4. Классификация СДУ. состав ГСДУ и ВСДУ.
5. Целесообразность резерва мощности, выбор мощности ГСДУ.
6. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос
Примерный перечень вопросов:

ПК-2

1. Виды составляющих массы СДУ.
2. Требования, предъявляемые к СДУ с учетом действующих документов контролирующих и наблюдающих организаций.
3. Классификация СДУ. состав ГСДУ и ВСДУ.

ПК-63

4. Особенности взаимодействия пропульсивного комплекса при реверсировании. Нормальный и экстренный реверс.
5. Целесообразность резерва мощности, выбор мощности ГСДУ.
6. Судовой дизель, как источник вибрации и шума.
7. Характерные признаки износа рабочего слоя тонкостенных вкладышей подшипников судовых дизелей.
8. Типы передач мощности от главного дизеля к движителю. Их преимущества и недостатки.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос
Примерный перечень вопросов:

ПК-5

1. Особенности обслуживания СДУ при пуске и прогревании.
2. Основные показатели качества (свойства и параметров) СДУ, их взаимосвязь.
3. Взаимодействие гребного винта, корпуса и главного дизеля; зависимость между скоростью судна и мощностью ГСДУ.
4. Обеспечение заданной скорости судна. Влияние скорости судна на эффективность перевозок грузов и пассажиров.
5. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.
6. Ходовая характеристика, как результат взаимодействия элементов пропульсивного комплекса.
7. Управление ГСДУ при работе на мелководье и при движении в Канале.
8. Особенности управления ГСДУ при работе на мелководье.
9. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос
Примерный перечень вопросов:

ПК-34

1. Резервирование наиболее ответственных элементов СДУ, как способ повышения ее надежности за счет введения избыточности.
2. Требования, предъявляемые к СДУ с учетом действующих документов контролирующих и наблюдающих организаций.
3. Обслуживание СДУ на стояние.

ПК-55

4. Средства и методы технического диагностирования СДУ.
5. Задачи и виды теплотехнического контроля СДУ.

ПК-63

6. Особенности обслуживания и управления ГСДУ на переходных режимах прогревания и разгона.
7. Взаимодействие гребного винта, корпуса судна и главного дизеля; зависимость между скоростью судна и мощностью ГСДУ.
8. Теплотехнический контроль СДУ силами команды.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос
Примерный перечень вопросов:

ПК-63

1. Влияние качества регулирования дизелей на эффективность работы ГСДУ.
2. Использование ходовой характеристики для регулирования мощности ГСДУ при ходе судна в балласте, с грузом и в штормовых условиях.
3. Теплотехнические испытания СДУ.
4. Теплотехнический контроль СДУ силами команды.
5. Экономичность СДУ с различными схемами утилизации теплоты.
6. Влияние качества регулирования топливной аппаратуры дизелей на эффективность работы СДУ.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос

ПК-3

1. Влияние внешних условий на рабочие режимы ГСДУ.
2. Использование ходовой характеристики для регулирования мощности ГСДУ при ходе судна в балласте, с грузом и в штормовых условиях.
3. Особенности управления ГСДУ при ее остановке.
4. Управление ГСДУ в условиях переменного ветра, волнения и изменяющейся осадки.
5. Особенности управления ГСДУ при работе в Канале.

Зачет – индивидуальный (устный/письменный) опрос

ПК-2

1. Мероприятия для предотвращения перегрузки ГСДУ.

ПК-3

2. Методы и технические средства предотвращения загрязнений водной и воздушной среды отходами расходных и рабочих веществ СДУ.
3. Требования Международной конвенции по предотвращению загрязнений окружающей среды отходами расходных и рабочих веществ СДУ.

ПК-63

4. Экономичность СДУ с различными схемами утилизации теплоты.
5. Основные особенности эксплуатации ГСДУ при использовании «тяжелых» топлив.

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта для студентов (курсантов) очного и заочного обучения специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Составители - В.В. Колыванов, Ю.И. Матвеев, М.Ю. Храмов

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2023

УДК 621.431.74:621.436

Рецензент – канд. техн. наук, начальник отдела АО «РУМО» С.Е. Андрусенко

Эксплуатация судовых дизельных установок: учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта для студентов (курсантов) очного и заочного обучения специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» / Составители – В.В. Колыванов, Ю.И. Матвеев, М.Ю. Храмов – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2023. – 99 с.

Представлена информация о составе, назначении и эксплуатации судовых дизельных установок. Приведены описания и расчет принципиальных схем систем судовых дизельных энергетических установок: топливной, масляной, охлаждения, сжатого воздуха, газовыпуска. Представлен порядок выполнения курсового проекта. Рассматривается выбор основного оборудования и систем судовой энергетической установки. Даны указания к оформлению пояснительной записки и графической части и варианты заданий.

Для студентов (курсантов) очного и заочного обучения.

Работа рекомендована к изданию кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок (протокол № 9 от 31.05.2023 г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2023

1. Общие сведения о судовых дизельных энергетических установках

1.1. Состав и классификация судовых дизельных энергетических установок

Судовая дизельная энергетическая установка (СДЭУ) предназначена для производства механической, электрической, тепловой и других видов энергии, необходимых для удовлетворения всех судовых нужд. В состав энергетической установки входят генераторы рабочего тела, двигатели, передачи, валопровод, движители, судовые системы, а также оборудование для обслуживания судовой энергетической установки (СЭУ).

Все виды энергий, вырабатываемых СДЭУ, обеспечивают движение судна с заданной скоростью или выполнения различных производственных операций на транспортных судах, судах технического флота и судах специального назначения, безопасную и надежную работу механизмов машинного помещения, палубных механизмов и устройств, электрическое освещение, действие средств судовождения, управление механизмами сигнализации и автоматики, общесудовые и бытовые нужды экипажа и пассажиров и т.д.

В состав СДЭУ входят:

1. Главная судовая энергетическая установка (ГСЭУ), которая предназначена для обеспечения хода судна. Она состоит из главных двигателей, паровых котлоагрегатов, паротурбинных энергетических установок, свободно-поршневых генераторов газа и турбин газотурбинных установок, ядерных реакторов атомных энергетических установок, а также обслуживающих их вспомогательных механизмов и систем.

2. Вспомогательные судовые энергетические установки (ВСЭУ), обеспечивающие всеми видами энергии судовые механизмы и нормальное функционирование ГСЭУ. К ним относят вспомогательные аварийные дизель-генераторы, турбогенераторы, вспомогательные котлоагрегаты, аккумуляторную станцию, а также обслуживающие их вспомогательные механизмы, аппараты и системы.

3. Механизмы и аппараты общесудовых систем (бытового водоснабжения, отопления и обогревания, вентиляции и кондиционирования воздуха, осушительной, балластной, противопожарной систем, сбора и очистки подсланевых и сточно-фановых вод и др.).

4. Системы автоматического и дистанционного управления, контроля и защиты ГСЭУ, ВСЭУ, механизмов и аппаратов общесудовых систем.

Главные судовые энергетические установки можно классифицировать следующим образом:

• по роду используемого топлива, использующие органическое (продукты перегонки нефти, газ, уголь) и ядерные топлива. На судах речного и смешанного река-море плавания используется органическое топливо. На некоторых типах морских судов используется ядерное топливо;

• по типу главных двигателей - на установки с поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и поршневыми паровыми машинами; с турбинными двигателями: газовыми (ГТ) и паровыми (ПТ) турбинами; комбинированные: газотурбинные со свободно-поршневыми генераторами газа (СПГГ ГТ), газопаровые (КГП) и др.;

• по типу главной судовой передачи энергии к движителям – на установки с механической, гидравлической, электрической и комбинированными передачами;

• по числу валопроводов на одно-, двух- и многовальные.

В качестве движителей применяются гребные винты фиксированного шага (ВФШ), регулируемого шага (ВРШ), крыльчатые и водометные движители, а иногда гребные колеса.

Речные и смешанного "река-море" плавания суда оборудуют специальными дизельными электрическими установками с количеством гребных валов от одного до трех - в целях повышения маневренных качеств судов. В качестве ГСЭУ используются в основном водоизмещающем флоте среднеоборотные дизели.

На морских судах большого водоизмещения чаще используются малооборотные дизели с одновальными установками.

1.2. Размещение механизмов и оборудования в машинном помещении

Общее правило размещения механизмов и оборудования сводится к тому, что устанавливать их следует в местах, где они будут наиболее эффективно выполнять свои функции. Вспомогательное оборудование должно устанавливаться вблизи обслуживаемого главного механизма. Взаимосвязанные механизмы могут располагаться как по горизонтали, так и по вертикали. Трассировка коммуникаций, как правило, должна проходить в трех взаимно перпендикулярных направлениях: параллельно диаметральной плоскости судна, перпендикулярно ей и перпендикулярно основной плоскости, причем необходимо предусматривать достаточные пространства для монтажа, обслуживания ремонта. Механизмы, за которыми необходимо постоянное наблюдение во время работы, должны устанавливаться вблизи поста управления.

При размещении механизмов и оборудования в МП следует учитывать следующие основные рекомендации:

– компактность с минимальной протяженностью трубопроводов и кабельных трасс;

– обеспечение удобного доступа для обслуживания и ремонта;

– обеспечение надежного всасывания насосов СЭУ и систем судового назначения при различных эксплуатационных осадках, кренах, дифферентах и качке на волнении;

– расположение механизмов с горизонтальными валами (генераторы) параллельно диаметральной плоскости, что исключает влияние гироскопического эффекта на работу подшипников при бортовой качке;

– установка механизмов с высоким уровнем шума в наибольшем удалении от постов управления, переборок и палуб для снижения структурного шума в жилых и общественных помещениях;

– размещение электродвигателей вспомогательных механизмов без соприкосновения с судовыми конструкциями.

Цистерны расходные (топливные и масляные) располагают у бортов, на платформах и в шахтах машинных помещений, цистерны циркуляционные масляные – под настилом машинного помещения или в выгородках двойного дна; цистерны расширительные

замкнутой системы охлаждения – над обслуживаемыми ими двигателями.

Автономные и утилизационные котлоагрегаты и обслуживающие их механизмы и устройства располагают обычно на платформе в выгороженном помещения или в трюме. Глушители и искрогасители целесообразно размещать в кожухах дымовых труб.

Главный распределительный щит (ГРЩ) обычно располагают на платформе или в трюме машинного помещения на площадке, которая находится выше уровня плит. При наличии в машинном помещении специально выгороженного отделения центрального поста управления ГРЩ часто устанавливают в этом отделении.

Компановку современных судовых дизельных установок выполняют, используя агрегатирование. Агрегатирование заключается в объединении нескольких механизмов, теплообменных аппаратов и устройств, выполняющих определенные функции, в один блок, смонтированный на общей раме.

Размещение оборудования и механизмов в МП судов речного флота должно производиться с соблюдением Правил классификации и постройки судов внутреннего плавания.

Главные и вспомогательные механизмы должны размещаться в МП таким образом, чтобы из их постов управления и мест обслуживания были обеспечены свободные проходы к выходам из помещений шириной не менее 600 мм и высотой не менее 1900 мм. Ширина прохода со стороны поста управления главными механизмами, а также между главными механизмами должна быть не менее 1000 мм. При дистанционном управлении главными механизмами ширина прохода может быть снижена до 800 мм.

Каждое машинное помещение должно иметь не менее двух выходов. Выходы должны быть расположены на противоположных бортах и как можно дальше удалены друг от друга. Размеры в свету шахт, в которых установлены трапы, должны быть не менее 600 х 600 мм.

Грузовые насосные помещения на танкерах могут иметь один выход, ведущий непосредственно на открытую палубу.

Ступени сходных трапов должны быть шириной не менее 560 мм и иметь глубину не менее 100 мм. Наклон трапов должен быть не более 60° к горизонтали. Ступени трапов, должны быть рифленными. Вертикальные трапы должны иметь ширину не менее 300

мм. Расстояние от ступеней трапов до жестких корпусных конструкций, находящихся за трапами, должны быть не менее 150 мм. Расстояние между отдельными ступенями должно составлять не более 300 мм.

Площадки, предназначенные для обслуживания и ремонта механизмов, вспомогательных котлов приборов и различных устройств механических установок должны быть шириной не менее 450 мм и иметь прочные поручни высотой не менее 900 мм.

Все движущиеся части механизмов и приводы, представляющие опасность для обслуживающего персонала, должны быть ограждены поручнями или кожухами.

Узлы механизмов, приборы и трубопроводы, нагрев которых может достигать температуры выше 60°С должны быть оборудованы устройствами для предупреждения или ограничения теплового излучения. Нагретые – выше 220°С поверхности механизмов, оборудования и трубопроводов должны иметь изоляцию, выполненную из не горючих материалов.

Расстояние от наружной поверхности изоляции котлов и деталей механизмов, нагретых выше 60°С, до стенок цистерн жидкого топлива должно составлять не менее 600 мм.

Вспомогательные котлы, устанавливаемые в одном помещении с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), должны быть ограждены металлической выгородкой в районе топочного устройства.

Автономные котлоагрегаты, расположенные на платформах или промежуточных палубах и не выгороженные непроницаемыми перегородкам, должны ограждаться непроницаемыми комингсами высотой не менее 200 мм.

Автономные котлоагрегаты на нефтеналивных судах должны устанавливаться за коффердамами вне зоны грузовых нефтяных цистерн.

Топливные и масляные цистерны не должны размещаться над трапами, ДВС, котлами, газовыпускными трубами, дымоходами, электрическим оборудованием и постами управления главными механизмами.

Двигатели для привода грузовых насосов и вентиляторов насосных помещений на нефтеналивных судах, за исключением паровых, гидравлических и электрических двигателей во взрывоза-

щищенном исполнении, не допускается устанавливать в грузовых помещениях.

1.3. Историческая справка развития судовых энергетических установок

Первой судовой энергетической установкой была паровая машина, установленная в 1807 г. Фултоном (США) на речное деревянное судно "Клермонт", мощностью P_e=3 кВт. В России первый пароход был построен в Петербурге в 1815 г. На заводе известного в России механика Берда. Балансирная паровая машина мощностью P_e=3 кВт приводила во вращение гребные колеса диаметром 2,4 м, шириной 1,2 м, имевшие по шесть лопастей, с частотой вращения 40 мин$^{-1}$. Паровая поршневая машина, которая длительное время использовалась на флоте, непрерывно улучшалась и была первостепенным двигателем на флоте. В настоящее время она стала не пригодной из-за низкой ее экономичности, а также чрезмерного увеличения габаритов, не сопоставимого с ростом агрегатной мощности.

Первая газотурбинная установка с горением при постоянном давлении, предназначавшаяся для использования на катере, была построена и испытана в 1892-1897 г.г. талантливым инженером русского флота П.Д. Кузьминским. В настоящее время газовые турбины используются ограниченно на судах военно-морского флота из-за низкой экономичности. На судах речного флота газовые турбины используются для наддува дизелей.

В 1883 г. шведский инженер Г. Лаваль построил первую одноступенчатую активную паровую турбину мощностью P_e=3,7 кВт при частоте вращения n=24000 мин$^{-1}$. В 1884 г. английским промышленником и инженером Парсонсом построена реактивная многоступенчатая паровая турбина мощностью P_e= 3,7 кВт, n=17000 мин$^{-1}$. Паровые турбины используются в настоящее время на судах морского и военно-морского флотов, когда требуется большая агрегатная мощность.

В 1892 г. Р.Дизелем запатентован двигатель с воспламенением от сжатия, который вначале работал на керосине.

В 1899 г. в России построен четырехтактный двигатель с воспламенением от сжатия, работающий на сырой нефти, соляровом

масле и керосине. В 1903–1911 гг. было налажено производство ДВС с воспламенением от сжатия на Коломенском заводе, на заводе Фельзер (ныне АО "РУМО"), на Николаевском и Сормовском судостроительных заводах.

В 1903 г. на Сормовском заводе был построен первый в мире теплоход "Вандал", на котором были установлены три трехцилиндровых четырехтактных дизеля по 89 кВт.

Наибольшая агрегатная мощность судовых ДВС достигает в настоящее время 40 МВт. Вторая половина XX века ознаменована широким развитием ядерной энергетики. В 1959 г. в строй вступил атомный ледокол "Ленин" с ядерной энергетической установкой P_e=39,7 МВт. В 1974 г. - атомный ледокол "Арктика" P_e=56,6 МВт. На судах речного флота ядерные энергетические установки не применяются.

2. Требования, предъявляемые к судовым дизельным энергетическим установкам, и задачи их проектирования

2.1. Требования к судовым дизельным энергетическим установкам и показатели надежности

Целесообразность применения на судне той или иной энергетической установки определяется прежде всего ее способностью к надежному и безотказному действию в разнообразных условиях эксплуатации. Поэтому первым требованием, предъявляемым ко всякой СЭУ, является надежность ее действия. Показатели надежности будут рассмотрены ниже. Следующее требование к СЭУ заключается в том, что она должна быть экономичной, т.е. строительная стоимость и эксплуатационные затраты на нее должны быть оптимальными. ГСЭУ должна обеспечивать заданную скорость хода судна, обладать достаточными маневренными качествами на всех режимах работы и иметь высокий ресурс. СЭУ должна обеспечивать ряд эргономических требований (условия жизни экипажа в каютах, обитания в рабочих помещениях и т.д.). Процессы управления и регулирования должны быть автоматизированы. Не оказывать вредного воздействия на команду, пассажиров и

не загрязнять окружающую среду. Иметь малые габариты, массу, обеспечивать эстетические требования.

Согласно ГОСТ 27.002-2015 надежность СЭУ — это способность обеспечивать движение судна с заданной скоростью и работу общесудовых механизмов, сохраняя их эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени (наработок). Надежность энергетической установки обуславливается ее безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью.

Безотказность – свойство изделия исправно сохранять работоспособность в течение наработки.

Показатели безотказности:

• вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет;

• средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки до первого отказа;

• гамма-процентная наработка до отказа – наработка, в течение которой отказ произойдет с вероятностью, выраженной в процентах;

• средняя наработка на отказ (наработка на отказ) – отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки;

• интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник;

• параметр потока отказов – отношение среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую его наработку к значению этой наработки.

• долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами на техническое обслуживание и ремонт.

Показатели долговечности:

• средний ресурс – математическое ожидание ресурса;

• гамма-процентный ресурс – наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью, выраженной в процентах;

• назначенный ресурс – суммарная наработка объекта при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено;

• средний срок службы – математическое ожидание срока службы;

• гамма-процентный срок службы – календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которой он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью, выраженной в процентах;

• назначенный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено.

Ремонтопригодность – свойство СЭУ, заключающееся в ее приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технических обслуживании, восстановительного ремонта или замены.

Показатели ремонтопригодности:

• вероятность восстановления работоспособного состояния или вероятность восстановления – вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданного;

• среднее время восстановления работоспособного состояния – математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния.

Сохраняемость – свойство СЭУ сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности после хранения или транспортировки.

Показатели сохраняемости:

• средний срок сохраняемости – математическое ожидание срока сохраняемости;

• гамма-процентный срок сохраняемости – срок сохраняемости, достигнутый объектом с заданной вероятностью, выраженной в процентах.

2.2. Этапы проектирования

Основная задача при проектировании энергетической установки – это выбор механизмов и оборудования, которое наилучшим

образом удовлетворяет требованиям, предъявляемым к судну по его назначению при оптимальных затратах.

Проектирование СЭУ – составная часть работ по проектированию судна. Проектирование судна состоит из следующих этапов:

- разработки технического задания;
- разработки технического предложения;
- разработки эскизного проекта;
- разработки технического проекта;
- разработки рабочего проекта.

Техническое задание на проектирование судна и СЭУ составляет заказчик. В нем указывает исходные данные для проектируемого судна и его СЭУ. Тип, назначение судна, предполагаемый район плавания, скорость хода, тип энергетической установки, род топлива, грузоподъемность, пассажировместимость и др.

Согласованное и утвержденное техническое задание выдается проектной организации.

Проектная организация разрабатывает техническое предложение, в котором она дает техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности строительства судна с данными параметрами в техническом задании. После рассмотрения и утверждения технического предложения разрабатывают эскизный проект. При разработке эскизного проекта разрабатывают теоретический чертеж корпуса судна, определяют мощность ГСЭУ, тип СЭУ, определяют состав и характеристики основного оборудования. Выбор типа и основных параметров СЭУ - одна из наиболее ответственных задач разработки проекта нового судна. Эскизный проект после рассмотрения и утверждения заказчиком служит документом для разработки технического проекта.

Технический проект должен содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общие представлении об устройстве и принципах работы судна и его энергетической установки. При выполнении технического проекта разрабатывают судовой валопровод, производят расчеты на прочность, крутильные колебания, рассчитывают и выбирают механизмы и оборудование, обслуживающие ГСЭУ, общесудовые системы и палубные механизмы, определяют потребность тепловой, электрической энергии, выбирая, автономные и утилизационные котлоагрегаты, рассчитывают су-

довую электростанцию с выбором дизель-генераторов, рассчитывают запасы, топлива, смазочного масла, воды, сжатого воздуха, определяют вместимость цистерн и баллонов, производят компоновку механизмов в машинном помещении с определением центра масс энергетической установки и т.д.

Материалы технического проекта являются основой для заключения договора на постройку головного и серийных судов.

Рабочую и конструкторскую документацию разрабатывают на основании технического проекта. При выполнении рабочего проекта производят взаимное согласование всех конструкций, систем, устройств судна и его энергетической установки, разрабатывают программу и методику испытаний и т.д.

Проектирование судов, их строительство и эксплуатация находятся под наблюдением контролирующих организаций.

Общее техническое наблюдение за проектированием осуществляет заказчик судна, основной задачей при проектировании которого является надзор за соблюдением требований эксплуатационного характера.

Технический надзор за соблюдением требований, обеспечивающих безопасность плавания, осуществляет для речных судов и смешанного (река-море) плавания Российское Классификационное Общество, морских – Российский морской регистр судоходства.

Российское Классификационное Общество (РКО) является федеральным Государственным учреждением классификации и технического надзора за судами внутреннего и смешанного (река-море) плавания при Министерстве транспорта Российской Федерации.

В своей надзорной деятельности РКО применяет следующие правила:

• Правила классификации и постройки судов (ПСВП);

• Правила классификации и постройки судов (ПКПС);

• Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС);

• Правила освидетельствования судов в процессе их эксплуатации (ПОСЭ);

• Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (ПТНП).

Российское Классификационное Общество присваивает класс судну при первоначальном освидетельствовании, возобновляет его при классификационном освидетельствовании подтверждает, аннулирует или восстанавливает при других видах освидетельствований.

В формуле класса судна внутреннего плавания присутствует буквенное обозначение "Л", "Р", "О", "М". Суда, имеющие основной символ класса "Л", "Р", "О", "М" предназначаются для плавания при высоте волны 0.6; 1.2; 2.0 и 3.0 м соответственно. Деление внутренних водных бассейнов на разряды и обеспеченность высот волн приведены в Правилах РКО.

Основным символом в формуле класса судна смешанного плавания является буквенное обозначение "М-СП", "М-пр", "О-пр"– определяющие конструкцию судна, район и условия плавания. Суда, имеющие основной символ класса "М-СП, "М-пр", "О-пр" предназначаются для плавания при высоте волны не более 3.5; 2.5 и 2.0 м соответственно.

Суда данных классов допускаются к плаванию во внутренних бассейнах в соответствии с ПСВП.

В зависимости от конструктивных особенностей судна основной символ класса дополняется следующими знаками, входящими в формулу класса:

- для судов, построенных под техническим надзором РКО или другого признанного классификационного органа - знак *, который ставится впереди основного символа, например "* О";
- для судов, имеющих специальные ледовые усиления, удовлетворяющие требованиям Правил - заключенное в скобки слово "лед", например "О(лед)". Если ледовые усиления предусмотрены для иной толщины льда, то в формулу класса записывается толщина битого льда в см, при которой допустима эксплуатация судна в ледовых условиях. Например, "О (лед 40)";
- для судов, оборудованных средствами автоматизации в соответствии с требованиями ч. XV "Автоматизация" ПСВП, ПССП – буква "А", которая ставится в конце формулы класса, например "*О (лед) А".

Российское Классификационное Общество может исключить или изменить в формуле класса соответствующий символ при из-

менении или нарушении условий, послуживших основанием для введения в формулу класса данного символа.

Следующим контролирующим органом за выполнением санитарных требований на проектируемых судах и в период их эксплуатации согласно Санитарным правилам возлагается на органы санитарно - эпидемиологической службы Министерства здравоохранения России.

За пожарной безопасностью судов наблюдают органы Ространснадзора.

Техника безопасности и охрана труда находятся под наблюдением инспекции ЦК профсоюза рабочих морского и речного флота и ее линейных организаций.

3. Основные технические показатели судовых дизельных энергетических установок

К основным техническим показателям СЭУ относят мощность, маневренность, автономность, массу и габариты, условия обитаемости и др. Показатели СЭУ могут иметь абсолютное и относительное значение. Рассмотрим некоторые из них.

3.1. Показатели мощности

Под мощностью ГСЭУ обычно понимают мощность пропульсивной установки, т.е. суммарную мощность, передаваемую движителям судна. В качестве абсолютных показателей мощности ГСЭУ различают эффективную мощность P_e, мощность, подведенную к движителям P_p, мощность движущую (или мощность полезной тяги) P_R.

Мощность ГСЭУ определяют как сумму эффективных мощностей P_e, главных двигателей.

Если поставляются судовые двигатели в виде, агрегатов (например, дизель-редукторный агрегат ДРА, дизель-реверс-редукторный агрегат ДРРА и т.д.), то эффективная мощность указывается на его выходном фланце, а в ГСЭУ без агрегатов эффективная мощность указывается на фланце маховика.

Мощность ГСЭУ, подведенная к движителям P_p отличается от мощности P_e на величину потерь в валопроводе или в передаче и валопроводе.

$$P_p = P_e \cdot \eta_n \cdot \eta_в \qquad (3.1)$$

где η_n – к.п.д. передачи;

$\eta_в$ – к.п.д валопровода.

Движущая мощность определяется по формулам.

$$P_R = R \cdot V = x_в \cdot P_T \cdot V = x_в \cdot P \cdot V_p \qquad (3.2)$$

где R – сила сопротивления движению судна, которая складывается из силы сопротивления воды и ветро-волнового сопротивления, кН;

V - скорость движения судна, м/с;

$x_в$ - количество движителей;

P_T - полезная тяга гребного винта, кН;

P - упор винта, кН;

V_p - скорость поступательного перемещения винта, м/с.

