

С. А. Вешкельский

СПРАВОЧНИК

СУДОВОГО

ДИЗЕЛИСТА

**Вопросы
и ответы**

С. А. Вешкельский

СПРАВОЧНИК СУДОВОГО ДИЗЕЛИСТА

**Вопросы
и ответы**

*2-е издание,
переработанное
и дополненное*



Ленинград
„Судостроение“
1990

ББК 39.455.5

В40

УДК [621.436 : 629.12] (031)

Рецензент инж. *И. В. Черняк*

Вешкельский С. А.

В40 Справочник судового дизелиста. Вопросы и ответы. — Л.: Судостроение, 1990. — 368 с.: ил.

ISBN 5—7355—0308—1

Даны сведения по вопросам, которые приходится решать в повседневной практике специалистам, занимающимся монтажом, регулированием, эксплуатацией и ремонтом судовых дизелей. В отличие от 1-го издания (1981), новое значительно дополнено в расчете на более широкий контингент читателей. Форма изложения книги в виде вопросов и ответов делает ее удобной для пользования; этой же цели служат табличные данные и справочный аппарат.

Книга предназначена для слесарей-дизелистов, монтажников, судовых мотористов, будет полезна судовым механикам, учащимся мореходных училищ.

В $\frac{2705140300-005}{048 (01)-90}$ 56—90

ББК 39.455.5

ISBN 5—7355—0308—1

© Издательство «Судостроение», 1981
© Издательство «Судостроение», 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокая экономичность современных судовых дизелей, широкий диапазон агрегатных мощностей, большой ресурс, хорошая приспособляемость к комплексной автоматизации позволяют с достаточной степенью достоверности предсказать на ближайшие десятилетия дальнейшее расширение области применения дизельных энергетических установок на судах всех назначений.

В соответствии с решениями XXVII съезда КПСС, определившими пути ускорения научно-технического прогресса отечественного энергетического машиностроения, в нашей стране в настоящее время осуществляется выпуск судовых дизелей с высокими технико-экономическими показателями при одновременном росте их надежности, долговечности и ремонтпригодности.

Повышение качества монтажных работ, эксплуатации, диагностики и ремонта судовых дизелей обеспечивают непосредственные исполнители этих работ — мотористы, слесари-монтажники, ремонтники и др.

В связи с многообразием применяемых на судах дизельных установок, сложностью и многоплановостью целого ряда вопросов их технической эксплуатации в книге наибольшее внимание уделено практическим вопросам, недостаточно освещенным в технической литературе для массового читателя. При этом предпринята попытка рассмотреть вопросы, касающиеся не только дизелей, но и всего комплекса судно—двигатель—двигатель во взаимодействии и взаимовлиянии их друг на друга. В этом состоит существенное отличие предлагаемой читателям книги по сравнению с первым изданием (1981 г.). Кроме того, книга переработана и дополнена с учетом содержания новых учебных планов

и программ для подготовки и повышения квалификации специалистов плавсостава морского и речного флотов, рыбного хозяйства, работающих с совмещением родственных профессий (матрос I класса — моторист II класса, слесарь 2 разряда — моторист I класса, рулевой I класса — моторист II класса и др.). Переработана и часть книги, относящаяся к широкому внедрению дистанционных автоматических систем управления, защиты и контроля, различных диагностических устройств в современных судовых дизелях. Большое внимание уделено способам передачи мощности от двигателя к движителю, влиянию внешних условий на параметры рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания и на технико-экономические показатели судовой дизельной установки (СДУ), а также вопросам повышения надежности и ресурса двигателей, рациональным методам контроля расхода и экономии топлива и смазочных масел, рентабельности работы судов и их СДУ в условиях самофинансирования и самоокупаемости.

В связи с увеличением количества судов, оснащенных винтами регулируемого шага (ВРШ), соответствующий раздел книги также значительно изменен.

Во второе издание справочника включены сведения о планировании и организации судоремонта, функциях Регистра СССР, а также о прогрессивной системе организации технического обслуживания судовых технических средств по их фактическому состоянию, допускам и посадкам, техническим измерениям, методам и способам ремонта всех основных частей дизелей в условиях судоремонтного предприятия.

Значительно переработана часть книги, касающаяся способов обкатки дизелей после монтажа их на судне или после ремонта, всех видов испытаний с соответствующими теплотехническими измерениями.

Все критические замечания и пожелания читателей по содержанию справочника будут приняты с благодарностью. Их следует направлять по адресу: 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8, издательство «Судостроение».

**ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО
СГОРАНИЯ (ГОСТ 10448—82)**

- B — расход топлива, кг/ч
 b_e — удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
 d — диаметр цилиндров, см
 n — частота вращения, мин⁻¹
 P_e — эффективная (тормозная) мощность двигателя, кВт
 P_i — индикаторная мощность двигателя, кВт
 P_0 — атмосферное давление, МПа
 P_B — давление наддува, МПа
 P_C — давление в конце сжатия, МПа
 P_{\max} — максимальное давление сгорания, МПа
 P_{me} — среднее эффективное давление, МПа
 P_{mi} — среднее индикаторное давление, МПа
 S — ход поршня, см
 T_0 — температура окружающей среды, К (°C)
 T_B — температура воздуха после турбокомпрессора, К (°C)
 T_g — температура отработавших газов, К (°C)
 T_{tg} — крутящий момент на валу отбора мощности, Н·м
 v_c — объем пространства сжатия, л, дм³
 v_s — полный объем цилиндра, л, дм³
 v_t — рабочий объем цилиндра, л, дм³
 v_m — средняя скорость поршня, м/с
 α — коэффициент избытка воздуха
 ε_c — номинальная степень сжатия
 η_{ei} — индикаторный КПД двигателя
 η_{et} — эффективный (тормозной) КПД двигателя
 η_m — механический КПД двигателя
 Φ_0 — влажность воздуха, %

СОВРЕМЕННОЕ СУДНО КАК ИНЖЕНЕРНОЕ СООРУЖЕНИЕ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВ ПО ПРАВИЛАМ РЕГИСТРА СССР. СИМВОЛЫ КЛАССА СУДНА

1. Что такое класс судна?

Класс судна — это разряд, к которому относится конкретное судно согласно правилам классификации и постройки того или иного классификационного общества. Класс присваивается (или возобновляется) на определенный срок с выдачей классификационного свидетельства, в котором удостоверяется, что судно отвечает требованиям, предъявляемым к его прочности и мореходности.

В СССР юридическим органом технического надзора и классификации гражданских морских судов и плавучих сооружений является Регистр СССР при ММФ СССР.

Класс судна записывается в виде символа и различных дополнительных знаков.

2. Как классифицируются суда по Правилам Регистра СССР?

В соответствии с Правилами Регистра СССР все суда классифицируют по следующим признакам:

по назначению — транспортные (пассажирские, грузовые, грузопассажирские), промысловые (рыбодобывающие, рыбоперерабатывающие), научно-исследовательские (экспедиционные, гидрографические), учебные и спортивные, специальные (лоцманские, плавучие маяки, водолазные, пожарные), судоремонтные (плавмастерские, подъемные краны и доки), служебные (ледоколы, буксиры, толкачи, разъездные), спасательные (базы, боты, понтоны, буксиры), технические (грунтовозы, дноуглубители);

по району плавания — морские (дальнего, неограниченного, прибрежного); рейдовые; внутреннего пла-

вания (речные, озерные); смешанного плавания (река— море);

по способу движения — самоходные и несамоходные;

по типу главного двигателя — теплоходы (двигатель внутреннего сгорания), пароходы (паровая машина), турбоходы (паровая турбина), газотурбоходы (газовая турбина), дизель-электроходы (электрические установки, получающие энергию от двигателя внутреннего сгорания), электроходы (электрические установки, получающие энергию от турбины), атомоходы (атомная энергетическая установка);

по способу движения — водоизмещающие, подводные, глиссирующие, на подводных крыльях, на воздушной подушке;

по типу движителя — винтовые, с крыльчатим, водометным или роторным движителем, парусные;

по материалу корпуса — стальные, из легких сплавов, пластмассовые, деревянные, железобетонные, композитные;

по архитектурно-конструктивному типу — одно- и двухкорпусные, одно- и многопалубные, с кормовым, средним и промежуточным расположением машинного отделения;

по количеству гребных валов — одновальные, двухвальные и т. д.

3. Что представляет собой символ класса судна?

Основной символ класса судна состоит из знака звездочки, вписанной в окружность, и проставленных перед ней букв: КМ для самоходного и К — для несамоходного судна. Дополнительные знаки отражают: категорию ледовых усилений — УЛА, УЛ, Л1, Л2, Л3 и Л4; степень обеспечения непотопляемости — заключенные в квадрат цифры 1, 2 и 3; повышенную противопожарную защиту — F; ограничения по району плавания — I, II, IСП и III; знак автоматизации судовой энергетической установки (СЭУ) — А1, А2 или А3; назначение судна — слова «буксир», «танкер» и т. д. [если судно нефтеналивное, то к символу о его назначении добавляется значение (цифра) температуры вспышки перевозимого нефтепродукта]; оборудование судна

атомной энергетической установкой — знаком атома (атомное ядро в центре двух пересекающихся электронных орбит).

4. Что представляют собой знаки категорий ледового усиления?

В зависимости от примененной категории ледового усиления к основному символу класса добавляют знаки, указанные в п. 3. Означают они следующее: УЛА — судно может плавать в летне-осенний период навигации во всех районах Мирового океана; УЛ — в летне-осенний период в Арктике в легких условиях и круглогодично в замерзающих неарктических морях; Л1 — в летний период навигации в Арктике и круглогодично в замерзающих неарктических морях; Л2, Л3 — в мелкобитом разреженном льду неарктических морей.

Ледоколам к основному символу класса добавляют знак ЛЛ1, ЛЛ2, ЛЛ3 или ЛЛ4 в зависимости от мощности СЭУ и условий плавания: ЛЛ1 — выполнение всех видов ледокольных работ в течение всего года (суммарная мощность на гребных валах 47 000 кВт и более); ЛЛ2 — в летний период и только по прибрежным трассам в зимний (мощность на гребных валах от 22 000 до 47 000 кВт); ЛЛ3 — в неарктических замерзающих морях и в устьевых участках рек, впадающих в арктические моря, а также в арктических морях, но только по прибрежным трассам совместно с ледоколами высших категорий (мощность на гребных валах от 11 000 до 22 000 кВт); ЛЛ4 — в портовых и предпортовых акваториях, а также в замерзающих морях совместно с ледоколами высших категорий (мощность на гребных валах менее 11 000 кВт).

5. Что показывает знак степени обеспечения непотопляемости?

Если корпус судна разделен на отсеки, то к основному символу класса судна добавляют один из знаков $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$, показывающих число отсеков, при затоплении которых судно должно остаться на плаву в состоянии равновесия; знаки $\overline{2}$ и $\overline{3}$ показывают число

смежных отсеков, при затоплении которых судно должно оставаться на плаву.

6. Что показывает знак ограничения района плавания?

Если судно предназначено для плавания в ограниченном районе или для смешанного плавания, то к основному символу класса добавляют следующие знаки: I — разрешается плавание в открытом море с удалением от мест убежища до 200 миль, а также плавание в закрытых морях; II — плавание в открытых морях с удалением от мест убежищ до 50 миль, а плавание в закрытых морях — в границах, установленных Регистром в каждом отдельном случае; IIСП — плавание на внутренних водных путях, а также в морских районах на волнении не более 6 баллов с удалением от мест убежищ в открытых морях до 50 миль, в закрытых — до 100 миль; III — прибрежное, рейдовое и портовое плавание. Для судов неограниченного района плавания к символу класса знак района плавания не добавляется.


7. Какие знаки в символе класса судна учитывают степень его автоматизации?


По степени автоматизации различают такие суда:

неавтоматизированные или частично автоматизированные с местным постом управления СЭУ и постоянной вахтой в машинном отделении (МО);

автоматизированные с дистанционным автоматическим управлением (ДАУ), постоянной вахтой в центральном посту управления (ЦПУ) и периодическим обслуживанием в МО (степень автоматизации А2); автоматизированные с ДАУ, без постоянной вахты в ЦПУ и МО и с периодическим обслуживанием (степень автоматизации А1). Предусмотрена также степень автоматизации А3 на судах с мощностью СЭУ до 1500 кВт, объем автоматизации которых сокращен, но возможна эксплуатация СЭУ без вахты в МО. На таких судах отсутствует или существует в неполном объеме ЦПУ, судовая электростанция упрощена за счет использования генераторов с приводом от главного двигателя (ГД) или от валопровода.

8. Как читается символ класса для какого-либо конкретного судна?

Символ класса, имеющий вид КМ  УЛ 1

FA1  лихтеровоз, расшифровывается так: самоходное судно, построено под надзором Регистра СССР, неограниченного района плавания, имеет усиленные ледовые подкрепления (допускается плавание за ледоколом, а также самостоятельное плавание в битом льду в арктических морях), способно оставаться на плаву при затоплении одного отсека, удовлетворяет дополнительным требованиям правил по противопожарной защите, с объемом автоматизации СЭУ, допускающим работу судна без постоянной вахты в МО и ЦПУ, предназначено для перевозки лихтеров.

1.2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СУДНА

9. Что такое мореходные качества судна?

Чтобы судно могло выполнять свои функции, оно должно обладать определенными качествами, называемыми мореходными. К ним относятся плавучесть и запас плавучести, остойчивость, непотопляемость, плавность качки, ходкость, маневренность, устойчивость на курсе и управляемость. Они определяются главными размерениями судна, обводами корпуса, размещением технических средств и специальных устройств.

10. Что такое теоретический чертеж судна и для чего он нужен?

Общее представление о форме наружной поверхности корпуса дает сечение его тремя взаимно перпендикулярными плоскостями (рис. 1).

Вертикальная плоскость, идущая вдоль судна по середине его ширины и разделяющая судно на две симметричные половины (левый и правый борт), называется *диаметральной плоскостью* (ДП). Поверхность воды в спокойном состоянии, которая пересекает наружную обшивку судна, несущего все полагающиеся по роду его службы грузы, образует *плоскость грузовой ватерлинии* (ГВЛ). Эта плоскость отделяет подводную часть судна от надводной. Поперечная плоскость, рас-

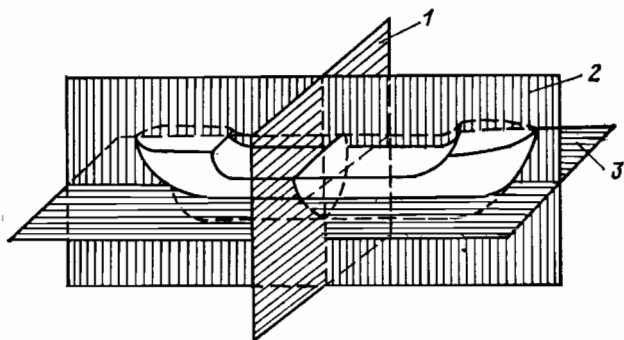


Рис. 1. Расположение основных плоскостей

1 — плоскость мидель-шпангоута; 2 — диаметральной плоскости;
3 — плоскость грузовой ватерлинии

секающая судно по середине его длины, называется *плоскостью мидель-шпангоута*.

Ряд плоскостей, параллельных ДП, образуют на поверхности судна *линии батоксов* (рис. 2). Пересечения наружной обшивки с горизонтальными плоскостями образуют *промежуточные ватерлинии*, а с вертикально-поперечными — *шпангоуты*. При совмещении всех перечисленных сечений на одном чертеже получится обычная для судостроителей форма представления поверхности судна — *теоретический чертеж* (рис. 3).

Теоретический чертеж состоит из трех проекций: корпуса (рис. 3, а), полушироты (рис. 3, в) и бока (рис. 3, б). По теоретическому чертежу можно получить представление о форме корпуса судна даже без изготовления его модели.

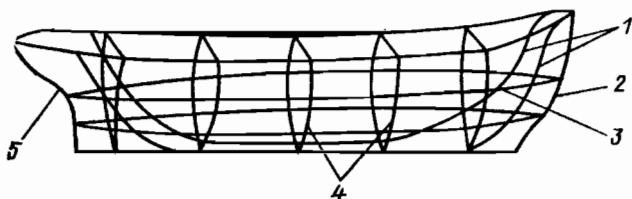


Рис. 2. Линии пересечения наружной поверхности судна плоскостями, параллельными основным плоскостям

1 — батоксы; 2 — форштевень; 3 — ватерлиния; 4 — шпангоуты; 5 — ахтерштевень

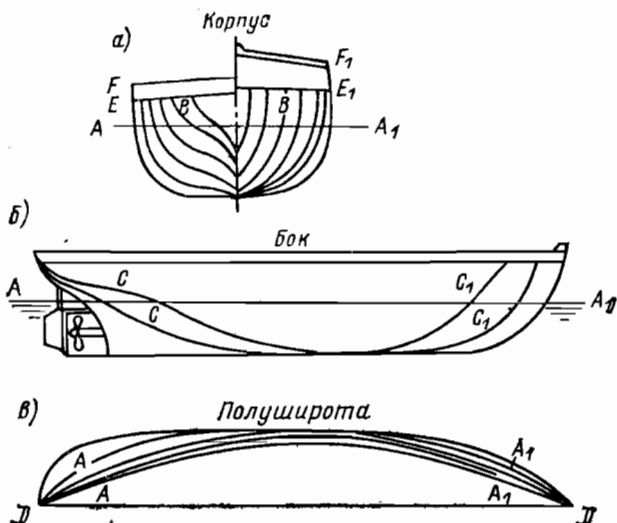


Рис. 3. Теоретический чертеж судна

AA_1 — ватерлиния; D — диаметральной плоскость; CC_1 — ба-токс; EE_1 — палубная линия; FF_1 — линия фальшборта; B — шпангоуты

11. Что понимают под главными размерениями судна?

При проектировании судна пользуются главными размерениями судна, к которым относят его длину L , ширину B , осадку T и высоту борта H (рис. 4).

Различают расчетные (теоретические) и наибольшие (габаритные) главные размерения. Первые используют при определении мореходных качеств судна, вторые — при всех практических надобностях.

Длина расчетная $L_{\perp\perp}$ — расстояние между носовым и кормовым перпендикулярами, восстановленными в крайних точках ГВЛ.

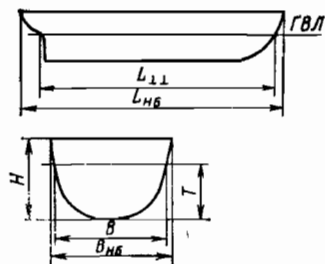


Рис. 4. Главные размерения судна

B — ширина; T — осадка; H — высота борта; $L_{\perp\perp}$ — расчетная длина; $L_{нб}$ — наибольшая длина; ГВЛ — грузовая ватерлиния; $B_{нб}$ — наибольшая ширина

Длина наибольшая $L_{\text{нб}}$ — расстояние между крайними носовой и кормовой точками корпуса. Измеряется в плоскости, параллельной ГВЛ.

Ширина расчетная B — наиболее широкое место корпуса в плоскости ГВЛ без учета обшивки.

Ширина наибольшая $B_{\text{нб}}$ — наиболее широкая часть корпуса с учетом толщины наружной обшивки и выступающих частей.

Осадка расчетная T — расстояние по вертикали на миделе от верхней кромки киля до ГВЛ.