При работе гребных винтов значительная часть энергии ГСЭУ расходуется на перемещение масс воды, на преодоление трения их лопастей и ступиц о воду. Указанные потери энергии оценивают пропульсивным коэффициентом полезного действия.

В связи с этим движущая мощность может быть выражена через мощность, подведенную к винту

$$P_R = P_p \cdot x_в \cdot \eta_{пр} \qquad (3.3)$$

где $\eta_{пр}$ - пропульсивный коэффициент полезного действия;

$\eta_{пр}$ = 0.45...0.65 - для речных судов;

$\eta_{пр}$ = 0.65...0.75 - для крупных морских судов.

Учитывая потери в валопроводе и передаче, не агрегатированной с главным двигателем, отбор мощности на валогенератор и другие нужды, а также уклон валовой линии по отношению к основной линии или ватерлинии и веерность валовой линии по отношению к диаметральной плоскости, эффективная мощность главного двигателя определяется

$$P_e = \frac{P_R \cdot k_p}{x_в \cdot \eta_п \cdot \eta_{вл} \cdot \eta_{пр} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta} + P_{отб} \qquad (3.4)$$

или через мощность, подведенную к винту

$$P_e = \frac{P_P \cdot k_p}{\eta_п \cdot \eta_{вл} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta} + P_{отб} \qquad (3.5)$$

где k_p – коэффициент запаса мощности,

k_p = 1.0... 1.15 - для речных судов;

k_p = 1.15... 1.2 - для судов смешанного река-море плавания;

α - угол уклона к основной линии;

β - веерность или расхождение по отношению к диаметральной плоскости;

$P_{отб}$ - мощность отбираемая потребителем.

Относительным мощностным показателем является энергооснащенность судна a_m, кВт/т (не путать с энерговооруженностью)

$$a_m = \frac{P_p}{D} \qquad (3.6)$$

где P_p - мощность ГСЭУ, подведенная к винтам;

D - водоизмещение судна в полном грузу, т.

Значения энергооснащенности некоторых типов речных судов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Значения энергооснащенности некоторых типов речных судов

Суда	Энергооснащенность судов кВт/т	
	речных	морских
Грузовые	0.3 - 0.5	0.4 - 0.7
Пассажирские	0.6 - 1.2	0.8 - 2.5
Толкачи-буксиры	1.5 - 4.0	2.5 - 4.0
На подводных крыльях	22 - 40	22-50
На воздушной подушке	18 - 30	60-110
Полуглиссирующие	11 - 12	-

Есть еще понятие дедвейт – это разность между водоизмещением судна при осадке по конструктивную ватерлинию, соответст-

вующую назначенному летнему надводному борту и водоизмещением порожнем.

3.2. Показатели маневренности

Маневренность судов характеризуется;

- способностью движения по заданному курсу и изменения его направления;
- возможностью быстрого достижения заданной скорости и остановки;
- способностью разворота при заданной скорости с минимальным диаметром циркуляции и др.

В связи с этими основными показателями маневренности СЭУ являются: время подготовки установки к пуску, длительность пуска и достижения номинальной мощности, перегрузка по времени, минимально устойчивая частота вращения, время остановки и реверсирования.

Длительность пуска различных типов энергетических установок лежит в пределах 5-20 с. Наименьший период пуска имеют установки с электрической, объемной гидравлической и реверс-редукторной передачами. Продолжительность пуска дизельных установок составляет 0.5-2.0 ч. Перегрузка 110% не более 1ч. Время подготовки к пуску газотурбинных установок не более 1ч. Наилучшими реверсивными качествами обладают установки с электрической передачей на постоянном токе, с объемной гидравлической, а также с ВРШ и реверс-редукторной передачами, у которых на реверсирование затрачивается 5-15 с. Дизельные установки в зависимости от мощности реверсируются от 10 до 60 с. Длина тормозного пути, называемая выбегом судна, зависит от водоизмещения, обводов корпуса, надводной скорости и мощности установки при работе на задний ход. Выбег судна может превышать 4-8 длин судна.

3.3. Автономность плавания

Автономность плавания - продолжительность пребывания судна в плавании с учетом стоянок без пополнения энергетических и продовольственных запасов. Автономность плавания A, сут. определяют по следующей формуле

$$A = \frac{\sum \tau_x + \sum \tau_{cm}}{24} \qquad (3.7)$$

где $\sum \tau_x$ - суммарная продолжительность плавания в ходу, ч;

$\sum \tau_{cm}$ - суммарное время стоянок, ч.

Для речных судов автономность плавания составляет 12-15 сут.

3.4. Условия обитаемости

Обитаемость характеризуется внешними факторами, воздействующими на физиологические функции человека. К ним относятся микроклимат в помещениях СЭУ, уровень звукового давления и вибрации.

Показателями микроклимата в помещениях СЭУ являются интенсивность тепловыделений и теплового излучения, температура и относительная влажность воздуха, скорость воздушных потоков и чистота воздуха. Для создания микроклимата помещения СЭУ оборудуют системами приточно-вытяжной вентиляции или кондиционирования воздуха. Шум и вибрация оказывают вредное влияние на органы слуха и через центральную нервную систему на весь организм человека. При проектировании судна разрабатывают комплекс противошумных и противовибрационных мероприятий в пределах норм, устанавливаемых санитарными правилами.

3.5. Массо-габаритные показатели

Масса СДЭУ существенным образом влияет на основные показатели судна, а с другой стороны отражает в определенной мере эксплуатационные свойства СЭУ и степень ее технического совершенства. Показатели массы и габаритов выражают как в абсо-

лютных, так и в относительных величинах. Различают следующие абсолютные показатели массы установки, т:

• масса сухой установки G_c, то есть масса всех двигателей, механизмов, устройств, трубопроводов и других элементов установки без рабочих жидкостей;

• масса подготовленной к действию установки G_p , равная сумме масс сухой установки и рабочих тел G, находящихся в элементах установки но без запасов;

• полная масса установки G_n с запасами топлива, масла, воды и других материалов.

Запасы топлива, масла и воды определяют с учетом типа СЭУ, автономности плавания судна и характеристик ее оборудования.

Для дизельных установок, работающих на дизельном топливе, запас его G_T можно определить по формуле, т:

$$G_T = 10^{-3} \cdot \left[\left(b_e \cdot P_{eу} \cdot b_e^{'} \cdot P_{ев} \right) \cdot \tau_x + b_e^{'} \cdot P_{ев} \cdot \tau_{ст} + B_к \cdot \tau_к \right] \qquad (3.8)$$

где b_e, $b_e^{'}$ - удельные расходы топлива главных и вспомогательных двигателей, кг/(кВт·ч);

$P_{eу}$, $P_{ев}$ - эффективная мощность главных и вспомогательных двигателей, кВт;

τ_x, $\tau_{ст}$, $\tau_к$ - время работы главных двигателей в ходу, вспомогательных двигателей в ходу и на стоянке, а также котельной установки;

$B_к$ - часовой расход автономного котлоагрегата, кг/ч.

Расход топлива паровыми и водогрейными котлоагрегатами вычисляют по формуле

$$B_k = \frac{Q_k}{Q_н^p \cdot \eta_к} \qquad (3.9)$$

где $Q_к$ - тепловой поток котлоагрегата, кДж/ч;

$Q_н^р$ - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$\eta_к$ - к.п.д. котлоагрегата.

Если главные двигатели и котлоагрегаты приспособлены для работы на моторном топливе, то его запас должен составлять не менее 75-80 % от общего запаса $G_т$.

При расчете запасов масла, принимаемых на судно, необходимо учитывать потери в системе смазывания, происходящие при работе главных и вспомогательных двигателей, а также смену масла в системе.

В первом приближении запас масла в зависимости от запаса топлива $G_м$ можно принимать для дизельных установок:

$$G_м = (0{,}02\text{-}0{,}06)G_т. \qquad (3.10)$$

Запас пресной технической воды на судах смешанного плавания должен обеспечивать ее замену в двигателях и других механизмах, потребляющих ее.

Количество воды в элементах систем определяют при расчете массы энергетической установки.

$$G_в = a_в \cdot (P_{еу} + P_{ев}) \cdot 10^{-3} \qquad (3.11)$$

где $a_в$ - удельная масс общего запаса пресной, технической воды, кг/кВт.

К основным абсолютным показателям габаритов помещений СЭУ относят: длину между поперечными переборками машинного помещения, площадь платформы по трюму, и объем, включая машинную шахту.

Габариты машинных помещений зависят от типа и мощности энергетической установки и оценивается по их энергонасыщенности, т.е. по отношению общей мощности установки к длине, площади и объему помещений:

$$l_N = \frac{P_{еу} + P_{ев}}{L_м}, \quad f_N = \frac{P_{еу} + P_{ев}}{F_м}, \quad V_N = \frac{P_{еу} + P_{ев}}{V_м} \qquad (3.12)$$

3.6. Показатели тепловой и экономической эффективности судовой энергетической установки

Показатели тепловой экономичности характеризуют эффективность использования в СЭУ теплоты сожженного топлива. К абсолютным показателям тепловой экономичности отнесены расходы теплоты и топлива на энергетическую установку. К относительным тепло-экономическим показателям СЭУ относят удель-

ные расходы теплоты и топлива, к.п.д. установки и к.п.д. судового комплекса.

Удельные расходы топлива ГСЭУ, кг/кВт ч:

$$b_{eу} = \frac{B_y}{P_{eу}};\ b_{ру} = \frac{B_y}{P_{ру}} \qquad (3.13)$$

и удельные расходы теплоты, кДж/кВт ч:

$$q_{eу} = \frac{Q_y}{P_{eу}} = \frac{B_y \cdot Q_н^p}{P_{eу}} = b_{eу} \cdot Q_н^p;\ q_{ру} = \frac{Q_y}{P_{ру}} = b_{ру} \cdot Q \qquad (3.14)$$

Подобным образом могут быть выражены расходы топлива и теплоты на всю судовую энергетическую установку.

Тепловая экономичность СЭУ оценивается абсолютным к.п.д. - η_y.

Абсолютный к.п.д. СЭУ

$$\eta_{eу} = \frac{3600 \cdot P_{eу}}{B_y \cdot Q_н^p} = \frac{3600}{b_{eу} \cdot Q_н^p} \qquad (3.15)$$

Для оценки тепловой экономичности ГСЭУ может быть применен эффективный к.п.д. двигателей:

$$\eta_e = \frac{3600 \cdot P_e}{B_{ГД} \cdot Q_н^p} = \frac{3600}{b_e \cdot Q_н^p}, \qquad (3.16)$$

где $b_{eу}$ - удельный расход топлива установки, кг/кВт ч;

$b_{ру}$ - удельный расход топлива установки с мощностью подведенной к винту, кг/кВт ч;

B_y - часовой расход топлива установки, кг/ч;

$P_{eу}$, $P_{ру}$ - мощность установки, эффективная и подведенная к винту, кВт

$Q_н^p$ - низшая теплота сгорания топлива.

Тепловую экономичность ГСЭУ (двигатель-передача-гребной винт-корпус судна) принято оценивать по к.п.д. судового комплекса:

$$\eta_{ск} = \eta_e \cdot \eta_п \cdot \eta_в \cdot \eta_{пр} \qquad (3.17)$$

где η_e - к.п.д. главных двигателей;

$\eta_п$ - к.п.д. передачи (если редуктор или реверс-редуктор, реверсивная муфта не агрегатирована с двигателем);

$\eta_в$ - к.п.д. валопровода;

$\eta_{пр}$ - пропульсивный к.п.д.

Подставляя в эту формулу значения вышеприведенных формул получим следующие выражения к.п.д. судового комплекса.

$$\eta_{ск} = \frac{3600 \cdot P_R}{B_{ГД} \cdot Q_н^р} = \frac{3600 \cdot x_в \cdot P_T \cdot V}{B_{ГД} \cdot Q_н^р} \qquad (3.18)$$

Коэффициент полезного действия судового комплекса водоизмещающих судов составляет 0,18-0,27.

Для оценки эффективности СЭУ по топливу существует показатель эффективности использования топлива, кг/кВт ч

$$q_T = \frac{B_{ГД} + B_{ВД} + B_К \cdot (1-U)}{P_{еу} + P_{ев} + Q_к \cdot \frac{\eta_e}{\eta_к}} \qquad (3.19)$$

где $B_{ГД}$, $B_{ВД}$, $B_К$ - часовой расход главного двигателя, вспомогательного двигателя, котлоагрегата, кг/ч

$U = \frac{Q_{УТ}}{Q_К}$ - доля теплоты, вырабатываемой утилизационными котлоагрегатами по сравнению с автономными;

$Q_К$ - тепловой поток автономного котлоагрегата, кВт;

$\eta_К$ - к.п.д. автономного котлоагрегата.

4. Главные судовые энергетические установки

4.1. Дизельные энергетические установки

В качестве главных и вспомогательных двигателей в ДЭУ применяют поршневые ДВС— дизели, работающие по открытому циклу.

Дизельные энергетические установки получили широкое распространение на судах различного назначения вследствие ряда положительных особенностей: возможности создания большого диапазона агрегатных мощностей на базе стандартных типоразмеров цилиндров; доступности использования различных типов передач; сравнительно высокой экономичности; относительной простоты автоматизации управления.

В настоящее время около 95% речного самоходного флота и все суда смешанного «река—море» плавания оборудованы ДЭУ.

На речных транспортных судах новой постройки в качестве главных и вспомогательных двигателей устанавливают исключительно дизели. Предполагается, что в перспективе ДЭУ будут основной энергетической установкой речных и смешанного «река—море» плавания судов.

В морском флоте также наблюдается непрерывный рост судов с ДЭУ, количество которых в настоящее время достигает 95—97% общего числа вновь строящихся судов.

На речном флоте в большинстве случаев в качестве главных применяют четырехтактные дизели с наддувом, реверсивные и нереверсивные среднеоборотные (375—750мин$^{-1}$) и нереверсивные повышенной оборотности (750—1500мин$^{-1}$). Максимальная агрегатная мощность главных дизелей составляет 2200.Вт.

В качестве вспомогательных дизелей обычно устанавливают четырехтактные без наддува повышенной оборотности.

Наибольшее распространение на транспортных морских судах получили двухтактные крейцкопфные простого действия малооборотные (100-170мин$^{-1}$).

Дальнейшее повышение экономичности судовых дизелей в основном должно происходить за счет утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающей дизель воды. Теплота, получаемая в утилизационном котле, работающем на выпускных газах, и охлаждающей дизель воды может быть использована в системе теплоснабжения судна.

Существенным недостатком ДЭУ является передача дизелем механической энергии на коленчатый вал через кривошипно-

шатунный механизм. Возникающие при этом неуравновешенные силы и моменты вызывают вибрации дизеля и корпуса судна, появление резонансных напряжений, сокращающих срок службы установки. Изменение касательных усилий на кривошипах коленчатого вала и угловых скоростей его вращения приводит к неравномерности крутящего момента и возможности возникновения крутильных колебаний валопровода.

4.2. Основные характеристики судовых дизелей

Основным типом энергетических установок на флоте являются дизельные энергетические установки (ДЭУ). В качестве ГСЭУ используются преимущественно четырехтактные дизели с наддувом, как отечественного, так и импортного производства. Главные дизели на многих судах могут работать как на дизельном, так и на моторном топливе. Для работы на моторном топливе применяют двухконтурную топливную систему, в которой в одном контуре моторное топливо подогревается до температуры 353 - 358 К (80 - 85°С). Для более эффективного сжигания топлива в цилиндрах дизелей применяют гомогенизацию, эмульгирование и подбор различных присадок

На судах речного флота в основном применяются четырехтактные среднеоборотные дизели с наддувом как отечественного, так и зарубежного производства. Так на пассажирских судах проектов 301, 302, 92-016 установлены главные дизели производства АО "РУМО" (бывший завод "Двигатель революции") марки 6ЧРН 36/45 (Г-70-5) мощностью P_e = 736 кВт, частотой n = 350 мин$^{-1}$. На сухогрузах проекта 00101 «Русич», ледоколах типа «Капитан Евдокимов» установлены дизели среднеоборотные фирмы Wartsila Diesel, Финляндия.

На судах речного флота в основном применяются механические передачи мощности от двигателя на винт (прямые, реверс-редукторные), реже электрические, гидравлические. Некоторые дизели небольшой мощности < 150 кВт заводы-изготовители поставляют со встроенными реверс-редукторами и упорными подшипниками.

В качестве приводных двигателей дизель-генераторов используют рядные четырехтактные тронковые дизели средней и повы-

шенной оборотности с газотурбинным наддувом и без наддува. Дизель и генератор обычно монтируют на общей раме. Для выработки электроэнергии, кроме основных дизель-генераторов, применяют стояночные, аварийные, реже валогенераторы. Среди отечественных вспомогательных дизелей применяют двигатели следующих марок: 6Ч12/14, 6Ч(Н)15/18, 6Ч(Н)18/22 и др. Применяют также дизели и зарубежного производства. Так на судах проектов 301, 302 установлены дизели 6ЧН 26/20, на проекте 92-016 - дизели 6ЧН 27.5/36.

Анализ расходов на содержание флота показывает, что затраты, связанные с работой главных и вспомогательных дизелей, составляют значительную их часть. Поэтому для речных и смешанного "река-море" плавания судов необходимы экономичные дизели, развивающие номинальную мощность P_e при частоте $n_{ном}$, обладающие высокой надежностью, малыми массой и габаритами, низкой строительной стоимостью.

5. Передача вращающего момента главного двигателя движителю

Для привода судна в движение энергия, вырабатываемая ГСЭУ, передается на движители. В качестве движителей могут применяться гребные винты (ГВ) фиксированного шага, регулируемого шага (ГВРШ), крыльчатые и водометные движители, а иногда гребные колеса.

Так как двигатель невозможно установить непосредственно перед движителем, то передача мощности осуществляется посредством валопровода. В связи с большой длиной валопровода он разделяется на части: упорный вал, промежуточный вал и гребной вал. Между собой они соединяются при помощи муфт. Для избегания прогиба валопровода его укладывают на опорные подшипники (ОП).

При работе движителя создается упор. Его необходимо передать на корпус судна. Для этого в валопровод включен упорный подшипник (УП), устанавливается на упорном валу.

5.1. Непосредственная передача мощности

Она применяется при установке на судно двигателя, частота вращения которого совпадает с частотой вращения гребного винта.

При такой схеме валопровод является продолжением линии коленчатых валов двигателей и располагается соосно с ними.

Число движителей, устанавливаемых на судно обычно равно числу главных двигателей. Неравномерность вращения коленчатого вала, осевые удары и осевая сила упора движителя передается вдоль всей валовой линии. Требуется установка опорных подшипников для валов, а также упорных валов и упорных подшипников для восприятия осевой силы упора.

Непосредственная передача бывает жесткой, если кормовой фланец реверсивного двигателя прямо соединен с носовым фланцем судового валопровода.

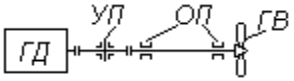


Рис.5.1. Непосредственная передача мощности с жесткой связью

Непосредственная передача может быть и эластичной, если между двигателем и судовым валопроводом расположена эластичная муфта (электромагнитная, гидравлическая, шинно-пневматическая или пружинная) (рис.5.2).

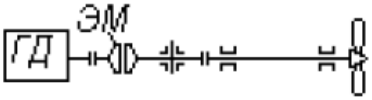


Рис.5.2. Непосредственная передача мощности с эластичной связью

Применение эластичных муфт улучшает эксплуатационные качества установки, так как позволяют отключить валопровод от главного двигателя и снизить требования к точности монтажа валопровода.

При установке нереверсивных главных двигателей применяют специальные реверсивные муфты (РМ) (рис.5.3).

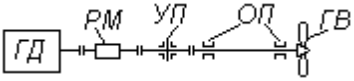


Рис.5.3. Передача мощности с реверсивной муфтой

Иногда вместо винтов фиксированного шага устанавливают винты регулируемого шага (ГВРШ) (рис.5.4), при этом в линию вала встраивают механизм изменения шага винта.

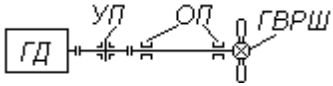


Рис.5.4. Передача мощности с винтом регулируемого шага

Основными преимуществами непосредственной передачи ГВРШ является:

- повышение пропульсивных качеств движителя при переменных режимах хода (пропульсивный кпд оценивает эффективность комплекса винт-корпус судна);
- применение нереверсивных двигателей;
- пуск и разгон без нагрузки;
- получение самых тихих ходов судна независимо от минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- относительная легкость смены лопастей.

К недостаткам этих передач следует отнести сложность системы поворота лопастей, малую надежность и относительно высокую стоимость.

Кроме ГВРШ реверс может быть осуществлен при помощи реверсивной муфты (рис.5.5).

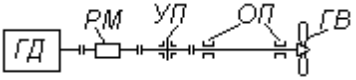


Рис. 5.5. Передача мощности с реверсивной муфтой

К достоинствам непосредственных передач мощности можно отнести высокую экономичность, большой ресурс. На движитель передается 97-98% номинальной мощности, развиваемой ГД.

5.2. Дизель-редукторная передача (ДРП)

Однако при проектировании судна не всегда удается подобрать главный двигатель к движителю по частоте вращения. В этом случае, по сравнению с непосредственной передачей, включены два

дополнительных элемента редуктор (Р), понижающий частоту вращения до необходимого уровня и муфта (рис.5.6).

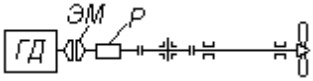


Рис. 5.6. Редукторная передача мощности

Для ДРП приняты два типа муфт: высокоэластичные соединительные муфты, защищающие редуктор от резких изменений крутящего момента дизеля и соединительно-разобщительные муфты, допускающие различного рода отклонения ГД от редуктора.

В случае использования нереверсивного двигателя устанавливается реверс-редуктор, который не только уменьшает частоту вращения гребного вала, но и производит изменение направления вращения (рис.5.7).

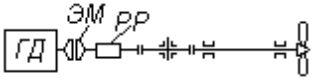


Рис. 5.7. Реверс-редукторная передача мощности

Применение угловых редукторов (УР) и поворотно-откидных выдвижных колонок (ПОВК) особенно эффективно на быстроходных катерах и СПК для обеспечения необходимого заглубления ГВ (рис. 5.8, 5.9).

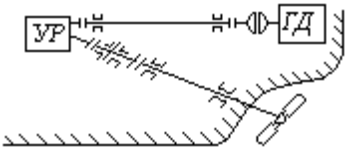


Рис.5.8. Редукторная передача мощности с угловой колонкой

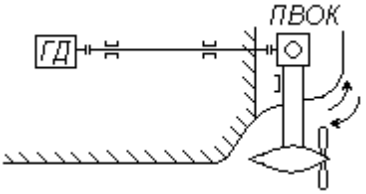


Рис.5.9. Редукторная передача мощности с поворотно-откидной выдвижной колонкой

Применение дизель-редукторных агрегатов (ДРА) позволяет осуществить разделение мощности, развиваемой дизелем (Д), на

несколько движителей, что находит применение на судах с ограниченной осадкой, речного и смешанного плавания (рис. 5.10).

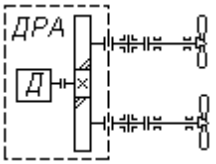


Рис.5.10. Редукторная передача с разобщение мощности

К недостаткам данного типа передач мощности можно отнести большой уровень шума в МО, потеря мощности в редукторе 2-4%, увеличение строительной стоимости и расходов на эксплуатацию.

5.3. Гидродинамические передачи

Гидродинамические передачи подразделяются на гидродинамические муфты и гидродинамические трансформаторы. Гидродинамические муфты предназначены для передачи крутящего момента ведущего вала к ведомому валу без изменения величины и знака момента.

Гидродинамические трансформаторы служат для передачи крутящего момента ведущего вала к ведомому валу при изменении величины, а в некоторых случаях и знака крутящего момента.

В первом случае используют гидротрансформатор переднего хода, во втором- гидротрансформатор заднего хода (рис.5.11).

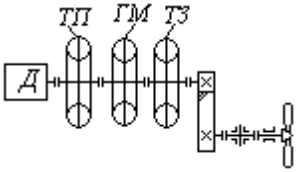


Рис.5.11. Гидродинамическая передача с гидромуфтой и гидротрансформатором

В гидродинамических передачах механическая энергия передается от ведущего вала к ведомому при помощи жидкого рабочего тела.

Простейший гидротрансформатор (рис.5.12) состоит из насосного колеса *3,* соединенного с ведущим валом 5; турбинного коле-

са *1*, закрепленного на ведомом валу *6*, и неподвижного направляющего аппарата *4*, жестко соединенного с корпусом.

Направляющий аппарат устанавливают на входе рабочей жидкости в насос, иногда ставят два направляющих аппарата, один из которых перед насосом, а другой – перед турбиной. В последнем случае может быть обеспечен реверс ведомого вала. Герметичность гидротрансформатора обеспечивают уплотнениями в кожухе *2*. Наличие направляющего аппарата существенно изменяет процесс передачи вращающего момента гидротрансформатором по сравнению с гидромуфтой.

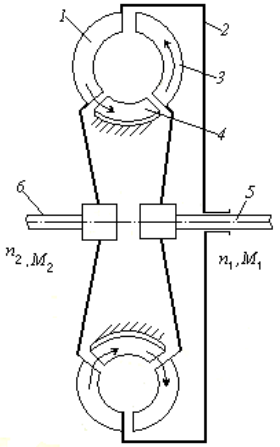


Рис.5.12. Схема гидротрансформатора

При вращении ведущего вала насосное колесо подаст жидкость в неподвижный направляющий аппарат**,** под воздействием лопаток которого происходит увеличение момента количества движения рабочей жидкости. При этом жидкость поступает в турбинное колесо, где ее кинетическая энергия преобразуется в механическую энергию вращения ведомого вала, в результате чего $M_2 > M_1$. Соответствующим профилированием лопаток направляющего аппарата можно получить $M_2 = 3M_1$.

В СЭУ гидротрансформаторы самостоятельно используют редко из-за сравнительно малого КПД (0,84—0,91) и низкой редукционной способности при высоких КПД. При небольших значениях передаточного отношения КПД передачи резко снижается. Обычно гидротрансформаторы входят в состав гидропередач, выпол-

ненных по различным схемам: с гидротрансформаторами переднего и заднего ходов; с гидромуфтой переднего хода и гидротрансформатором заднего хода; с гидротрансформаторами переднего и заднего ходов и гидромуфтой переднего хода.