Осадка наибольшая $T_{\text{нб}}$ — величина наибольшего погружения корпуса до ГВЛ с учетом обшивки и выступающих частей. Осадка носом $T_{\text{н}}$ и кормой $T_{\text{к}}$ измеряется по вертикали от точки пересечения действующей ГВЛ с форштевнем и ахтерштевнем до линии продолжения нижней кромки киля. Разность осадок $T_{\text{н}}$ и $T_{\text{к}}$ характеризует дифферент судна.

Высота борта расчетная H — высота по вертикали на миделе от верхней кромки киля до нижней кромки верхней непрерывной палубы у борта.

12. Как определяют осадку и дифферент судна?

Для определения осадки и дифферента в носовой и кормовой частях корпуса на обоих бортах наносят марки углубления в дециметрах арабскими цифрами. Нижние кромки цифр соответствуют той осадке, которую они обозначают. Если $T_{\text{к}}$ больше $T_{\text{н}}$, то судно имеет дифферент на корму и, наоборот, при $T_{\text{к}}$ меньше $T_{\text{н}}$ — дифферент на нос. При $T_{\text{к}}$, равной $T_{\text{н}}$, говорят: «судно — на ровном киле». Средняя осадка представляет собой полусумму осадок носа и кормы.

13. Что такое водоизмещение и коэффициент полноты судна?

Основная величина, характеризующая размеры судна, — это объем вытесненной им воды, называемый *объемным водоизмещением*. То же количество воды, выраженное в единицах массы, называется *массовым водоизмещением*. Для понтона, показанного на рис. 5, объемное водоизмещение V составит $10 \cdot 5 \cdot 2 = 100 \text{ м}^3$. Однако подводный объем подавляющего большинства судов значительно отличается от объема параллелепипеда (рис. 6). Вследствие этого водоизмещение судна меньше объема

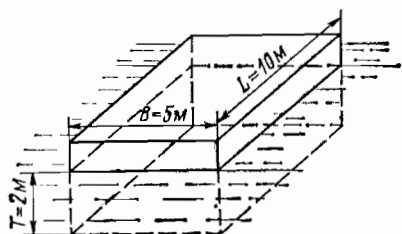


Рис. 5. Объемное водоизмещение прямоугольного понтона

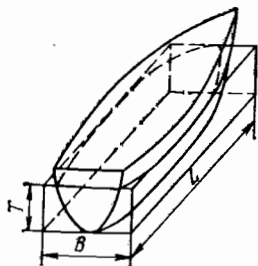


Рис. 6. Объемное водоизмещение судна

параллелепипеда, построенного на его главных размерах и осадке. Чтобы оценить степень полноты подводной поверхности, в теорию судна введено понятие о коэффициенте общей полноты δ , показывающем, какую долю от объема указанного параллелепипеда составляет объемное водоизмещение судна V . Следовательно,

$$V = \delta LBT.$$

Пределы изменения коэффициента общей полноты δ

Быстроходные пассажирские суда	0,55—0,65
Грузопассажирские суда	0,60—0,75
Грузовые суда, танкеры	0,60—0,85
Буксиры	0,45—0,60
Рыболовные суда	0,55—0,60
Парусные яхты	0,35—0,50
Речные пассажирские суда	0,55—0,70
Речные грузовые суда	0,70—0,85
Баржи	0,85—0,95

Чтобы определить массовое водоизмещение, достаточно значение V умножить на значение удельной массы воды (пресной — 1000 кг/м³, в Мировом океане — от 1023 до 1028 кг/м³). Крайними значениями водоизмещения судна при его нормальной эксплуатации являются: водоизмещение в полном грузу и водоизмещение порожнем. Разность между ними называется *дедвейтом*. Он представляет собой массу перевозимого груза, запасов топлива, смазочных масел, воды, провизии, экипажа и пассажиров с багажом, т. е. всех переменных грузов.

Чистая грузоподъемность — масса перевозимого груза, который может быть принят на борт.

В ряде случаев пользуются такими понятиями, как стандартное, полное, нормальное и наибольшее водоизмещения.

Стандартное водоизмещение — это водоизмещение совершенно готового судна, полностью укомплектованного экипажем, снабженного всеми механизмами и устройствами и готового к выходу. Это водоизмещение включает массу оборудования СЭУ, готовой к действию, продовольствия и пресной воды, исключая запасы топлива, смазочных материалов и котельной воды.

Полное водоизмещение равно стандартному плюс запасы топлива, смазочных материалов и котельной воды в количествах, обеспечивающих заданную дальность плавания полным и экономичным ходами.

Нормальное водоизмещение равно стандартному плюс запасы топлива, смазочных материалов и котельной воды в количестве половины запасов, предусмотренных для полного водоизмещения.

Наибольшее водоизмещение равно стандартному плюс запасы топлива, смазочных материалов и котельной воды в полном объеме в специально оборудованных для этого в цистернах (танках).

14. Что понимается под грузоподъемностью судна и как она измеряется?

Суда перевозят грузы разных удельных масс и форм, поэтому при принятии грузов на судно учитывают *грузовместимость* его помещений. Наилучшим вариантом загрузки судна считается такой, когда полностью использованы его грузоподъемность и грузовместимость.

Есть и еще одно понятие вместимости судна — *регистрационная вместимость*. Ее используют при определении суммы денежных сборов, взимаемых с судна за пользование буксирами, баржами, услугами лоцманов и т. п. Регистрационная вместимость измеряется в регистровых тоннах по особым правилам, поэтому ее нельзя путать с грузовместимостью. Регистровая тонна — условный измеритель зарегистрированных помещений судна. Одна регистровая тонна равна 100 фут³ (2,83 м³). Различают полную регистровую вместимость (брутто-тоннаж) и чистую регистровую вместимость (нетто-тоннаж).

Валовая регистрируемая вместимость — это объем всех судовых помещений под верхней палубой и постоянных крытых надстроек и рубок над ней (кроме ходовой рубки), камбузов, трапов, санузлов, световых люков, шахт аварийных выходов, а также междудонных цистерн, используемых только для приема забортной воды (балластные цистерны).

Чистая регистрируемая вместимость — это объем всех помещений, используемых для перевозки грузов и пассажиров, для ресторанов, кинозалов, салонов, парикмахерских и т. п. В нее не входят объемы служебных помещений и помещений для экипажа.

15. Что понимают под плавучестью судна?

Под плавучестью судна понимают его способность плавать в определенном положении относительно поверхности воды, неся все предназначенные по роду его службы грузы, и иметь при этом заданное погружение (осадку).

Во время эксплуатации судно по тем или иным причинам может получить пробоину, через которую внутрь его корпуса будет поступать вода. Поэтому, наряду с водоизмещением судна, важно знать запас его плавучести, т. е. количество груза, которое может быть принято на судно, чтобы оно не затонуло. Подобно тому как мерой плавучести судна является объем, ограниченный его подводной поверхностью, запас плавучести измеряется объемом надводной части судна, причем сюда относят только те отсеки, водонепроницаемость которых обеспечена.

16. Что такое остойчивость судна?

Остойчивостью называется способность судна сохранять свое положение равновесия и вновь возвращаться к нему после того, как прекратится действие внешних сил, вызвавших изменение положения судна (например, порыв ветра, удар волны).

Остойчивость зависит от формы корпуса судна и от размещения на нем грузов. Судно, остойчивое при одном положении грузов, может частично или полностью потерять это свойство, если часть грузов переместить вверх.

В каком бы положении судно ни плавало, на него постоянно действуют две равные и противоположно

направленные силы: вес судна со всеми находящимися на нем грузами и поддерживающая сила воды. Точка приложения первой силы называется *центром тяжести* (ЦТ) судна, а точка приложения второй — *центром величины* (ЦВ).

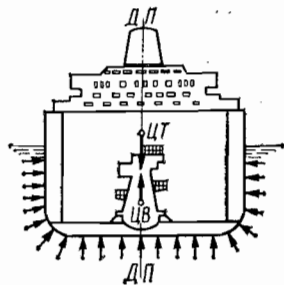


Рис. 7. Силы, действующие на судно в прямом положении

В прямом положении судна (рис. 7) обе силы лежат на одной вертикальной прямой. Если какая-либо внешняя сила вызовет наклонение судна (рис. 8), то вследствие увеличения подводного объема у одного борта и равного ему уменьшения подводного объема у другого борта ЦВ переместится в сторону крена. При этом возможны три случая.

1. Точка пересечения направления силы поддержания с ДП (метацентр M) лежит выше ЦТ судна (рис. 8, а). В этом случае вес судна и сила поддержания стремятся погрузить в воду один борт (на рисунке — левый) и поднять другой (на рисунке — правый). Такое судно будет остойчивым, так как после устранения причины, вызвавшей наклонение, оно вернется в начальное положение.

2. Поддерживающая сила пересекает ДП в точке, лежащей ниже ЦТ. В этом случае под действием веса и силы поддержания судно будет продолжать крениться и в конце концов может опрокинуться (рис. 8, б). Остойчивость в данном случае отрицательная.

3. Метацентр M совпадает с ЦТ (рис. 8, в) — обе действующие силы лежат снова на одной вертикальной прямой. После устранения причины, вызвавшей крен, судно останется в наклоненном положении. В этом случае судно обладает нулевой остойчивостью, и положение такого равновесия называют безразличным.

Таким образом, основное условие остойчивости судна состоит в том, чтобы ЦТ его лежал ниже метацентра M . Чем больше возвышение M над ЦТ, тем меньший крен получает оно под действием одной и той же кренящей силы. Поэтому данное расстояние, называемое поперечной метацентрической высотой h , считают мерой остойчивости судна. Чем больше ее значение, тем остойчивее

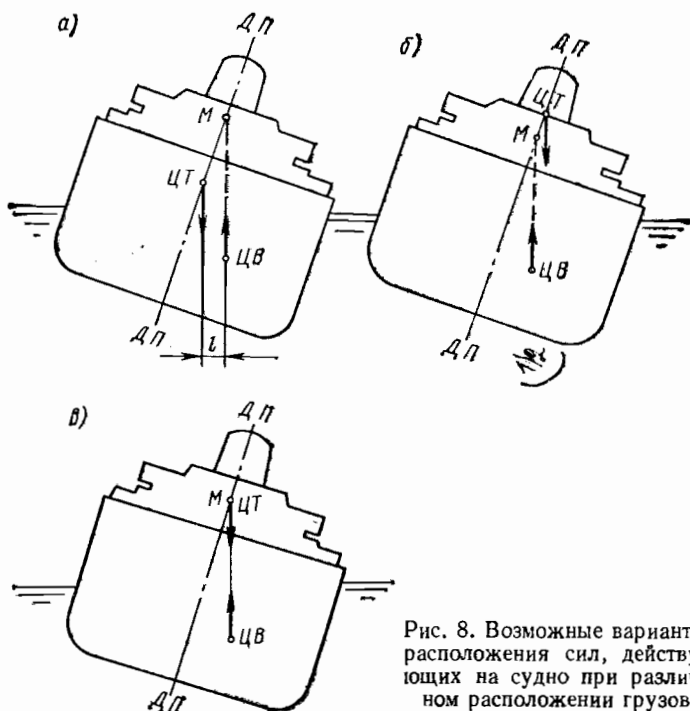


Рис. 8. Возможные варианты расположения сил, действующих на судно при различном расположении грузов

судно. Но это не значит, что чем больше h , тем лучше. При большой h в штормовую погоду судно будет испытывать резкую порывистую качку, а это плохо сказывается на самочувствии людей, на механизмах, приборах и прочности корпуса. Поэтому при проектировании судна стремятся получить такое значение h , при котором судно было бы достаточно устойчивым и в то же время имело плавную качку.

При статическом действии внешних сил судно будет крениться до тех пор, пока силы кренящего и восстанавливающего моментов не сравняются. Если же судно подвергнется динамическому (резкому) воздействию внешних сил, то оно будет продолжать крениться по инерции и после достижения равновесия кренящего и восстанавливающего моментов. Сначала величина восстанавливающего момента возрастет до максимального значения, а со входом палубы в воду начнет резко уменьшаться. С уменьшением восстанавливающего момента

до нулевого значения судно потеряет остойчивость и опрокинется.

В практике мореплавания были случаи опрокидывания судов, потерявших остойчивость из-за наличия в цистернах и других помещениях жидких или сыпучих грузов, способных беспрепятственно перемещаться в сторону крена. Несимметричное затопление бортовых отсеков и затопление высоко расположенных помещений тоже резко снижает остойчивость судна и может повлечь за собой моментальное его опрокидывание даже при небольших углах крена.

Продольная метацентрическая высота судна настолько велика, что возможность его опрокидывания через нос или корму практически исключается.

17. Что называется непотопляемостью судна?

Непотопляемость — это способность судна оставаться на плаву после затопления части отсеков, сохраняя при этом остойчивость и частично другие мореходные качества. Она обеспечивается запасом плавучести, который равен внутреннему объему надводной части корпуса, имеющей водонепроницаемые закрытия. Пробойны в корпусе выше ватерлинии, а также открытые иллюминаторы в надводной части снижают запас плавучести, так как водонепроницаемый надводный объем уменьшается до нижней кромки этих отверстий.

18. Как контролируют высоту надводного борта?

Минимальная высота надводного борта — основной показатель запаса плавучести. Для ее контроля в соответствии с требованиями Международной конвенции по охране человеческой жизни на море и Правил Регистра СССР на бортах судов в средней части корпуса накрашивают грузовую марку. Она служит указателем минимально допустимого надводного борта.

Грузовая марка (рис. 9) представляет собой круг (диск Плимсолля) с горизонтальной отметкой ватерлинии в центре (для плавания летом в океане при плотности воды $1,025 \text{ кг/м}^3$) и так называемой «гребенкой». Горизонтальные линии на «гребенке» — это сезонные марки, определяющие минимальную высоту надводного борта в различных условиях плавания.

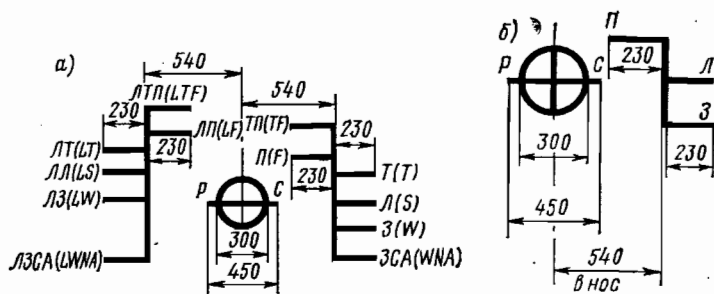


Рис. 9. Грузовая марка: а — для судов с неограниченным районом плавания; б — для судов внутреннего плавания

Обозначения над горизонтальными линиями расшифровываются так: Л (S) — летний надводный борт; З (W) — зимний надводный борт; Т (T) — тропический надводный борт; ЗСА (WNA) — зимний надводный борт для Северной Атлантики; П (F) — надводный борт для пресной воды; ТП (TF) — тропический надводный борт для пресной воды.

Суда, предназначенные для перевозки лесных материалов на палубе, имеют дополнительную «лесную гребенку». На этой «гребенке» перед обозначением марок добавляется буква Л — лесная.

На судах каботажного плавания грузовая марка имеет отличительный знак: по бокам диска Плимсолля, над проходящей через центр круга горизонтальной линией, наносятся буквы Р и С. На бортах советских судов, совершающих заграничные рейсы, можно встретить и другие разновидности марки. С 1965 г. для судов, имеющих две палубы и более, введена тоннажная марка, принятая ассамблеей Межправительственной морской организации (ИМО). В морском флоте имеются грузовые двухпалубные суда двух конструкций: 1) полнонаборные — с минимальным надводным бортом и водонепроницаемыми переборками, доходящими до верхней (в данном случае главной) палубы; 2) шельтердечные суда открытого типа, имеющие выше второй (в этом случае главной) палубы верхнюю палубу — шельтердек, который ограничивает верхний твиндек (у таких судов минимальная высота надводного борта измеряется до второй сверху палубы).

Чтобы исключить объем верхнего твиндека из регистраемой вместимости судна и соответственно уменьшить

размер взимаемых налогов и сборов, в шельтердеке делали «тоннажный люк», а в поперечных переборках верхнего твиндека — обмерные отверстия, закрытие которых не создавало требуемой водонепроницаемости.

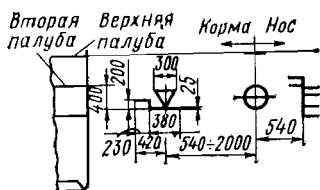


Рис. 10. Тоннажная марка

С целью обеспечения наибольшей безопасности плавания по решению ИМО на обмерные отверстия судов шельтердечного типа разрешено устанавливать надежные водонепроницаемые закрытия (льготные условия обмера регистровой вместимости при этом остались прежние).

Тоннажную марку (рис. 10) накрашивают на бортах к корме от грузовой марки. Она состоит из горизонтальной линии, на середине которой изображен треугольник; сбоку и выше этой линии на $1/48$ осадки на тоннажную марку наносят вторую горизонтальную линию (марку для пресной воды). Обе марки соединяют вертикальной линией.

Тоннажная марка не заменяет грузовую марку. Она располагается ниже второй палубы и никогда не может быть выше грузовой марки. В мерительном свидетельстве шельтердечного судна открытого типа указывают два значения валовой и чистой вместимости. Если тоннажная марка погружена в воду, то при взимании налогов и сборов пользуются валовой и чистой вместимостью, найденной с учетом объема верхнего твиндека. Если же тоннажная марка находится над водой, то объем верхнего твиндека в регистровую вместимость судна не включают.

19. Что такое ходкость судна?

Ходкость судна — это его способность перемещаться с заданной скоростью при наименьших затратах мощности главных двигателей (ГД).

Для судов водоизмещающего типа существует квадратичная зависимость между сопротивлением воды и скоростью движения и кубическая — между мощностью ГД, затрачиваемой на преодоление сопротивления, и скоростью движения судна. Повышение скорости водоизмещающего судна выше заданной обычно влечет за собой повышение сопротивления движению на-

столько, что для преодоления его требуется значительно увеличить мощность СЭУ. Для увеличения скорости водоизмещающего судна, например, в 1,5 раза необходимо увеличить мощность ГД СЭУ почти в 3,5 раза, а это не всегда возможно.

Чтобы увеличить скорость судна при заданной мощности ГД, необходимо снизить сопротивление воды движению судна. Такое снижение при условии сохранения водоизмещения может быть достигнуто выбором оптимальной формы обводов корпуса, уменьшением шероховатости его обшивки или за счет сокращения смоченной поверхности судна. Третий путь более эффективный. Смоченная поверхность и соответственно сопротивление воды движению сводятся до минимума у судна, которое за счет использования каких-либо сил поднимается над водой и движется над ее поверхностью. Силы, способные поднять корпус судна над водой, — это гидродинамические силы поддержания, используемые на глиссирующих судах и на судах с подводными крыльями (СПК), а также силы давления воздуха, подаваемого в полость находящейся под днищем судна воздушной камеры (суда на воздушной подушке).

20. Что называют управляемостью судна?

Управляемость судна характеризуется двумя качествами: поворотливостью и устойчивостью на курсе.

Поворотливостью называют способность судна изменять направление движения. Под устойчивостью на курсе, напротив, понимают способность сохранять заданное направление движения.