КПД гидродинамических трансформаторов при номинальном режиме работы установки составляет 0,88-0,92. КПД гидродинамической муфты при номинальном режиме работы установки составляет 0,96-0,98.

Преимущество гидромуфты:

- осуществляет гибкое соединение ГД с зубчатой передачей;
- повышает надежность и маневренность СЭУ с несколькими двигателями, работающими на один винт;
- облегчает пуск двигателя и уменьшает расход пускового воздуха;
- улучшает условия реверсирования гребного винта.
- однако гидромуфта повышает массу СЭУ, снижает к.п.д.

Гидротрансформаторы и гидравлические муфты широко используются в установках судов ледового плавания и буксиров.

5.4. Гидростатические передачи

Объемная гидравлическая передача состоит из связанных трубопроводами насоса объемного типа, преобразующего механическую энергию приводящего двигателя в энергию потока рабочей жидкости (чаще всего минеральное масло) (главным образом энергию давления), и гидромотора, преобразующего энергию рабочей жидкости в механическую (рис.5.13).

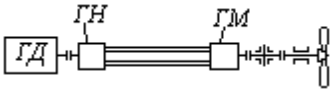


Рис.5.13. Объемная гидравлическая передача

Насос обычно переменной подачи, а гидромотор постоянного расхода. Изменение подачи насоса производится путем изменения угла наклона блока поршней (люльки) или поворотной шайбы относительно плоскости, перпендикулярной валу насоса.

При наклоне блока поршней или поворотной шайбы в противоположную сторону изменится направление потока рабочей жидкости и произойдет реверс вала гидромотора.

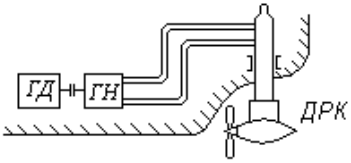


Рис.5.14. Объемная гидравлическая передача с винторулевой колонкой

На малых судах с установками мощностью до 200-250 кВт гидростатический привод размещают иногда в винторулевой колонке с приводом рабочего масла через отверстия в баллере руля.

При такой конструкции на судне отсутствует дейдвудное устройство и гребной вал.

КПД рассматриваемой передачи составляет 0,83-0,88 и мало изменяется на режимах частичных нагрузок.

Гидростатические передачи применяются на судах, связанных с частым маневрированием и буксировкой, а также для привода подруливающих устройств, крыльчатых движителей.

5.5. Электрические передачи

Главные судовые электрические передачи могут быть выполнены на постоянном и переменном токе. СЭУ с электрическими передачами подразделяются на дизель- и турбо-электрические (Рис.5.15).

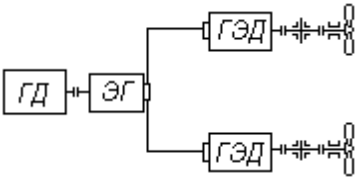


Рис.5.15. Электрическая передача мощности

На судах с агрегатной мощностью до 3 тыс. кВт применяют дизель-электрические установки с электропередачей на постоянном токе, которые обладают высокой маневренностью, имеют несложную систему дистанционного управления и допускают пол-

ное использование мощности установки во время эксплуатации судна в различных условиях.

Преимущества и недостатки электропередач па постоянном токе те же, что и у объемных гидропередач. Однако следует отметить, что они значительно уступают объемным гидропередачам по массовым и габаритным показателям.

Электропередачи на переменном токе изготовляют большей мощности и напряжения, чем передачи на постоянном токе. Они имеют меньшие массу и габариты, более экономичны, так как входящие в их состав агрегаты обладают более высокими КПД. В качестве главных двигателей в установках с электропередачами на переменном токе применяют как ДВС, так и газовые турбины.

Существенными недостатками электропередач на переменном токе являются: низкие маневренные качества, невозможность регулирования частоты вращения гребного электродвигателя при неизменной частоте электрического тока и сложность реверсирования.

В связи с этим они не нашли применения на речных и смешанного «река—море» плавания судах. Электропередачи на переменном токе применяют на морских судах, эксплуатируемых с малым количеством маневровых режимов, и судах специального назначения.

5.6. Комбинированные передачи

Кроме перечисленных типов передач на водном транспорте применяются и комбинированные передачи, в которых для привода движителя используются два и более разнотипных главных двигателя (рис.5.16).

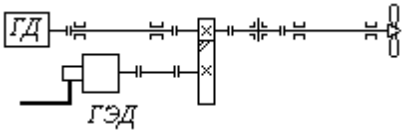


Рис.5.16. Комбинированная передача с главным двигателем и ускорительным гребным электродвигателем

Однако такие передачи не нашли применения на судах речного флота.

6. Энергетическая установка

6.1. Судовой валопровод

Валопровод— устройство, соединяющее непосредственно или через передачу главный двигатель с движителем. Он обеспечивает передачу вращающего момента от двигателя к движителю (гребному винту или водомету) и упора от движителя через упорный подшипник корпусу судна. Упор, преодолевая сопротивление воды, сообщает судну поступательное движение.

В общем случае он состоит из гребного вала (ГрВ), дейдвудного устройства (ДУ), промежуточного (ПВ) и упорных валов (УВ), опорных и упорных подшипников, соединительных муфт (М) и тормоза (Т). Иногда валопровод оборудуют устройствами для отбора мощности и т.п.

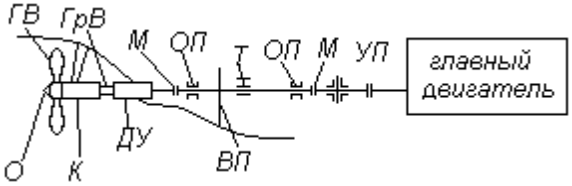


Рис.6.1. Схема валопровода

На рис.6.1 также показаны О - обтекатель, К - кронштейн, ВП - водонепроницаемая переборка.

Число валопроводов определяется типом передачи мощности и числом движителей. На судах речного флота и смешанного «река—море» плавания встречаются одно-, двух- и трехвальные установки.

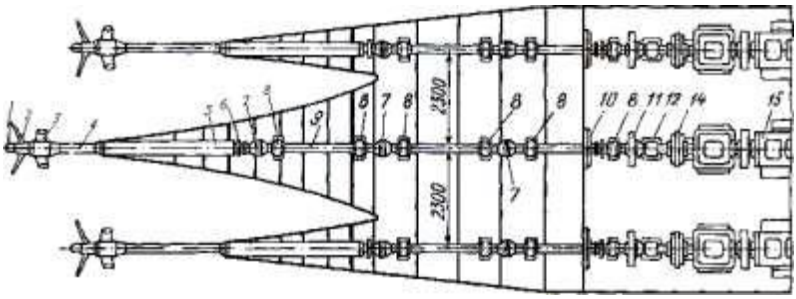


Рис.6.2 Валопровод трехвального пассажирского теплохода: 1-обтекатель гребного винта, 2- гребной винт, 3- кронштейн гребного вала, 4- гребной трехопорный вал, 5- дейдвудная труба, 6- уплотнение (сальник) дейдвудной трубы, 7- соединительная поперечно-свертная муфта, 8- опорный роликовый подшипник, 9- промежуточный вал, 10- переборочное уплотнение (сальник), 11- ленточный фрикционный тормоз, 12- упорный однодисковый подшипник, 13- упорный вал, 14- упругодемпфирующая муфта, 15-дизель-редукторный агрегат

Направление вращения винтов выбирают из условий обеспечения надежности их работы, маневренности и управляемости судна. В двухвальных установках целесообразно, чтобы ВФШ вращались на переднем ходу наружу, а ВРШ внутрь. При этом достигаются лучшие маневренные качества. В одновальных установках гребной винт имеет правое вращение, если смотреть с кормы в нос судна.

Рассмотрим некоторые элементы судового валопровода.

Гребной вал — наиболее ответственная часть валопровода. Он передает упор, создаваемый движителем, подвержен изгибу, кручению и работает при знакопеременных нагрузках. В нем возникают дополнительные напряжения при качке судна, косом потоке воды, механической и гидродинамической неуравновешенности гребного винта.

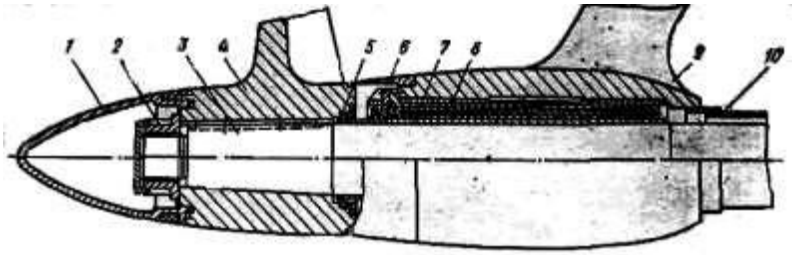


Рис. 6.3. Кормовой конец гребного вала:
1- Обтекатель гребного винта, 2- гайка, 3- конус вала, 4- ступица гребного винта, 5- резиновое уплотнение, 6- защитный кожух, 7- облицовка вала, 8- резинометаллический подшипник, 9-кронштейн кормовой, 10- защитная труба

Обтекатель- устройство, служащее для уменьшения гидравлических потерь от вихреобразования за ступицей и предохранения вала с гайкой от коррозии.

Ступица гребного винта крепится на гребном валу соединением, имеющим конусность. Крепление производится посредством посадки со шпонкой и крепежной гайкой, расположенной в обтекателе. Шпонка в этом случае не_ передает вращающего момента, а выполняет роль резервного средства. Может быть применено безшпоночное соединение путем гидропрессовой посадки и глухой затяжной гайки-обтекателя.

На торцах ступицы предусматривают резиновые уплотнения, предотвращающие коррозию конуса вала и засорение зазоров.

Материал облицовки вала подбирают с учетом наиболее благоприятной его работы с резинометаллическими подшипниками (наименьший износ как облицовки, так и резинового подшипника), смазываемыми забортной водой, содержащей большое количество песка. Наилучшим материалом для облицовки является оловянистая бронза.

Для замены или ремонта вал вынимают наружу. В связи с этим соединение гребного и промежуточного валов делают на конической муфте, для чего гребной вал с носовой стороны имеет конусность. В корпус судна гребной вал проходит через дейдвудную трубу.

Дейдвудная труба (рис.6.4) представляет собой стальную сварную или чугунную литую конструкцию, соответственно приваренную к набору корпуса или закрепленную на шпильках. В ней размещается дейдвудный подшипник, который является опорой гребного вала со стороны носовой части судна. Протечка забортной воды через дейдвудную трубу в кормовой отсек корпуса предотвращается сальниковым уплотнительным устройством с мягкой набивкой.

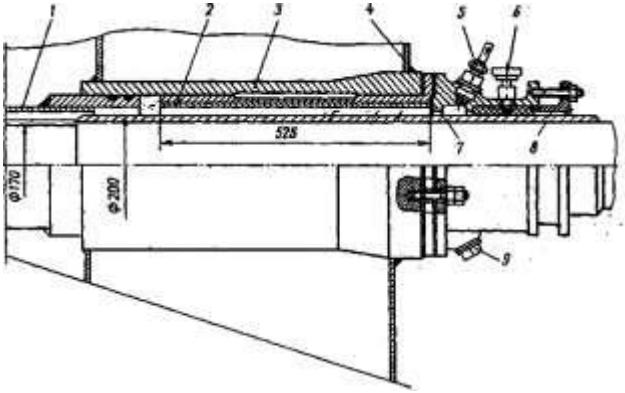


Рис.6.4. Дейдвудная труба с гребным валом
1-Защитный кожух гребного вала, 2- резинометаллический подшипник, 3- дейдвудная труба, 4- водонепроницаемая переборка, 5- штуцер подвода воды, 6- подвод смазки, 7- облицовка гребного вала, 8- крышка сальникового уплотнения, 9- пробка для спуска воды

Промежуточный вал соединяет гребной вал с упорным. Он передает вращающий момент и упор последнему. Промежуточные валы работают в более благоприятных условиях, чем гребные: они не соприкасаются с водой и непосредственно не испытывают ударов со стороны винта. Поэтому промежуточные валы не нуждаются в защитной изоляции, а их диаметры принимаются меньшими. Количество промежуточных валов в одном валопроводе зависит от расположения машинного помещения и типа передачи. У грузовых судов, танкеров с расположенном машинного помещения в корме, а также у судов с электрическими и объемными гидравлическими передачами промежуточных валов обычно не бывает.

Кормовой конец промежуточного вала присоединяют к гребному посредством муфты, позволяющей после их разъединения вынимать гребной вал в корму.

Упорный вал передает через упорный подшипник упор гребного винта корпусу судна для сообщения ему поступательного движения. Его изготовляют небольшой длины для удобства монтажа и демонтажа на судне. Упорный вал и упорный подшипник располагают, как правило, ближе к носовой части валопровода. Если валопровод не имеет промежуточных валов, то упорный вал и упорный подшипник устанавливают после гребного вала. При упорном

подшипнике, встроенном в кормовую часть рамы двигателя или реверс-редуктора, установка отдельных подшипников и вала не требуется.

Опорные и упорные подшипники. На речных и смешанного «река—море» плавания судах применяют в основном подшипники качения, которые имеют более высокий КПД, чем подшипники скольжения, и проще в эксплуатации. Смазка их может быть консистентная или жидкая. К недостаткам подшипников качения следует отнести их повышенную шумность.

Расположение опорных подшипников зависит от длины промежуточных валов и массовых нагрузок. Обычно их устанавливают не более двух для одного вала.

При установке опорных подшипников качения следует учитывать, что промежуточный вал не должен иметь фланцевых соединений. Для соединения валов следует использовать съемные муфты.

Опорные подшипники скольжения устанавливают за главным двигателем, когда требуется поддержать маховик. Это необходимо по условиям одинаковой их выработки с подшипниками коленчатого вала.

Подшипники скольжения имеют вкладыши, облицованные белым металлом. Смазка подшипников обычно независимая с отводом ее в сточную масляную цистерну.

В упорных подшипниках качения применяют шариковые или роликовые подшипники. Такие подшипники имеют небольшой коэффициент трения (до 0,008), мало зависящий от угловой скорости вращения вала, и на них расходуется меньше смазки. Трехрядный шариковый упорный подшипник качения (рис.6.5) состоит из двух рядов упорных подшипников переднего хода и одного ряда — заднего хода. Масляную ванну обычно оборудуют змеевиками для охлаждения масла или создают циркуляционную смазочную систему.

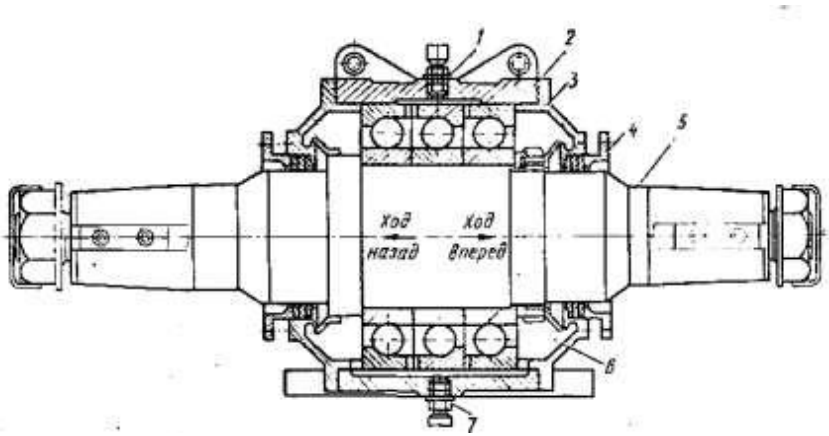


Рис.6.5. Упорный подшипник качения
1 - штуцер подвода масла, 2 - корпус подшипника, 3 - крышка, 4 - нажимная втулка уплотнения, 5 - упорный вал, 6 - масляная ванна, 7- штуцер слива масла

Упорный подшипник скольжения имеет диск в средней части упорного вала. Упор передается на диск через несколько одинаковых упорных подушек переднего и заднего ходов, расположенных по обеим его сторонам. В корпус подшипника заливается масло. Во время вращения вала и диска упорные подушки устанавливаются по отношению к плоскости диска под небольшим углом. При этом образуется масляный зазор размером 0,2—0,3мм. Масло, проникая в зазор, обеспечивает жидкостное трение между диском и подушками.

6.2. Выбор главных дизелей

Выбор главных двигателей производится на стадии эскизного проекта при проектировании ГСЭУ и судна в целом. Выбор ГСЭУ это поиск такого варианта комплекса главный двигатель - передача - движитель, который обеспечивал бы наиболее эффективные эксплуатационные и технико-экономические показатели проектируемого судна.

Одним из основных назначений ГСЭУ судна является обеспечение заданной скорости при минимальных потерях мощности главных двигателей. Наименьшие потери мощности ГСЭУ у тех

судов, у которых больший диаметр винтов и меньшая частота вращения, т.е. у таких судов больше пропульсивный к.п.д. Однако диаметр гребного винта на речных судах ограничивается возможностью размещения винта за корпусом судна и ограниченной глубины некоторых фарватеров реки. Выбор главных двигателей осуществляют после гидродинамического расчета элементов гребных винтов при постоянной заданной скорости движения судна, после которого получают соотношения между требуемой частотой вращения винта n, диаметром винта $D_в$ и мощностью P_e и P_p эффективной или подведенной к нему. На рис. 6.6 приведем график зависимости $D_в = f(n)$ и $P_e = f(n)$.

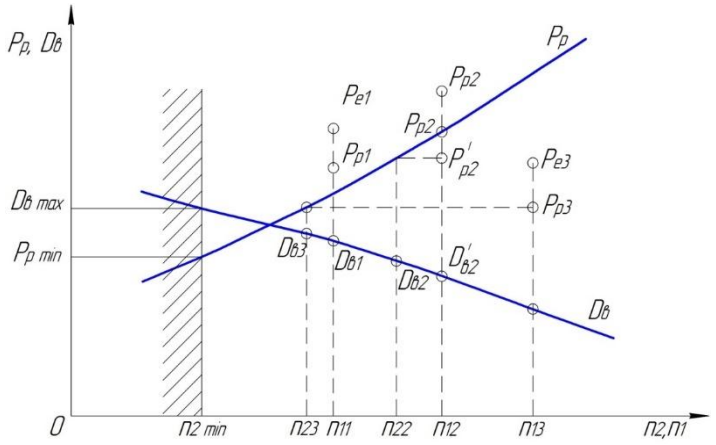


Рисунок 6.6

Допустим, что по данным расчета подобраны три дизеля с эффективной мощностью P_{e1}, P_{e2}, P_{e3} и частотой вращения n_{11}, n_{12}, n_{13}. Дизель с индексом "1" имеет запас мощности. Если его частота вращения соответствует частоте вращения среднеоборотного дизеля и двигатель реверсивный, то его можно использовать с непосредственной передачей мощности. Дизель с индексом "2" имеет меньшую мощность на частоте вращения n_{12}, нежели требуется. Поэтому данный дизель можем использовать только с редукторной (если двигатель реверсивный) или с реверс-редукторной передачей при нереверсивном двигателе при частоте вращения n_{22}. Ди-

зель с индексом "3" нельзя применить, т.к. он не обладает достаточным запасом мощности даже при использовании других типов передач мощности. Из графика, изображенного на рисунке 6.6 следует, что реверсивный дизель мощностью P_{e1} может быть использован в энергетической установке с прямой передачей и гребным винтом диаметром $D_{в1}$. Нереверсивный дизель мощностью P_{e2} можно использовать с реверс-редуктором передаточным отношением $i = \frac{n_{12}}{n_{22}}$ и диаметром винта $D_{в2}$. В зависимости от назначения судна можно использовать гидравлическую или электрическую передачу мощности.

После каждого выбора двигателя и типа передачи для каждого рассматриваемого комплекса двигатель–передача–гребной винт производят, расчет винта на полное использование мощности, в результате которого находят оптимальные его элементы, а также максимально допустимую скорость движения судна или силу упора, создаваемую буксиром-толкачем. Окончательный выбор главных двигателей и передачи осуществляют путем сопоставления рассматриваемых вариантов по технико-экономическим показателям: удельному расходу топлива и масла, ресурсу, к.п.д. и др.

6.3. Вспомогательное оборудование, обслуживающее дизели

Для обеспечения работы главных и вспомогательных дизелей топливом, маслом, водой и воздухом, удаления продуктов сгорания, СЭУ оборудуют следующими системами: топливной, смазывания, водяного охлаждения, сжатого воздуха, газовыпуска. Каждая система подразделяется на две части. Первая часть системы связана конкретно с дизелем, вторая является общесудовой, состав и компоновка которой зависят не только от мощности и конструкции дизеля, но и от расположения оборудования в машинном помещении. Часть оборудования систем имеет непосредственный привод от дизелей (навешенное оборудование). Навешенным оборудованием могут быть насосы топливной системы (топливоподкачивающие), системы смазывания и системы охлаждения обоих контуров: внутреннего и забортного, компрессоры, аппаратуры регулирования и управления.

В качестве автономного привода в действие вспомогательного оборудования на судах применяют в основном электрический, реже гидравлический приводы.

Надежная работа главных и вспомогательных дизелей находится в прямой зависимости от бесперебойного действия обслуживающих систем. Поэтому надежность постоянно действующих систем должна быть не ниже надежности дизеля, который они обслуживают.

6.3.1. Топливная система

Топливная система служит для приема, перекачки, хранения, очистки, подогрева, транспортировки жидкого топлива к дизелям и автономным котлоагрегатам.

Основной запас топлива размещают в отсеках, расположенных по бортам, и в междудонном пространстве судна под машинными помещениями и грузовыми трюмами. Располагать его под котлами и жилыми помещениями запрещается.

При хранении топлива в междудонном пространстве часть его (аварийный запас) в количестве не менее суточного расхода по Правилам Регистра должна размещаться вне двойного дна.

Прием топлива на судно в цистерны основного запаса с береговых или плавучих бункеровочных баз должен обеспечиваться с двух бортов закрытым способом.

Для приема топлива на судне имеется постоянный трубопровод, который снабжен необходимой арматурой для подачи топлива во все цистерны основного запаса. Он заканчивается на главной палубе наливными втулками, снабженными крышками и сеткой. Кроме запасных, на судах устанавливают цистерны расходные, расходно-отстойные, сточные, грязного топлива.

Подача топлива к потребителям производится из расходных цистерн. Их обычно размещают в машинном помещении на высоте, обеспечивающей поступление топлива к дизелям, котлоагрегатам и топливоподкачивающим насосам самостоятельно. Для вспомогательных котлов устанавливают отдельную расходную цистерну.

Если главные дизели работают на тяжелых сортах топлива, предусматривают две расходные цистерны, их, которых одна явля-

ется расходной, а другая- отстойной. Кроме того, имеются расходные цистерны для питания вспомогательных дизелей, вспомогательных котлоагрегатов, а также для главных в период пуска, остановки и работы на маневрах.

Для сбора стоков топлива из поддонов расходных цистерн, фильтров, а также утечного топлива из форсунок и насосов высокого давления дизелей служит сточная цистерна.

Отстой из расходно-отстойных цистерн и остатки после сепарации собирают в цистерну грязного топлива.

На упрощенной принципиальной схеме топливной системы (рис.6.7) главные 1 и вспомогательные 16 дизели, а также автономный вспомогательный котел 2 работают на одном сорте топлива.

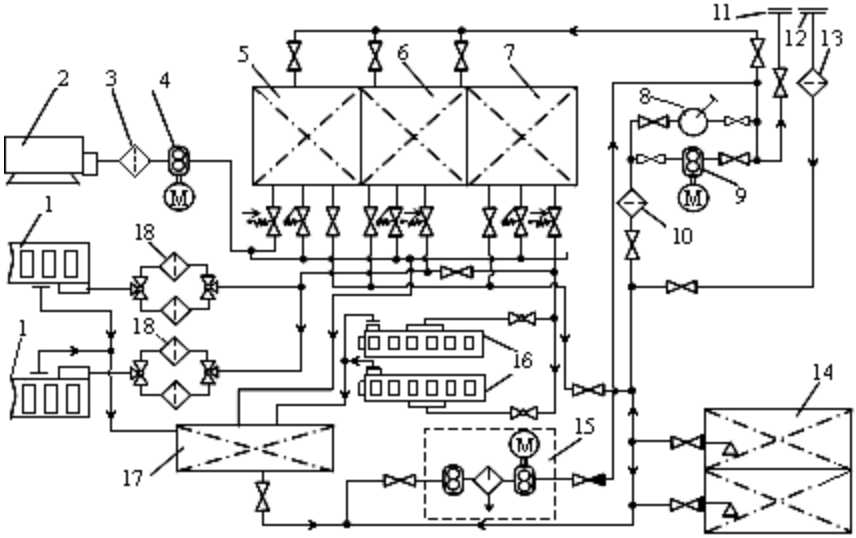


Рис. 6.7. Топливная система

Последнее поступает на судно самотеком через палубные наливные втулки 12, фильтр грубой очистки 13 в цистерны основного запаса 14, соединенные трубопроводом. Из цистерн 14 топливо подается через фильтр 10 топливоперекачивающим насосом 9 с электроприводом или ручным насосом 8 в расходные цистерны для автономного котла 5, главных 6 и вспомогательных 7 дизелей. Из соответствующих расходных цистерн через быстрозапорный

клапан с дистанционным приводом оно самотеком поступает к вспомогательным дизелям и через спаренные фильтры грубой очистки 18 – к главным. При необходимости на магистралях подвода топлива к дизелям могут быть установлены топливоперекачивающие насосы. К автономному котлу топливо подается форсуночным насосом 4 через фильтр 3. Сепаратором 15 оно очищается от воды и механических примесей, после чего подается из запасных цистерн в расходные.

В сточную цистерну 17 стекает утечное топливо от дизелей и из поддона расходных цистерн. Из сточной цистерны оно одним из насосов 8 или 9 или через сепаратор 15 может быть возвращено в расходную цистерну.

Предусмотрена возможность перекачки топлива насосом 9 или 8 из запасных, расходных и сточной цистерн через отдельную палубную втулку 11 на берег или в другие суда.