Устойчивость судна на курсе тем лучше, чем оно длиннее и чем больше площадь погруженной части ДП. Морская практика связывает степень устойчивости на курсе с тем, как часто и на какой угол приходится переключать руль для удержания судна на курсе. Судно считается устойчивым на курсе, если при состоянии моря и ветра не более 3—5 баллов для удержания его на заданном курсе необходимо переключать руль не чаще 4—6 раз в минуту и притом не более 2—3° на каждый борт.

21. Что такое циркуляция судна?

Если на судне, следующем прямым курсом, переложить руль на некоторый угол и удерживать его

в таком положении, то ЦТ судна начнет описывать кривую, называемую *циркуляцией*.

Аналогичного эффекта можно добиться на многовинтовых судах соответствующим изменением направления вращения винтов (работа «враздрай»).

При циркуляции судна (рис. 11), когда движение делается установившимся, траектория ЦТ представляет собой окружность, диаметр которой называют диаметром циркуляции d . Обычно при полной перекладке руля он составляет от 3 до 5 длин судна и меняется в следующих пределах.

Тип судна	d/L
Трансатлантические грузовые и грузопассажирские суда, танкеры	5—6
Суда каботажного плавания	3—4
Морские буксиры	2,5—3,5

Отношение d/L считают мерой поворотливости судна. Кроме того, практическое значение имеют:

— *тактический диаметр циркуляции* d_T — расстояние между ДП судна на прямом курсе и положением ее после поворота на 180° , обычно $d_T = (0,9 \div 1,2) d$;

— *выдвиг* l_1 — расстояние между положением ЦТ судна в момент начала перекладки руля и ДП при повороте на 90° , обычно $l_1 = (0,6 \div 1,2) d$;

— *прямое смещение* l_2 — расстояние, на которое сместится в сторону циркуляции ЦТ при повороте судна на 90° , обычно $l_2 = (0,25 \div 0,5) d$;

— *обратное смещение* l_3 — наибольшее расстояние, на которое по отношению к прямому курсу смещается ЦТ в сторону, противоположную повороту; как правило, оно не превосходит полуширины судна.

Существенная особенность циркуляционного движения — это угол дрейфа, образованный касательной к траектории ЦТ судна и положением ДП. При этом нос судна повернут внутрь циркуляции, а корма — наружу. Вследствие изменения угла

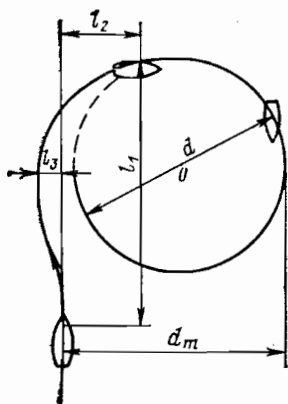


Рис. 11. Циркуляция судна и ее основные элементы

дрейфа сопротивление воды движению судна возрастает настолько, что может привести к заметному снижению (в среднем на 25 %) скорости на циркуляции и перегрузке ГД. Угол дрейфа может достигать 15—20° и более.

Циркуляцию судна характеризует также время, в течение которого судно совершает полный поворот (360°). Это время называют периодом циркуляции. Оно зависит от скорости и угла перекладки руля. С их увеличением период циркуляции уменьшается; при руле, положенном на борт, он обычно составляет 3—5 мин, а иногда и более.

Большую роль с точки зрения безопасности играет крен судна, возникающий в процессе циркуляции. Наиболее опасной является циркуляция, совершаемая максимальным ходом при переложенном руле. Особенно велик и опасен угол крена на судах с малой остойчивостью. Обычно устанавливают ограничители поворота руля, не допускающие его перекладку более чем на 35°.

1.3. КОРПУС СУДНА И ЭЛЕМЕНТЫ ЕГО НАБОРА

22. Что такое набор корпуса судна?

Набор корпуса — это совокупность продольных и поперечных балок, соединенных между собой и образующих остов судна. Наружная обшивка крепится к остову и представляет собой водонепроницаемую оболочку корпуса.

Листы обшивки с балками набора образуют перекрытия: бортовые, палубные, переборочные, днищевые.

23. Какими могут быть системы набора корпуса судна?

Количественное соотношение продольных и поперечных балок в наборе определяет название системы набора: продольная, поперечная или продольно-поперечная. Продольно-поперечная система, в свою очередь, подразделяется на комбинированную и смешанную. В комбинированной системе днище и палубы выполнены по продольной системе, а борта — по попереч-

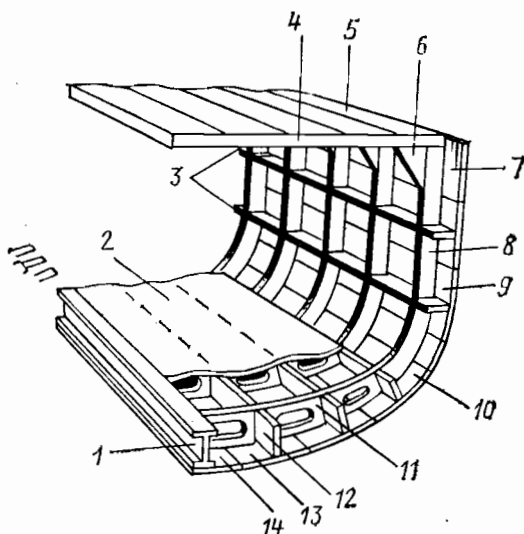


Рис. 12. Смешанная система набора корпуса

1 — киль; 2 — настил второго дна; 3 — бортовые стрингеры; 4 — бимо; 5 — палубный стрингер; 6 — кница; 7 — ширстрек; 8 — шпангоут; 9 — бортовой пояс (бархоут); 10 — скуловой пояс; 11 — флор; 12 — днищевой стрингер; 13 — шпунтовой пояс; 14 — килевой пояс;
ЛДП — линия диаметральной плоскости

ной. Смешанная система набора (рис. 12) характеризуется примерно одинаковыми расстояниями между продольными и поперечными балками.

24. Из каких балок состоит набор корпуса?

Основная продольная связь набора корпуса — *киль*, представляющий собой балку или коробку, идущую вдоль корпуса по его ДП. В носовой и кормовой частях корпуса продолжением кия являются *штевни* (в носу — форштевень, в корме — ахтерштевень), которые служат для соединения перекрытий обоих бортов и создания жесткой конструкции в носовой и кормовой оконечностях судна.

К килю приваривают поперечные днищевые балки — *флоры*, они бывают сплошные и бракетные. Сплошные флоры делают глухими (водонепроницаемыми) или с вырезами. Водонепроницаемые флоры ставят в местах разделения междудонного пространства на отдельные

цистерны (танки), которые используют для хранения пресной воды, жидкого топлива или балласта. Сплошные флоры с вырезами ставят в частях корпуса, подверженных большим нагрузкам: в машинном отделении, под котлами, в носовой части и т. п. Их также ставят для усиления корпуса через 3—4 бракетных флора. Бракетный флор (облегченный) состоит из двух балок, соединенных между собой полосами — бракетами. Днищевой набор усиливают днищевыми *стрингерами* — балками, устанавливаемыми параллельно килю.

Продолжением флоров от скуловой части до верхней палубы являются *шпангоуты*. Верхние концы каждого шпангоута соединены между собой подпалубными поперечными балками — *бимсами*. Бимс соединяется со шпангоутом с помощью угольника — *кницы*.

В палубном настиле вырезают отверстия для различных люков, из-за чего резко снижается общая прочность корпуса. Для придания жесткости корпусу концы разрезанных бимсов, которые называются *полубимсами*, связывают продольными балками — *карлингсами*.

Бортовой и палубный наборы также укрепляют стрингерами.

25. Что представляет собой обшивка корпуса?

Наружная обшивка и палубный настил обеспечивают прочность и водонепроницаемость корпуса судна. Горизонтальные ряды листов наружной обшивки называются *поясьями*. Они имеют следующие названия: *ширстрек* — верхний пояс обшивки; *бархоут* — пояс в районе ГВЛ; *скуловой пояс* — идущий по скуле корпуса; *килевой* или *горизонтальный* — средний днищевой пояс; *шпунтовой* — пояс, соседний с килевым.

26. С какой целью на некоторых судах устанавливают второе дно?

Чтобы обеспечить непотопляемость судна большого водоизмещения его корпус от носа до кормы имеет второе дно (поверх днищевого набора). Настил второго дна должен быть настолько прочным, чтобы выдержать давление забортной воды в случае получения пробоины в основном днище.

У бортов настил второго дна заканчивается междудонным листом или скуловым стрингером, который приваривают к скуловому поясу. В месте соединений междудонного листа со скуловым поясом предусматривают углубление — *ляло*, предназначенное для сбора воды, появляющейся в результате отпотевания внутренней части бортовой обшивки.

27. Что представляют собой водонепроницаемые переборки судна?

Поперечные и продольные водонепроницаемые переборки, делящие корпус судна на отсеки, изготовляют из листов, толщина которых примерно равна толщине листов наружной обшивки. Двери этих переборок должны обеспечивать полную герметичность закрытия. На судах применяют два вида таких дверей: на петлях с клиновидными задрайками и клинкетные.

28. Что представляют собой палубы?

Горизонтальное непроницаемое перекрытие корпуса, простирающееся по всей длине судна, называется *палубой*. В зависимости от расположения она может быть верхней, средней или нижней. Палуба, идущая по всей ширине корпуса в пределах одного или нескольких смежных отсеков, называется *платформой*. На верхней палубе возводят надстройки и рубки, устанавливают различное оборудование, судовые устройства.

1.4. СУДОВЫЕ РУЛЕВЫЕ УСТРОЙСТВА

29. Для чего служит и из чего состоит рулевое устройство?

Рулевое устройство предназначено для удержания судна на заданном курсе и изменения направления его движения. Оно состоит из штурвала или манипулятора, рулевой передачи, рулевой машины, рулевого привода и руля.

30. Какие существуют типы рулей?

Различают три типа рулей: обыкновенный, балансирный и полубалансирный.

Обыкновенный руль (рис. 13, а) состоит из пера руля, расположенного позади оси вращения. Передняя

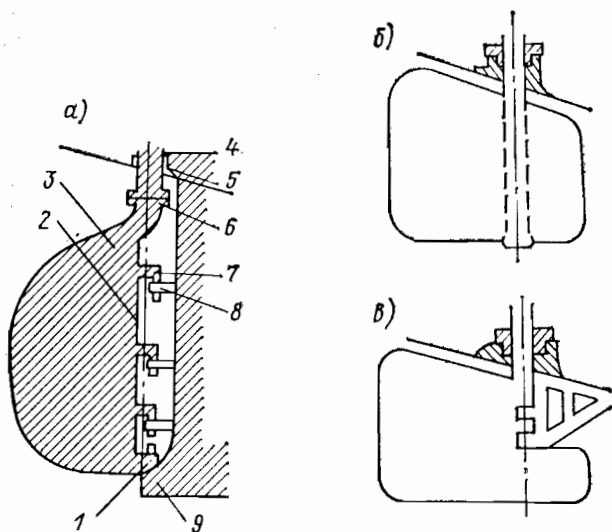


Рис. 13. Конструкция рулей: а — обыкновенный; б — балансирный; в — полубалансирный

1 — пятка руля; 2 — рудерпис; 3 — перо руля; 4 — баллер; 5 — гельмпорт; 6 — фланец; 7 — крючья; 8 — петли; 9 — подпятник

кромка руля (рудерпис) имеет крючья, которыми руль навешивается на петли, расположенные на задней части рамы ахтерштевня, называемой *рудерпостом*. Нижняя выступающая часть пера руля называется *пяткой*. Она имеет отверстие, которым руль надевается на штырь подпятника. В верхней части рудерписа имеется фланец, которым руль с помощью болтов крепится к баллеру. Баллер через отверстие, называемое *гельмпортом* (гельмпортная труба), входит в румпельное отделение, где с помощью рулевого привода (румпеля) соединяется с рулевым двигателем.

Балансирный руль (рис. 13, б) — это руль, у которого одна треть пера руля расположена перед осью вращения; она является его балансирной частью.

Полубалансирный руль (рис. 13, в) имеет меньшую по площади балансирную часть.

31. Что представляют собой рулевые приводы?

Рулевым приводом называется приспособление, связывающее баллер с рулевой машиной и пере-

дающее вращающий момент на руль. Рулевое устройство на судах большого водоизмещения должно иметь три не зависимых друг от друга привода: основной, запасной и аварийный.

Основной привод обеспечивает работу устройства при непрерывной перекладке руля с борта на борт при максимальной скорости судна. Время перекладки руля от 35° одного борта до 35° другого борта не должно превышать 35 с.

Запасной привод служит для работы устройства при непрерывной перекладке руля с борта на борт на скорости, равной половине максимальной. Время перекладки руля от 20° одного борта до 20° другого борта — не более 1 мин. Время перехода с основного привода на запасное управление рулем не должно превышать 2 мин.

Аварийный привод обеспечивает перекладку руля с борта на борт при скорости менее 4 уз (7,4 км/ч). Время перекладки руля с борта на борт не ограничивается.

Румпели бывают продольными, поперечными и секторными. *Продольный румпель* — это стержень, утолщенной частью насаженный на головку (верхнюю часть) баллера руля и расположенный в ДП судна. *Поперечный и секторный румпели* представляют собой двуплечие рычаги, соединенные с головкой баллера.

В настоящее время широко применяют гидравлические приводы. Гидравлическая часть такого привода действует от электродвигателя и служит для облегчения перекладки руля.

Рулевой машиной может быть электродвигатель, который устанавливают в румпельном отделении.

Рулевая передача связывает пост управления в ходовой рубке с рулевой машиной. На судах применяется валиковая, тросовая, электрическая или гидравлическая передачи. При коротких расстояниях между штурвалом и рулевой машиной применяется валиковая передача, которая состоит из ряда стальных стержней — валиков, соединенных с помощью муфт, конических шестерен и карданных шарниров. Это обеспечивает проводку передачи по ломаной линии. Тросовая передача встречается на небольших судах. Она состоит из двух барабанов, обвитых тросом. Один барабан вращается штурвалом и через трос

воздействует на второй барабан, который приводит в действие пусковое устройство рулевой машины.

Более распространенными на всех типах судов являются электрическая и гидравлическая передачи. Гидравлическая передача состоит из двух цилиндров с поршнями, связанными между собой трубками. Вся система заполняется маслом. Движение поршня управляющего цилиндра связано с вращением штурвала, а исполнительного — с золотником рулевой машины.

Электрическую передачу применяют при электрических и некоторых гидравлических рулевых двигателях. В этом случае рулевая тумба оборудуется контроллером, электрически связанным с регулирующим устройством рулевого двигателя.

На маломерных судах можно встретить передачу с помощью штуртрота, который соединяет барабан штурвала непосредственно с рулевым приводом.

Как на главном, так и на запасном посту управления рулем устанавливают *аксиометры* — приборы, позволяющие контролировать положение пера руля.

32. Для чего нужны поворотные насадки?

На некоторых судах (буксирах, самоходных кранах и др.) с целью улучшения маневренных качеств стали применять поворотные направляющие насадки. Насадку закрепляют на вертикальной оси в одной продольной плоскости с осью гребного вала. Поворачиваясь, насадка изменяет направление струи воды от работающего гребного винта, которая отталкивает корму судна в нужную сторону.

33. Каково назначение подруливающего устройства?

Подруливающее устройство является средством активного управления движением судна. Оно имеет рабочий орган (обычно винт) в канале, расположенном в корпусе судна, и создает тягу, направленную под прямым углом к ДП (рис. 14).

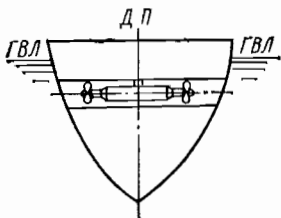


Рис. 14. Подруливающее устройство

1.5. СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

34. Что понимают под системами судна?

Судовыми системами называют совокупность специализированных трубопроводов с арматурой, аппаратами, приборами и механизмами, предназначенными для эксплуатации судна. По своему назначению системы подразделяются на общесудовые, специальные и системы СЭУ.

35. Какие системы относятся к общесудовым?

К общесудовым системам относят: трюмные, противопожарные, санитарные, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

В группу трюмных входят следующие системы: водоотливная — для откачки за борт большого количества воды, попавшей внутрь корпуса; осушительная — для откачки за борт небольшого количества воды, скапливающейся в льялах; спускная и перепускная (как часть осушительной) — для спуска и перепуска жидкостей из отсеков, не имеющих приемных патрубков осушительной системы, в отсеки, имеющие эти приемники; балластная — для приемки и удаления за борт водяного балласта с целью изменения осадки, крена или дифферента судна; система замещения, обеспечивающая прием водяного балласта в топливные цистерны для компенсации массы израсходованного топлива; топливоперекачивающая — для приема, слива и перекачки топлива по цистернам судна.

Противопожарные системы предназначены для борьбы с пожарами.

Некоторые суда оборудуют автоматической спринклерной противопожарной системой. Трубопроводы этой системы проходят в наиболее опасных в пожарном отношении помещениях и снабжены автоматическими водоразбрызгивающими головками — *спринклерами*. Спринклеры снабжены клапаном, удерживаемым мембраной из легкоплавкового металла, расплавляющейся при чрезмерном повышении температуры в охраняемом помещении. При этом спринклер распыливает воду в радиусе до 4 м.

Все суда оборудуют пожарно-водяной системой, системами паротушения, пенотушения и углекислотной системой.

К группе санитарных систем относятся системы канализации и водоснабжения. Система канализации подразделяется на фановую, сточную и шпигатную.

36. Какие системы относятся к специальным?

К специальным системам относятся: креновая и дифференциальная (на ледоколах) для преднамеренного изменения положения корпуса; спасательная система (на аварийно-спасательных судах) для откачки воды из отсеков другого судна, терпящего бедствие; грузовая система (на танкерах) для приема, перемещения и удаления жидких грузов. Эта же система на танкерах приспособлена для выполнения роли балластной системы. На танкерах могут быть также системы зачистные, газоотводные, подогрева грузов и др.

37. Что представляют собой системы СЭУ?

Системы СЭУ — это совокупность трубопроводов, устройств, механизмов, аппаратов, приборов и другого оборудования, предназначенных для обеспечения работы СЭУ. Они связывают все элементы СЭУ в единый энергетический комплекс. В состав систем, обеспечивающих работу СЭУ, входят топливная и масляная системы, системы водяного охлаждения и сжатого воздуха, системы газовыпуска и вентиляции машинного отделения (МО).

1.6. ВАЛОПРОВОДЫ И ДВИЖИТЕЛИ

38. Что представляет собой судовой валопровод?

Судовой валопровод — это энергетический комплекс, предназначенный для передачи крутящего мо-

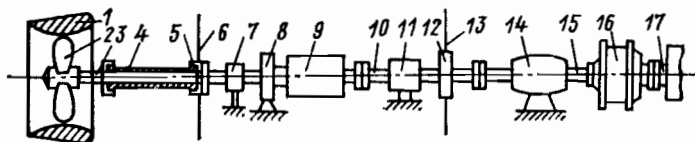


Рис. 15. Элементы валопровода

1 — насадка; 2 — гребной винт; 3 — гребной вал; 4 — дейдвудное устройство; 5, 12 — сальник переборочный; 6, 13 — водопроницаемая переборка; 7 — масляная бочка; 8 — тормозное устройство; 9 — механизм изменения шага ВРШ; 10 — промежуточный вал; 11 — опорный подшипник; 14 — упорный подшипник; 15 — упорный вал; 16 — эластичная муфта; 17 — вал главного двигателя

мента от ГД к движителю. Основные элементы валопровода (рис. 15) — это валы, главный упорный подшипник, промежуточные (опорные) подшипники, дейдвудное, уплотнительное, тормозное и токосъемное устройства.

39. Что представляют собой судовые валы?

Судовые валы (со сплошным или кольцевым поперечным сечением) предназначены для непосредственной передачи крутящего момента и осевых нагрузок от ГД к движителю и восприятия развиваемого движителем упора. Валы имеют шейки, служащие для установки подшипников и уплотнений.

Концевой вал, соединяющийся с гребным винтом, называют гребным валом. Передачу на корпус осевого усилия (упора) осуществляет упорный вал. В случае когда общая длина валопровода велика, применяют дополнительные валы, называемые промежуточными.

Линейно расположенная система валов, жестко или эластично соединенных между собой, называется линией валопровода. Вал ГД соединяют с валопроводом при помощи муфт: эластичных, гидравлических, шинно-пневматических и др.

40. Для чего служат подшипники валопровода?

Подшипники устанавливают на судовой фундамент или встраивают в дейдвудные устройства и кронштейны. Главный упорный подшипник служит для восприятия передаваемого валами упора и передачи его корпусу судна. Наибольшее распространение получили одnogребенчатые упорные подшипники. Их отличают небольшие габариты и массы, простота конструкций и обслуживания при эксплуатации. Опорные подшипники являются промежуточными опорами валопровода.

41. Какую функцию выполняет дейдвудное устройство?

Дейдвудное устройство предназначено для размещения кормовой опоры валопровода для предотвращения проникновения забортной воды внутрь корпуса судна (рис. 16), а также для смазки, охлаждения и защиты проходящего через него гребного вала. В со-

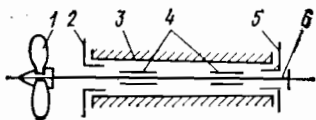


Рис. 16. Схема дейдвудного устройства

1 — гребной винт; 2, 5 — уплотнения; 3 — дейдвудная труба; 4 — подшипники дейдвуда; 6 — гребной вал

став дейдвудного устройства входят дейдвудная труба, подшипники, уплотнительные устройства, системы охлаждения и смазки. По конструкции дейдвудные устройства бывают встроенные и подвесные. Встроенные размещаются внутри корпуса судна. У подвесных носовая часть встроена в корпус судна, а кормовая часть размещена вне корпуса на подвесных кронштейнах.

Уплотнение линии валопровода осуществляют путем установки сальников, основным назначением которых является предотвращение проникновения воды внутрь корпуса судна. Наибольшее применение получило дейдвудное уплотнение типа «Симплекс», выполненное в виде манжет из специальной профилированной резины. Оно обеспечивает надежную герметизацию дейдвудной трубы.

Уплотнение линии валопровода осуществляют путем установки сальников, основным назначением которых является предотвращение проникновения воды внутрь корпуса судна. Наибольшее применение получило дейдвудное уплотнение типа «Симплекс», выполненное в виде манжет из специальной профилированной резины. Оно обеспечивает надежную герметизацию дейдвудной трубы.

42. Для чего служат тормозное, токосъемное и валоповоротное устройства?

Тормозное устройство размещают на полумуфтах валов. Наибольшее распространение имеет тормоз бугельного типа, состоящий из плиты, установленной на судовом фундаменте, и двух скоб, закрепленных на плите штырями. Внутренние поверхности скоб облицованы лентами из антифрикционного материала. В период работы валопровода скобы находятся в отжатом состоянии.

В процессе вращения валов на них возникает и накапливается статическое электричество. Для его отвода служит токосъемное устройство.

Для проворачивания валопровода на стоянках судна служит валоповоротное устройство.

43. Каковы назначения и разновидности движителей?

Устройство, которое, получая энергию от ГД, создает силу, обеспечивающую движение судна, называется движителем. Движители делятся на реактивные и активные. У реактивных движителей (гребной винт, гребное колесо, крыльчатый движитель и др.)

движущая сила создается при их вращении, когда появляется реакция отбрасываемой струи, передаваемая корпусу судна. *Активные движители* используют силу ветра (паруса и роторы).

В свою очередь, реактивные движители делятся на лопастные и водопроточные. К *лопастным* относятся гребные винты, гребные колеса и крыльчатые движители, к *водопроточным* — различные типы водометных движителей. Гребные винты устанавливают на теплоходах и дизель-электроходах, гребные колеса — на пароходах, а в последнее время и на некоторых речных теплоходах.

В водопроточном канале водометного движителя располагается осевой центробежный насос, который приводится в движение электрическим или гидравлическим двигателем. Водометные движители устанавливают на некоторых судах с подводными крыльями, на грузовых судах небольшого водоизмещения и на некоторых судах технического флота.

Достоинства водометного движителя: защищенность от плавающих предметов и возможность использования в качестве водоотливного средства. Недостатки: большие потери на трение в трубах, низкий КПД (25—30 %), неудобство размещения в корпусе судна.

44. Как устроен гребной винт?

Гребной винт из всех типов движителей получил наибольшее распространение. Он состоит из ступицы и лопастей (рис. 17, а). Число лопастей от 2 до 6. Достоинства винта: простота передачи вращения от ГД; лучшие условия работы при увеличении осадки судна.

Лопастни винта образуют винтовую поверхность, при вращении которой и создается упор, передаваемый по валопроводу через упорный подшипник корпусу судна.

Поверхности лопастей, обращенные в нос судна, называют засасывающими, а в корму — нагнетающими. Винты бывают правого и левого вращения в зависимости от направления вращения их образующих поверхностей.

По конструкции гребные винты бывают цельнолитые и со съемными лопастями. Цельнолитые винты

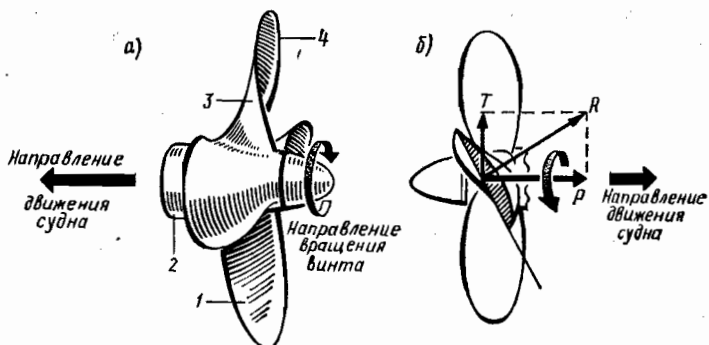


Рис. 17. Гребной винт (а) и схема действия сил, образующихся при его работе (б)

1 — лопасть; 2 — ступица; 3 — засасывающая поверхность лопасти; 4 — нагнетающая поверхность лопасти

просты в изготовлении и надежны в эксплуатации. Винты со съемными лопастями имеют еще более простую технологию изготовления. Их применяют на судах, где есть вероятность повреждения лопастей, например на ледоколах. Недостаток винтов со съемными лопастями — большой диаметр ступицы и значительная масса.

45. Каковы основные характеристики и принцип действия гребных винтов?

К основным конструктивным характеристикам винта относятся: диаметр — расстояние между двумя крайними наружными кромками противоположных лопастей; число лопастей; шаг винта — расстояние между одноименными кромками лопастей, измеряемое по оси (геометрический шаг). Когда винт вращается в воде и отбрасывает ее назад во время хода судна, то путь, действительно проходимый винтом за один оборот (действительный шаг) будет меньше, чем геометрический шаг. Разница между ними называется скольжением. Действительный шаг принято называть поступью винта.

При вращении винта каждая его лопасть (рис. 17, б) создает подъемную силу R , которая направлена перпендикулярно наружной (кормовой) поверхности лопасти. Раскладывая силу R по правилу параллелограмма, получаем две составляющие: окружную силу T

и силу упора P , направленную по оси гребного вала. Именно под действием силы P судно перемещается по линии его движения.

46. Что представляет собой винт регулируемого шага (ВРШ)?

В отличие от винтов фиксированного шага (ВФШ) у ВРШ лопасти с помощью приводного механизма могут поворачиваться, т. е. изменять величину своего шага на ходу судна от положения, соответствующего полному переднему ходу (положительный упор винта), до положения, отвечающего заднему ходу (отрицательный упор); ГД в этом случае может быть неререверсивным, так как гребной вал все время вращается в одном направлении.

Изменение скорости судна с ВРШ осуществляется не изменением частоты вращения ГД, а изменением шага винта посредством поворота лопастей. При необходимости лопасти могут быть развернуты на такой угол, при котором действительный шаг винта станет равным нулю и, несмотря на работу двигателя и вращение гребного вала, судно будет стоять на месте.

47. Из каких элементов состоит ВРШ?

ВРШ состоит из двух основных элементов: винта с поворотными лопастями (ВПЛ) и механизма изменения шага винта (МИШ); МИШ может быть расположен вне ступицы винта или внутри ее. Разнообразие конструкций достигается различным сочетанием нескольких типов МИШ с различными кинематическими схемами ВПЛ, которые показаны на рис. 18.

Наиболее просты зубчатые механизмы — реечный и с коническими шестернями. В первом случае (рис. 18, а) на корневой части лопасти 1 укреплен цилиндрическая шестерня 3, находящаяся в зацеплении с зубчатой рейкой 2, соединенной со штангой МИШ. Перемещение штанги в осевом направлении вызывает поворот лопасти. Во втором случае (рис. 18, б) лопасть и штанга имеют конические шестерни, и поворот лопасти происходит за счет поворота штанги.

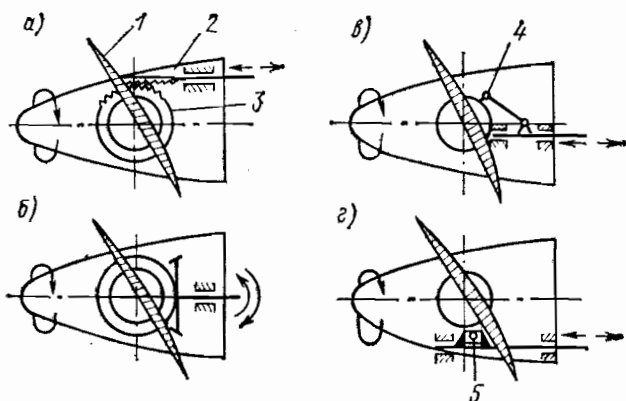


Рис. 18. Кинематические схемы приводов ВПП: а — реечный; б — коническими шестернями; в — кривошипно-шатунный; г — кривошипно-подводковый (кулисный)

Зубчатые механизмы получили распространение в судовых дизельных установках (СДУ) небольших судов, так как зуб, являющийся элементом передачи усилия на лопасти, имеет небольшую прочность.

В мощных установках, как правило, применяют кривошипные механизмы (рис. 18, в, г). В этом варианте элементом передачи усилия на лопасти винта является палец 4, обладающий большой прочностью, или кулиса 5.

48. В чем заключается принцип действия МИШ у ВРШ?

Принцип действия МИШ показан на рис. 19, а, изображающем способ управления из рубки, т. е. дистанционно. Поворот лопастей 12 у ВРШ производится под давлением масла. В ступице винта показан ползун 1, соединенный со штоком 4. Шток проходит внутри гребного вала 11. Лопасти поворачиваются шатуном 2, соединенным с кривошипным диском 3. На другом конце штока 4 имеется поршень 5, соединенный с золотниковым регулятором 6, который связан с приводом управления 7. Масло из цистерны 10 в регулятор подается насосом 8, действующим от электродвигателя 9. Изменение шага лопастей винта

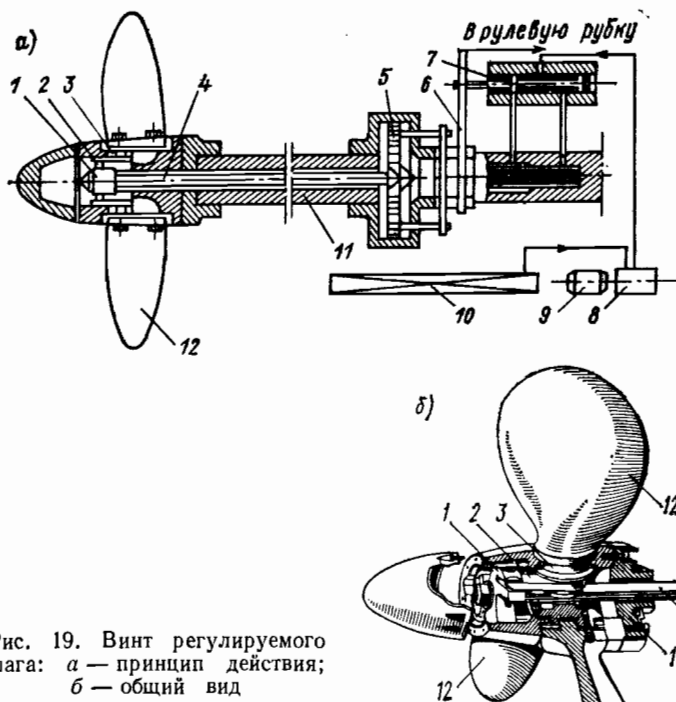


Рис. 19. Винт регулируемого шага: а — принцип действия; б — общий вид

осуществляется золотниковым регулятором, нижний конец которого перемещается в пазу подвижной муфты. Общий вид ВРШ и МИШ показаны на рис. 19, б.

Глава 2

СОСТАВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК (СДУ). ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И МАРКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

2.1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СДУ

49. Что понимают под СДУ?

СДУ — это энергетический комплекс, обеспечивающий движение судна (теплохода) и снабжение различными видами энергии (механической, тепловой,

электрической) всех судовых потребителей. Механизмы, входящие в состав СДУ, по назначению подразделяют на главные и вспомогательные.

50. Каково назначение главных механизмов СДУ?

Главные механизмы СДУ обеспечивают движение судна. К ним относятся ГД, главные электрогенераторы, гребные электродвигатели, главные передачи (ГП), валопроводы и движители, оборудование систем, обслуживающих ГД и передачи, системы ДАУ, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты.

Главные двигатели вырабатывают энергию, необходимую для движения судна; главные передачи предназначены для изменения частоты вращения ГД или для передачи мощности нескольких ГД на один валопровод.

Главные электрогенераторы и гребные электродвигатели являются основными элементами дизель-электрических СДУ.

51. Каково назначение вспомогательных механизмов?

Вспомогательные механизмы предназначены как для удовлетворения энергетических потребностей СДУ, так и для общесудовых нужд, не связанных с движением судна. Основными в этой группе механизмов считаются вспомогательные двигатели (ВД) для привода генераторов судовой электростанции.

52. По каким основным признакам классифицируют СДУ?

Основные признаки классификации СДУ следующие: тип ГД; способ передачи мощности от ГД движителю; число ГД, работающих на гребной вал; способ реверсирования ГД; степень автоматизации ГД и способ управления и обслуживания, расположение гребных валов.

53. Как классифицируют СДУ по способу реверсирования ГД?

По способу реверсирования ГД различают: СДУ с реверсивным ГД, СДУ с нереверсивным ГД, снабженным реверс-редуктором или реверсивной муфтой; СДУ с нереверсивным ГД, обеспечивающим получение заданного направления движения судна с помощью ВРШ.

54. Как размещают гребные валы в СДУ различных типов судов?

В многовальных СДУ крупнотоннажных судов гребные валы, как правило, располагают параллельно ДП, в горизонтальной плоскости (или с небольшим уклоном по отношению к ней). В СДУ малотоннажных судов, например катеров, из-за их небольшой осадки гребные валы чаще всего приходится устанавливать под некоторым углом к горизонтальной плоскости, достигающим до 15° , а иногда и больше. Кроме того, исходя из условий размещения главных двигателей в МО небольшой ширины, валы приходится размещать под углом к ДП, называемым углом веерности, который составляет $5-10^\circ$.

В СДУ некоторых судов специального назначения с соосными гребными винтами гребные валы имеют общую геометрическую ось — один вал вращается внутри другого. Направление вращения обоих валов противоположное, а поэтому и гребные винты вращаются в противоположных направлениях; в результате этого реактивные моменты на винтах, отбрасывающие корму судна в направлениях, противоположных направлениям вращения винтов, взаимно компенсируются, и судно является более устойчивым на курсе. Резерв повышения эффективности действия комплекса судно—двигатель—движитель еще далеко не исчерпан. Так, движитель, разработанный фирмой «Исикавадзима—Харима Дзюкогио» (Япония), позволяет повысить КПД комплекса в среднем на 10 %. В этой конструкции два соосных гребных винта, вращающихся в противоположных направлениях, приводятся в действие одним гребным валом с максимальным использованием энергии водяных потоков, отбрасываемых лопастями винтов.

55. Как классифицируют СДУ по степени автоматизации, способу управления и обслуживания?

По степени автоматизации, способу управления и обслуживания различают: неавтоматизированные или частично автоматизированные СДУ с местным постом управления и постоянной вахтой в МО; автоматизированные СДУ с ДАУ, постоянной вахтой в ЦПУ и периодическим обслуживанием в МО; автоматизированные СДУ с ДАУ, без постоянной вахты в ЦПУ и МО и с периодическим обслуживанием.

2.2. СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ И КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ОТ ГД К ДВИЖИТЕЛЮ

56. Какие существуют виды передач?

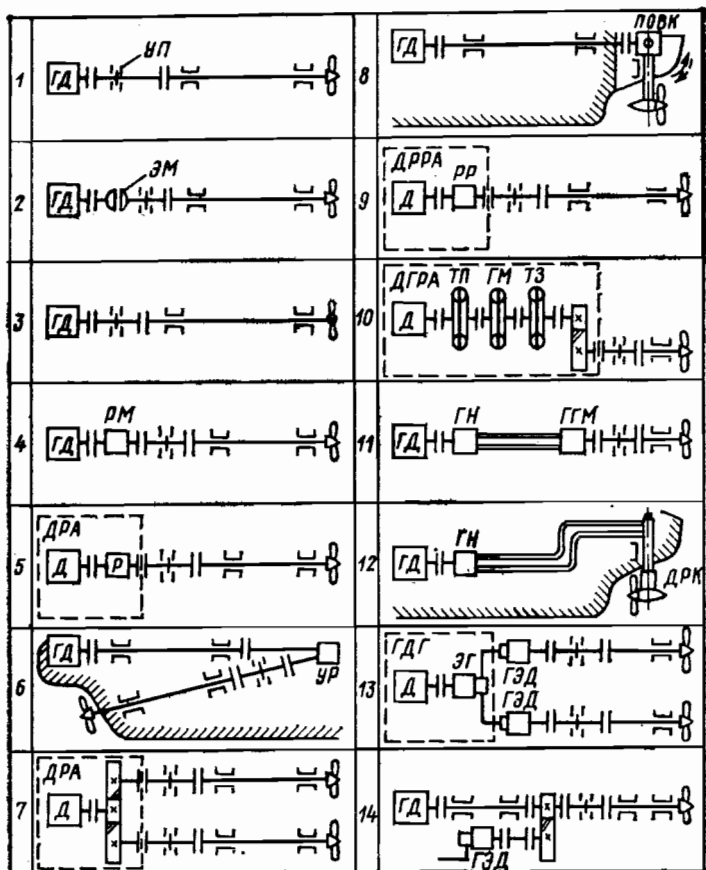
В зависимости от конструктивных особенностей и принципа действия передачи могут быть (рис. 20) механические (1—9) — прямые и зубчатые, гидравлические (10—12) — объемные гидравлические, электрические (13) — на постоянном и переменном токе, комбинированные (14) — механические в сочетании с электрическими и механические совместно с гидравлическими.