6.3.1.1. Расчет количества топлива в топливной системе

Расчет количества топлива, кг, поступившего на судно перед автономным плаванием, можно выполнить согласно методике [1], по выражению:

$$G_m = (g_e N_{ег} x_д + g_e^{\text{I}} N_{ев}^{\text{I}} x_д^{\text{I}})\tau_x + g_e^{\text{II}} N_{ев}^{\text{II}} x_д^{\text{I}} \tau_c + x_к B_{ак} \tau_к , \qquad (6.1.1)$$

где G_m – полный запас топлива в топливной системе после бункерования, кг;

g_e – удельный расход топлива главного двигателя, кг/(кВт·ч);

g_e^{I} – удельный расход топлива вспомогательного двигателя в ходовом режиме, кг/(кВт·ч);

g_e^{II} – удельный расход топлива вспомогательного двигателя на стоянке, кг/(кВт·ч);

$N_{вг}$ – эффективная мощность главного двигателя, кВт;

$N_{ев}^{\text{I}}$ – эффективная мощность вспомогательного двигателя в ходовом режиме, кВт;

$N_{ев}^{\text{II}}$ – эффективная мощность вспомогательного двигателя на стоянке, кВт;

$B_{ак}$ – расход топлива автономными вспомогательными котлами в ходовом и стояночном режимах, кг/ч;

$x_д$ – количество главных двигателей, шт.;

$x_д^{\text{I}}$ – количество вспомогательных двигателей, шт.;

$x_к$ – количество автономных вспомогательных котлов, шт.;

τ_x – продолжительность ходового режима в автономном плавании, ч;

τ_c – продолжительность стояночного режима в автономном плавании, ч;

$\tau_к$ – продолжительность работы автономных вспомогательных котлов в автономном плавании, ч.

Значения g_e, g_e^{I}, $N_{eг}$, $N_{eв}^{\text{I}}$ и $B_{ак}$ принимаются по характеристикам двигателей и котлов.

В расчетах можно принять [1]:

$$N_{eв}^{\text{II}} \cong 0{,}67 N_{eв}^{\text{I}}, \tag{6.1.2}$$

$$g_e^{\text{II}} \cong g_e^{\text{I}}. \tag{6.1.3}$$

Продолжительность ходового и стояночного режимов в автономном плавании можно определить в соответствии с рекомендациями [1], ч:

$$\tau_x \cong 21{,}8A, \tag{6.1.4}$$

$$\tau_c \cong 0{,}1\tau_x, \tag{6.1.5}$$

где A – автономность плавания, сут.

Продолжительность работы автономных вспомогательных котлов в автономном плавании определяется по [1], ч:

$$\tau_к \cong 0{,}4\tau_c + 0{,}2\tau_x. \tag{6.1.6}$$

Расход топлива автономными вспомогательными котлами можно определить в соответствии с [1] по формулам, кг/ч:

– для водяного котла

$$B_{ак} = \frac{Q_{ак}}{Q_н^p \cdot \eta_{ак}}, \tag{6.1.7}$$

где $Q_{ак}$ – теплопроизводительность котла, кДж/ч;

$Q_н^p$ – удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$\eta_{ак}$ – коэффициент полезного действия котла.

– для парового котла

$$B_{ак} = \frac{2300 D_{ак}}{Q_н^р \cdot \eta_{ак}}, \qquad (6.1.8)$$

где $D_{ак}$ – паропроизводительность котла, кг/ч.

Если в качестве характеристики котла приводится мощность, то теплопроизводительность $Q_{ак}$ определяется по выражению, кДж/ч:

$$Q_{ак} = 3600 \cdot N_{ак}, \qquad (6.1.9)$$

где $N_{ак}$ – мощность автономного котла, кВт.

Если теплопроизводительность $Q_{ак}$ в характеристиках автономного котла задана в ккал/ч, то перевод единиц измерения в кДж/ч выполняется с учетом того, что 1ккал = 4,19 кДж.

В расчетах можно принять согласно [1]: $\eta_{ак}$ = 0,7 – 0,8; $Q_н^р$ = 42500 кДж/кг.

6.3.1.2. Определение вместимости топливных цистерн

Вместимость запасных топливных цистерн $V_{з.т.ц.}$, м^3, определяется по выражению [1]:

$$V_{з.т.ц.} = \frac{k_т G_т}{\rho_т}, \qquad (6.1.10)$$

где $k_т$ – коэффициент, учитывающий «мертвый» запас топлива;

$\rho_т$ – плотность топлива, кг/м^3.

В расчетах можно принять согласно [1] $k_т$ = 1,1; согласно [3] значение $\rho_т$ = 830 ÷ 860 кг/м^3.

Вместимость цистерн аварийного запаса топлива $V_{а.т.ц.}$ определяется из расчета его суточного потребления [1], м^3:

$$V_{а.т.ц.} = \frac{24 k_т x_д g_е N_{ег}}{\rho_т}. \qquad (6.1.11)$$

Вместимость расходных цистерн для главных дизелей $V_{р.ц.гл.}$ определяют из условия, м^3, хранения не менее 8-часового расхода дизельного топлива [1]:

$$V_{р.ц.гл.} = \frac{8k_m x_д g_e N_{ег}}{\rho_m}. \qquad (6.1.12)$$

Вместимость расходных цистерн для вспомогательных дизелей $V_{р.ц.всп.}$ определяют из условия обеспечения их работы не менее 4 ч [1], м^3:

$$V_{р.ц.всп.} = \frac{4k_m x_д^I g_e^I N_{ев}^I}{\rho_m}. \qquad (6.1.13)$$

Вместимость расходных цистерн для автономных котлов $V_{р.ц.к.}$ определяют из условия обеспечения их работы не менее 4 ч [1], м^3:

$$V_{р.ц.к.} = \frac{4k_m x_к B_{ак}}{\rho_m}. \qquad (6.1.14)$$

Вместимость сточной цистерны $V_{ст.ц.}$, м^3, определяется на основании опытных данных по формуле [1]:

$$V_{ст.ц.} = (0{,}06 \div 0{,}12)\frac{x_д N_{ег} + x_д^I N_{ев}^I}{1000}. \qquad (6.1.15)$$

6.3.1.3. Определение параметров топливоперекачивающих насосов

Для заполнения запасных и расходных цистерн, перекачивания топлива из одних отсеков в другие и выдачи его с судна на берег или другим судам используют топливоперекачивающие насосы. Подача насоса $Q_н$ зависит от вместимости цистерн, м^3/ч, и определяется по выражению:

$$Q_н = \frac{V_ц}{\tau_ц}, \qquad (6.1.16)$$

где $V_ц$ – вместимость цистерны, м^3;

$\tau_ц$ – время заполнения или опорожнения цистерны, ч.

Подачу насосов определяют с учетом обеспечения:

а) времени выкачивания топлива из запасных цистерн $V_{з.т.ц.} - \tau_ц = 2 \div 4$ ч;

б) времени заполнения расходной цистерны $V_{р.ц.гл} - \tau_ц = 0{,}5 \div 1$ ч.

Из двух рассчитанных по (6.1.16) значений $Q_н$ с учетом времени а) и б) выбирают максимальное.

Давление, создаваемое топливоперекачивающим насосом, принимают: $p_н = 0{,}25 \div 0{,}5$ МПа.

Мощность, потребляемая насосом, определяется по формуле, кВт:

$$N_н = \frac{k_з Q_н p_н}{3{,}6\eta_н}, \qquad (6.1.17)$$

где $k_з$ – коэффициент запаса мощности;

$\eta_н$ – коэффициент полезного действия насоса.

В расчетах можно принять согласно [1] для насосов:

– малых мощностей (до 4 кВт) $k_з = 1{,}2 \div 1{,}5$;

– больших мощностей (> 4 кВт) $k_з = 1{,}1 \div 1{,}15$.

В качестве топливоперекачивающих на судах рекомендуется использовать шестеренные и винтовые насосы.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– для шестеренных насосов $\eta_н = 0{,}38 \div 0{,}45$;

– для винтовых насосов $\eta_н = 0{,}5 \div 0{,}75$.

6.3.1.4. Определение производительности сепаратора

Топливо на судах может быть обводнено, иметь органические и механические примеси. Перед подачей топлива к топливным насосам его необходимо очищать. На судах топливо очищают путем отстаивания, сепарирования и фильтрации. Отстаивание является предварительным средством очистки топлива. Его производят, обычно, в запасных и расходно-отстойных цистернах. В установках с быстроходными дизелями, работающими на легких сортах топлива, последнее очищают с помощью фильтров.

На крупных судах кроме отстаивания и фильтрации топливо подвергается сепарации. В установках, работающих на дизельном топливе, используют один сепаратор, а в установках, работающих на тяжелом топливе, – два. На морских судах устанавливают три-

четыре сепаратора, из которых один или два являются резервными.

Производительность сепаратора $Q_{т.с.}$ определяют из условия очистки суточной потребности топлива за 8–12 ч по формуле [1], м^3/ч:

$$Q_{т.с.} = \frac{24(x_д g_e N_{ег} + x_д^I g_e^I N_{ев}^I)}{(8 \div 12)\rho_т}. \qquad (6.1.18)$$

6.3.2. Система смазывания

Данная система предназначена для приема, хранения, очистки и подачи масла к потребителям. В СЭУ масло используется для смазки трущихся деталей главных и вспомогательных механизмов, а также для отвода теплоты, выделяющейся при трении; для охлаждения поршней ДВС; в качестве рабочей жидкости гидромуфт гидротрансформаторов, объемного гидропривода судовых механизмов и в элементах гидравлических систем автоматики.

Смазочная система главных и вспомогательных дизелей, так же, как и топливная, может быть подразделена на две части: непосредственно связанную с дизелем и судовую. К первой части системы относятся навешенные на дизель масляные насосы, фильтры, трубопроводы, каналы для циркуляции масла и др.

Ее схема зависит от конструкции и мощности дизеля. Во вторую часть смазочной системы входят запасные, расходные и отстойные цистерны, насосы, фильтры, сепараторы, подогреватели и трубопроводы, расположенные вне дизеля.

В дизелях, устанавливаемых на речных и смешанного «река—море» плавания судах, применяют комбинированную смазочную систему, состоящую из циркуляционной системы смазывания под давлением и системы смазывания разбрызгиванием.

Циркуляционная система обеспечивает смазку под давлением всех основных узлов и агрегатов дизеля, включая подшипники турбокомпрессора. Маслом, разбрызгиваемым движущимися деталями, смазываются некоторые узлы, расположенные в картере дизеля.

Дизели могут быть с «сухим» и «мокрым» картером. В дизелях с «мокрым» картером масло, заливаемое в смазочную систему, находится в нижней его части — поддоне, откуда подастся в цир-

куляционную смазочную систему нагнетательным насосом. В дизелях с «сухим» картером стекающее из подшипников масло непрерывно удаляется из него откачивающим насосом в специальную цистерну — маслосборник и из последнего нагнетательным насосом подастся в смазочную систему дизеля.

Чтобы обеспечить полное осушение картера при работе дизеля, откачивающий насос должен иметь большую подачу, чем нагнетательный.

Нагнетательный и откачивающий масляные насосы обычно навешены на двигатель.

В смазочных системах с навешенными на дизель масляными насосами предусматривают отдельный насос с электрическим или. ручным приводом для прокачки масла перед пуском дизеля.

На рис.6.8 показана принципиальная схема масляной системы дизельной установки.

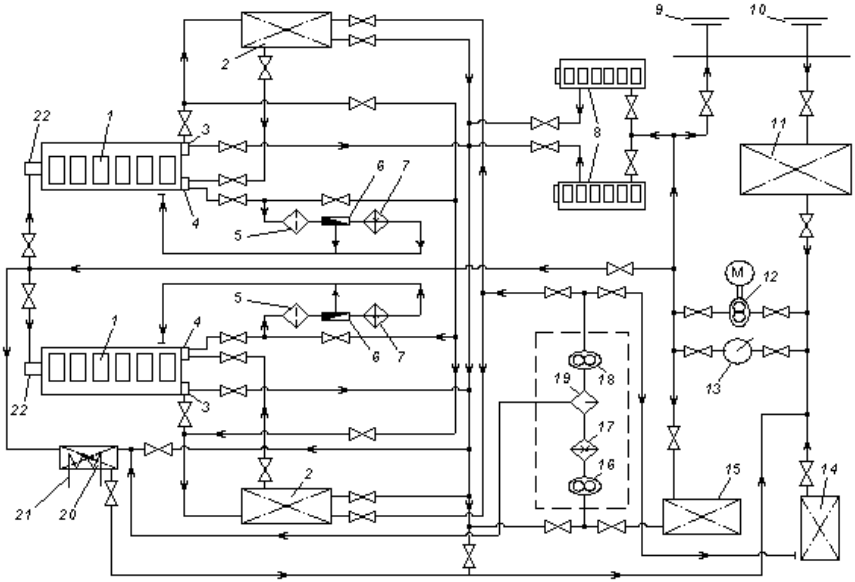


Рис.6.8. Принципиальная схема системы смазывания

Масло в запасную цистерну *11* принимается с главной палубы (с двух бортов), где размещаются наливные палубные втулки *10.* К трубопроводу, выходящему из запасной цистерны, подключены всасывающие магистрали резервного масляного насоса *12* и насоса

13 с ручным приводом. Всасывающие магистрали насосов *12* и *13* через систему трубопроводов и вентилей могут подключаться к трубопроводам цистерны сепарированного масла *14*, сточной *20*, маслосборников *2* циркуляционной смазочной системы главных дизелей, картеров главных *1* и вспомогательных *8* дизелей.

Нагнетательные магистрали насосов *12*, *13* через систему трубопроводов и вентилей позволяют раздельно подавать масло в маслосборники *2*, в картеры вспомогательных дизелей *8*, в нагнетательную магистраль циркуляционного насоса *4*, отстойную *15* и сточную *20* цистерны, к упорным подшипникам *22* и при необходимости через палубные втулки *9* на главную палубу для выдачи на берег или другим судам.

Главные дизели *1* имеют циркуляционную смазочную систему с «сухим» картером. Масло из картера дизеля *1* отсасывающим насосом *3* подается в маслосборник *2*, откуда циркуляционным насосом *4* направляется в фильтр грубой очистки 5 и далее через терморегулятор *6*, холодильник 7 или в обход него в главную распределительную магистраль дизеля на смазку и охлаждение узлов последнего.

В случае выхода из строя одного из насосов *3* или *4* включается резервный масляный насос *12*. Прокачка масла перед пуском дизеля может осуществляться резервным *12* или насосом *13* с ручным приводом. Свежим маслом циркуляционные смазочные системы главных дизелей заполняются через маслосборники *2* резервным или насосом с ручным приводом из запасной 7 или цистерны сепарированного масла *14*. Отработавшее масло из циркуляционной смазочной системы удаляется через маслосборники *2* самотеком в сточную цистерну *20*, которая оборудована змеевиковым подогревателем *21*.

Из сточной цистерны масло насосом *12* или *13* подается в отстойную цистерну *15*. Отсюда масло насосом сепаратора *16* направляется в подогреватель масла *17* и затем в сепаратор *19*. Из последнего очищенное масло насосом сепаратора *18* направляется в цистерну *14* или маслосборники *2*, а загрязненные остатки из сепаратора и из поддонов всех цистерн сливаются в цистерну *20*. Сепаратор должен осуществлять на ходу судна или на стоянках сепарирование масла, циркулирующего в смазочных системах ди-

зелей. Для этой цели масло из маслосборников *2* поступает в сепаратор и после сепарирования вновь возвращается в маслосборник.

Вспомогательные дизели *8* имеют смазочную систему с «мокрым» картером. Заполнение системы свежим маслом производится в картеры дизелей насосом *13* с ручным приводом.

Отработавшее масло из картера сливается самотеком в цистерну *20*.

Применяемые в дизелях смазочные материалы – моторные масла – являются продуктами переработки нефти. Смазочные материалы предназначены для создания масляной пленки между трущимися поверхностями при работе двигателя, что препятствует изнашиванию и продлевает срок службы.

Для смазывания подвижных деталей судовой энергетической установки используют моторные, компрессорные масла и пластичные смазочные материалы (солидол или консталин). Для специальных механизмов, работающих в особо тяжелых или необычных условиях, могут быть использованы также и твердые (например, графит) или газообразные смазки.

Моторные масла обладают следующими характеристиками:

– вязкость характеризует текучесть масла (свойство материала оказывать сопротивление перемещению одного слоя относительно другого под воздействием внешних сил), кинематическая вязкость масел измеряется в $м^2/с$;

– температура вспышки характеризует огнеопасность масла и наличие в нем низкокипящих фракций или примеси топлива;

– температура застывания позволяет судить о прокачиваемости масла при низких температурах и его применимости при запуске холодного двигателя;

– доля механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей свидетельствует о степени очистки масла.

Для улучшения природных свойств масел, или приданию им новых, к базовому маслу добавляют специальные присадки или их композиции. Для циркуляционных масел используют следующие присадок:

– моющие для размягчения нагара, предотвращающие образование углеродистых отложений на горячих поверхностях деталей и закоксовывание поршневых колец;

– вязкостные для уменьшения падения вязкости масла при повышении его температуры;

– антиокислительные, замедляющие окисление масла при высоких температурах;

– диспергирующие, удерживающие попадающие в масло мелкие частицы во взвешенном состоянии и предотвращающие образование отложений в картере и других застойных зонах масляной системы;

– антикоррозионные, предотвращающие коррозионное разрушение антифрикционных покрытий подшипников;

– противопенные, предотвращающие вспенивание масла при его прокачивании и перемешивании с воздухом.

Для масел, используемых для смазывания цилиндров, применяют нейтрализующие присадки, способные нейтрализовать кислоты, конденсирующиеся из продуктов сгорания топлива.

Моторные масла, применяемые для дизелей речных судов, имеют следующие характеристики:

– вязкость при 100ºС	$(10 \div 20)\cdot 10^{-6}$ м^2/с;
– температура вспышки	(200 ÷ 235)ºС;
– температура застывания	(10 ÷ 15)ºС;
– доля механических примесей	не более (0,015 ÷ 0,03)%;
– доля воды	следы;
– щелочность	(2 ÷ 10) мг на 1 г.

6.3.2.1. Расчет количества масла в системе смазки

Расчет количества масла, кг, можно выполнить согласно методике [1] по выражению

$$G_м = (g_м N_{ег} x_д + g^{I}_м N^{I}_{ев} x^{I}_д)\tau_х + g^{I}_м N^{II}_{ев} x^{I}_д \tau_с + a_м N_{ег} \frac{\tau_х}{\tau_м} x_д + a^{I}_м N^{I}_{ев} \frac{\tau_э}{\tau_м} x^{I}_д \quad (6.2.1)$$

,

где $G_м$ – полный запас масла в системе смазки судовой энергетической установки, кг;

$g_м$ – удельный расход циркулирующего масла главного двигателя, кг/(кВт·ч);

$g_м^{I}$ – удельный расход циркулирующего масла вспомогательного двигателя; кг/(кВт·ч);

$a_м$, $a_м^{I}$ – удельная масса масла в сточных цистернах или в картерах двигателей, кг/кВт;

$\tau_м$ – срок службы масла, ч;

$\tau_э$ – время эксплуатации вспомогательных двигателей за период автономного плавания, ч;

$\tau_х/\tau_м$, $\tau_э/\tau_м$, – количество смен масла в системах смазки главных и вспомогательных двигателей за период автономного плавания.

В расчетах можно принять [1]:

$a_м = 2{,}7 \div 2{,}95$ – для двигателей с частотой вращения $n > 600$ мин$^{-1}$;

$a_м = 2{,}35 \div 2{,}7$ – для двигателей с частотой вращения $n \le 600$ мин$^{-1}$;

$$\frac{\tau_х}{\tau_м} \cong 1;\ \frac{\tau_э}{\tau_м} \cong 1.$$

Объем масла $V_м$ в системе смазки, м^3, можно определить по выражению:

$$V_м = \frac{G_м}{\rho_м}, \qquad (6.2.2)$$

где $\rho_м$ – плотность масла, кг/м^3.

В расчетах можно принять $\rho_м \approx 920$ кг/м^3.

6.3.2.2. Расчет вместимости масляных цистерн

Вместимость запасных масляных цистерн $V_{з.м.ц.}$, м^3, определяется по выражению [1]:

$$V_{з.м.ц.} = \frac{k_т G_м}{\rho_м}, \qquad (6.2.3)$$

где $k_т$ – коэффициент, учитывающий «мертвый» запас масла.

В расчетах можно принять согласно [1] $k_т = 1{,}1$.

Вместимость маслосборника главного двигателя $V_{с.м.г}$ определяется в соответствии с [1] по выражению, м^3

$$V_{с.м.г} = v_{с.м} N_{eг}. \qquad (6.2.4)$$

Вместимость маслосборника вспомогательного двигателя $V_{с.м.в}$, м^3, определяется в соответствии с [1] по выражению:

$$V_{с.м.в} = v_{с.м} N^I_{eв}, \qquad (6.2.5)$$

где $v_{с.м}$ – удельная емкость маслосборника, м^3/кВт.

По опытным данным [1] можно принять, м^3/кВт:

– $v_{с.м} = (5{,}5 \div 6{,}8)\cdot 10^{-4}$ для $n > 600$ мин$^{-1}$;

– $v_{с.м} = (8{,}5 \div 13{,}6)\cdot 10^{-4}$ для $n \le 600$ мин$^{-1}$.

Суммарная вместимость расходных масляных цистерн $V_{р.м}$, м^3, можно определить по выражению [1]:

$$V_{р.м} = (1 \div 1{,}5)(V_{с.м.г} x_д + V_{с.м.в} x^I_д), \qquad (6.2.6)$$

Суммарная вместимость сточных и отстойных масляных цистерн $V_{с.м}$, м^3, можно определить по выражению [1]:

$$V_{с.м} = 1{,}1(\frac{\tau_x}{\tau_м} V_{с.м.г} x_д + \frac{\tau_э}{\tau_м} V_{с.м.в} x^I_д). \qquad (6.2.7)$$

6.3.2.3. Определение параметров масляных насосов

Подачу резервного циркуляционного масляного насоса $Q_{м.ц}$, м^3/ч, определяют из условия обеспечения отвода маслом необходимого количества теплоты по выражению [1]:

1) для главного двигателя

$$Q_{м.ц.г} = \frac{k_т a_{т.м} g_e N_{eг} Q^p_н}{c_м \rho_м \nabla t_м}; \qquad (6.2.8)$$

2) для вспомогательного двигателя

$$Q_{м.ц.в} = \frac{k_т a_{т.м} g^I_e N^I_{eв} Q^p_н}{c_м \rho_м \nabla t_м}, \qquad (6.2.9)$$

где $k_т$ – коэффициент запаса подачи;

$a_{т.м}$ – доля теплоты, отводимая маслом, от всего количе-

ства теплоты, введенного с топливом;

$Q_н^р$ – удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$c_м$ – теплоемкость масла, кДж/(кг·К);

$\nabla t_м$ – разность температур масла на выходе из дизеля и на входе в него, К.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $k_т = 1{,}2 \div 1{,}6$;

– $a_{т.м} = 0{,}05 \div 0{,}07$ для $n \le 600$ мин$^{-1}$;

– $a_{т.м} = 0{,}07 \div 0{,}08$ для $n > 600$ мин$^{-1}$;

– $c_м \approx 2{,}05$ кДж/(кг·К); $\nabla t_м \approx (6 \div 12)$ К; $Q_н^р = 42500$ кДж/кг.

Рабочее давление $P_{м.ц}$ в смазочной системе можно принять:

– $P_{м.ц} = 0{,}2 \div 0{,}3$ МПа для $n \le 600$ мин$^{-1}$;

– $P_{м.ц} = 0{,}3 \div 0{,}5$ МПа для $n > 600$ мин$^{-1}$.

Мощность $N_{ц.н}$, кВт, потребляемая насосом, определяется по формуле

$$N_{ц.н} = \frac{k_з Q_{м.ц} P_{м.ц}}{3{,}6\eta_ц}, \qquad (6.2.10)$$

где $k_з$ – коэффициент запаса мощности;

$\eta_ц$ – коэффициент полезного действия насоса.

В расчетах можно принять согласно [1] для насосов:

– малых мощностей (до 4 кВт) $k_з = 1{,}2 \div 1{,}5$;

– больших мощностей (> 4 кВт) $k_з = 1{,}1 \div 1{,}15$;

– $\eta_ц = 0{,}7 \div 0{,}75$.

6.2.2.4. Расчет параметров резервного отсасывающего масляного насоса

В соответствии с опытными данными [1] параметры резервных отсасывающих насосов определяются по выражениям:

– подача $Q_{р.м}$. м^3/ч,

$$Q_{р.м} = (1{,}25 \div 1{,}3) Q_{м.ц}; \qquad (6.2.11)$$

– мощность $N_{р.м}$, кВт,

$$N_{р.м} = (1{,}25 \div 1{,}3) N_{м.ц}. \qquad (6.2.12)$$

6.3.2.5. Определение производительности сепаратора

На судах с тихоходными дизелями средней и большой мощности масло, отработавшее свыше 400–500 ч, подвергают периодической сепарации [1]. Производительность сепаратора $Q_{с.м}$, м^3/ч, выбирают из условия обеспечения необходимой кратности очистки масла в смазочной системе дизеля по формуле

$$Q_{с.м} = \frac{m(V_{с.м.г}x_{д} + V_{с.м.в}x_{д}^{I})}{t_{с}}, \qquad (6.2.13)$$

где m – кратность очистки масла;

$t_{с}$ – время работы сепаратора в сутки, ч.

В расчетах можно принять согласно [1]: m = 1,5–3,5; $t_{с}$ = 8–12 ч.

6.3.2.6. Расчет холодильника масла

Масло охлаждают в масляных холодильниках. Каждый дизель, как правило, должен иметь один масляный холодильник. При выборе холодильника поверхность его охлаждения $F_{х.м}$, м^2, определяют по выражению [1]:

– для главного двигателя

$$F_{х.м.г} = \frac{a_{т.м}g_{е}N_{ег}Q_{н}^{р}}{3600k_{т.м}\nabla t_{м.ср}}; \qquad (6.2.14)$$

– для вспомогательного двигателя

$$F_{х.м.в} = \frac{a_{т.м}g_{е}^{I}N_{ев}^{I}Q_{н}^{р}}{3600k_{т.м}\nabla t_{м.ср}}, \qquad (6.2.15)$$

где $k_{т.м}$ – общий коэффициент теплопередачи, кВт/(м^2·К);

$\nabla t_{м.ср}$ – средняя разность температур масла и воды, К.