По способу передачи мощности и крутящего момента передачи бывают без редуцирования (уменьшения или увеличения) частоты вращения ГД и с редуцированием частоты вращения ГД. К передачам без редуцирования частоты вращения ГД относятся прямые передачи от ГД к движителю; к передачам с редуцированием — зубчатые, гидравлические и электрические.

На судах чаще всего используются прямые, редукторные, электрические и комбинированные передачи.

57. Что представляет собой прямая передача?

В прямой передаче (см. рис. 20, поз. 1—4) ГД соединен с валопроводом жестко или через эластичную муфту. При такой передаче в системе ГД — гребной винт потери минимальны. Это наиболее простая и надежная передача; частота вращения ГД обычно не превышает 300 мин⁻¹. Малая частота вращения ГД обеспечивает надежность его работы, удобство эксплуатации, большой ресурс и малый удельный расход



1 — прямая к ВФШ с жесткой связью; 2 — то же с гибкой связью; 3 — прямая к ВРШ с жесткой связью; 4 — прямая с реверсивно-разобщительной муфтой; 5 — зубчатая с прямым редуктором; 6 — то же с угловым редуктором; 7 — то же с разобщением мощности; 8 — то же с поворотноткидной выдвигной колонкой; 9 — то же с реверс-редуктором; 10 — гидродинамическая с гидромуфтой и гидротрансформатором; 11 — объемная гидравлическая с насосом переменной подачи и гидромотором постоянного расхода; 12 — то же с движительно-рулевым агрегатом; 13 — электрическая с разобщением мощности; 14 — комбинированная с ГД и ускорительным гребным электродвигателем

топлива. Наряду с этим при использовании малооборотных дизелей возникает необходимость в увеличении размеров МО и массы СДУ, ухудшаются маневренные качества судна, если оно не имеет подруливающего устройства.

58. Каковы особенности редукторной передачи?

Редукторную передачу (см. рис. 19, поз. 5—9) чаще всего комплектуют из двух ГД, которые связаны через муфты и понижающую зубчатую передачу с общим гребным валом. Развитию этих передач способствовало появление мощных среднеоборотных дизелей, применение которых имеет ряд преимуществ, в частности позволяет делать отбор мощности на работу вспомогательных механизмов, а также снизить массу и габариты установки. При наличии редуктора можно установить частоту вращения гребного винта (независимо от степени быстроходности двигателя), обеспечивающую оптимальные условия работы движителя. Выигрыш в КПД гребного винта частично компенсирует потери мощности в зубчатой передаче (5—6 %).

Дизель-редукторная установка с двумя или более ГД обладает повышенной живучестью и маневренностью по сравнению с прямой передачей. Кроме того, при работе на частичных нагрузках, связанных со значительным увеличением удельного расхода топлива, часть двигателей может быть выключена. Остальные двигатели при этом продолжают работать с большей нагрузкой и при меньшем удельном расходе топлива.

Вместе с тем редукторным передачам присущи и недостатки: конструктивное усложнение установки, ее более низкий КПД из-за потерь в редукторе и муфтах, меньший ресурс двигателей и больший удельный расход топлива.

59. Что представляет собой электрическая передача?

Электрическая передача (см. рис. 20, поз. 13—14) состоит из гребного электродвигателя, электропроводников и генератора, соединенного с ГД. Дизель-генераторов, как правило, бывает несколько — от 2 до 6.

При электрической передаче происходит двойная трансформация энергии (механическая в электрическую, а затем электрическая в механическую), сопровождающаяся увеличением потерь в передаче и соответственным снижением ее КПД. С другой стороны, отсутствие жесткой механической связи между двигателем (дизелем) и гребным винтом, а также наличие нескольких главных дизель-генераторов дает ряд существенных преимуществ:

- возможность применять (если есть ВФШ) не-реверсивные дизели, так как реверс осуществляется гребным электродвигателем;

- высокие маневренные качества судна благодаря широкому диапазону частоты вращения гребного электродвигателя;

- возможность устанавливать дизель-генератор в любой части судна и даже в несколько ярусов;

- значительное повышение живучести установки;

- возможность отбора энергии от главной цепи на привод вспомогательных и промысловых механизмов (на рыбодобывающих и обрабатывающих судах).

К недостаткам дизель-электрической передачи следует отнести сравнительно высокую построечную стоимость установки из-за большого числа электрических машин и относительно низкий КПД передачи.

60. Что представляет собой комбинированная передача?

Стремление использовать на некоторых промысловых судах один и тот же двигатель для привода гребного вала и траловой лебедки привело к созданию различных комбинированных передач, среди которых представляет интерес установка, показанная на рис. 21. Здесь ГД-1 — реверсивный, соединяется с гребным валом через эластичную муфту ЭМ и редуктор Р; другой двигатель, выполняющий роль ГД-2 с аналогичной передачей, одновременно является дизель-генератором ЭГ-2 траловой лебедки. Для обеспечения общесудовых нужд используется ЭГ-1, приводимый от ГД-1.

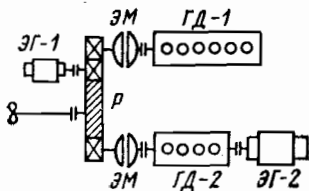


Рис. 21. Схема комбинированной передачи

61. Что представляет собой передача с валогенератором?

Передача с валогенератором — одна из разновидностей прямых или редукторных передач. В последнее время она находит все более широкое применение, так как позволяет полнее использовать мощность ГД.

Валогенератор — это генератор тока, приводимый в действие от валопровода либо через клиноременную или зубчатую передачу, либо от фланца отбора мощности с носового торца дизеля, либо от привода редуктора или реверс-редуктора. Валогенератор может работать только при переднем ходе судна. При наличии валогенератора вспомогательные дизель-генераторы в ходовом режиме не работают, что увеличивает их ресурс и позволяет экономить топливо. Валогенератор целесообразно применять в тех случаях, когда ГД в ходовом режиме работает длительное время при постоянном, близком к номинальному, малоизменяющемся режиме. Валогенераторы устанавливают на буксирах-толкачах, сухогрузных теплоходах и танкерах, где потребность в электроэнергии в ходовом режиме не превышает 40—50 кВт. На пассажирских теплоходах (кроме скоростных) их, как правило, не используют.

Мощность валогенератора определяют по таблице нагрузок электростанции в зависимости от потребности в электроэнергии на ходовом режиме. При двухвальной установке можно применять два валогенератора одинаковой мощности: один на постоянном токе, другой — на переменном. При установке валогенератора необходимо, чтобы при уменьшении частоты вращения валопровода ниже 80 % номинальной он автоматически отключался от распределительного щита и включался в работу резервный дизель-генератор, который обеспечивает электроэнергией потребителя на ходовом режиме. На выключение валогенераторов и включение в работу резервного дизель-генератора затрачивается 10—15 с, поэтому для бесперебойной подачи электроэнергии потребителям, не допускающим ее перерыва (рулевое управление, сигнализация, автоматика и т. п.), следует иметь буферную батарею, автоматически включающуюся в сеть питания. При восстановлении номинальной частоты вращения валопро-

вода питание от валогенератора должно включаться автоматически; при этом все другие источники электроэнергии должны быть выключены.

Диапазон частот вращения валопровода, при котором обеспечивается нормальная работа валогенератора, может быть увеличен за счет применения приводов с регулируемой частотой вращения, например объемного гидравлического привода.

2.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

62. Какие параметры характеризуют дизель?

Общими параметрами, характеризующими каждый дизель, считают геометрические размеры его цилиндров и частоту вращения n коленчатого вала. Размеры цилиндра зависят от его диаметра d и хода поршня S . Диаметр цилиндра и частота вращения используются как определяющие параметры для ряда процессов, протекающих в дизеле. От произведения dn зависят выбор давления продувки в двухтактных дизелях, диаметр сопловых отверстий в форсунках и др.

Диапазон применяемых для судовых дизелей диаметров цилиндров довольно широк — от 80 до 1080 мм, в зависимости от конструкции цилиндропоршневой группы (ЦПГ). При малых d возникают затруднения в организации качественного процесса смесеобразования, а также в обеспечении надежного пуска дизеля; при больших d — высокая тепловая и механическая напряженность камеры сгорания, особенно крышки цилиндра и поршня. В зависимости от относительного хода поршня S/d различают дизели короткоходовые ($S/d = 0,9 \div 1,2$), среднеходовые ($S/d = 1,2 \div 1,5$) и длинноходовые ($S/d = 1,5 \div 2,2$). При снижении S/d упрощается размещение клапанов в крышке цилиндра, улучшаются условия газообмена, увеличивается жесткость коленчатого вала.

Устанавливаемые на судах дизели могут быть малооборотными (МОД), у которых n до 250 мин⁻¹, среднеоборотными (СОД), у которых $n = 250 \div 1000$ мин⁻¹, и высокооборотными (ВОД), у которых $n > 1000$ мин⁻¹.

Таблица 1. Типы и основные параметры дизелей
отечественного производства (ГОСТ 4393—82)

Тип дизеля	Конструктивное исполнение	Рабочий объем цилиндра, л	Отношение диаметра цилиндра к ходу поршня	Среднее эффективное давление, МПа	Частота вращения, мин ⁻¹	Цилиндровая мощность, кВт	Число цилиндров	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч), не более, при низшей теплоте сгорания, кДж/кг		Удельный расход масла на угар, г/(кВт·ч), не более	Удельная масса, кг/кВт
								42 700	42 000		
1	Ч и ЧН	0,6—0,8	—	0,7 1,0	1500—3000	5,9—11,8 8,8—17,6	1—4; 6; 8; 6; 8	245—272 238—265	249—276 242—269	1,4	11,6—6,1 9,1—4,6
2	Ч и ЧН	1,3—1,5	12/14	0,55 1,0 1,5	1600—1800	10,3—12,5 19,1—22,8 28,7—34,6	6 8	238—242 233—237 230—333	242—246 237—241 234—237	1,9	14,3—12,9 11,2—9,2 8,0—6,7
3	ЧН	1,7—2,2	—	1,0 1,5	1500—2400	26,5—21,9 39,7—51,5	6; 8; 12	227—231 224—228	231—235 228—233	1,6	7,9—5,0 5,3—4,1
4	Ч и ЧН	2,8—3,5	15/18	0,47 1,0	1500—1800	18,4—22,1 39,0—47,1	6; 12	219—227 216—224	223—231 220—228	2,4	13,6—11,3 6,4—5,8

5	ЧН	3,2—3,8	—	1,0 1,5	1500—2000	44,9—59,6 66,9—73,5	6; 8; 12	218—220	222—224	1,8	5,8—4,5 3,9—3,5
6	ЧН	6,5—8,0	—	1,0 1,5 2,0	1000—1500	59,6—89,0 89,0—133,8 119,1—177,9	6; 8; 12; 16	207—215	211—219	2,2	12,5—8,3 8,6—5,7 6,4—4,2
7	ЧН	12,0—15,0	26/26	1,0 1,5 2,0	750—1200	84,6—135,3 126,5—202,9 169,1—270,6	6; 8; 12; 16; 20; 24	203—208 211—215	207—212 215—219	2,0	14,8—9,2 9,5—5,8 7,9—4,9
8	ЧН	21,0—26,0	25/27	1,5 2,0	750—1000	236,0—314,7 314,7—367,6	6; 8; 12; 16	209 212	214 216	2,0	9,9—7,5 7,5—6,4
9	Ч и ЧН	2,3—3,0	15/15	0,6 1,0	1500—2100	19,9—27,2 32,4—45,6	6; 8; 12	220—226 218—220	224—230 222—224	—	7,1—4,8 4,8—3,3
10	ЧН	3,0—3,8	16/17	0,86 1,0 1,15	1800—2000	42,6—47,8 50,0—55,9 58,0—64,7	42; 56	211—223 215—223	215—227 219—227	—	3,4—2,4 3,1—2,2 2,7—2,0

Тип двигателя	Конструктивное исполнение	Рабочий объем цилиндра, л	Отношение диаметра цилиндра к ходу поршня	Среднее эффективное давление, МПа	Частота вращения, мин ⁻¹	Цилиндровая мощность, кВт	Число цилиндров	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч), не более, при низшей теплоте сгорания, кДж/кг		Удельный расход масла на угар, г/(кВт·ч), не более	Удельная масса, кг/кВт
								42 700	42 000		
11	ЧН	4,5—5,5	18/20	0,7 1,0 1,33	1000—1700	29,4—46,3 41,9—66,2 55,9—88,2	12	228—231 211—220	232—235 215—224	—	4,9—3,1 3,4—2,2 2,7—1,9
12	ЧН	5,0—6,0	—	1,0 1,5 1,7	750—1000	34,6—45,6 51,5—68,4 58,9—77,3	6; 8; 12	207—211 205—208	211—215 209—212	1,6	14,6—11,0 10,3—7,8 9,6—8,2
13	ДН и ДРН	20,3—27,0	23/2× ×30	0,7 1,0	630—900	180—257 257—368	6; 12; 16; 18	222 213	226 223	2,2	13,6—9,5 9,5—6,7
14	ЧН и ЧРН	15,0—18,5	25/34	1,0 1,5 2,0	500—750	68,0—102 102—154 137—204	6; 8; 12	208—211 204—207	212—215 208—211	1,6	21,2—14,3 14,3—9,5 10,6—7,2

15	ЧН и ЧРН	25,0—29,0	30/38	1,0 1,5 2,0	500—750	110—165 165—246 219—329	6; 8	213—218 209—212 209—215	218—222 214—216 214—219	1,9	22,4—15,0 15,0—10,1 11,3—7,5
16	ЧН и ЧРН	40,0—50,0	36/45	1,0	450—600	168—224 252—337 337—448	6; 8	205—209 204—207	209—314 208—211	1,5	24,6—17,7 15,8—11,8 11,8—8,8
17	ЧН и ЧРН	50,0—65,0	—	1,0 1,5 2,0	400—520	283—368 379—493	6; 8; 12; 16	205—209 204—207	209—214 208—211	1,5	24,6—17,7 15,8—11,8 11,8—8,8
18	ЧН и ЧРН	80,0—100,0	—	1,5 2,0	400—480	452—540 603—720	6; 8; 16; 18	207—211	211—215	1,9	14,3—11,8 10,7—9,1
19	ЧН и ЧРН	180—0— 215,0	—	1,5 2,0	300—400	724—963 963—1287	6; 8; 12; 16; 18	207—211	211—215	1,9	16,3—12,2 12,2—9,2

Таблица 2. Модификации дизелей отечественного производства, допускаемые к изготовлению

Марка дизеля	Среднее эффективное давление, МПа	Частота вращения, мин ⁻¹	Число цилиндров	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч), не более, при низшей теплоте сгорания, кДж/кг		Удельный расход масла на угар, г/(кВт·ч), не более
				42 700	42 000	
Ч 8,5/11	0,65	1500	4	260	264	1,5
Ч 9,5/11	0,65	1500	6	260	264	1,8
Ч 10,5/13	0,54	1500	4	252	256	2,6
Ч 12/16	0,54	1200	1	249	253	2,6
ЧН 18/22	0,85	750	6; 8	218	222	1,4
ЧН 20,7/2×25,4	1,00	850	10	218	222	2,6
ДН 23/30	1,00	750	12	216	220	2,5
Ч 23/30	0,54	750—1000	6; 8	224	228	2,3
				231	234	
ЧН 31,8/33	0,60	750	6	224	228	1,8

Параметры d , S и n согласно ГОСТ 4393—82 приняты в качестве исходных, главных параметров, определяющих классификацию дизелей отечественного производства по размерно-скоростным типам. Этот стандарт распространяется на 19 типов дизелей и не включает дизели специального назначения и дизели, выпускаемые в СССР по лицензиям зарубежных фирм. Производными параметрами от размерно-скоростных характеристик дизелей являются эффективная и индикаторная мощности, средняя скорость поршня, степень сжатия, удельная масса, ресурс и др.

Основные параметры дизелей всех 19 размерно-скоростных типов приведены в табл. 1. Внутри каждого типа развернут мощностной ряд дизелей. *Мощностной ряд* — это семейство дизелей, имеющих цилиндры одинаковых размеров и состоящих из унифицированных агрегатов, сборочных единиц и деталей. Дизели одного мощностного ряда могут различаться номинальной частотой вращения, степенью наддува, числом цилиндров и должны охватывать возможно больший диапазон мощностей.

Согласно ГОСТ 4393—82 допускается изготовление модификаций дизелей серийного производства (табл. 2).

Таблица 3. Технические характеристики наиболее перспективных СОД

Страна, фирма	Марка двигателя	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Частота вращения, мин	Среднее эффективное давление, МПа	Цилиндровая мощность, кВт	Удельный расход топлива на номинальном режиме, г/(кВт·ч)	Число цилиндров в ряду
СССР	ЧН 25/34-3	250	340	500	1,00	68	208	6; 8
	ЧН 36/34	260	340	750	1,40	150	204	6; 8
	ЧН 36/40	360	400	550	1,36	336	206	6; 8
МАН—«Бурмейстер и Вайн» (ФРГ—Дания)	L/V32/36	320	360	750	2,04	370	195	6—9; 12—18
	L/V40/45	400	450	600	1,95	550	188	6—9; 12—18
	L/V52/52	520	520	500	1,92	885	186	6—9; 10—18
«Зульцер» (Швейцария)	ZAL/V40/48	400	480	560	2,27	640	194	12—18
«Пилстик» (Франция)	PC2,5L/V	400	460	520	1,91	478	201	6; 8; 9; 12—18
	PC2,6L/V	400	560	520	2,20	550	186	6—8; 10—20
	PC4,2L/V							6—9; 10—18
«Вяртсиля Васа» (Финляндия)	PY22HF	220	240	900	1,75	158	207	4; 6; 8; 12; 16
	PY32A	320	350	750	1,94	334	200	4—9; 12—18
СКЛ (ГДР)	VD48/42	420	480	500	1,59	441	196	6; 12
ЧКД (ЧССР)	27,5B8	275	330	750	1,83	220	204	6; 8; 12; 16

**Таблица 4. Технические характеристики
наиболее перспективных МОД**

Фирма	Марка двигателя	Ход поршня, мм	Частота вращения, мин ⁻¹	Среднее эффективное давление, МПа	Цилиндровая мощность, кВт	Удельный расход топлива на номинальном режиме, г/(кВт·ч)	Число цилиндров в ряду
МАН— «Бурмейстер и Вайн»	45GFCA	1200	176	1,3	725	189	4—12
	67GFCA	1700	123	1,3	1600	188	4—12
	80GFCA	1950	106	1,3	2250	186	4—12
	35MC	1050	200	1,5	580	179	4—9
	60MC	1625	133	1,5	1060	175	4—8
	70MC	2275	95	1,5	2080	173	4—8
	80MC	2600	83	1,5	2170	172	4—12
	90MC	2925	74	1,5	3440	171	4—12
«Зульцер»	TA38	1100	190	1,5	610	180	4—9
	TA48	1400	150	1,5	970	178	4—9
	TA58	170	123	1,5	1410	175	4—9
	TA68	2000	105	1,5	1925	174	4—8
	TA76	2200	95	1,5	2420	173	4—12
	TA84	2400	87	1,5	2960	173	4—12

Параметры типоразмерных рядов прогрессивных моделей СОД и МОД отечественного и зарубежного производства, признанных перспективными для использования на судах до 2000 г., приведены в табл. 3 и 4.

63. Что такое эффективная и индикаторная мощности?

Мощность, получаемую на фланце коленчатого вала, т. е. отдаваемую валопроводу или другому потребителю энергии на данном режиме работы, называют эффективной P_e . Мощность, развиваемую газами — продуктами сгорания топлива в рабочем цилиндре, называют индикаторной P_i . Мощность P_e меньше P_i на величину механических потерь, учитываемых механическим КПД η_m , т. е. $P_e = \eta_m P_i$. К механическим потерям относят потери на трение между движущимися деталями, на привод навешенных вспомогательных механизмов, насосные потери (в четырех-

тактных дизелях без наддува), на привод генератора (если дизель приводит в действие генератор электрического тока).

64. Какие эффективные мощности установлены для судовых дизелей?

Для оценки степени нагрузки ГД и определения допустимой длительности его работы при данной нагрузке приняты следующие мощности (при условии полной загрузки судна и нормальных условий плавания):

— *номинальная* (полная, паспортная, расчетная, построечная) $P_{e \text{ ном}}$ — мощность, которую ГД может развивать практически без ограничения по времени. Эта мощность гарантируется заводом-изготовителем при определенных условиях эксплуатации (двигатель и его системы исправны, работают на рекомендованных сортах топлива и масла, гидрометеоусловия — нормальные, корпус судна чист, гребной винт не имеет повреждений). Номинальную мощность, принимаемую за 100 %, и соответствующую ей номинальную частоту вращения $n_{\text{ном}}$ указывают в паспорте дизеля, где для данной мощности приводят и основные рабочие параметры дизеля;

— *максимальная* $P_{e \text{ max}}$ — наибольшая мощность, которую ГД может развивать ограниченное время (не более 1—2 ч непрерывно), составляет 110 % $P_{e \text{ ном}}$. Общее время работы в режиме $P_{e \text{ max}}$ не должно превышать 10—15 % всего ресурса двигателя. Частоту вращения, соответствующую $P_{e \text{ max}}$, можно определить из уравнений

$$P_{e \text{ max}}/P_{e \text{ ном}} = n_{\text{max}}^3/n_{\text{ном}}^3 = 1,1;$$

$$n_{\text{max}} = \sqrt[3]{1,1n_{\text{ном}}^3} = 1,03n_{\text{ном}};$$

— *эксплуатационная* $P_{e \text{ экс}}$ — мощность, развиваемая главными дизелями на режиме полного хода судна, $P_{e \text{ экс}} = (0,75 \div 0,95) P_{e \text{ ном}}$. Эксплуатационную мощность для каждого судна устанавливает отдел теплотехники пароходства в зависимости от условий его плавания (с чистым или обросшим корпусом, с полным грузом или в балласте, при буксировке воза, в тропиках и т. д.). По мере изменения технического

состояния двигателей и корпуса судна мощность корректируется;

— *минимальная эксплуатационная* $P_{e \min}$ — наименьшая мощность, с которой двигатель может работать без ограничения с минимально устойчивой частотой вращения n_{\min} .

Минимально устойчивая частота вращения ограничивает малый ход судна и гарантирует его надежное маневрирование и безопасность плавания. Она зависит от типа двигателя, числа цилиндров и его технического состояния. При эксплуатации двигателя на частоте вращения ниже n_{\min} нарушается процесс впрыскивания, смесеобразования и сгорания топлива, возможны пропуски вспышек, самовыключение отдельных цилиндров и даже остановка двигателя. В связи с этим двигатель, работающий на гребной винт, согласно Правилам Регистра СССР, должен обеспечивать устойчивую работу при $n_{\min} \leq 0,3 n_{\text{ном}}$ в течение не менее 2 ч. Действительные значения $n_{\text{ном}}$ судовых двигателей обычно ниже; для малооборотных двигателей $n_{\min} = (0,2 \div 0,25) n_{\text{ном}}$ и иногда $(0,15 \div 0,17) n_{\text{ном}}$; значение n_{\min} обязательно указано в паспорте двигателя;

— *экономичная* $P_{e \text{ экон}}$ — мощность, при которой достигается минимальный удельный расход топлива; $P_{e \text{ экон}} = (0,8 \div 0,85) P_{e \text{ ном}}$.

65. Что такое средняя скорость поршня и что она характеризует?

Средняя скорость поршня v_m наряду с частотой вращения является показателем скоростного режима двигателя. Она определяется по формуле $v_m = S n / 30$, где S — ход поршня, м; n — частота вращения, мин^{-1} . Считают, что для МОД $v_m = 4 \div 6$ м/с, для СОД $v_m = 6 \div 9$ м/с и для ВОД $v_m > 9$ м/с. Чем выше v_m , тем больше динамические напряжения в деталях двигателя и тем больше вероятность их изнашивания — в первую очередь цилиндропоршневой группы (ЦПГ). В настоящее время параметр v_m достиг определенного предела (15—18,5 м/с), обусловленного прочностью материалов, применяемых в двигателестроении, тем более, что динамическая напряженность ЦПГ пропорциональна квадрату значения v_m . Так, при увеличении v_m в 3 раза напряжения в деталях возрастут в 9 раз, что потребует соответствующего усиления прочностных характеристик материалов, применяемых для изготовления деталей ЦПГ.

66. Что понимают под средним эффективным, средним индикаторным и средним по времени давлением?

Среднее эффективное давление p_{me} — один из важнейших показателей дизеля, характеризующий его нагрузку, степень использования рабочего объема цилиндра, полноту и своевременность сгорания топлива, степень наддува и совершенство конструкции. Этот показатель часто используют для сравнительной оценки степени форсирования различных ДВС или нагрузки одного и того же ДВС на различных режимах работы.

Под средним индикаторным давлением p_{mi} понимают некоторое условное давление, которое, действуя на поршень за время одного рабочего хода, совершает внутри цилиндра такую же работу, как и фактическое переменное давление.

Среднее давление по времени p_{mt} характеризует среднее давление, возникающее от воздействия газов на поршень двигателя за время, в течение которого совершается полный рабочий цикл.

67. Что такое форсирование дизеля?

Форсирование дизеля — это получение в нем максимально возможного p_{me} и соответственно развиваемой им мощности без увеличения рабочего объема цилиндра. Чем выше p_{me} , тем напряженнее работает дизель и тем внимательнее обслуживающий персонал должен наблюдать за его состоянием и показаниями контрольно-измерительных приборов (КИП). Любые отклонения от технических условий (ТУ) на монтаж, ремонт и регулирование форсированного дизеля, нарушения правил его эксплуатации могут привести к непоправимым последствиям.

68. Что такое степень сжатия?

В теории ДВС существуют понятия о геометрической и действительной степени сжатия.

Геометрической степенью сжатия называют отношение полного объема V_t цилиндра к объему камеры сжатия V_c (рис. 22). В двухтактных ДВС сжатие заряда цилиндра начинается не от НМТ, а от момента

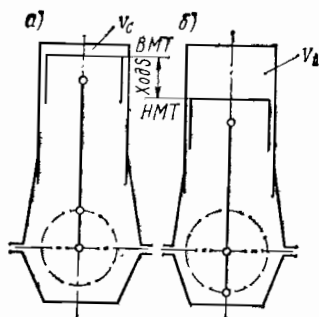


Рис. 22. К определению степени сжатия: а — положение поршня в ВМТ; б — положение поршня в НМТ

дува и пр. Для судовых дизелей значения ϵ_c лежат в следующих пределах

Дизель	ϵ_c
МОД	11—13
СОД	13—14
ВОД с неразделенными камерами сгорания . .	15—16
ВОД с разделенными камерами сгорания . . .	16—18

Значение ϵ_c должно быть достаточным для обеспечения устойчивого самовоспламенения топлива на пусковых режимах, т. е. необходимо, чтобы температура в конце сжатия превышала температуру самовоспламенения топлива на 150—250 К и была не ниже 700—800 К. Это условие у МОД выполняется при ϵ_c не менее 10,5—11; у ВОД с малыми размерами цилиндра и относительно большими потерями теплоты (особенно у дизелей с разделенными камерами сгорания) — при ϵ_c не ниже 15—18.

Повышение ϵ_c обеспечивает улучшение пусковых качеств дизеля и повышение КПД цикла. Однако выбор высокого значения ϵ_c нецелесообразен из-за того, что при этом растут такие параметры, как максимальные давления сжатия p_c и максимальные давления сгорания p_{\max} , особенно у дизелей с наддувом, а это приводит к повышению механических потерь и динамических нагрузок на детали ЦПГ. Поэтому значение ϵ_c выбирают ближе к минимальному уровню, необходимому для обеспечения надежного пуска,

69. Что понимают под давлением сжатия и сгорания?

Давление сжатия p_c — это давление в конце процесса сжатия воздушного заряда в цилиндре дизеля. Обычно $p_c = 3,2 \div 3,8$ МПа. Давление сгорания p_{\max} — это давление газов, образующееся в цилиндре

дизеля при сгорании топлива; оно является наибольшим давлением рабочего цикла. Для дизелей при полной нагрузке давление сгорания имеет такие значения

Дизель	p_{max} , МПа
МОД	5—6
ВОД без наддува	6—8
ВОД с наддувом	12—15

70. Что такое удельный расход топлива?

Удельным расходом топлива b_e называют расход топлива в единицу времени, отнесенный к единице эффективной мощности двигателя. Значения b_e для дизелей различных типов даны в табл. 1—4, 10. Чем меньше b_e , тем выше эффективный коэффициент полезного действия двигателя η_{et} , представляющий собой отношение количества теплоты, преобразованной в полезную работу на валу, к количеству теплоты, подведенной для совершения этой работы; η_{et} учитывает все потери — как механические, так и тепловые. У современных дизелей $\eta_{et} = 0,4 \div 0,45$, а иногда и выше.

Параметры b_e и η_{et} — основные показатели экономичности рабочего цикла двигателя. Поддержание их на уровне, определенном заводом-изготовителем двигателя, во многом зависит от качества его эксплуатации, регулирования и ремонта.

71. Что представляет собой тепловой баланс дизеля?

Под тепловым балансом дизеля понимают равенство между количеством теплоты, выделяемой при сжигании топлива, и количеством теплоты, представляющим собой сумму отдельных составляющих, которые характеризуют распределение этой теплоты в результате работы дизеля. Тепловой баланс выражают в процентах по отношению к количеству затрачиваемой теплоты; его определяют по данным испытаний дизеля на установившемся тепловом режиме.

Составляющие теплового баланса судовых дизелей с газотурбинным наддувом и утилизационным котлом показаны на рис. 23 и в табл. 5.

**Таблица 5. Составляющие теплового баланса
некоторых судовых двигателей**

Параметры двигателя и составляющие баланса	G6L28/38	K8V30/45	90VET52/65 «Мицубиси»	75/150 «Сторк» HOTLO	ЗД100 Коло- мешский завод	5ДКРН 74/160 ПО БМЗ	8SD72	RD90
	МАН						«Зульцер»	
Цилиндровая мощность, кВт	158	284	890	1250	180	1500	688	2300
Среднее эффективное давление, МПа	—	2,0	0,88	—	0,586	0,86	0,49	0,88
Частота вращения, мин ⁻¹	700	400	330	115	810	115	125	119
Теплота, преобразованная в полезную работу q_e , %	37	45	38,4	43,3	36	38,2	41,2	40,8
Теплота, отведенная с выпускными газами q_r , %	42,5	33	42	35,3	33	38,3	36,4	33,8
Теплота, отведенная с охлаждающей водой $q_{охл}$, %	18,5	11	15,2	17,5	16	16,7	14,5	20,8
Теплота, отведенная с маслом q_m , %	—	—	4	3,7	11,5	4,1	4,9	5,1
Остаточный член баланса $q_{нб}$, %	2	1	0,4	0,2	—	2,7	3	—0,5
Примечания. 1. В $q_{охл}$ входят $q_{охл\ тк}$ (на охлаждение турбокомпрессора), $q_{охл.\ п}$ (на охлаждение поршней), $q_{охл.\ ц}$ (на охлаждение цилиндров). 2. В число возвращаемых потерь входит теплота, использованная в турбокомпрессоре $q_r\ тк$ и в утилизационной установке $q_r\ ут$.								

Распределение располагаемой теплоты по составляющим расходам зависит от размеров цилиндров дизеля, способа его охлаждения, наличия наддува и т. д.

Знание теплового баланса необходимо для исследования тепловых процессов, происходящих в двигателе, совершенствования режима его охлаждения, определения размеров теплопередающих поверхностей утилизационного котла, использующего теплоту выпуск-

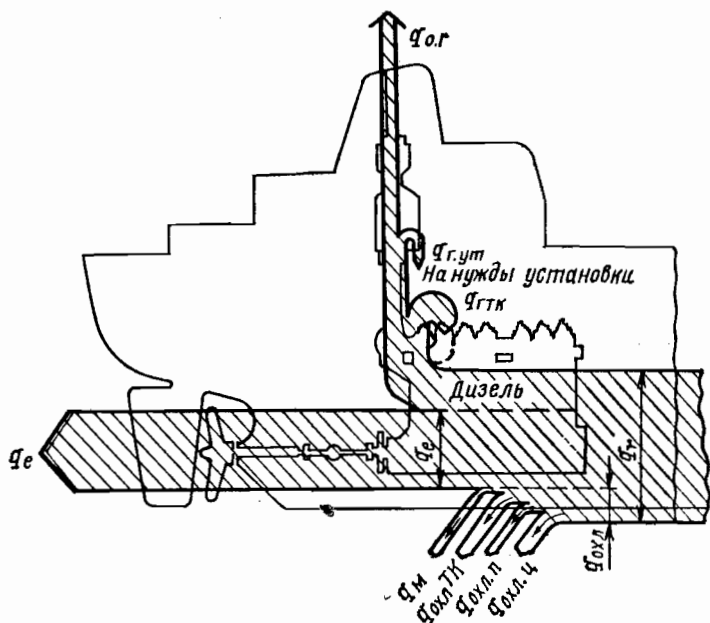


Рис. 23. Тепловой баланс судового дизеля с турбонаддувом и утилизационным котлом

ных газов. Это позволяет повысить значение η_{et} , т. е. значительно увеличить долю теплоты, превращаемой в полезную работу, получить горячую воду или пар давлением до 0,5—0,8 МПа.

При более глубокой утилизации тепла выпускных газов показатели экономичности рабочего цикла дизеля повышаются наиболее заметно.

72. Что понимают под глубокой утилизацией теплоты?

Анализ теплового баланса ГД и материалов по проектированию и постройке судов всех назначений показывает, что уровень утилизации теплоты, отводимой от ГД с выпускными газами и охлаждающей водой, в выполненных СДУ часто находится ниже технически достижимого предела. Для СЭУ умеренной мощности (до 5—8 тыс. кВт) это связано с ограниченными потребностями судна в тепловой энергии в виде пара. В то же время избыток тепловой энергии, полу-

ченной в системе утилизации, еще недостаточен для удовлетворения в ходовом режиме всех потребностей судна с помощью утилизационного турбогенератора (УТГ). Для СЭУ средней мощности (8—12 тыс. кВт) может быть создано равновесие между потребностями судна в паре и электроэнергии и располагаемой энергией, обеспечиваемой системой утилизации теплоты в конкретной СДУ. При больших мощностях ГД в системе утилизации может быть получен избыток энергии по сравнению с потребностями судна в паре, горячей воде, электроэнергии, что позволяет решать вопрос о передаче ее на гребной винт с помощью утилизационной ходовой турбины (УХТ). Снижение удельного расхода топлива на установку по сравнению с СЭУ, в которых утилизация тепла отсутствует, достигает 4,1—10,8 %. Общая экономия топлива при полной утилизации тепла отработавших газов, а также охлаждающей воды может составлять до 15—18 %

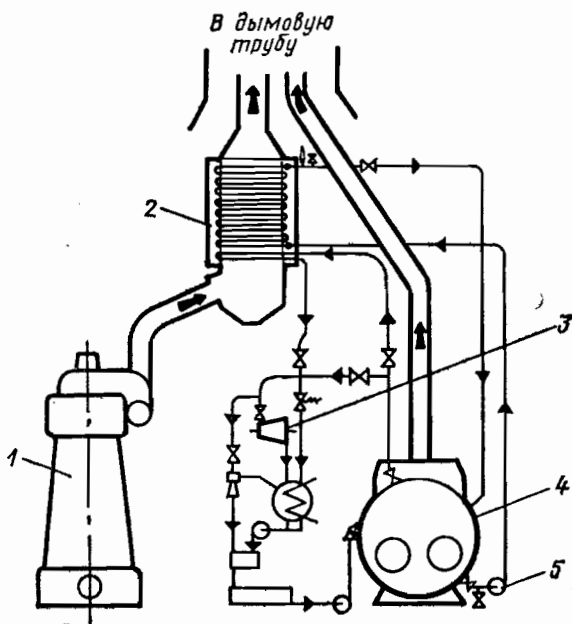


Рис. 24. Схема утилизационной установки с глубокой утилизацией теплоты

1 — дизель; 2 — утилькотел; 3 — УТГ; 4 — вспомогательный котел; 5 — циркуляционный насос

по отношению к номинальному расходу топлива главным двигателем.

Таким образом, применение установок с глубокой утилизацией теплоты позволяет получить экономический эффект, определяемый экономией топлива, расходуемого в обычных условиях в ходовом режиме судна на вспомогательный котел и на судовые ДГ, а в случае применения УХТ — экономией топлива и на главный двигатель, мощность которого можно соответственно уменьшить.

Схема утилизационной установки с глубокой утилизацией теплоты, работающей в комплексе со вспомогательным паровым котлом, показана на рис. 24.

73. Что понимают под удельным расходом масла у дизеля?

Удельный расход масла у дизеля — это сумма удельных расходов масла на угар и на слив. Под удельным расходом масла на угар понимают количество масла, безвозвратно расходуемое в дизеле в единицу времени на единицу его мощности. Удельный расход масла на слив — это количество масла, сливаемого из масляной системы дизеля при его смене, отнесенное к мощности и времени работы между сменами масла.