Значение $\nabla t_{м.ср}$ можно определить по формуле [1], К или ºС:

$$\nabla t_{м.ср} = \frac{(t_{м}^{I} + t_{м}^{II}) - (t_{в}^{I} + t_{в}^{II})}{2}, \qquad (6.2.16)$$

где $t_м^I$, $t_м^{II}$ – температура масла до холодильника и соответственно за ним, ºС;

$t_в^I$, $t_в^{II}$ – температура забортной воды до холодильника и соответственно за ним, ºС.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $k_{т.м}$ = (0,17 ÷ 0,29) кВт/(м^2·К) – для обычных трубчатых холодильников;

– $k_{т.м}$ = (0,64 ÷ 0,7) кВт/(м^2·К) – для холодильников, снабженных турбулизаторами потока;

– $a_{т.м}$ = 0,05 ÷ 0,07 для $n \le 600$ мин$^{-1}$;

– $a_{т.м}$ = 0,07 ÷ 0,08 для $n > 600$ мин$^{-1}$;

– $t_м^I$ = 70 ÷ 80ºС; $t_м^{II}$ = 60 ÷ 70ºС;

– $t_в^I$ = 24 ÷ 27ºС; $t_в^{II}$ = 30 ÷ 32ºС.

6.3.3 Система водяного охлаждения

Основное назначение системы водяного охлаждения состоит в отводе теплоты от втулок и крышек рабочих цилиндров, а в дизелях большой мощности и от головок поршней, в охлаждении газовыпускного коллектора, наддувочного воздуха и масла циркуляционной смазочной системы. Данная система предназначена также для отвода теплоты от передач, компрессоров, опорных и упорных подшипников линии валопровода, дейдвудных подшипников, если они имеют смазку водой, и других механизмов. В качестве рабочего тела в системе охлаждения используют воду. Для охлаждения форсунок и поршней дизелей средней мощности, во избежание коррозии, применяют масло.

Генераторы и электродвигатели обычно охлаждают воздухом.

Система водяного охлаждения дизельных установок, как правило, двухконтурная. Она состоит из замкнутой системы внутреннего контура, вода которой охлаждает дизели, и открытой системы внешнего контура, в которой через холодильник циркулирует забортная вода.

Такая схема системы охлаждения позволяет поддерживать во внутреннем контуре оптимальную среднюю температуру охлаждающей дизель воды (равную для большинства дизелей 75—90°С).

При такой температуре дизель имеет наиболее экономичный расход топлива. Если дизели охлаждаются непосредственно забортной водой (например, при выходе из строя насосов внутреннего контура), во избежание выпадения из воды солей жесткости и образования накипи температуру ее поддерживают в пределах 50—55°С. Однако при этом расход топлива увеличивается на 5—7%.

Непосредственно забортной водой в ДЭУ охлаждают, кроме воды внутреннего контура и масла циркуляционной смазочной системы, также цилиндры компрессоров, наддувочный воздух и масло смазочной системы упорных подшипников, редукторов и реверс-редукторов.

Прием забортной воды во внешний контур системы охлаждения должен производиться не менее чем от двух кингстонов — днищевого и бортового, расположенных в машинном помещении и соединенных между собой. На приемных магистралях охлаждающей забортной воды главных и вспомогательных ДВС следует устанавливать фильтры, производящие ее очистку без прекращения работы насосов внешнего контура.

Принципиальная схема системы водяного охлаждения показана на рис.6.9.

Вода внутреннего контура насосом *27,* навешенным на дизель, по распределительной трубе *28* подается в зарубашечное пространство дизеля *29* и турбокомпрессора *30.* Нагретая вода направляется из дизеля и турбокомпрессора в терморегулятор *8,* который в зависимости от температуры воды распределяет ее поток в водяной холодильник *9* и на перепуск. После водяного холодильника оба потока смешиваются и поступают во всасывающую магистраль насоса *27.* Наиболее высоко расположенные на турбокомпрессоре и дизеле участки трубопровода внутреннего контура соединены трубами *1, 2* с расширительной цистерной *3,* которая сообщается с атмосферой. Расширительная цистерна обеспечивает по трубопроводу *6* отвод паров воды и воздуха из системы водяного охлаждения, по трубопроводам *5* и *4* — пополнение убыли воды во внутреннем контуре и ее слив при переполнении цистерны.

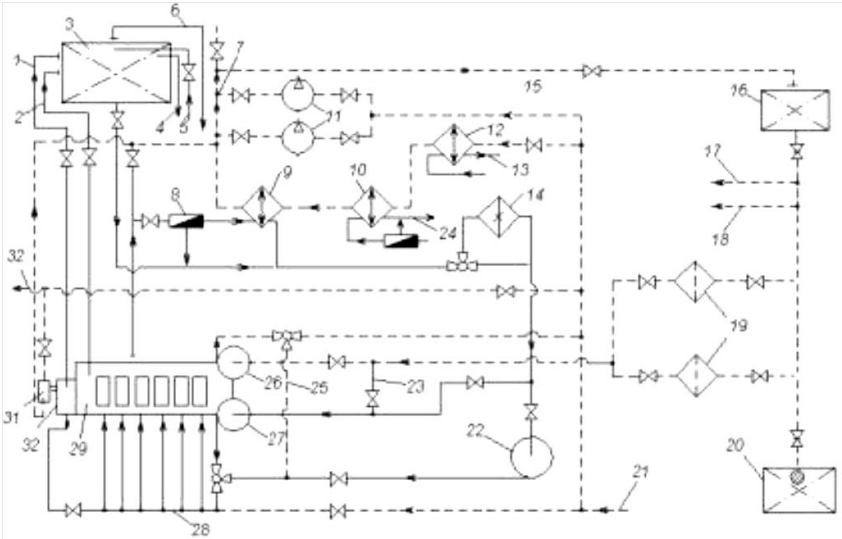


Рис. 6.9 Принципиальная система водяного охлаждения

Прием забортной воды на судно осуществляется через днищевой и бортовой кингстоны, расположенные в ящиках забортной воды *20, 16*, соединенных трубопроводом. Забортная вода из ящика забортной воды *20* или *16* через парный фильтр *19* подается насосом внешнего контура *26,* навешенным на дизель, последовательно и холодильники наддувочного воздуха *12,* масла *10* и охлаждающей воды внутреннего контура *9,* а затем по трубе *7* сливается за борт или по трубе *15* поступает в ящик забортной воды. В трубопроводе *24* циркулирует масло смазочной системы дизеля, а в трубопроводе *13* — наддувочный воздух. Забортной водой одновременно охлаждаются компрессоры 11 и масло смазочной системы редуктора *31.* По трубопроводу *32* вода поступает на охлаждение подшипников валопровода, смазку дейдвудной трубы и др.

РКО разрешается предусматривать в схеме трубопроводов переключения, обеспечивающие в случае неисправности одного из насосов переход с замкнутой системы охлаждения на открытую. *В* случае выхода из строя насоса внутреннего контура *27* забортная вода насосом *26* будет подаваться ко всем потребителям и через трехходовой крап по трубе *25* — в распределительную трубу *28.* Из дизеля по трубе *7* вода направляется за борт или в ящик за-

бортной воды. При этом поступление воды в терморегулятор *8* и расширительную цистерну прекращается путем закрытия соответствующих вентилей.

При неисправности насоса внешнего контура *26* доступ к нему и насосу *27* внутреннего контура забортной воды прекращается закрытием вентилей.

По трубе *23* забортная вода поступает к насосу *27,* который подает ее через трехходовой кран в распределительную трубу *28* и по трубе *25*— ко всем потребителям. Из дизеля она, как и в предыдущем случае, по трубе *7* сливается за борт. В качестве резервного может быть использован насос общесудового назначения, который подает воду по трубопроводу *21.* Для прогрева дизеля перед пуском в систему внутреннего контура параллельно включен водоподогреватель *14.* Циркуляция воды в системе охлаждения в период прогрева дизеля обеспечивается резервным насосом *22* с независимым приводом. Вспомогательные дизели имеют независимые системы водяного охлаждения и отдельные расширительные цистерны. Забортная вода к ним подводится по трубопроводу *17.* Трубопровод *18* служит для подачи воды в систему водоснабжения судна.

Вода внутреннего контура охлаждается в водяных холодильниках трубчатого типа.

Чтобы избежать интенсивного образования накипи в трубах, температура забортной воды в холодильнике не должна быть выше 50—55°С. Для поддержания постоянной температуры воды внутреннего контура и масла устанавливают в соответствующей системе перед холодильником терморегулятор. Последний регулирует температуру путем изменения количества жидкости, проходящей через холодильник.

6.3.3.1. Расчет охладителя воды внутреннего контура

Расчет охладителя воды сводится к определению поверхности охлаждения $F_{х.в}$, м^2, по формуле [1]:

– для главного двигателя

$$F_{х.в.г} = \frac{a_{т.в} g_e N_{eг} Q_н^p}{3600 k_{т.в} \nabla t_{в.ср}}; \qquad (6.3.1)$$

– для вспомогательного двигателя

$$F_{х.в.в} = \frac{a_{т.в} g_e^I N_{ев}^I Q_н^p}{3600 k_{т.в} \nabla t_{в.ср}}, \qquad (6.3.2)$$

где $a_{т.в}$ – доля теплоты, отводимая водой внутреннего контура, от всего количества теплоты, введенного с топливом;

$k_{т.в}$ – общий коэффициент теплопередачи от воды к воде, кВт/(м^2·К);

$\nabla t_{в.ср}$ – средняя разность температур воды, К.

Значение $\nabla t_{в.ср}$ можно определить по формуле [1], К или ºС:

$$\nabla t_{в.ср} = \frac{(t_в^I + t_в^{II}) - (t_з^I + t_з^{II})}{2}, \qquad (6.3.3)$$

где $t_в^I$ – температура воды внутреннего контура на входе в охладитель (на выходе из дизеля), ºС;

$t_в^{II}$ – температура воды внутреннего контура на выходе из охладителя (перед дизелем), ºС;

$t_з^I$ – температура забортной воды на входе в охладитель (на выходе из масляного холодильника), ºС;

$t_з^{II}$ – температура забортной воды на выходе из охладителя, ºС.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $a_{т.в} = 0{,}12 \div 0{,}17$ для $n \le 600$ мин$^{-1}$ для дизелей с наддувом;

– $a_{т.в} = 0{,}2 \div 0{,}25$ для $n \le 600$ мин$^{-1}$ для дизелей без наддува;

– $a_{т.в} = 0{,}15 \div 0{,}2$ для $n > 600$ мин$^{-1}$;

– $k_{т.в} = (0{,}58 \div 0{,}82)$ кВт/(м^2·К) – для трубчатых охладителей;

– $k_{т.в} = (1 \div 1{,}16)$ кВт/(м^2·К) – для пластинчатых охладителей;

– $t_в^I = 75 \div 90$ºС; $t_в^{II} = t_в^I - (10 \div 12)$ºС ;

– $t_з^I = 30 \div 32$ºС; $t_з^{II} = 45 \div 50$ºС.

6.3.3.2. Расчет насоса системы охлаждения

В системах внутреннего и внешнего контуров охлаждения дизелей используют центробежные насосы, навешенные на дизель, или автономные с электрическим приводом.

Необходимую подачу насоса внутреннего контура $Q_{в.в}$, м^3/ч, определяют из условия обеспечения отвода теплоты от дизеля по формуле [1]:

– для главного двигателя

$$Q_{в.в.г} = \frac{k_в a_{т.в} g_e N_{ег} Q_н^p}{c_в \rho_в \nabla t_{в.в}}, \qquad (6.3.4)$$

– для вспомогательного двигателя

$$Q_{в.в.в} = \frac{k_в a_{т.в} g_e^I N_{ев}^I Q_н^p}{c_в \rho_в \nabla t_{в.в}}, \qquad (6.3.5)$$

где $k_в$ – коэффициент запаса подачи;

$c_в$ – теплоемкость пресной воды, кДж/(кг·К);

$\nabla t_{в.в}$ – разность температур на выходе из дизеля и на входе в него, К;

$\rho_в$ – плотность пресной воды, кг/м^3.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $k_в$ = 1,2 ÷ 1,3;

– $c_в \approx$ 4,19 кДж/(кг·К);

– $\nabla t_{в.в} \approx$ (10 ÷ 12) К;

– $\rho_в$ = 1000 кг/м^3.

Необходимую подачу насоса внешнего контура $Q_{в.з}$, м^3/ч, ределяют исходя из условия обеспечения отвода теплоты от воды внутреннего контура, циркуляционной смазочной системы, компрессора, подшипников валопровода и др. по выражению [1]:

– для главного двигателя

$$Q_{в.з.г} = \frac{k_{в.з}(a_{т.в} + a_{т.м}) g_e N_{ег} Q_н^p}{c_з \rho_з \nabla t_{в.з}}; \qquad (6.3.6)$$

– для вспомогательного двигателя

$$Q_{в.з.в} = \frac{k_в (a_{т.в} + a_{т.м}) g_e^I N_{ев}^I Q_н^p}{c_з \rho_з \nabla t_{в.з}}, \qquad (6.3.7)$$

где $k_{в.з}$ – коэффициент запаса подачи, учитывающий дополнительный расход забортной воды на охлаждение компрессоров, подшипников валопровода и др.;

$c_з$ – теплоемкость забортной воды, кДж/(кг·К);

$\nabla t_{в.з}$ – разность температур на выходе из охладителя и на входе в него, К;

$\rho_з$ – плотность забортной воды, кг/м^3.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $k_{в.з} = 1{,}4 \div 1{,}5$;

– $c_з \approx 4{,}19$ кДж/(кг·К) – если забортная вода пресная;

– $c_з \approx 3{,}98$ кДж/(кг·К) – для морской забортной воды (суда класса «М» и «М-СП»);

– $\nabla t_{в.з} \approx (15 \div 25)$ К;

– $\rho_з = 1000$ кг/м^3 – если забортная вода пресная;

– $\rho_з = 1020$ кг/м^3 – для морской забортной воды.

В целях унификации подачу $Q_в$ насосов внутреннего и внешнего контуров системы водяного охлаждения принимают одинаковой, равной максимальному значению, полученному в результате расчета подач по (6.3.4) и (6.3.6) для главного двигателя, и (6.3.5) и (6.3.7) для вспомогательного двигателя.

Рабочее давление обычно составляет $P_в = (0{,}2 \div 0{,}3)$ МПа.

Мощность $N_в$, потребляемую насосом, кВт, определяют по формуле:

– для главного двигателя

$$N_{в.г} = \frac{k_з Q_{в.г} P_в}{3{,}6\eta_в}, \qquad (6.3.8)$$

– для вспомогательного двигателя

$$N_{в.в} = \frac{k_з Q_{в.в} P_в}{3{,}6\eta_в}, \qquad (6.3.9)$$

где $k_з$ – коэффициент запаса мощности;

$\eta_в$ – коэффициент полезного действия насоса.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– для насосов малых мощностей (до 4 кВт) $k_з = 1{,}2 \div 1{,}5$;

– для насосов больших мощностей (> 4 кВт) $k_з = 1{,}1 \div 1{,}15$;

– $\eta_в = 0{,}55 \div 0{,}7$.

6.3.3.3. Расчет вместимости расширительной цистерны

Во внутреннем контуре системы охлаждения должно циркулировать постоянное количество воды. Для пополнения утечек воды, компенсации изменения ее объема в зависимости от температуры, создания постоянного подпора на всасывании у насоса внутреннего контура и конденсации пара, отводимого из системы, устанавливают расширительную цистерну. Ее располагают выше уровня воды в системе охлаждения дизеля. Вместимость такой цистерны должна обеспечить возможность компенсации изменения объема воды в системе в зависимости от температурного режима дизеля. По опытным данным у судовых дизелей вместимость расширительной цистерны $V_{р.в}$, м^3, можно определить по выражению [1]:

– для главных дизелей

$$V_{р.в.г} = (1{,}1 \div 1{,}5) \cdot 10^{-4} x_д N_{ег}; \qquad (6.3.10)$$

– для вспомогательных дизелей

$$V_{р.в.в} = (1{,}1 \div 1{,}5) \cdot 10^{-4} x_д^I N_{ев}^I. \qquad (6.3.11)$$

6.3.4. Система сжатого воздуха

На судне сжатый воздух используют для пуска главных и вспомогательных дизелей, подачи звукового сигнала (тифона), подпитки пневмоцистерн (гидрофоров), работы пневматической системы автоматического регулирования и управления, приведения в действие пневмоинструментов, а также для хозяйственных нужд и технологических целей, например в озонаторных установках подготовки питьевой воды и др.

Система сжатого воздуха состоит из компрессоров (в них получают сжатый воздух), баллонов, воздухохранителей, водо- и маслоотделителей (в них очищают воздух), трубопроводов и арматуры.

Для получения сжатого воздуха обычно применяют компрессоры поршневого типа с приводом от электродвигателя. Иногда для этой цели используют компрессоры с дизельным приводом. Некоторые типы дизелей оборудуют навешенными компрессорами. По Правилам Российского Классификационного Общества на

судне должно быть не менее двух компрессоров, один из которых может быть навешенным на дизель.

Воздух после сжатия в компрессоре до поступления в баллоны очищается в водо- и маслоотделителях и охлаждается в холодильнике до температуры не выше 60°С.

Баллоны в зависимости от назначения делятся на пусковые главных дизелей, пусковые вспомогательных дизелей, тифонные и хозяйственных нужд. По Правилам Российского Классификационного Общества число баллонов для пуска главных дизелей должно быть не менее двух равной вместимости. Вспомогательные дизели могут иметь один пусковой баллон, однако при этом должна быть предусмотрена возможность их пуска от одного пускового баллона главных дизелей.

На рис. 6.10 показана принципиальная схема системы сжатого воздуха.

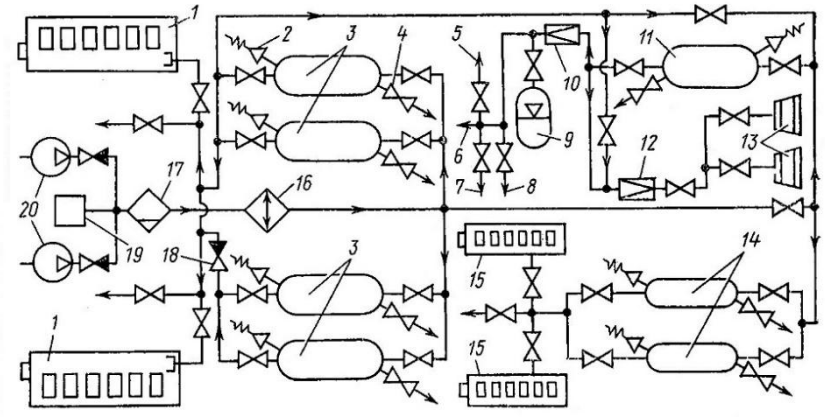


Рис.6.10. Принципиальная схема системы сжатого воздуха

Сжатый воздух вырабатывается двумя компрессорами *20* с электроприводом, один из которых является резервным. Через водо- и маслоотделитель *17* и охладитель *16* воздух поступает в пусковые баллоны *3* главных дизелей 1, баллон для тифона и хозяйственных нужд *11* и пусковые баллоны *14* вспомогательных дизелей *15*. В баллонах поддерживается давление $30 \cdot 10^2$кПа; они имеют предохранительные клапаны *2* и клапаны для продувания конденсата *4*.

Из баллонов сжатый воздух направляется в пусковую систему главных дизелей 1 и в необходимых случаях может перепускаться в баллон для тифона и хозяйственных нужд 11 или в пусковые баллоны *14* вспомогательных дизелей *15*. Из баллона для тифона и хозяйственных нужд 11 через редукционный клапан 12 сжатый воздух давлением $(10…16)10^2$кПа поступает к тифонам 13, а через редукционный клапан 10 сжатый воздух давлением $(3…5)10^2$кПа— в пневмоцистерну *9* и по трубопроводам: 5— на хозяйственные нужды в машинное помещение, 6— к автономному котлоагрегату, 7— к установке для очистки подсланевых вод, 8— на продувание кингстонов, а также к другим потребителям.

Для работы тифона и на хозяйственные нужды можно использовать воздух из пусковых баллонов *3* главных дизелей, так как два баллона в соответствии с Правилами Российского Классификационного Общества отделены невозвратным клапаном 18 и предназначены только для пуска главных дизелей, а компрессоры оборудованы автоматическим включением и остановкой по давлению, воспринимаемому монореле *19,* установленным в системе сжатого воздуха. Запас сжатого воздуха в пусковых баллонах для реверсивных главных дизелей должен обеспечивать не менее 12 пусков каждого дизеля попеременно на передний и задний ход. Для пуска главных нереверсивных дизелей, а также вспомогательных этот запас должен быть достаточным для выполнения не менее шести пусков каждого дизеля, а при наличии более двух дизелей— не менее четырех пусков каждого из них. В пусковых баллонах хранится сжатый воздух обычно под давлением $30\cdot10^2$кПа.

6.3.4.1. Расчет вместимости баллонов

Суммарную вместимость пусковых баллонов, м^3, можно определить по формулам [1]:

– для главных дизелей

$$\sum V_{п.б.г} = \frac{v_n V_h z x_o m_n p_0}{p_{б1} - p_{б2}}; \qquad (6.4.1)$$

– для вспомогательных дизелей

$$\sum V_{п.б.в} = \frac{v_n V_h z x_д^I m_n p_0}{p_{б1} - p_{б2}}, \qquad (6.4.2)$$

где v_n – удельный расход свободного воздуха на единицу объема цилиндра дизеля при пуске, м^3/м^3;
V_h – рабочий объем цилиндра, м^3;
z – число цилиндров;
m_n – число последовательных пусков;
p_o – давление окружающей среды, кПа;
$p_{б1}$ – начальное давление воздуха в баллоне после его заполнения, кПа;
$p_{б2}$ – нижний предел давления воздуха в баллоне, при котором еще возможен пуск дизеля, кПа;

Рабочий объем цилиндра V_h, м^3, можно определить по формуле

$$V_h = \frac{\pi D_ц^2 S_ц}{4}, \qquad (6.4.3)$$

где $D_ц$ – диаметр цилиндра дизеля, м;
$S_ц$ – ход поршня, м.

В расчетах можно принять согласно [1]:
– $v_n = 8 \div 10$ м^3/м^3;
– $m_n = 12$ для реверсивных главных дизелей;
– $m_n = 6$ для нереверсивных главных и вспомогательных дизелей, если $x_д \le 2$, $x_д^I \le 2$;
– $m_n = 4$ для нереверсивных главных и вспомогательных дизелей, если $x_д > 2$, $x_д^I > 2$;
– $p_o = 0{,}98 \cdot 10^2$ кПа;
– $p_{б1} = 30 \cdot 10^2$ кПа (также могут быть значения $60 \cdot 10^2$ или $150 \cdot 10^2$ кПа);
– $p_{б2} = (5 \div \cdot 10) \cdot 10^2$ кПа.

6.3.4.2. Расчет вместимости баллона для тифона

Необходимую вместимость баллона для тифона $V_{т.б}$, м^3, определяют из условия подачи наиболее насыщенной группы сигналов в течение 10 мин без его подкачки по формуле [1]:

$$V_{т.б} = \frac{k_{нас} v_м \tau_с p_0}{p_{т1} - p_{т2}}, \qquad (6.4.4)$$

где $k_{нас}$ – коэффициент насыщения сигналами, представляющий отношение продолжительности сигнала к времени между сигналами;

$v_м$ – расход свободного воздуха тифоном, м^3/мин;

$\tau_с$ – продолжительность подачи сигнала без пополнения баллона, мин;

$p_{т1}$ – начальное давление воздуха в баллоне, кПа;

$p_{т2}$ – нижний предел давления воздуха в баллоне, при котором возможна подача сигнала, кПа.

В расчетах можно принять согласно [1]:

– $k_{нас}$ = 0,128;

– $v_м$ =1 ÷ 6 м^3/мин;

– $\tau_с$ =10 мин;

– $p_{т1} = 30 \cdot 10^2$ кПа;

– $p_{т2} = 5 \cdot 10^2$ кПа.

На вспомогательные механизмы и хозяйственные нужды сжатый воздух расходуется эпизодически и в небольших количествах, поэтому вместимость баллонов для его хранения отдельно не определяют.

6.3.4.3. Расчет подачи компрессора

По правилам РКО подача каждого компрессора должна обеспечивать заполнение всех пусковых баллонов главных дизелей в течение 1 ч от давления, при котором еще возможен пуск дизеля, до начального, необходимого для выполнения требуемого числа пусков и реверсов. Подача компрессора по свободному воздуху $Q_{ком}$, м^3/ч, определяется по выражению [1]:

$$Q_{ком} = \frac{(p_{б1} - p_{б2}) \sum V_{п.б.г}}{p_0 \tau_з}, \qquad (6.4.5)$$

где $\tau_з$ – время заполнения баллонов, равное 1 ч.

6.3.5. Система газовыпуска

Данная система предназначена для отвода в атмосферу выпускных газов от главных и вспомогательных дизелей, котлов и камбуза. Она состоит из газовыпускных труб, компенсаторов, изоляции, глушителей шума, искрогасителей и др.

Главный дизель должен иметь отдельный газовыпускной трубопровод. Газовыпускные трубопроводы вспомогательных дизелей могут быть объединены в общий трубопровод при наличии предохранительного устройства, предотвращающего попадание газов из общего трубопровода в трубопроводы неработающих дизелей. Дымоходы автономных котлов могут быть объединены, но не должны совмещаться с газовыпускными трубами дизелей. Газовыпускные трубы проходят по машинному помещению и выводятся через палубы вверх в общую фальштрубу. В установках с утилизацией теплоты выпускных газов дизелей в систему газовыпуска входят также утилизационные котлы.

Газовыпуокной трубопровод оборудуют компенсаторами. Для уменьшения тепловыделений в машинное помещение трубы покрывают изоляцией, обеспечивающем температуру на их поверхностях не выше 55°С. На рис.6.11 изображена принципиальная схема системы газовыпуска на речном теплоходе.

Газы после турбокомпрессора главного дизеля *6* по трубопроводу *4* поступают в утилизационный котел–глушитель 3 и далее по трубопроводу 1 отводятся вверх в атмосферу.

Вспомогательный дизель 5 имеет самостоятельную систему газовыпуска. На его газовыпускном трубопроводе находится компенсатор 7. Перед выходом газов в атмосферу в фальштрубе установлен глушитель *2*. Газовыпускные трубопроводы главных и вспомогательных дизелей покрыты изоляцией *5*.