Таблица 6. Составляющие расхода масла на угар в дизеле 6ЧН 15/18 ($P_{\text{е ном}} = 184$ кВт, $n_{\text{ном}} = 1500$ мин⁻¹)

Нагрузка дизеля, %	Расход масла по составляющим через						Суммарный расход масла, г/ч
	турбо- компрессор		клапанный механизм		ЦПГ		
	г/ч	%	г/ч	%	г/ч	%	
25	108	27,1	87	21,7	205	51,2	400
50	80	16,3	140	28,5	272	55,2	492
75	62	8,9	144	20	518	71,1	724
100	13	2,2	86	13,8	521	84	620

Расход масла на угар составляет у различных дизелей от 70 до 100 % общего расхода масла в дизеле. Представление о составляющих расхода масла на угар на различных нагрузках можно получить из табл. 6 на примере высокооборотного дизеля 6ЧН 15/18. Значения удельного расхода масла на угар приведены

в табл. 1, 2, 10. Средние фактические эксплуатационные данные расхода масла на угар значительно выше, чем расходы, предусмотренные ТУ на поставку, и увеличиваются по мере эксплуатации. В ВОД при возрастании расхода масла на угар в 2—3 раза необходимо делать замену поршневых колец.

74. Что понимают под сухой и удельной массой дизеля?

В сухую массу дизеля входит масса собственно дизеля и всех навешенных на него механизмов и трубопроводов, исключая массу топлива, масла и воды. Удельная масса дизеля — это показатель его металлоемкости, измеряемый отношением сухой массы к величине P_e . Значения удельной массы дизелей отечественного производства приведены в табл. 1.

75. Что понимают под ресурсом дизеля?

Ресурсом называется время работы дизеля в часах до определенного состояния. Стандарт устанавливает следующую номенклатуру назначенных ресурсов для дизелей отечественного производства:

— *ресурс непрерывной работы дизеля R_n* — это его безотказный непрерывный срок службы, при достижении которого эксплуатация должна быть прекращена, независимо от состояния дизеля для проведения технического обслуживания (ТО). При этом перечень и объем работ по каждому виду ТО указывается конкретно для каждого дизеля в инструкции по его эксплуатации;

— *ресурс дизеля до переборки $R_{п.п}$* — это срок его службы, при достижении которого эксплуатация должна быть прекращена независимо от его состояния для частичной разборки (с выемом поршней), осмотра, проверки и восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц в объеме, указанном в эксплуатационной документации (в ТУ на поставку дизелей указывают ресурсы до первой переборки или до первой полной переборки, а в ряде случаев — до второй и последующих переборок);

— *ресурс до полной переборки $R_{п.п}$* — это срок службы дизеля, при достижении которого эксплуатация должна быть прекращена независимо от его со-

стояния для демонтажа и полной разборки с освидетельствованием всех деталей и сборочных единиц, очисткой и промывкой масляных полостей, с частичным использованием ремонтного комплекта запасных частей;

— *ресурс до капитального ремонта R_k* — это срок службы дизеля, при достижении которого эксплуатация должна быть прекращена независимо от его состояния для полной разборки, обеспечивающей переукладку коленчатого вала в новые подшипники, осмотра, проверки и восстановления работоспособности всех сборочных единиц и деталей в соответствии с требованиями эксплуатационной документации (при этом могут назначаться ресурсы до первого и второго капитальных ремонтов);

— *ресурс до списания* — это срок службы дизеля, устанавливаемый по согласованию между заводом-изготовителем и заказчиком.

Ресурсы судовых дизелей указаны в табл. 7. Заводы-изготовители гарантируют установленные виды ресурсов только при безусловном выполнении обслуживающим персоналом соответствующих правил эксплуатации.

76. Как определяется направление вращения вала дизеля?

Различают дизели правого вращения, если коленчатый вал (или выходной вал реверс-редуктора) вращается по часовой стрелке, и левого вращения, если вал вращается против часовой стрелки. Направление вращения при этом определяется со стороны потребления мощности (для дизеля, работающего непосредственно на гребной винт, — с кормы в нос) независимо от того, как по отношению к ДП расположен дизель.

77. Каков порядок работы цилиндров дизеля и как они нумеруются?

Для наибольшей равномерности нагрузки коленчатого вала многоцилиндрового двигателя необходимо, чтобы рабочие такты в цилиндрах повторялись в определенной последовательности, которая называется порядком работы цилиндров. Порядок работы

Таблица 7. Ресурсы судовых дизелей, работающих с противодавлением на выпуске до 5 кПа

Диаметр цилиндра, мм	Частота вращения, мин ⁻¹	Удельная масса, кг/кВт	Ресурс непрерывной работы, тыс. ч, не менее R_H	Назначенные ресурсы до переборки, до капитального ремонта, тыс. ч, не менее							
				дизелей без наддува		дизелей с наддувом при среднем эффективном давлении, МПа					
				R_H	R_K	до 1,0 (до 0,7)		свыше 1,0 до 1,5 (свыше 0,7 до 1,0)		свыше 1,5 (свыше 1,0)	
						R_H	R_K	R_H	R_K	R_H	R_K
85—150	2000—3000 1000—2000	До 4,0 Свыше 4,0 До 6,8 Свыше 6,8 До 13,6 Свыше 13,6	0,3	3,5	7,0	2,5	5,0	—	—	—	—
				4,0	10,0	3,0	6,0	—	—	—	—
				5,0	12,0	4,5	10,0	4,0	9,0	—	—
				5,5	14,0	5,0	12,0	4,5	10,0	—	—
				6,0	16,0	5,5	14,0	5,0	14,0	—	—
130—200	1000—2000	Свыше 1,6 До 2,7 Свыше 2,6	0,3	5,5	11,0	4,5	10,0	3,5	9,0	—	—
				6,0	12,0	5,0	11,0	4,0	10,0	—	—
180—350	900—1500	До 5,0 Свыше 5,0 До 10,0 Свыше 10,0	0,4	—	—	7,0	32,0	6,0	30,0	5,0	28,0
				8,0	36,0	8,0	36,0	7,0	32,0	6,0	30,0
				9,0	40,0	9,0	40,0	8,0	36,0	7,0	32,0

180—350	500—900	До 8,0 Свыше 8,0	0,6	— 9,0	— 40,0	7,0 8,0	36,0 40,0	6,0 7,0	32,0 36,0	5,5 6,0	30,0 32,0
		До 16,3 Свыше 16,3	0,7	10,0	45,0	9,0	45,0	8,0	40,0	7,0	36,0
300—650	175—600	До 16 Свыше 16	1,0	— 10,0	— 55,0	— 8,0	— 45,0	6,0 7,0	36,0 40,0	5,0 6,0	32,0 36,0
		До 34 Свыше 34		11,0	60,0	9,0	50,0	8,0	45,0	7,0	40,0
400—800	100—200	До 40,8 Свыше 40,8	1,0	—	—	8,0	90,0	7,0	80,0	6,0	70,0
Свыше 800	100—160	Свыше 30 До 50		—	—	9,0	100,0	8,0	90,0	7,0	80,0
				—	—	9,0	100,0	9,0	100,0	8,0	90,0

Примечания. 1. В подзаголовках граф таблицы указаны значения среднего эффективного давления для двухтактных дизелей.

2. Для дизелей с частотой вращения $1000-2000 \text{ мин}^{-1}$ и диаметром цилиндра 130—200 мм допускается вместо ресурсов до переборки и капитального ремонта устанавливать ресурс до полной переборки $R_{п. п}$ (назначенный или средний).

3. Значение R_k для вспомогательного ДГ должно быть умножено на коэффициент 1,1.

4. Значения $R_{п. п}$, $R_{п. п}$ и R_k должны быть умножены для аварийного ДГ на коэффициент 0,5.

5. Для дизелей, работающих с противодавлением на выпуске свыше 5 до 10 кПа, значения $R_{п. п}$, $R_{п. п}$ и R_k умножают на коэффициенты: 0,9 — при противодавлении свыше 5 до 8 кПа; 0,8 — при противодавлении свыше 8 до 10 кПа.

6. Для дизелей, работающих с противодавлением на выпуске свыше 10 кПа, значения назначенных ресурсов устанавливаются по согласованию между заводом-изготовителем и потребителем.

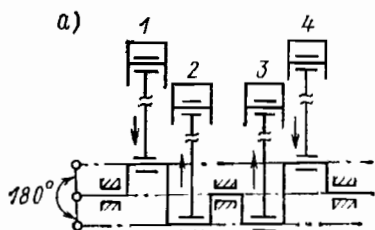
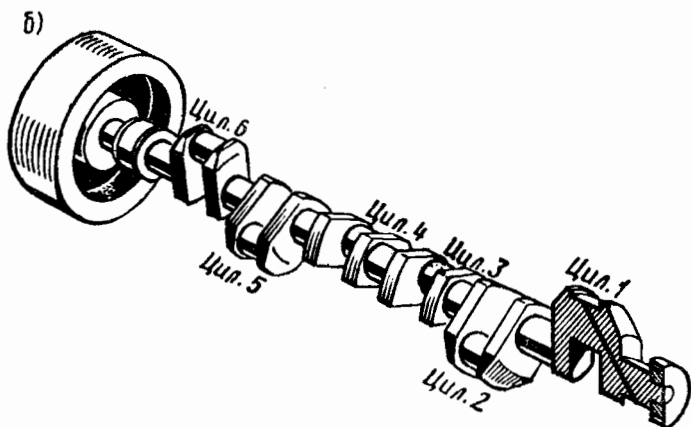


Рис. 25. Коленчатый вал: а — расположение кривошипов у четырехтактного четырехцилиндрового двигателя; б — расположение кривошипов у четырехтактного шестицилиндрового двигателя с порядком работы 1—5—3—6—2—4



цилиндров зависит от числа цилиндров двигателя и его тактности; при этом последовательно работающие цилиндры не должны стоять рядом.

Полный цикл у четырехтактного двигателя осуществляется за два оборота вала, т. е. за 720° , у двухтактного за 360° . Для того чтобы в любой момент вал двигателя имел некоторое постоянное усилие от воздействия газов на поршень, колена вала необходимо смещать относительно друг друга на угол φ . Этот угол зависит от числа цилиндров z и тактности двигателя и равен цикловой продолжительности поворота вала в градусах, отнесенной к числу цилиндров. Следовательно, для четырехтактного двигателя $\varphi = 720^\circ/z$, для двухтактного $\varphi = 360^\circ/z$.

Определим, например, порядок работы цилиндров, расположенных в один ряд, у четырехтактного четырехцилиндрового двигателя. В этом случае $\varphi = 720^\circ : 4 = 180^\circ$. Вал имеет конфигурацию (рис. 25, а), при

которой поршни 1 и 4 перемещаются в направлении, противоположном движению поршней 2 и 3. Получающееся при этом чередование процессов в цилиндрах показано в табл. 8. Если в первом цилиндре осуществляется рабочий ход, то поршень второго цилиндра движется вверх, при этом из двух возможных процессов (сжатие и выпуск) примем выпуск. Тогда поршень третьего цилиндра, также перемещающийся вверх, должен осуществлять сжатие. В четвертом цилиндре поршень движется вниз одновременно с поршнем первого цилиндра, осуществляющим рабочий ход, поэтому в четвертом цилиндре должен быть впуск. Чередование процессов в последующих тактах всех цилиндров определяется цикловой последовательностью. Из табл. 8 видно, что процессы расширения (рабочего хода) будут проходить в цилиндрах в следующем порядке: 1—3—4—2. Если во втором цилиндре в первом такте принять вместо процесса выпуска сжатие, то порядок работы цилиндров изменится и будет 1—2—4—3. Следовательно, для четырехтактного четырехцилиндрового однорядного двигателя возможны два порядка работы цилиндров (рис. 25, б).



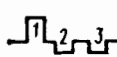

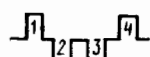

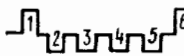

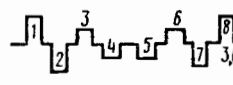



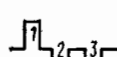

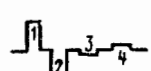

Таблица 8. Порядок чередования процессов рабочего цикла в цилиндрах четырехтактного четырехцилиндрового дизеля

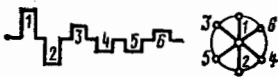
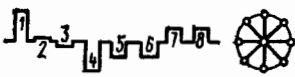
Номер цилиндра	°ПКВ			
	0—180	180—360	360—540	540—720
1	Рабочий ход	Выпуск	Впуск	Сжатие
2	Выпуск	Впуск	Сжатие	Рабочий ход
3	Сжатие	Рабочий ход	Выпуск	Впуск
4	Впуск	Сжатие	Рабочий ход	Выпуск

Аналогичное явление наблюдается у всех многоцилиндровых двигателей (табл. 9).

Нумерация цилиндров дизеля начинается с того конца, с которого потребляется мощность.

**Таблица 9. Расположение кривошипов
и порядок работы цилиндров двигателя
в зависимости от числа цилиндров**

Число цилин- дров	Расположение колен вала	Порядок чередования выпусков
<i>Четырехтактные двигатели</i>		
2	 	1—2
3	 	1—3—2 или 1—2—3
4	 	1—3—4—2 или 1—2—4—3
6	 	1—5—3—6—2—4 или 1—4—2—6—3—5
8	 	1—3—7—5—8—6—2—4 или 1—4—7—3—8—5—2—6
<i>Двухтактные двигатели</i>		
2	 	1—2
3	 	1—2—3 или 1—3—2
4	 	1—4—2—3 или 1—3—2—4

Число цилиндров	Расположение колен вала	Порядок чередования вспышек
6		1—3—5—2—4—6 или 1—6—4—2—5—3
8		1—8—2—6—4—5—3—7 или 1—7—3—5—4—6—2—8

2.4. МАРКИРОВКА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

78. Как маркируются дизели, выпускаемые отечественной промышленностью?

ГОСТ 4393—82 предусматривает единые обозначения судовых, тепловозных и промышленных дизелей. В марках дизелей буквы означают: Д — двухтактный, Ч — четырехтактный, Р — реверсивный, С — судовой с реверсивной муфтой, П — с редукторной передачей; К — крейцкопфный, Н — с наддувом.

Первая цифра перед буквами указывает число цилиндров, цифра в числителе за буквами — диаметр цилиндра, в знаменателе — ход поршня; цифра после дроби — номер модификации данного типа дизеля.

Например, марка дизеля 5ДКРН 50/110-2 означает: дизель пятицилиндровый, двухтактный, крейцкопфный, реверсивный, с наддувом, диаметр цилиндра 50 см, ход поршня 110 см, модификация вторая. Если предусматривается автоматизация дизеля, то перед дробью вводится обозначение 1А, 2А, 3А или 4А (в зависимости от степени автоматизации).

79. Как расшифровываются марки дизелей, выпускаемых наиболее известными зарубежными фирмами?

В составе отечественного флота имеется большое количество теплоходов с дизелями зарубежного производства.

Ведущими зарубежными фирмами, производящими судовые дизели, являются: «Бурмейстер и Вайн» (Дания), «Зульцер» (Швейцария), МАН (ФРГ), «Доксофорд»

(Великобритания), «Сторк» (Нидерланды), «Гетаверкен» (Швеция), «Фиат» (Италия), «Пилстик» (Франция) и их лицензиаты. Дизели, построенные зарубежными фирмами, имеют свои обозначения.

В марках дизелей фирмы «Бурмейстер и Вайн» буквы обозначают: М — четырехтактный, V — двухтактный (второе V в конце марки V-образный), Т — крейцкопфный, F — судовой (реверсивный и главный неревверсивный серии MTBF), В — с газотурбинным наддувом, Н — вспомогательный. Число цилиндров указано перед буквами, диаметр цилиндров — за числом цилиндров, ход поршня — после букв. В крейцкопфных дизелях с наддувом модификация указана в середине буквенного обозначения цифрой 2 или 3.

Для дизелей, построенных фирмой «Бурмейстер и Вайн» после 1967 г., введены новые обозначения: первая цифра — число цилиндров, следующая за ней первая цифра — тип двигателя (К — двухтактный крейцкопфный); вторые цифры — диаметр цилиндров; следующая буква — обозначение модели (например, Е или F); последняя буква — назначение дизеля (например, F — судовой реверсивный для прямой передачи).

В дизелях фирмы «Зульцер» буквы обозначают: В — четырехтактный, Z — двухтактный, S — крейцкопфный, Т — тронковый, D — реверсивный, Н — вспомогательный, А — с наддувом, R — с управляемым выпуском, V — V-образный, G — с редукторной передачей, M — тронковый с коротким ходом поршня. Число цилиндров указано перед буквами, диаметр цилиндра — после букв. Некоторые дизели этой фирмы имеют сокращенное буквенное обозначение: у серии Z и ZV не проставляют буквы M, H, A, а у серии RD — буквы S и A.

Обозначения в дизелях фирмы МАН: V — четырехтактный (второе V — V-образный), Z — двухтактный, K — крейцкопфный, G — тронковый, A — двухтактный без наддува или четырехтактный с низкой степенью наддува, C, D и E — двухтактные с низкой, средней и высокой степенями наддува, L — четырехтактный с охлаждением наддувочного воздуха, T — с наличием предкамеры, m — четырехтактный с наддувом без воздухоохладителя. Число цилиндров указано между буквами K и Z, числитель дроби — диа-

метр цилиндра, знаменатель — ход поршня. Заводы-лицензиаты фирмы МАН наличие наддува обозначают буквой А с цифровыми индексами: А₃ и А₅ — последовательно-параллельная система наддува с газотурбонагнетателями, работающими на газах соответственно с постоянным и переменным давлением.

Фирмой «Фиат» приняты такие обозначения: S и SS с наддувом первой и второй форсировки, Т — крейцкопфный с диаметром цилиндра до 600 мм (при D = 600 мм буква Т может отсутствовать), R — четырехтактный реверсивный, С и В — модификации дизеля. Первые цифры означают диаметр цилиндра, последующие — число цилиндров.

Дизели ГДР: D — дизель, V — четырехтактный, Z — двухтактный, K — с малым ходом поршня ($S/D \leq \leq 1,3$), N — со средним ходом поршня ($S/D > 1,3$), первая цифра означает число цилиндров, вторая — ход поршня, см.

2.5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ДИЗЕЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

80. Какие дизели выпускаются в СССР по лицензиям зарубежных фирм и какими показателями они характеризуются?

Производственное объединение «Брянский машиностроительный завод» (БМЗ) с 1961 г. изготавливает дизели по лицензии фирмы «Бурмейстер и Вайн» (Дания). Для судов дедвейтом 20—30 тыс. т с мощностью СДУ 7—8,5 тыс. кВт могут использоваться дизели типа ДКРН 74/160-3 или дизели четвертого поколения типа ДКРН 67/140-4 (K67GF по обозначению фирмы). Диапазон мощностей 10—18 тыс. кВт, требующийся для судов дедвейтом 50—100 тыс. т, может быть обеспечен несколькими модификациями дизелей типа ДКРН 80/160-4 (K80GP), которые по конструкции существенно отличаются от всех предшествующих образцов и могут успешно работать на тяжелых низкокачественных топливах.

Основные параметры некоторых дизелей типа ДКРН производства ПО БМЗ приведены в табл. 10. Производственным объединением «Русский дизель» освоено

производство среднеоборотных дизелей по кооперации с фирмой СЕМТ — «Пилстик» (Франция). Параметры некоторых дизелей этой фирмы (кроме указанных в табл. 3) приведены в табл. 11.