Высокие скорости и пульсирующий характер движения выпускных газов ДВС, приводит к возникновению шума. Для снижения уровня звукового давления па газовыпускных трубопроводах устанавливают глушители. Выпускные газы содержат твердые частицы догорающего топлива и масла. Они вылетают в атмосферу в виде отдельных искр, которые могут вызвать пожар. По Правилам РКО, на судах, перевозящих нефтепродукты и легковоспламеняющиеся грузы, а также на толкачах, эксплуатирующихся с такими судами, газовыпускные трубопроводы снабжают искрогасителями. Глушители и искрогасители могут быть объединенными.

Чтобы избежать снижения мощности дизеля и увеличения удельного расхода топлива, сопротивление системы газовыпуска, включая утилизационный котел, глушитель и искрогаситель, не должно превышать 3—4 кПа. Искрогасители бывают «сухими» и «мокрыми».

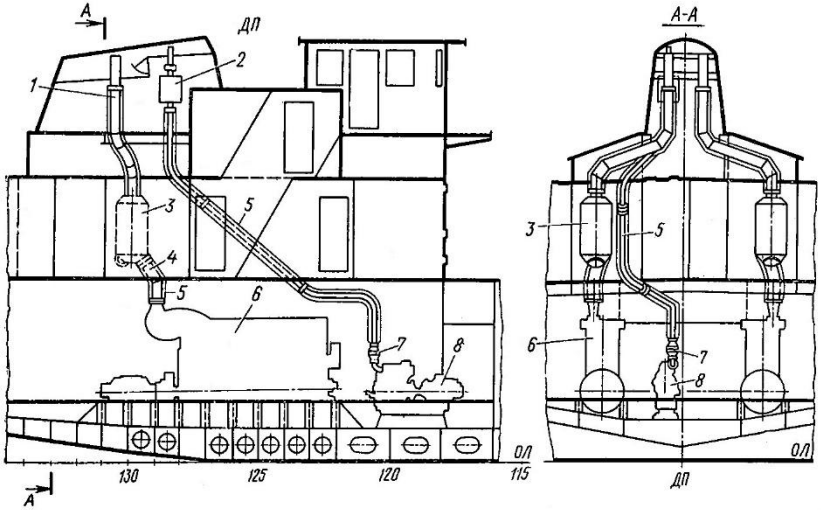


Рис.6.11. Принципиальная система газовыпуска

6.3.5.1. Расчет площади сечения газовыпускных трубопроводов

Площадь сечения газовыпускного трубопровода г л а в н о г о дизеля $F_{т.д.г}$, м^2, определяется в зависимости от секундного расхода и допустимой скорости движения газов по формуле [1]:

$$F_{т.д.г} = \frac{g_e N_{ег} (\alpha_2 L_0 + 1) RT}{3600 C_Г P_2}, \qquad (6.5.1)$$

где α_2 – суммарный коэффициент избытка воздуха при горении;

L_0 – количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг/кг;

R – газовая постоянная продуктов сгорания, кДж/(кг·К);

T – температура выпускных газов за дизелем, К;
$C_Г$ – допустимая скорость движения газов в трубопроводе, м/с;
P_2 – допустимое давление в трубопроводе, кПа.

В расчетах можно принять согласно [1]:
– α_2 = 1,8 ÷ 2,1 для n ≤ 600 мин$^{-1}$;
– α_2 = 1,3 ÷ 1,7 для n > 600 мин$^{-1}$;
– L_0 = 14,3 кг/кг;
– R ≈ 0,287 кДж/(кг·К);
– T = 573 ÷ 773 К.
– $C_Г$ = 30 ÷ 45 м/с для 4-х тактных дизелей;
– $C_Г$ = 25 ÷ 30 м/с для 2-х тактных дизелей;
– P_2 = (0,03 ÷ 0,04)·10^2 кПа.

Площадь сечения газовыпускного трубопровода вспомогательных дизелей $F_{т.д.в}$, м^2, определяется в зависимости от секундного расхода и допустимой скорости движения газов по формуле [1]:

$$F_{т.д.в} = \frac{x_д^I g_e^I N_{ев}^I (\alpha_2 L_0 + 1) RT}{3600 C_Г P_2}. \qquad (6.5.2)$$

Площадь сечения газовыпускного трубопровода автономных котлов $F_{т.к}$, м^2, определяется в зависимости от секундного расхода и допустимой скорости движения газов по формуле [1]:

$$F_{т.к} = \frac{\alpha_{2к} B_{ак} R T_к}{3600 C_{ГК} P_2}. \qquad (6.5.3)$$

В расчетах можно принять согласно [1]:
– $\alpha_{2к}$ = 1,2 ÷ 1,3;
– $C_{ГК}$ = 20 ÷ 25 м/с;
– $T_к$ = 423 ÷ 573 К.

6.3.5.2. Расчет вместимости корпуса глушителя

Высокие скорости и пульсирующий характер движения выпускных газов двигателей приводят к возникновению шума. Для снижения уровня звукового давления на газовыпускных трубопро-

водах устанавливают глушители. Выпускные газы содержат твердые частицы догорающего топлива и масла. Они вылетают в атмосферу в виде отдельных искр, которые могут вызвать пожар. Поэтому газовыпускные трубопроводы снабжают искрогасителями. Глушители и искрогасители могут быть объединены. Искрогасители бывают «сухими» и «мокрыми». В «сухих» искрогасителях искры задерживаются в корпусе за счет центробежной силы, а в «мокрых» гасятся водой.

Вместимость V_c корпуса глушителя с «сухим» искрогасителем определяется по формуле [1], м^3:

– для главного двигателя

$$V_{с.г} = (0{,}6 \div 0{,}74) \cdot 10^{-3} N_{ег}; \qquad (6.5.4)$$

– для вспомогательных двигателей

$$V_{с.в} = (0{,}6 \div 0{,}74) \cdot 10^{-3} x_д^I N_{ев}^I. \qquad (6.5.5)$$

Вместимость $V_м$ корпуса глушителя, м^3, с «мокрым» искрогасителем определяется по формуле [1]:

$$V_м = V_c / (2{,}5 \div 3). \qquad (6.5.6)$$

На судах с утилизационным котлом последний может одновременно выполнять функции глушителя и искрогасителя. Только на судах, перевозящих нефтепродукты и имеющих утилизационный котел, обязательно устанавливают независимые искрогасители «мокрого» типа.

7. Режимы работы судовых энергетических установок

7.1. Классификация режимов

Судовые энергетические установки работают в различных условиях, которые характеризуются эксплуатационными режимами.

Важнейшими эксплуатационными режимами считают ходовые, маневровые, стояночные и аварийные.

Ходовые режимы - это режимы СЭУ при движении судна на самом малом, малом, среднем и полном ходах при различных ус-

ловиях плавания: при ходе с грузом и порожнем; на глубокой воде; мелководье; в узкостях и каналах; в спокойную и штормовую погоду; на прямом курсе или при циркуляции.

В практике эксплуатации СЭУ режимы, осуществляемые на прямом курсе судна, на глубокой воде в тихую погоду при неизменном положении органов управления главной установкой, условно относятся к установившимся. Все другие режимы являются неустановившимися.

Маневровые режимы состоят из режимов съемки с якоря, стрaгивания судна с места и разгона, изменения скорости движения, реверсирования гребного винта и торможения судна. Эти режимы неустановившиеся.

Стояночные режимы подразделяются на режимы с выполнением погрузочно-разгрузочных операций и без производства их.

Источником энергии на стояночных режимах могут быть судовые дизель-генераторы или береговая энергосеть.

Специальные режимы характерны для судов специального назначения (промысловых, дноуглубительных, пожарных и т.д.). Потребность в энергии обеспечивается как главными, так и вспомогательными установками.

Аварийные режимы включают режимы возникновения пожаров на судне или опасности затопления. На этих режимах работают соответствующие аварийные и вспомогательные механизмы.

При проектировании СЭУ с целью подбора вспомогательной и аварийной электростанций рассчитывают их мощность для различных эксплуатационных режимов.

7.2. Работа двигателя и гребного винта на ходовых режимах.

В судовых условиях крутящий момент или мощность двигателя, соединенного механической передачей с гребным винтом, изменяется по винтовой характеристике, а параметры рабочего процесса ГСЭУ зависят от элементов и гидродинамических условий работы винта.

Рассмотрим совместную работу комплекса непосредственной передачи дизель - гребной винт при движении судна с грузом и порожнем, при толкании или буксировке судов и составов, на

швартовах, мелководье, в каналах и при парциальной работе гребных винтов.

На рис. 7.1. совмещены внешняя ограничительная характеристика дизеля по крутящему моменту (вверху) и винтовые характеристики при различных условиях плавания водоизмещающего судна.

Характеристики комплекса дизель передача-гребной винт при плавании судна с различной нагрузкой.

На рисунке кривые *a, b, c, d* - винтовые, соответствующие швартовному и буксировочному режимам, свободному ходу судна в грузу и порожнем.

1 - ограничительная по теплотехническим параметрам;

2 - ограничительная по крутящему моменту *M=const*;

3 - регуляторная.

Точка *A* соответствует установившемуся номинальному режиму с заданной скоростью судна при полной загрузке на глубокой и спокойной воде. В этой точке пересекаются номинальная винтовая *c* и ограничительная по крутящему моменту *2* характеристики дизеля. При ходе судна порожнем сопротивление воды его движению станет меньше; момент и мощность, потребляемые гребным винтом, определяются винтовой характеристикой *d*.

Избыток энергии дизеля в этом случае будет расходоваться на увеличение частоты вращения гребного винта, что может привести к перегрузке дизеля по мощности в точке *C*. Но в этом случае двигатель будет работать по регуляторной характеристике *3* и рабочая точка переместится в C_1. Область между винтовыми характеристиками *c* и *d*, является областью работы главного двигателя при различной загрузке судна. В прямой зависимости от загрузки судна находится его водоизмещение. В практике эксплуатации характерно сохранение постоянной скорости судна от его загрузки, поэтому по адмиралтейской формуле можно получить приближенные винтовые характеристики при постоянной скорости судна, позволяющие выбирать режим работы ГСЭУ в зависимости от ее загрузки.

$$\frac{P_{1_X}}{P_{ен}} = \left(\frac{D_x}{D_н}\right)^{\frac{2}{3}},$$

где D_x - текущее водоизмещение судна, при котором для скорости $V = const$ требуется мощность P_{1_X} .

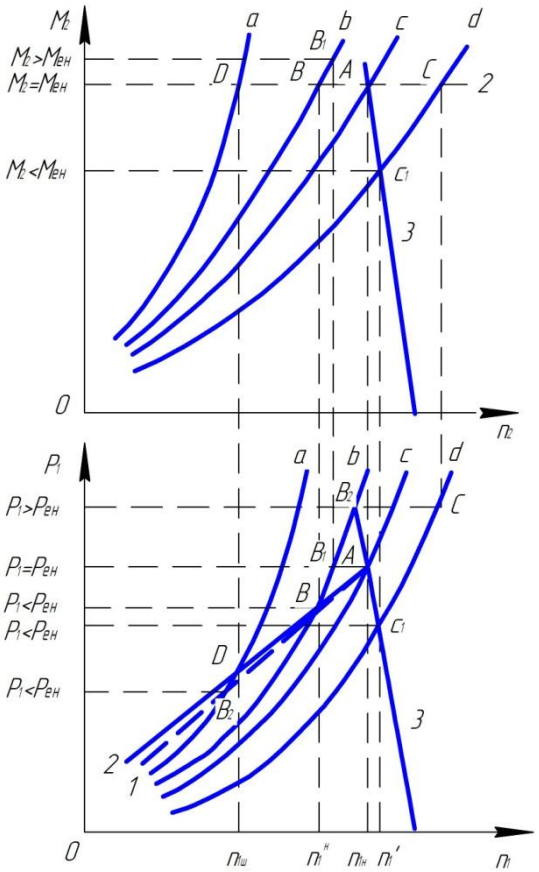


Рисунок 7.1. Характеристики комплекса дизель передача-гребной винт при плавании судна с различной нагрузкой

Толкание или буксировка судов и составов является специальным (для буксиров-толкачей, самоходных барж, работающих с приставкой и т.п.), либо случайным (для транспортных судов) режимом работы. В первом случае нагрузка двигателя при толкании или буксировке учитывается еще при проектировании энергетиче-

ской установки. Во втором случае при буксировке тяжелого состава возрастает сопротивление воды движению судна и режим работы гребного винта может привести к перегрузке двигателя, что потребует перевода двигателя на работу по частичной характеристике и ограничения частоты вращения его пала. При работе по тяжелым винтовым характеристикам дизель не может развивать номинальную частоту вращения n_{1n} и мощность $P_{ен}$, т.к. для этого в первом случае его необходимо значительно перегрузить по мощности (точка B_2), а во втором случае - по моменту (точка B_1).

Совместная работа ГСЭУ с гребными винтами при движении судна против ветра, при волнении, обрастании подводной части корпуса и износе обшивки будет аналогичной рассмотренной. Самый тяжелый режим — это швартовный, в эксплуатации дизель может работать на режимах, близких к швартовным, при трогании судна с места, реверсировании, во льдах, при снятии с мели. Наибольшая частота вращения вала, при которой может работать дизель на швартовах, определяется точкой *D* пересечения винтовой характеристики а с внешней ограничительной характеристикой *2* по моменту ($M_{ен} = const$) или точкой D_1 пересечения характеристики *а* с ограничительной характеристикой *1* по тепловому напряжению. При плавании на мелководье возрастает сопротивление воды движению судна в зависимости от скорости потока воды и глубины фарватера в 4 раза, по сравнению с сопротивлением на глубокой воде. Глубокая вода – это когда отношение глубины фарватера к его осадке более 15. При движении судна на мелководье и ограниченной ширине судового хода наблюдается дифферент на корму, за судном образуется волна и появляется повышенная вибрация корпуса. Чтобы не перегружать двигатель, на мелководье снижают его частоту вращения до $n_{1м}$, см. рис. 7.2.

В процессе эксплуатации энергетических установок иногда возникают ситуации, когда требуется вывод одного или нескольких двигателей, или гребных винтов. При этом, например при выводе одного винта двухвальной установки, сопротивление воды движению судна, приходящееся на работающий гребной винт, увеличивается, т.к. к сопротивлению корпуса судна прибавляется сопротивление застопоренного винта $R_в$, и сопротивление откло-

ненного пера руля $R_р$. Здесь важным является определение предельно допустимой мощности и частоты вращения вала работающих главных двигателей. Если ГСЭУ состоит из нескольких двигателей и винтов $x_в$, из которых $x_{вз}$ - выведено из действия, суммарный эффективный упор в парциальном режиме работы винтов, как функцию скорости движения судна V, можно представить выражением:

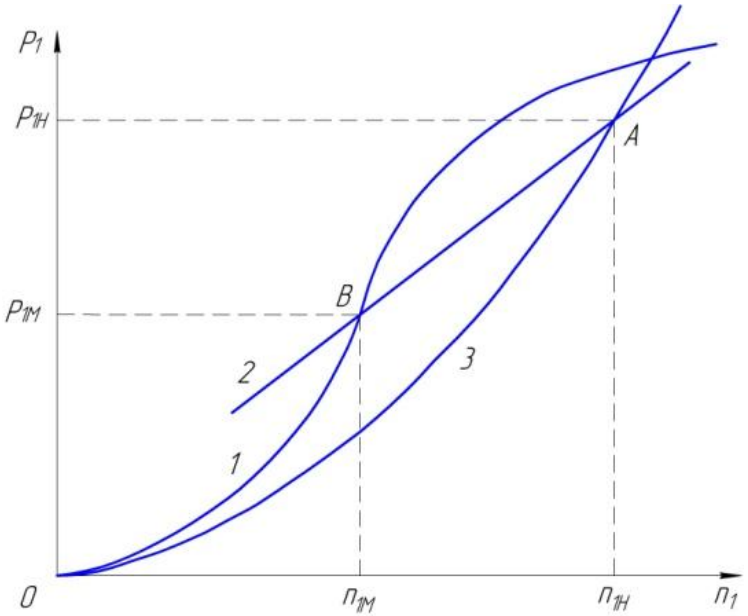


Рисунок 7.2. Характеристика совместной работы комплекса дизель-передача-гребной винт на мелководье:
1 - винтовая характеристика на мелководье; кривая 2 - ограничительная характеристика; 3 - винтовая характеристика на глубокой воде

$$(x_в - x_{вз}) \cdot P_{е\ парц} = x_в \cdot P_{е\ уп} + x_{вз} \cdot \Delta R_{вз} + \Delta R_в$$

где $P_{е\ парц}$ - эффективный упор каждого из оставшихся в действии гребных винтов в парциальном режиме, кН;

$P_{е\ уп}$ - эффективный упор каждого гребного винта при работе всех гребных винтов, кН.

Оставшиеся в эксплуатации гребные винты работают по утяжеленной характеристике и не могут развивать ни частоты вращения, ни мощности, соответствующей номинальной характеристике 2 (см. рис. 7.3).

Из рисунка видно, что допустимые в эксплуатации частота вращения и мощность двигателя, работающего в парциальном режиме по частичной характеристике *5*, определяются положением точки *B* пересечения ограничительной характеристики по крутящему моменту *6* с утяжеленной характеристикой винта *1*. У двигателей с наддувом ограничительной является характеристика по тепловому напряжению *3*, что обуславливает необходимость значительного уменьшения развиваемой двигателем мощности и частоты вращения вала. Через точку *C* проходит частичная характеристика двигателя *4*.

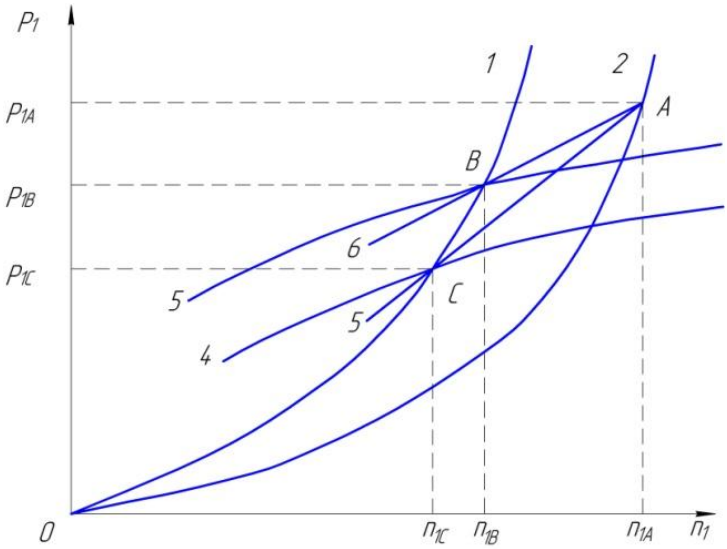


Рисунок 7.3. Характеристика совместной работы комплекса дизель-передача - гребной винт при порциальной работе винтов.

Рассмотрим маневровые режимы судового комплекса при страгивании судка с места и разгоне. При страгивании судна с места главные двигателя в начале работы преодолевают сопротивление воды его движению, аналогичное сопротивлению на швар-

товном режиме. Точка *a* пересечения швартовной *v=O* и регуляторной *2* характеристик (см. рис. 7.4) определяет мощность и частоту вращения вала двигателя и гребного винта непосредственно после пуска двигателя. Через точку *a* проходит частичная характеристика *8*. При работе двигателя сопротивление начинает увеличиваться, и оно начинает перемещаться. Винтовая характеристика облегчается, нагрузка двигателя падает, а частота вращения вала увеличивается по закону регуляторной характеристики до тех пор, пока не будет достигнут режим, соответствующий точке e на винтовой характеристике номинального режима *6*.

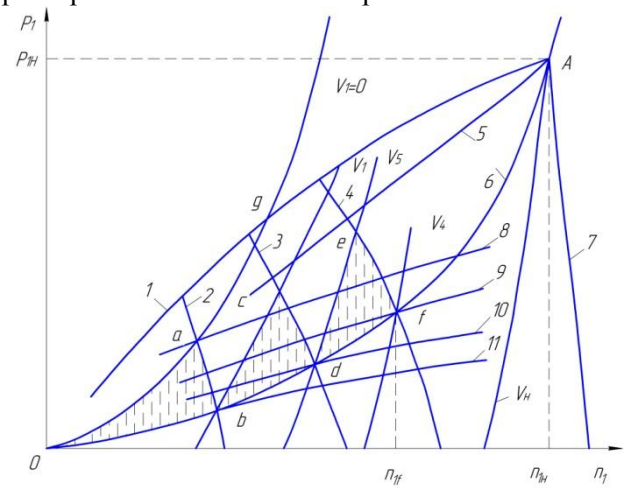


Рисунок 7.4. Характеристика совместной работы комплекса дизель-передача - гребной винт при страгивании с места и разгоне судна

Скорость хода определяется положением характеристики V_2=*const*, проходящей через точку *b*, а подача топлива - частичной характеристикой *11*, проходящей через эту же точку. Для осуществления разгона судна рукоятку управления всережимным регулятором двигателя перемещают в сторону увеличения подачи топлива. Двигатель переходит на работу по регуляторной характеристике *3*. Этот процесс совершается быстро и мощность, частота вращения вала двигателя изменяются до точки *c* по кривой, соответствующей начальной скорости хода судна V_2. По мере разгона нагрузка двигателя снижается, а частота вращения его вала увеличивается по закону регуляторной характеристики *3* до тех пор, пока

не установится постоянная скорость V_3 на режиме номинальной винтовой характеристики *6* (точка *d*). Подача топлива в данном случае происходит при работе двигателя на частичной характеристике *10* (точка *d*). Если эта скорость движения судна недостаточна, то процесс разгона повторяют до достижения желаемой скорости, например V_4 (точка *f*).

При экстренном разгоне судна, рукоятка всережимного регулятора двигателя сразу устанавливается в положение регуляторной характеристики, соответствующей этой скорости, например в точке *A* номинального режима. В данном случае при страгивании с места, мощность и частота вращения вала двигателя будут возрастать по кривой, близкой к V_1=0 -швартовной до выхода в точку *9* на внешней характеристике *1*. Дальнейшее возрастание мощности двигателя и частоты вращения его вала будет происходить по внешней характеристике *1* до точки *A*. При экстренном разгоне судна двигатель часть времени будет работать в режиме перегруз-

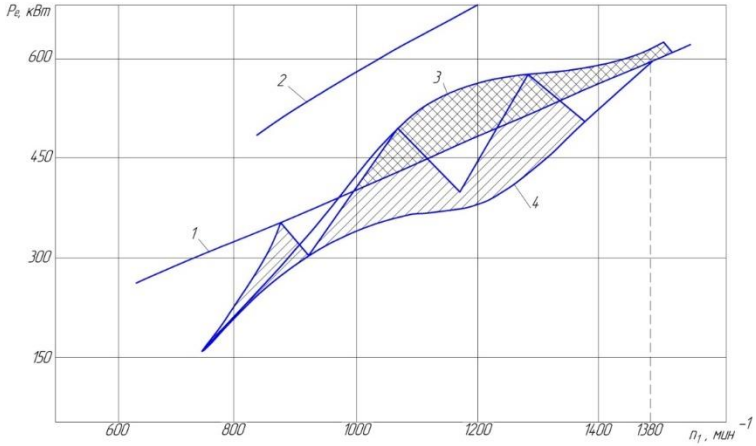


Рисунок 7.5. Характеристика режимов работы главных двигателей при выходе на крылья теплохода типа «Ракета»

ки, так как в процессе разгона его тепловые и механические параметры выйдут за пределы внешней ограничительной характеристики *5*. Наиболее вероятна перегрузка главных двигателей скоростных судов при быстром их разгоне и выходе на подводные крылья (см. рис. 7.5.). Чтобы исключить перегрузку двигателя, разгон судна производят постепенно, ступенчатым методом. На СПК це-

лесообразно устанавливать регулятор оптимального разгона, ограничивающий или предотвращающий перегрузку главных двигателей в период выхода судна на подводные крылья.

Здесь кривая *1* - внешняя ограничительная характеристика; *2* - внешняя характеристика максимальной мощности; *3* - участок перегрузки; *4* -винтовая характеристика.

7.3. Обобщенные характеристики дизелей

Передача вращающего момента и мощности главного двигателя движителю может осуществляться непосредственно валопроводом (прямая или непосредственная передача) или через промежуточное звено - передачу и валопровод. Вид передачи зависит от типа судна, его назначения, типа ГСЭУ и движителя. Главный двигатель, соединенный с движителем, является источником энергии движения судна в сложном комплексе двигатель передача - движитель - корпус судна, элементы которого взаимосвязаны. Условия совместной работы двигателя, передачи и движителя определяются эксплуатационными характеристиками. Основными эксплуатационными характеристиками двигателя являются скоростные и нагрузочные.

Нагрузочные характеристики показывают зависимость экономических и эксплуатационных параметров от нагрузки двигателя при постоянной частоте вращения вала. По нагрузочной характеристике работают только дизель-генераторы.

Скоростные характеристики представляют собой зависимости экономических и эксплуатационных параметров двигателя от частоты вращения его вала (или скорости хода судна). Главный двигатель - движитель работают по скоростным характеристикам. Скоростные характеристики подразделяются на внешние и винтовые Внешняя характеристика — это зависимость экономических и эксплуатационных параметров двигателя от частоты вращения его вала при неизменном положении органа управления. Ее строят для максимальной, номинальной и нескольких долевых мощностей, соответствующих частичным нагрузкам.

Винтовыми характеристиками главного двигателя принято называть зависимости мощностей и вращающих моментов, развиваемых двигателем, от частоты вращения вала при положении ор-

гана управления, обеспечивающем равенство мощностей, подведенной к гребному винту и потребляемой им. На рис. 7.6. приведены обобщенные характеристики ДВС.

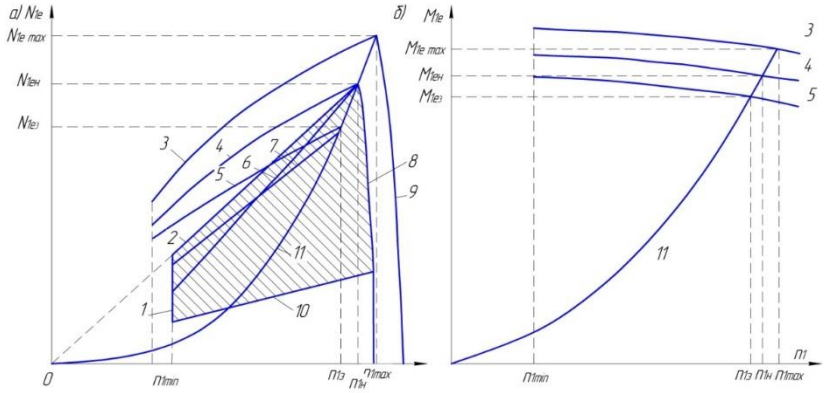


Рисунок 7.6. Обобщенные характеристики ДВС:
а - по мощности; б - по моменту

1 - минимально устойчивая частота вращения; 2 - ограничительная характеристика по крутящему моменту; 3 - внешняя характеристика максимальной мощности; 4 - внешняя характеристика номинальной мощности; 5, 6 - частичные характеристики; 7 - ограничительная характеристика по тепловой напряженности; 8, 9 - регуляторные характеристики номинальной и максимальной мощности; 10 - характеристика длительной минимальной мощности; 11 - винтовая характеристика.

8. Общие положения и порядок выполнения курсового проекта

Курсовой проект помогает закрепить и обобщить теоретические знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Эксплуатация судовых дизельных установок», дать практические навыки проектирования судовой дизельной установки на стадии эскизного проекта для заданного типа судна. В состав курсового проекта входит пояснительная записка с расчетами, обосновывающими выбор основных механизмов машинного отделения, чертежей, схем и графиков.

8.1. Указания к оформлению пояснительной записки и графической части

Пояснительная записка должна оформляться в соответствии с действующими ГОСТами. В записку в указанной последовательности входят: титульный лист; задание на курсовой проект (табл. 8.1); содержание; введение; разделы, соответствующие разрабатываемой теме; заключение; список использованных источников; приложения. Введение, заключение и список использованных источников не нумеруются. Требования по оформлению пояснительной записки и графической части представлены в методическом указании «Основные требования к дипломным проектам и их оформлению».

Графическая часть курсовой работы состоит в общем объеме из двух листов формата А1 и А3 и оформляется в соответствии с ГОСТами. Первый чертеж – план машинного помещения (МП) (вид сверху) формата А1 – в соответствии с рекомендациями руководителя дипломного проекта.

План МП вычерчивается в масштабе 1:25 или 1:50. Указать нумерацию шпангоутов и размерения МП. Отдельные механизмы и оборудование МП изображают в очертаниях, по возможности близких к натуральным, но без особой детализации. Контуры механизмов и оборудования берутся из каталогов – справочников, альбомов оборудования, инструкций по эксплуатации. На чертеже МП также должно быть указано размещение пусковых и тифонных баллонов, цистерн расходных и основного запаса топлива и масла, распределительных щитов и т.д.

В правом верхнем углу чертежа МП приводится таблица «Основные технические характеристики судна».

Выбор вариантов задания выполняется по номеру группы обучающегося и последней цифре шифра студенческой зачетки. Номер группы устанавливается в зависимости от начальной буквы фамилии студента:

А, В, Е, Ж, Л, М, Э, К, П, Ф — 1 группа,
Г, Д 3, И, Р, С, Щ, Х, Ц, Ч — 2 группа,
Б, Н, О, Т, У, Ю, Я, Ч, Ш — 3 группа.

Таблица 8.1. Задание на курсовой проект

№	Наименование величин	Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Тип судна	–	–	I, IV	Грузовое			Танкер			Толкач			Пассажирское
				II, III	Толкач			Пассажирское			Грузовое			Танкер
2	Класс РКО	–	–	I, IV	М			М			Р			М
				II, III	О			О			О			О
3	Автономность плавания	–	сут.	I, IV	20	25	15	20	15	15	10	5	4	2
				II, III	10	15	10	15	10	10	15	20	10	15
4	Главные размеры судна	Длина	L	I, IV	95	110	115	128	107	32	32	28	43	38
				II, III	42	39	92	74	90	91	135	101	130	128
		Ширина	B	I, IV	12	13	13	16	13	8	7,5	6,5	6	5,5
				II, III	9	8	12	10	11,5	13	16,5	12	12	12,5
		Осадка кормой	T_k	I, IV	3	2,8	3,4	3	2	1,3	1,4	1	1.6	1.2
				II, III	2,5	2	2,4	1,4	2,4	2,9	3,5	2.7	3,2	3,4

№	Наименование величин		Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
5	Коэффициент полноты		δ	–	I, IV	0,8	0,83	0,82	0.84	0,87	0,58	0,62	0,65	0,5	0,45
					II, III	0,6	0,7	0,6	0,75	0,56	0,84	0,86	0,82	0,8	0,75
6	Количество гребных винтов		X	–	I, IV	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
					II, III	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2
7	Скорость хода судна	Порожним	V_t	км/ч	I, IV	20	22	25	25	19	20	17	16	20	20
					II, III	20	19	24,4	22	27	18	20	18	19	21
		С составом			I, IV	–	–	–	–	–	10	8	6	–	–
					II, III	10	8	–	–	–	–	9	8	–	–
8	Сила толкания (тяга) состава		$Z_т$	кН	I, IV	–	–	–	–	–	50	40	30	–	–
					II, III	130	110	–	–	–	–	–	–	–	–

№	Наименование величин	Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
9	Разработать принципиальную схему судовой системы	—	—	I	Смазывания	Охлаждения	Топливной	Газовыпуска	Сжатого воздуха	Газовыпуска	Охлаждения	Газовыпуска	Охлаждения	Сжатого воздуха
				II	Сжатого воздуха	Топливной	Сжатого воздуха	Охлаждения	Топливной	Сжатого воздуха	Смазывания	Сжатого воздуха	Газовыпуска	Топливной
				III	Газовыпуска	Смазывания	Газовыпуска	Смазывания	Охлаждения	Топливной	Сжатого воздуха	Охлаждения	Смазывания	Охлаждения
				IV	Топливной	Сжатого воздуха	Смазывания	Топливной	Газовыпуска	Охлаждения	Топливной	Сжатого воздуха	Топливной	Газовыпуска

8.2. Выбор главных двигателей

Гидродинамический расчет и выбор главной энергетической установки осуществляется в следующей последовательности.

Определяются сопротивление воды движению судна R, кН:

$$R = \xi (\rho / 2) s \upsilon^2, \quad (8.1)$$

где ξ – безразмерный коэффициент сопротивления воды движению судна;

ρ – плотность воды, т/м^3;

s – площадь смоченной поверхности судна, рассчитанная по заданию, м^2;

υ – скорость движения судна, м/с (для буксира-толкача скорость с составом).

В соответствии с принципом разделения полного сопротивления на составляющие безразмерный коэффициент сопротивления представляют в виде суммы коэффициентов

$$\xi = \xi_{ост} + \xi_{тр} + \xi_{шер} + \xi_{вн}, \quad (8.2)$$

где $\xi_{ост}$ – коэффициент остаточного сопротивления;

$\xi_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения;

$\xi_{шер}$ – надбавка на шероховатость;

$\xi_{вн}$ – надбавка на выступающие части.

Коэффициент по формуле (8.2) определяется по результатам модельных испытаний и эмпирическим формулам. Однако хорошую сходимость результатов расчета дает определение безразмерного коэффициента ξ по судну-прототипу, когда основные размеры судов отличаются незначительно [2].

$$\xi = 2 P_e x_в \eta_п \eta_{пр} \eta_{вл} / (\rho s_{пр} \upsilon^3), \quad (8.3)$$

где P_e – эффективная мощность одного главного двигателя судна-прототипа, кВт;

$x_в$ – количество двигателей (движителей);

$\eta_п$, $\eta_{вл}$ – КПД передачи и валопровода. Определяется с использованием табл. 8.2;

$\eta_{пр}$ – пропульсивный КПД;

$s_{пр}$ – смоченная поверхность судна-прототипа, смоченная поверхность рассчитывается два раза, сначала по судну-прототипу и подставляется в формулу (8.3), а потом по заданию и подставляет-

ся в формулу (8.1).

$$s = L(0{,}8\delta + 0{,}2)\cdot(B + 2T_к) \text{ при } \delta \geq 0{,}7; \quad (8.4)$$

$$s = L(0{,}5\delta + 0{,}4)\cdot(B + 2T_к) \text{ при } \delta < 0{,}7. \quad (8.5)$$

Для катамаранных судов

$$S = 2L\,(1{,}36T_к + 1{,}13\delta B), \quad (8.6)$$

где L, B, $T_к$ – длина, ширина и осадка кормой судна-прототипа, м;

δ – коэффициент водоизмещения.

Для винтов без насадок пропульсивный КПД определяется:

$$\eta_{пр} = [(1 - t)/(1 - \psi)]\,\eta_р, \quad (8.7)$$

где ψ, t – коэффициенты попутного потока и засасывания;

для бортового винта:

$$\psi = (0{,}55\delta - 0{,}2);\ t = 0{,}8\psi\,(1 + 0{,}25\psi), \quad (8.8)$$

для винта, расположенного в диаметральной плоскости:

$$\psi = (0{,}5\delta - 0{,}05);\ t = 0{,}6\psi\,(1 + 0{,}67\psi), \quad (8.9)$$

$\eta_р$ – расчетный КПД винта; его значение снимают с корпусной диаграммы при диаметре $D_в$, шаге $H_в$, дисковом отношении

Θ и относительно поступи $\lambda_р$ винта судна-прототипа.

$$\lambda_р = \upsilon_р/(D_в \cdot n_в), \quad (10)$$

где $n_в$ – частота вращения движителя, $с^{-1}$;

$\upsilon_р$ – скорость поступательного перемещения винта, м/с;

$$\upsilon_р = \upsilon\,(1 - \psi). \quad (11)$$

Для винтов в направляющих насадках пропульсивный КПД

$$\eta_{пр} = [0{,}92/(1 - \psi_в)]\cdot\eta_к; \quad (12)$$

$$\psi_в = c_в \cdot \psi, \quad (13)$$

где $c_в = 0{,}6$ – для бортовых винтов;

$c_в = 0{,}5$ – для винтов, расположенных в диаметральной плоскости;

$\eta_к$ – расчетный КПД комплекса винт-насадка. Его значение снимают аналогично $\eta_р$.

Если в задании даны размеры судна, отличающиеся от судна-прототипа, то вторично вычисляют его площадь смоченной поверхности по формулам (8.4, 8.5, 8.6) и потом вычисляют

сопротивление воды движению судна по формуле (8.1).

Если по буксиру-толкачу указана его скорость движения легкачем, $\upsilon_л$, то сопротивление движению $R_л$ находят по формуле (8.1) и пересчитывают на сопротивление воды его движению с составом R_c, кН:

$$R_c = R_л (v_п / v_c)^{1/2}.$$

Найдя величину сопротивления воды движению судна при заданной скорости, расчеты первого этапа выбора главных двигателей и типа передачи выполняют в следующем порядке.

Определяют упор винта, кН:

для самоходного судна

$$P_т = R / [x_в \cdot (1 - t)];$$

для буксира-толкача

$$P_т = (R_л + Z) / [x_в \cdot (1 - t)] = R_c / [x \cdot (1 - t)], \qquad (8.14)$$

где $R_л$ – определяют по формуле (8.1);

Z – тяга на гаке при движении с составом на тросе или упор при толкании, кН.

Выбирают ряд значений диаметров винта и четыре варианта между максимальными и минимальными.

Максимальный диаметр винта в метрах принимают:

$D_в^{max}$=0,82 · $T_к$ – одновальных установок и катамаранов;

$D_в^{max}$=0,7 · $T_к$ – для двухвальных установок;

$D_в^{max}$=0,75 · $T_к$ – для трехвальных установок;

$D_в^{max}$= для судов с туннельными обводами кормы.

Минимальный диаметр винта

$$D_в^{min} = 0{,}5 \cdot T_к.$$

Для расчета в первом приближении принимают дисковые отношения $\theta = (0{,}5 \div 0{,}58)$, число лопастей $Z = 4$ или одинаковым с винтом судна-прототипа.

Для всех четырех вариантов рассчитывают коэффициент упора диаметра k'_d, частоту вращения n, мощность, подведенную к винту, и эффективную мощность двигателя по формулам:

$$k'_d = D_в \cdot \vartheta_p \cdot \sqrt{\frac{\rho}{P_T}} \qquad (8.15)$$

$$n_v = \frac{60 \cdot \vartheta_p}{\lambda_p \cdot D_в} \quad (8.16)$$

$$P_р = \frac{Р \cdot \vartheta_p}{\eta_р} \quad (8.17)$$

$$P_е = \frac{Р_р}{\eta_{вл} \cdot \eta_п} \quad (8.18)$$

где $\eta_{вл}$ – КПД валопровода (табл. 8.2);

$\eta_п$ – КПД передачи (табл. 8.2);

$\eta_р$ – КПД винта с диаграммы (для винтов в насадках $\eta_к$).

Таблица 8.2. Приближенные значения КПД передачи $\eta_л$, валопровода $\eta_{вп}$ и главной передачи $\eta_{гл}$

Тип главной передачи	$\eta_л$	$\eta_{вп}$	$\eta_{гл}$
Непосредственная (валопровод)		0,97	0,97–0,99
С одноступенчатым зубчатым редуктором	0,97–0,98	0,97	0,94–0,95
С двухступенчатым зубчатым редуктором	0,96–0,97	0,97	0,93–0,94
С реверс-редуктором	0,94–0,96	0,97	0,92–0,93
С гидромуфтой	0,96–0,97	0,97	0,93–0,94
Гидродинамическая	0,92–0,93	0,97	0,89–0,90
Объемная гидравлическая	0,87–0,92	0,98	0,85–0,90
С электромагнитной муфтой	0,97–0,98	0,97	0,94–0,95
Электрическая на переменном токе	0,90–0,95	0,98	0,88–0,93
Электрическая на постоянном токе	0,83–0,92	0,98	0,86–0,90

Расчеты сводим в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Результаты гидродинамического расчета

Параметр	Единица измерения	Диаметр винта, м			
		Д мин	Д2	Д3	Д макс
Коэффициент упора-диаметра					
КПД					
Относительная поступь					
Частота вращения	об/с, об/мин				
Мощность подведенная к винту $P_р$	кВт				
Эффективная мощность проектируемая $P_е$	кВт				

По табл. 8.3 строим график зависимости частоты вращения от мощности и от диаметра гребного винта, и на основании тех-

нико-экономического сравнения рассматриваемых вариантов передач выбрать главные двигатели.

λ_p – относительная поступь (снимаемая с корпусной диаграммы) – рис. 8.1 [4].

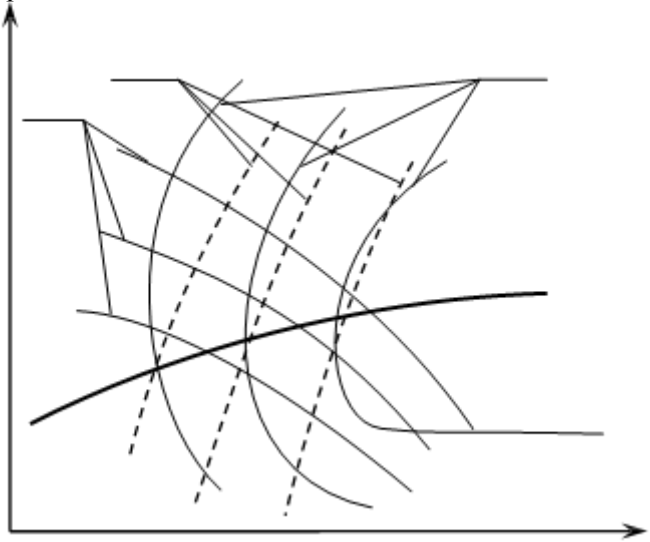


Рис. 8.1. Корпусная диаграмма

8.3. Расчет элементов главной судовой передачи

8.3.1. Выбор элементов передачи

В соответствии с принятым или рекомендуемым в задании типом передачи разрабатывают схему с указанием ее элементов от главного двигателя до движителя. На схеме передачи указывают основные части валопровода (опору в кронштейне с концевым подшипником, тормоз, жесткие компенсирующие муфты). В случае отбора мощности на валогенератор его привод должен быть указан на схеме. Эта схема является основанием для разработки передачи на чертеже машинного помещения.

При выборе отдельного редуктора или реверса редуктора указывают его марку и передаточное число.

В качестве опорных и упорных подшипников валопровода на судах речного флота применяют преимущественно подшипни-

ки качения.

Опорные подшипники подбирают по соответствующим государственным стандартам и нормам. Величина допускаемых расстояний между опорными подшипниками не должны превышать для валов диаметром: 60 мм – 2,5 м; 80 мм – 3 м; 100 мм – 4 м. Для валов других диаметров они определяются расчетом ($l_{вп} = 0{,}125м \cdot d$), где d – диаметр вала, см; $l_{вп}$ – длина вала, м). Для расчета упорного подшипника принимают

$$P = 0{,}6P_к,$$

где $P_к$ – упор комплекса (если винт в насадке).

8.3.2. Расчет валопровода

Расчеты диаметров валов по формулам, приведенным в настоящей главе, являются предварительными, поскольку размеры всех элементов валопровода после формирования крутильной схе- мы должны быть уточнены по результатам расчета напряжений от крутильных колебаний, в том числе на режимах, соответствующих частотам вращения, запретным для длительной работы.

В случае, когда вследствие особой геометрии элементов валопровода определение диаметров валов с помощью формулы (8.19) невозможно, в РКО должны быть представлены специальные расчеты прочности.

Диаметр промежуточного, упорного или гребного вала, должен быть не менее определяемого по формуле, мм:

$$d \geq \frac{560}{R_m+160} \cdot k \cdot C_{EW} \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{\left\{n \cdot \left[1-\left(\frac{d_i}{d_r}\right)\right]\right\}}}, \qquad (8.19)$$

где R_m – временное сопротивление материала вала, МПа. Формула (8.19) достоверна при R_m = 400÷600 МПа, в случае R_m > 600 МПа в формулу следует подставлять R_m = 600 МПа;

k – коэффициент:

для промежуточных валов с коваными фланцами или фланцевыми бесшпоночными муфтами k = 130;

для промежуточных валов со шпоночными муфтами k = 140;

для упорных валов в подшипниках качения k = 142;

для гребных валов на расстоянии не более четырех диаметров гребного вала от носового торца ступицы гребного винта $k = 160$;

для гребных валов на расстоянии более четырех диаметров гребного вала от носового торца ступицы гребного винта $k = 150$;

C_{EW} – коэффициент усиления:

для судов без ледового усиления $C_{EW} = 1{,}0$;

для судов, предназначенных для плавания в битом льду, $C_{EW} = 1{,}05$;

для ледоколов и судов ледокольного типа $C_{EW} = 1{,}07$;

P – расчетная мощность, передаваемая валом, кВт;

n – расчетная частота вращения, мин$^{-1}$;

d_i – диаметр осевого отверстия вала, мм, если этот диаметр меньше или равен $0{,}4d_r$, то можно принять $d_i = 0$;

d_r – действительный диаметр вала, мм.

Диаметр носовой части гребного вала на участке от дейдвудного сальника до фланца или муфты может быть постепенно уменьшен до значения, равного 1,05 диаметра промежуточного вала.

Участки гребного вала, имеющие контакт с водой, в случае, когда вал не имеет сплошной облицовки или другой эффективной антикоррозионной защиты, должны иметь наружный диаметр, который на 5% больше определенного с помощью формулы (8.19).

8.4. Системы судовой дизельной энергетической установки

В курсовом проекте необходимо сделать расчеты по системам, рассмотренным выше, а также в литературе [1, 2, 5], и привести принципиальные схемы по вариантам задания.

8.4.1. Система топливная

Привести краткое описание системы с указанием ее назначения, привести марку и ГОСТ топлива, используемого главными и вспомогательными дизелями, в настоящее время, состава оборудования.

По заданной автономности плавания в первом приближении определить общий запас топлива или запасы разных видов его.

8.4.2. Система смазывания

Дать краткое описание системы с указанием ее назначения, марок и ГОСТов смазочных масел, составе оборудования.

Так же, как и для системы топливной, определить общий запас смазочных масел.

8.4.3. Система сжатого воздуха

Дать краткое описание, привести требования РКО к воздухохранителям, компрессорам. Определить емкость пусковых воздухохранителей (баллонов) главных и вспомогательных двигателей из условия обеспечения необходимого числа пусков в соответствии с требованиями РКО. Выбрать компрессоры.

8.4.4. Система газовыпуска

Дать краткое описание системы с указанием ее назначения и состава оборудования (газоотводные трубы, искрогасители, глушители, искрогасители и т. п.), материала труб и изоляции.

Привести требования РКО к размещению трубопроводов на главных и вспомогательных двигателях.

Определить площадь сечения газовыпускных трубопроводов.

8.5. Технико-экономические показатели

Тепловая экономичность СЭУ оценивается по ее КПД – η_y:

$$\eta_y = (3600 \cdot P_{ey})/(B_y \cdot Q_н^p),$$

где P_{ey} – мощность главных, вспомогательных дизелей и котлоагрегатов, кВт;

B_y – часовой расход топлива этими механизмами, кг/ч;

$Q_н^p$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

КПД судового комплекса $\eta_{ск}$ определяется так:

$$\eta_{ск} = (3600 \cdot \quad x_в \cdot P_т \cdot \upsilon \quad)/(\Sigma B_{гд} \cdot Q_н^p),$$

где $x_в$ – количество движителей;

$P_т$ – полезная тяга гребного винта (упор винта), кН;

υ – скорость судна, м/с;

$\Sigma B_{гд}$ – часовой расход топлива главными двигателями;

$Q_н^р$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Коэффициент полезного действия судового комплекса водоизмещающих судов находится в пределах: $\eta_{ск} = 0{,}18 – 0{,}26$.

Библиографический список

1. *Конаков Г.А., Васильев Б.В.* Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация флота: учебник для вузов водн. тр-та; под общ. ред. Г.А. Конакова. – М.: Транспорт, 1980. – 423 с.
2. *Беспалов В.И., Колыванов В.В.* Судовые энергетические установки: конспект лекций для студ. оч. и заоч. обуч. спецти «Эксплуатация судовых энергетических установок». – Н.Новгорорд: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 108 с.
3. *Пахомов Ю.А.* Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. Учебник для ВУЗов. М.: ТрансЛит, 2007, – 528 с.
4. *Сизых В.А.* Судовые энергетические установки. М.: ТрансЛит, 2006, – 272 с.
5. *Емельянов П.С*. Судовые энергетические установки: учеб. пособие. – Изд. 2-е, испр. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2008. – 172 с.
6. *Василенко А.Б., Тетельмин В.В*. Современная энергетика и энергетика будущего: Технологии производства. Нетрадиционные источники. Экологическая безопасность. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 240 с.
7. Российское Классификационное Общество. Правила классификации и постройки судов (ПКПС). – М.: Российское Классификационное Общество, 2019. – 1682 с.
8. Основные требования к дипломным проектам и их оформлению : метод. указания по выпол. дипломных проектов и их оформлению для студ. оч. и заоч. обуч. спец-ти «Эксплуатация судовых энергетических установок» (180405, 26.05.06) / сост.: Н.Н. Борисов, В.В. Колыванов, М.Ю. Храмов, М.Х. Садеков ; под общ. ред. Ю.И. Матвеева. – Н. Новгород : Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – 68 с.

Содержание

1. Общие сведения о судовых дизельных энергетических установках 3
1.1. Состав и классификация судовых дизельных энергетических установок 3
1.2. Размещение механизмов и оборудования в машинном помещении 5
1.3. Историческая справка развития судовых энергетических установок 8
2. Требования, предъявляемые к судовым дизельным энергетическим установкам, и задачи их проектирования 9
2.1. Требования к судовым дизельным энергетическим установкам и показатели надежности 9
2.2. Этапы проектирования. 11
3. Основные технические показатели судовых энергетических установок 15
3.1. Показатели мощности 15
3.2. Показатели маневренности. 18
3.3. Автономность плавания. 18
3.4. Условия обитаемости. 19
3.5. Массо-габаритные показатели. 19
3.6. Показатели тепловой и экономической эффективности судовой энергетической установки. 21
4. Главные судовые энергетические установки 23
4.1. Дизельные энергетические установки 23
4.2. Основные характеристики судовых дизелей 25
5. Передача вращающего момента главного двигателя движителю 26
5.1. Непосредственная передача мощности 26
5.2. Дизель-редукторная передача (ДРП) 28
5.3. Гидродинамические передачи 30
5.4. Гидростатические передачи 32
5.5. Электрические передачи 33
5.6. Комбинированные передачи 34
6. Энергетическая установка 34
6.1. Судовой валопровод 34
6.2. Выбор главных дизелей 39
6.3. Вспомогательное оборудование, обслуживающее 41

дизели
6.3.1. Топливная система 42
6.3.2. Система смазывания 49
6.3.3. Система водяного охлаждения 58
6.3.4. Система сжатого воздуха 65
6.3.5. Система газовыпуска 69
7. Режимы работы судовых энергетических установок 73
7.1. Классификация режимов 73
7.2. Работа двигателя и гребного винта на ходовых режимах. 74
7.3. Обобщенные характеристики дизелей 82
8. Общие положения и порядок выполнения курсового проекта 83
8.1. Указания к оформлению пояснительной записки и графической части 83
8.2. Выбор главных двигателей 88
8.3. Расчет элементов главной судовой передачи 92
8.3.1. Выбор элементов передачи 92
8.3.2. Расчет валопровода 93
8.4. Системы судовой дизельной энергетической установки 95
8.4.1. Система топливная 94
8.4.2. Система смазывания 95
8.4.3. Система сжатого воздуха 95
8.4.4. Система газовыпуска 95
8.5. Технико-экономические показатели 95
Библиографический список 97

Колыванов Владимир Викторович
Матвеев Юрий Иванович
Храмов Михаил Юрьевич

Эксплуатация судовых дизельных установок

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать
Формат бумаги 60x84 $^{1}/_{16}$. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л.. Уч.-изд. л..
Тираж . Заказ .

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1.Характеристики совместной работы ГД с гребным винтом в установившихся режимах.
2. Особенности обслуживания СДУ при пуске и прогревании.
3. Состав СЭУ теплохода, дизель - электрохода. Требования, предъявляемые к СЭУ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 2

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Понятие «тяжелых» и «легких» гребных винтов; «утяжеление» винтовой характеристики.
2. Пуск СДУ с последующим выводом на полную нагрузку.
3. Конструкция, принцип действия, область применения газотурбинных установок.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 3

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Основные показатели качества (свойства и параметров) СДУ, их взаимосвязь.
2. Взаимодействие гребного винта, корпуса и главного дизеля; зависимость между скоростью судна и мощностью ГСДУ.
3. Технико-экономические показатели СЭУ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 4

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Обеспечение заданной скорости судна. Влияние скорости судна на эффективность перевозок грузов и пассажиров.
2. Особенности управления ГСДУ при ее остановке.
3. Конструкция, принцип действия, область применения паротурбинных установок.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 5

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Виды составляющих массы СДУ.
2. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.
3. Типы судовых энергетических установок. Основные схемы мощности на винт.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 6

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Влияние качества регулирования дизелей на эффективность работы ГСДУ.
2. Основные особенности эксплуатации ГСДУ при использовании «тяжелых» топлив.
3. Конструкция судового валопровода, назначение его элементов.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 7

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Дать понятие об оптимальном регулировании СДУ.
2. Резервирование наиболее ответственных элементов СДУ, как способ повышения ее надежности за счет введения избыточности.
3. Соединительные муфты валопровода.
Системы аварийно-предупредительной сигнализации, защиты и индикации.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 8

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Ходовая характеристика, как результат взаимодействия элементов пропульсивного комплекса.
2. Требования, предъявляемые к СДУ с учетом действующих документов контролирующих и наблюдающих организаций.
3. Механические передачи мощности на винт.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 9

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Использование ходовой характеристики для регулирования мощности ГСДУ при ходе судна в балласте, с грузом и в штормовых условиях.
2. Классификация СДУ. состав ГСДУ и ВСДУ.
3. Подготовка главной дизельной установки к действию, пуск, обслуживание во время работы.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 10

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Управление ГСДУ в условиях переменного ветра, волнения и осадки.
2. Обслуживание СДУ на стояние.
3. Передачи мощности на гребной винт с гидродинамической передачей.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 11

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Управление ГСДУ при работе на мелководье и при движении в Канале.
2. Почему при эксплуатации СДУ необходимо учитывать метеорологические условия?
3. Конструкция, принцип действия гидромуфт и гидротрансформаторов, их характеристики.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 12

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Управление ГСДУ при буксировке или толкании воза (состава).
2. Мероприятия для предотвращения перегрузки ГСДУ. Средства и методы технического диагностирования СДУ.
3. Электрическая передача мощности на винт. Регулирование уровня воды в паровых котлоагрегатах.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 13

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Управление ГСДУ при страгивании с места (старте) и разгоне судна.
2. Теплотехнические испытания СДУ.
3. Общая характеристика дизельных установок. Выбор главных двигателей.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 14

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Особенности взаимодействия пропульсивного комплекса при реверсировании. Нормальный и экстренный реверс.
2. Теплотехнический контроль СДУ силами команды.
3. Требования Классификационных обществ (КО) к топливной системе СЭУ (насосы, расположение трубопроводов, устройства для подогрева топлива, топливные цистерны).

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 15

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Целесообразность резерва мощности, выбор мощности ГСДУ.
2. Наиболее характерные причины эрозионно-кавитационного повреждения подшипников СДУ.
3. Особенности топливных систем при использовании моторного топлива.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 16

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Звуковая вибрация и шум СДУ. Меры борьбы с ними.
2. Химическая коррозия рабочего слоя вкладышей подшипников дизелей. Причины возникновения.
3. Особенности топливных систем при использовании водотопливных эмульсий.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 17

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Судовой дизель, как источник вибрации и шума.
2. Наиболее характерные виды усталости рабочего слоя вкладышей подшипников, их признаки.
3. Система смазывания судовых ДВС. Требования (КО) к насосам ДВС, подвод смазочного масла к ДВС, цистерны).

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 18

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Шум СДУ аэродинамического и механического происхождения. Меры борьбы с ними.
2. Характерные признаки износа рабочего слоя тонкостенных вкладышей подшипников судовых дизелей.
3. Система охлаждения судовых ДВС (Насосы, расположение трубопроводов, фильтры, теплообменные аппараты). Требования классификационных обществ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 19

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Особенности шума и вибрации судовых МОД и ВОД.
2. Характерные дефекты вкладышей подшипников. Оценка их технического состояния.
3. Судовое топливо. Основные свойства и характеристики жидких топлив. Нормативные документы на топливо.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 20

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Методы и технические средства предотвращения загрязнений водной и воздушной среды отходами расходных и рабочих веществ СДУ.
2. Дефекты сборки подшипников, способы их предупреждения.
3. Прием топлива (бункеровка). Предотвращение разливов нефтепродуктов.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 21

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Требования Международной конвенции по предотвращению загрязнений окружающей среды отходами расходных и рабочих веществ СДУ.
2. Типы передач мощности от главного дизеля к движителю. Их преимущества и недостатки.
3. Комплексная утилизация теплоты СЭУ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 22

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Экономичность СДУ с различными схемами утилизации теплоты.
2. Влияние качества регулирования топливной аппаратуры дизелей на эффективность работы СДУ.
3. Расположение оборудования в машинном помещении, определение центра массы СЭУ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 23

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Контрольно-измерительные приборы и объекты измерений СДУ.
2. Влияние внешних условий на рабочие режимы ГСДУ.
3. Расположение объектов энергетической установки на судне. Учет требований классификационных обществ и СанПиН при проектировании машинного помещения.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 24

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Задачи и виды теплотехнического контроля СДУ.
2. Особенности обслуживания и управления ГСДУ на переходных режимах прогревания и разгона.
3. Газовыпускная система СЭУ.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государств14енный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 25

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.
2. Пуск СДУ с последующим выводом на полную нагрузку.
3. Главные судовые передачи на винт.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 26

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Использование ходовой характеристики для регулирования мощности ГСДУ при ходе судна в балласте, с грузом и в штормовых условиях.
2. Особенности управления ГСДУ при ее остановке.
3. Судовые технические средства и устройства защиты окружающей среды.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 27

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Управление ГСДУ в условиях переменного ветра, волнения и изменяющейся осадки.
2. Взаимодействие гребного винта, корпуса судна и главного дизеля; зависимость между скоростью судна и мощностью ГСДУ.
3. Режимы работы дизеля с винтом фиксированного шага при прямой передаче.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 28

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Особенности управления ГСДУ при работе на мелководье.
2. Теплотехнический контроль СДУ силами команды.
3. Классификация водоопреснительных установок.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 29

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Особенности управления ГСДУ при работе в Канале.
2. Звуковая вибрация и шум СДУ. Меры борьбы с ними.
3. Судовые технические средства и устройства защиты окружающей среды.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

10 семестр V курса 2025/26 учебного года

Экзаменационный билет № 30

по дисциплине

Эксплуатация дизельных энергетических установок

1. Оптимальная скорость судна и необходимая для этого мощность ГСДУ.
2. Судовой дизель, как источник вибрации и шума. Нормы допустимого шума в МП.
3. Совместная работа комплекса дизель - гребной винт при страгивании с места и разгон судна.

Зав. кафедрой ЭСЭУ,
д.т.н., профессор Ю.И. Матвеев

Б.1.В.Д07 Эксплуатация дизельных энергетических установок

Код компетенции	Наименование компетенции	Количество тестовых вопросов по каждой дисциплине	Количество вариантов по каждому тестовому вопросу
ПК-2	Способен исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами	**4**	**2**
ПК-3	Способен выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы	**4**	**2**
ПК-5	Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	**4**	**2**
ПК-34	Способен планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна	**4**	**2**
ПК-37	Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации	**4**	**2**
ПК-55	Способен выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	**4**	**2**
ПК-63	Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению	**4**	**2**

1 ВАРИАНТ

ПК-2 Способен исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Выбрать все правильные ответы. Указать цифрами без знаков препинания. Запрещается использовать контрольно-измерительные приборы, если:

1. истекли сроки поверки
2. отсутствует сертификат
3. разбито стекло прибора
4. стрелка прибора при снятии рабочего импульса не возвращается в исходное положение
5. подсоединяются к штатным местам через промежуточные элементы

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Укажите одну из основных неисправностей регулятора частоты вращения

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Периодичностью необходимая для сравнения показаний ответственных контрольно-измерительных приборов, установленных в *ЦПУ*, с приборами, установленными на дизеле и обслуживающих его технических средств, должна осуществляться _____.

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. О каждом переходе с местного на дистанционное управление главным двигателем и обратно необходимо _____.

ПК-3 Способен выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Укажите действия механика при пожаре в подпоршневой полости ДВС.

1. Остановить двигатель по согласованию с капитаном судна
2. Уменьшить частоту вращения
3. Доложить вахтенному начальнику

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. В дизеле происходит самовоспламенение топлива за счет _____

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** При обнаружении очага пожара необходимо

1. Доложить вахтенному начальнику 2. Произвести разведку силами экипажа
3. Попытаться самостоятельно потушить очаг возгорания 4. Изолировать очаг пожара

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Укажите периодичность проверки действия ручных и автоматических извещателей, для контроля технического состояния систем сигнализации обнаружения пожара

ПК-5 Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Выберите только правильные варианты ответов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Укажите элементы в порядке увеличения точности регулировки количества подачи топлива в каждый из цилиндров дизеля

1. Кулачная шайба распределительного вала
2. Плунжер
3. Топливная рейка
4. Прокладка под ТНВД

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Как изменяется температура отработавших газов tr при работе ДВС по внешней характеристике?

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. При использовании для охлаждения технического средства забортной воды необходимо следить за тем, чтобы ее температура на выходе не превышала ___ °С во избежание интенсивного солеотложения в полостях охлаждения.

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Главный двигатель работает на ВФШ при номинальной мощности и номинальной частоте вращения. Что нужно сделать при “утяжелении” винтовой характеристики во избежание перегрузки ДВС**.**

1. Определить допустимую максимальную температуру газов по приборам
2. Доложить вахтенному начальнику
3. Добиться работы в установившимся режиме
4. Снизить цикловую подачу топлива

ПК-34 Способен планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна

1. ***Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** Документ, устанавливающий последовательность операций по остановке технического средства, являются_____.

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** В случае отклонения параметров рабочего процесса и удельного расхода топлива за пределы, указанные в инструкции по эксплуатации, необходимо

2.1 Доложить вахтенному начальнику
2.2 Проверить параметры рабочего процесса по приборам контроля
2.3 Выяснить причины отклонения
2.4 Произвести визуальный осмотр

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Планы-графики ТО палубных механизмов судовладелец составляет на основе_____

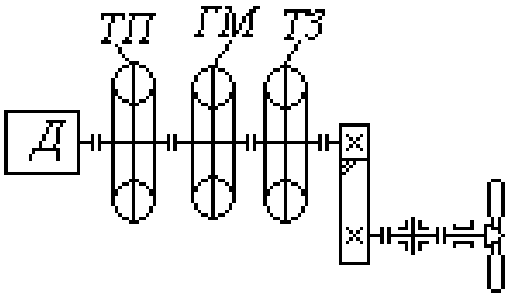
4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Укажите, как должно осуществляться увеличение нагрузки при выводе главного двигателя на режим и отсутствии указаний в инструкции завода-изготовителя.

ПК-37 Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

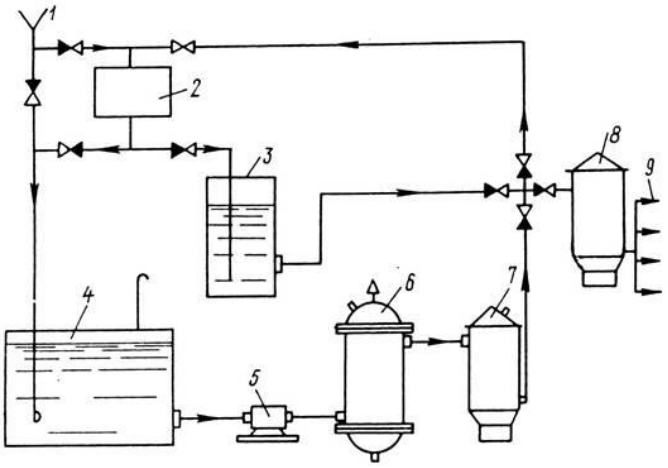
1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки. Укажите, какие процедуры обязаны выполнить члены судового экипажа на месте, в ведении которых находятся системы.

2. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа. На схеме показана передача_____.

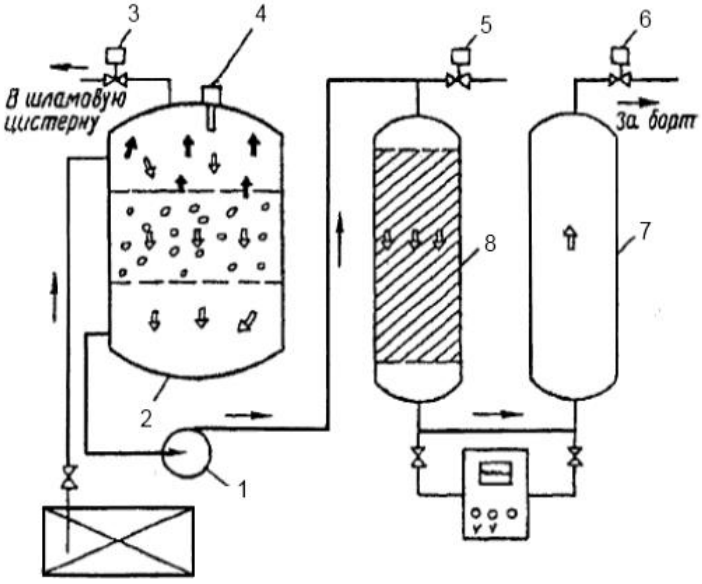
1.Механическая (непосредственная)
2.Дизель редукторная
3.Электрическая
4.Комбинированная
5.Гидравлическая



3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1).*** На схеме обработки воды методом хлорирования гидропривода фильтр дехлоратор обозначен цифрой __



4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** На схеме установки «ПП Матик» цифрой 8 обозначен



ПК-55 Способен выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. _____ - поэтому пуск ДВС относится к одному из наиболее ответственных этапов его эксплуатации.

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. Проверка знаний членов судового экипажа в части судовых систем, их обслуживания и использования, входит в обязанность_____.

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Каким образом следует регулировать температуру охлаждающей воды внутреннего контура охлаждения при поломке приводного насоса

1 Обеспечить прохождение охлаждающей забортной воды, проходящей через водоохладитель
2 Перевести работу на резервный насос
3 открыть/закрыть соответствующие резервной системе клапана

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** При появлении ненормальных стуков и шумов при работе двигателя необходимо

1 Произвести осмотр
2 Произвести принудительную прокачку охлаждающей жидкости
3 Выдержать температурные режимы после остановки
4 Немедленно произвести остановку двигателя

ПК-63 Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.

Какие меры при обнаружении неисправности необходимо по ремонту вышедшей из строя плунжерной пары блочного ТНВД дизеля

1. отключить ТНВД
2. По договоренности с мостиком производить работы с отключённым дизелем
3. Снять ТНВД
4. Опресовать ТНВД
5. Произвести замену плунжерной пары

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа.***

Допускается работа дизеля с превышением по крутящему моменту _____% в режиме перегрузки не более 1 часа

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.***

При чрезмерном повышении давления по манометру при запуске шестеренного насоса из холодного состояния для перекачки высоковязкой жидкости необходимо_____

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Дизель не запускается или запускается с трудом

1. отрегулировать клапан
2. осмотреть неисправный клапан
3. снять кожух с распределителя пускового воздуха
4. разобрать клапан и устранить поломку

2 ВАРИАНТ

ПК-2 Способен исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания. Периодичность и процедуру проведения тренировок по переходу с автоматического управления на ручное устанавливает _____.

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.*** Во всех случаях, когда температура окружающей среды может оказаться ниже или равной 0 °С, должны быть приняты меры по предотвращению размораживания технического средства

1. в местах снижений трассы трубопроводов рассоединить фланцы
2. спустить воду из полостей охлаждения, трубопроводов, фильтров, насосов и т.д.
3. спускные пробки закрыть, а фланцевые соединения собрать
4. продуть системы сжатым воздухом

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1.***
Время после остановки дизеля через какое разрешается открывать крышки картера составляет ____минут

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** Время вывода главного дизеля из ходового режима допускается сокращать в случае угрозы_____.

ПК-3 Способен выполнять меры предосторожности, во время несения вахты, и неотложные действия в случае пожара или аварии, особенно затрагивающих топливные и масляные системы

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1).

Укажите верную формулу для абсолютного расхода топлива двигателем.

1. $G_т=\pi \cdot n/30$
2. $G_т=N_e \cdot g_e$
3. $G_т=\alpha \cdot \varphi_a$

2. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания. В порядке убывания потенциальной

опасности компоненты отработавших газов дизелей можно расположить в такой последовательности:

1. углеводороды C_nH_m, в том числе и канцерогенные
2. окислы азота NO_x
3. альдегиды (формальдегид – бесцветный газ с резким запахом)
4. дизельная сажа как адсорбент токсичных, в том числе канцерогенных, веществ
5. окись углерода CO (угарный газ)

3. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.

При появлении сигнала детектора масляного тумана или густого белого тумана из сигнальной (вентиляционной) трубы картера необходимо.

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки***. При внезапном падении давления или чрезмерном повышении температуры масла в циркулярной системе дизеля необходимо

ПК-5 Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа.*** Частота вращения на выбранном эксплуатационном режиме не должна превышать номинальную величину более, чем на __ %.

2. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания. Процесс пуска условно можно представить в виде следующих последовательных стадий***:***

1. Впрыск топлива и его самовоспламенение в одном или более цилиндрах и продолжение Раскручивание вала двигателя на продолжающем поступать воздухе и сгорающем топливе (смешанный пуск)
2. Переход двигателя на работу на топливе и выход на заданный режим.
3. Интенсивное раскручивание вала двигателя под действием подаваемого в цилиндры сжатого воздуха до минимальных оборотов, при которых создаваемые в цилиндрах давления и температуры сжимаемого воздуха будут достаточны для самовоспламенения и последующего сгорания впрыскиваемого топлива

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа.*** При отсутствии указаний в инструкции по эксплуатации, время работы дизеля на холостом ходу не должно превышать __ *мин*.

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** Для “облегчения” винтовой характеристики ДВС при работе на ВРШ необходимо_____.

ПК-34 Способен планировать выполнение технического обслуживания включая установленные законом проверки и проверки класса судна

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.***

При эксплуатации судовых дизелей применяются различные сорта топлив. Укажите последовательность топлив порядке увеличения содержания серы:
1. бензин
2. дизельное топливо
3. газ
4. мазут
5. флотский мазут

2. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки да/нет. По согласованию с судовладельцем, можно ли смешивать масла разных марок при эксплуатации дизеля.

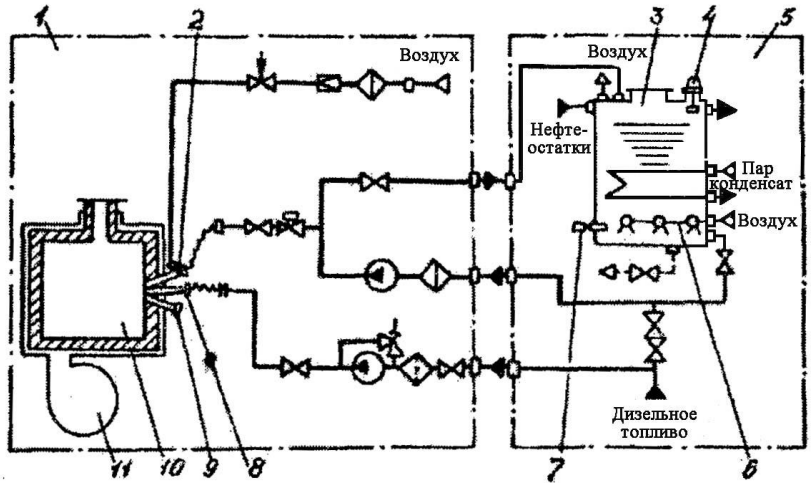
3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** Судовые механизмы и системы должны эксплуатироваться в соответствии с _____.

4.Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.

Кем регламентируется время ввода главного дизеля в режим эксплуатационной нагрузки

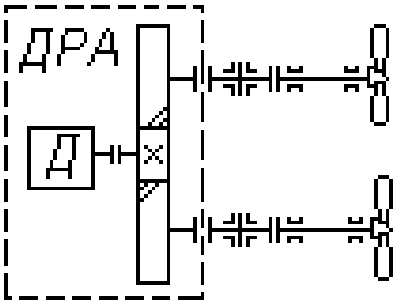
ПК-37 Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

1. ***Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.*** На схеме судовой печи для сжигания нефтеостатков под номером **4** обозначен.

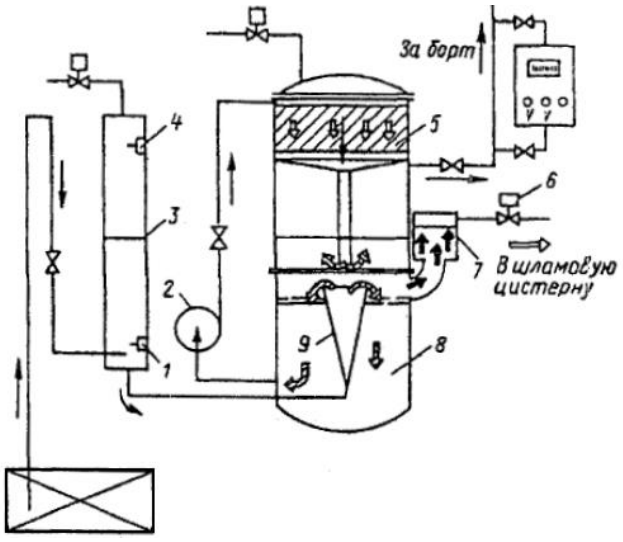


2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа.*** На схеме изображена _____ передача мощности

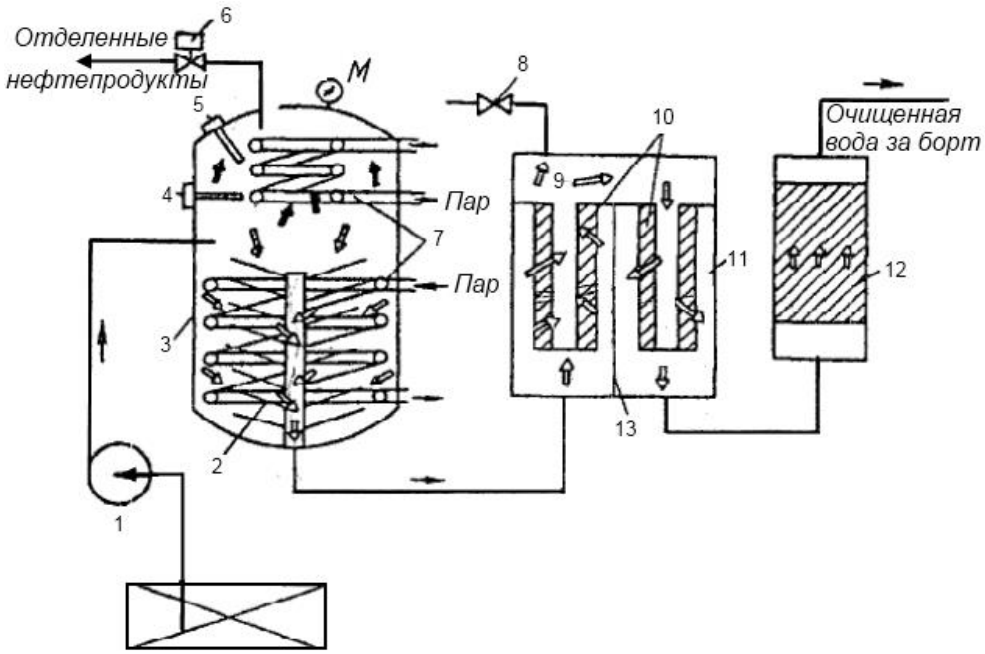
1. Механическая (непосредственная)
2. Дизель редукторная
3. Электрическая
4. Комбинированная
5. Гидравлическая



3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1).*** На схеме установки «Гидропур» фильтр тонкой очистки обозначен цифрой__ __



4. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки. На схеме установки «TEIF/A» цифрой 12 обозначен_____



ПК-55 Способен выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только 1 из предложенных вариантов. Выбрать 1 вариант ответа, записать его номер (например, 1) и аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Максимальное значение температуры, которое может иметь топливо в расходных и отстойных цистернах должно быть на_____°С.

2. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.

Какую операцию необходимо выполнить после регулировки цикловой подачи топлива до пуска дизеля во избежание самопроизвольного запуска дизеля

3. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания. Укажите последовательности операции подготовки дизеля к пуску

1. проверка исправности и готовность к действию всех штатных приборов
2. проверка исправности и готовность к действию механизмов
3. наружный осмотр двигателя
4. проворачивают двигателя на воздухе при открытых индикаторных клапанах
5. закрываются индикаторные краны

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.***

Какие действия необходимо выполнить в обязательном порядке перед началом внутреннего осмотра дизеля

1. Произвести вскрытие элементов дизеля

2. Ввести в зацепление валоповоротное устройство
3. Повесить табличку “Не включать работают люди)

ПК-63 Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и Способен устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению

1. ***Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. Построить верную последовательность из предложенных элементов. Указать цифрами без знаков препинания.***

Какие меры необходимо предпринять при обнаружении неисправности дизеля и невозможности его остановки по условиям плавания.

1. Произвести визуальный осмотр
2. По договоренности с мостиком снизить нагрузку
3. Доложить вахтенному начальнику

2. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.***

Допускается работа дизеля в режиме перегрузки не более 1 часа с повторением указанного режима не менее чем через _____ часа(ов)

3. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Записать развернутый обоснованный ответ на вопрос, используя четкие компактные формулировки.***

Во избежание перегрузки ДВС при работе главного двигателя на ВФШ при номинальной мощности и номинальной частоте вращения при “облегчения” винтовой характеристики необходимо_____

4. ***Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. Продумать логику и полноту ответа. Выберите один неправильный ответ и запишите его цифрой (например, 1).*** Увеличение цикловой подачи топлива приводит к
   1. увеличению продолжительности впрыска
   2. увеличению давления впрыска
   3. уменьшению продолжительности впрыска
   4. увеличению количества выделяющейся теплоты в цилиндре
   5. улучшению качества распыливания топлива