Таблица 10. Основные параметры некоторых дизелей типа ДКРН

Параметр	ДКРН 50/110-2	ДКРН 62/140-3	ДКРН 74/160-3	ДКРН 84/180-3	ДКРН 80/160-4
Среднее эффективное давление, МПа	0,855	0,93	0,96	0,96	1,10
Цилиндровая мощность, кВт	515	883	1310	1720	1766
Частота вращения, мин ⁻¹	170	140	120	110	122
Число цилиндров	5—7	5	6—8	9	5—12
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	214	192	208	205	212
Удельный расход масла, г/(кВт·ч)	1,63	1,15	1,02	1,02	0,55

Таблица 11. Технические характеристики некоторых дизелей фирмы СЕМТ—«Пилстик»

Марка дизеля	Цилиндровая мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Число цилиндров	Диаметр цилиндров, мм	Ход поршня, мм	Среднее эффективное давление, МПа
PC2-2L-400	368	500	6; 8; 9	400	460	1,91
PC2-2L-400	368	500	10; 12; 14; 16	400	460	1,91
PC2-3L-400	394	500	6; 8; 9	400	460	1,91
PC2-3L-400	394	500	10; 12; 14; 16; 18	400	460	1,91
PC2-5L-400	480	520	6; 8; 9	400	460	1,91
PC2-5V-400	480	520	12; 14; 16; 18	400	460	1,91
PC3L-480	700	470	6; 8; 9	480	520	1,89
PC3V-480	700	470	12; 14; 16; 18	480	520	1,89
PC4V-570	1100	400	10; 12; 14; 16; 18	570	620	2,09

81. Какие усовершенствования конструкции дизелей типа ДКРН 80/160-4 обеспечивают их высокую надежность и возможность работы на тяжелых топливах?

В дизелях ДКРН 80/160-4 наибольшие изменения внесены в конструкцию цилиндровой крышки. Радиальные сверления для охлаждающей воды разделяют ее по высоте на две зоны: нижняя будет воспринимать тепловые нагрузки, а верхняя, работающая при низких температурах, рассчитана на основные растягивающие усилия. Разделение зон действия тепловых и механических нагрузок упрощает конструкцию, позволяет устранить причины появления трещин на огневом днище и повышает надежность крышек.

Улучшение системы охлаждения цилиндровой крышки значительно снижает теплонапряженность выпускных клапанов и форсунок. Применение гидропривода клапанов позволяет устранить боковые усилия и уменьшить износ направляющих, что повысит срок службы клапанов. Отказ от охлаждения форсунок способствовал резкому снижению их массы (с 25 до 7 кг), что значительно упростило обслуживание и ремонт.

В связи с тенденцией уменьшения массы судовых фундаментов в дизелях новых модификаций большое внимание уделено увеличению жесткости их остова.

Усовершенствование конструкции поршня было направлено на создание большого запаса прочности и надежности его головки при сохранении умеренных температур в зоне поршневых колец. Этим целям в наибольшей степени отвечает принятая на двигателе конструкция с опертым днищем и масляным охлаждением.

Благодаря увеличению высоты охлаждаемого опорного фланца цилиндровой втулки верхняя часть ее оказалась вне зоны действия высоких температур камеры сгорания. В результате температура втулки на уровне верхнего поршневого кольца (при положении поршня в ВМТ) не превышает значений, характерных для менее форсированных дизелей предыдущих модификаций. Этим достигается высокий уровень надежности и создаются предпосылки для увеличения периода между моточистками поршней до 2 лет и более.

В новых двигателях обеспечивается максимальная механизация ремонтно-профилактических работ.

**Таблица 12. Основные данные мощностного ряда
дизелей типа ДКРН 80/160-4 (K80GF)**

Характеристика	Число цилиндров			
	5	6	7	8
Длительная эксплуатационная мощность при частоте вращения 122 мин ⁻¹ , кВт	8 800	10 600	13 850	14 150
Длина, мм (см. рис. 26):				
L_1	8 520	9 880	11 240	12 600
L_2	11 115	12 475	13 835	15 195
Масса, т	460	515	585	670

Характеристика	Число цилиндров			
	9	10	11	12
Длительная эксплуатационная мощность при частоте вращения 122 мин ⁻¹ , кВт	15 900	17 700	19 400	21 200
Длина, мм (см. рис. 26):				
L_1	13 960	15 320	16 680	18 040
L_2	16 555	17 996	19 355	20 715
Масса, т	725	790	860	935

Простота и удобство демонтажно-монтажных операций предусматривается для многих громоздких узлов двигателя.

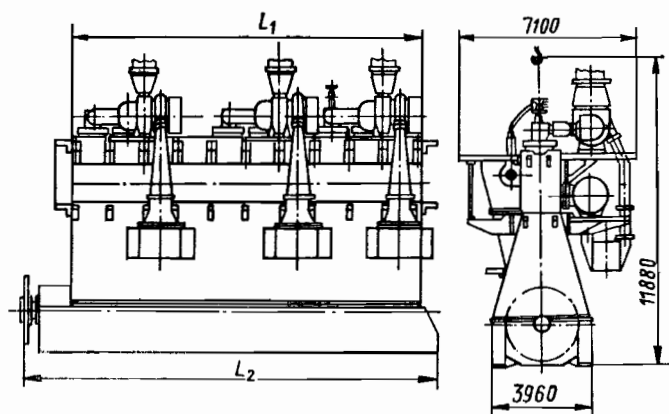


Рис. 26. Габаритный чертеж дизеля ДКРН 80/160-4

На рис. 26 показан габаритный чертеж двигателя ДКРН 80/160-4, освоенного ПО БМЗ. В табл. 12 приведены основные данные мощностного ряда дизелей ДКРН 80/160-4.

82. Какие принципиальные схемы конструкции остова и деталей движения применяют в современных судовых дизелях?

От конструкции остова дизеля зависят его общая жесткость, последовательность сборки и способ монтажа на судовом фундаменте. По составу частей остова, их взаимному расположению и способу соединения между собой можно выделить 6 принципиально отличающихся друг от друга конструкций (рис. 27, а—е).

На рис. 27, а изображена конструкция, состоящая из изготовленных отдельно фундаментной рамы, станины (картера), блока цилиндров и крышки цилиндра; она характерна для крейцкопфных МОД большой мощности. По этой конструкции выполнены отечественные дизели типа ДКРН 74/160, некоторые дизели фирмы «Зульцер» (Швейцария), МАН (ФРГ), «Нохаб — Поляр» (Швеция) и др.

Для снижения массы и габаритов двигателя блок цилиндров может быть объединен со станиной в единую деталь — блок-картер (рис. 27, б). Такой остов имеют дизели 6ЧН 25/34, ДРН 30/50, 12ЧН 18/20, ЧН 23/30 и др.

Соединение фундаментной рамы и станины (рис. 27, в) — сравнительно новое конструктивное решение, возникшее при переходе от литых деталей к сварным; подобная схема использована в дизеле 6ЧН 36/45 и др.

Современные СОД и ВОД с низкой удельной массой не имеют фундаментных рам; их функцию выполняют несущий верхний картер или блок-картер (рис. 27, г, д, е). В этих схемах к судовому фундаменту крепится верхний картер, закрываемый снизу масло-сборником. Особенность такой конструкции — подвесное крепление коленчатого вала. Схема, показанная на рис. 27, г, характерна для ВОД небольшой мощности (например, дизель 12ЧСП 15/18); схема на рис. 27, д — как для ВОД небольшой мощности (дизель 6Ч 10,5/13), так и для многих СОД (двигатели

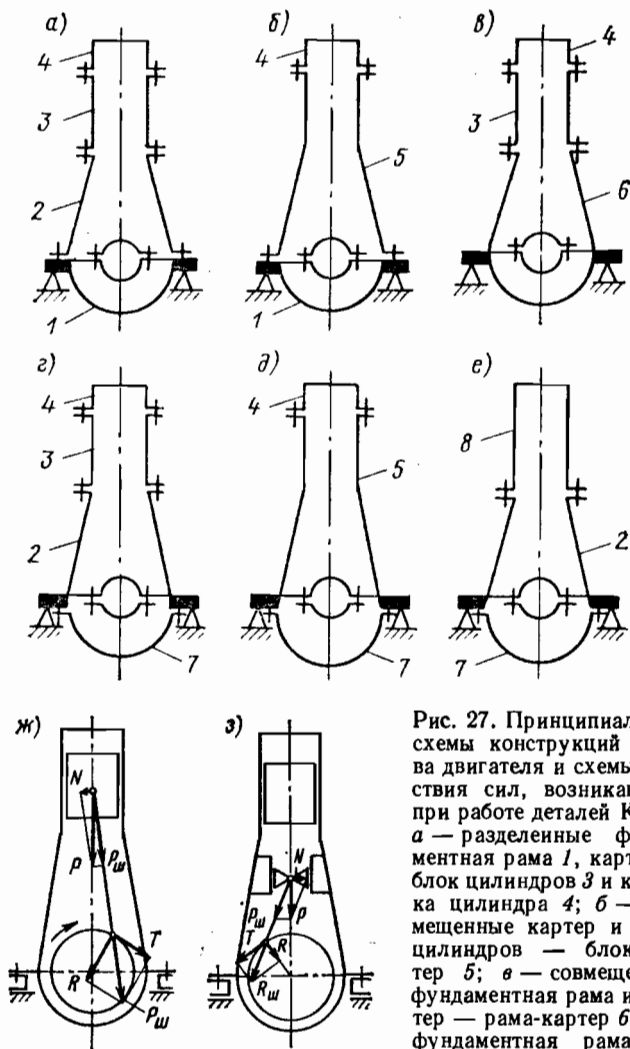


Рис. 27. Принципиальные схемы конструкций основания двигателя и схемы действия сил, возникающих при работе деталей КШМ: а — разделенные фундаментная рама 1, картер 2, блок цилиндров 3 и крышка цилиндра 4; б — совмещенные картер и блок цилиндров — блок-картер 5; в — совмещенные фундаментная рама и картер — рама-картер 6; г — фундаментная рама отсутствует, ее заменяет несущий верхний картер 2, закрытый снизу поддоном 7; д — фундаментную раму заменяет несущий блок-картер 5; е — несущий картер 2 с поддоном 7, а блок цилиндров совмещен с крышками цилиндров — моноблок 8; ж — силы, действующие в тронковом двигателе; з — то же в кривокопном двигателе

сущий верхний картер 2, закрытый снизу поддоном 7; д — фундаментную раму заменяет несущий блок-картер 5; е — несущий картер 2 с поддоном 7, а блок цилиндров совмещен с крышками цилиндров — моноблок 8; ж — силы, действующие в тронковом двигателе; з — то же в кривокопном двигателе

фирм «Зульцер», «Пилстик» и др.). Схему, показанную на рис. 26, е, в которой блок цилиндра объединен с головкой блока (моноблок), в современном дизелестроении применяют в ВОД большой мощности (дизели 12ЧНСП 18/20, 42ЧН 16/17 и др.). Некоторые современные ДВС имеют совершенно другую конструкцию. Например, у дизелей с противоположно движущимися поршнями отсутствуют крышки цилиндров, так как камера сгорания у них располагается в средней части втулки цилиндра. Для большинства ВОД и СОД характерно использование тронковой схемы деталей движения (рис. 27, ж). В МОД преобладают крейцкопфные схемы (рис. 27, з).

На этих рисунках показан характер действия усилий, возникающих в деталях КШМ в результате действия сил давления газов на поршень (N — нормальная составляющая силы P давления газов на поршень, R — радиальная составляющая, T — касательная составляющая, образующая крутящий момент; $P_{ш}$ — вторая составляющая силы давления газов, перенесенная по линии ее действия и приложенная к центру шатунной шейки кривошипа).

83. Каковы перспективы развития судовых дизелей?

В настоящее время дизельная установка является основным типом СЭУ. Высокая экономичность дизелей, широкий диапазон агрегатных мощностей, большой ресурс и возможность комплексной автоматизации управления позволяют с достаточной степенью достоверности предсказать и на ближайшие десятилетия широкое использование дизелей на судах всех назначений.

Развитие дизелей будет идти по повышению топливной экономичности и внедрения технических решений, повышающих эффективность СДУ в целом, а также по улучшению массогабаритных показателей и снижению металлоемкости двигателей. Последнее будет достигаться за счет применения двухступенчатого наддува при $p_{те} = 1,8 \div 2$ МПа для двухтактных и 3 МПа и выше для четырехтактных дизелей, что позволит сократить их удельную массу в 1,4—1,5 раза по сравнению с существующими конструкциями. Даль-

нейшее совершенствование МОД связано с применением длинноходовых двигателей, в которых ход поршня увеличен по сравнению с исходным вариантом примерно на 22 %, а частота вращения коленчатого вала соответственно снижена. Термодинамические преимущества такого двигателя, а также рост пропульсивного КПД СДУ за счет уменьшения частоты вращения винта приводят к снижению удельного расхода топлива на 5—8 %.

Необходимый температурный режим деталей камеры сгорания при $p_{me} = 1,5 \div 1,6$ МПа и давлении наддува 0,3 МПа будет обеспечиваться интенсивным охлаждением втулки и крышки цилиндра. Дизели будут иметь гидравлический привод выпускных клапанов и воздушный демпфер вместо пружины клапана. При η_{et} около 51 % будет обеспечиваться удельный расход тяжелого топлива на уровне 165—170 г/(кВт·ч). Этим условиям уже отвечают некоторые дизели фирм «Бурмейстер и Вайн», МАН и «Зульцер».

Наибольшее распространение на судах в качестве ГД получили высокоэкономичные МОД, что связано и с возможностью их работы на низкосортных тяжелых топливах. Следует ожидать, что в МОД будут использоваться тяжелые топлива с вязкостью до 500 мм²/с.

Дальнейшее повышение экономичности МОД пойдет по пути совершенствования системы газотурбинного наддува, улучшения качества топливоподачи, смесеобразования и снижения механических потерь. Высокая экономичность МОД способствует расширению их использования, а создание МОД с диаметром цилиндра до 350 мм и числом цилиндров до 4 расширило нижний предел их агрегатной мощности до 1,5 МВт, и они стали конкурировать в той области мощностей, где доминировали СОД. Наряду с МОД широкое распространение получают СОД; СЭУ с такими дизелями оптимальны для специализированных транспортных судов со сплошными палубными перекрытиями и ограниченными объемами МО.

К положительным качествам СОД следует отнести возможность их применения в широком диапазоне мощностей, меньшие массы и габариты по сравнению с МОД. Современные СОД могут работать на высоковязких топливах, но по экономичности и надежности несколько уступают МОД.

Таким образом, создание новых мощностных рядов высокоэкономичных судовых дизелей — одно из главных направлений развития судовой энергетики.

Глава 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СУДОВЫМ ДИЗЕЛЯМ

8.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ДИЗЕЛЕЙ, ИХ МОЩНОСТИ, НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ И УРАВНОВЕШЕННОСТИ

84. Каковы основные требования, предъявляемые к изготовлению судовых дизелей?

Дизель должен быть изготовлен с правым или левым направлением вращения коленчатого вала (вала отбора мощности), иметь (по заказу потребителя) механизм реверсивной и редукторной передач (встроенные реверс-редуктор, редуктор или гидропреобразователь, реверсивную муфту). Для главных ВОД в механизм передачи устанавливают упорный подшипник, воспринимающий упор гребного винта. Вспомогательные механизмы (продувочные насосы, агрегаты механического наддува, водяные, масляные и топливоподкачивающие насосы), устанавливаемые на ВОД, должны приводиться в действие непосредственно от дизеля; допускается установка этих механизмов и с автономным приводом. У МОД большую часть вспомогательных механизмов выполняют с автономным приводом.

85. Что понимают под степенью неравномерности вращения вала дизеля и в каких пределах она должна быть?

Под степенью неравномерности вращения вала дизеля понимают отношение разности максимальной и минимальной угловых скоростей вращения вала к средней угловой скорости. Для дизелей, работающих

на гребной винт, степень неравномерности находится в пределах от $1/20$ до $1/40$; для дизелей, приводящих в действие генераторы электрического тока, она должна быть от $1/150$ до $1/300$, чтобы обеспечить необходимую частоту генерируемого тока. Требуемых пределов неравномерности вращения вала достигают путем установки маховика или увеличения числа рабочих цилиндров.

86. Какие требования предъявляются к уравниваемости дизелей в отношении действующих в них сил инерции движущихся масс?

Для уравнивания сил инерции и моментов от этих сил на щеках кривошипов коленчатого вала устанавливают противовесы. Кроме того, число цилиндров и расстояние между кривошипами подбирают так, чтобы сумма сил инерции или моментов от этих сил была равна нулю или близка к нему. Например, четырехтактные дизели при четном числе цилиндров (шесть и более) оказываются наиболее уравновешенными без какого-либо конструктивного вмешательства. При этом чем больше число цилиндров у дизеля, тем его уравниваемость лучше. В ряде случаев у двухтактных дизелей при нечетном числе цилиндров уравниваемость лучше, чем при четном, а поэтому семи- и десятицилиндровые двухтактные дизели встречаются довольно часто.

Приходится считаться и с тем, что все поршневые ДВС могут являться источником низкочастотных колебаний, даже будучи (по расчету) полностью уравновешенными. Если частота колебаний фундамента, на котором установлен двигатель, близка к частоте вращения двигателя, то это может вызвать явление резонанса. Чем больше амплитуда колебаний фундамента, на котором установлен двигатель, тем большую опасность представляют они для близко расположенных механизмов, для самого фундамента и для двигателя. Исходя из этих соображений, на основе практических данных установлена предельная допускаемая амплитуда колебаний фундамента под ДВС, равная $0,15—0,20$ мм. С целью защиты двигателя и корпусных конструкций от ударных нагрузок и вибрации предусматривают монтаж некоторых дизелей (особенно ВОД)

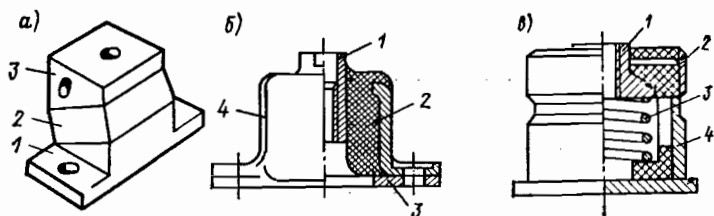


Рис. 28. Амортизаторы: а — пластинчатый с наклонным расположением резины

1 — нижняя плита с отверстиями для крепления к судовому фундаменту
2 — резиновый массив; 3 — верхняя плита с отверстием для крепления к лапам двигателя

б — АККС (амортизатор корабельный сварной со страховкой от бокового смещения)

1 — втулка с отверстием для крепления к лапе двигателя; 2 — резиновый массив; 3 — нижняя планка; 4 — наружная скоба с отверстиями для крепления к судовому фундаменту

в — АПРС (амортизатор пружинный)

1 — втулка с отверстием для крепления к лапе двигателя; 2 — крышка корпуса; 3 — пружина; 4 — корпус с нижней плитой с отверстиями для крепления к судовому фундаменту

не на полках судового фундамента, а на компенсирующих звеньях — амортизаторах. Конструкции некоторых амортизаторов представлены на рис. 28.

87. Какие требования предъявляются к мощности ГД?

Мощность ГД определяют исходя из скорости полного хода судна. Ориентировочно значение мощности ГД получают, используя зависимость $P_e = D^{2/3} v_s^3 / C$, где C — адмиралтейский коэффициент; D — массовое водоизмещение судна, т; v_s — скорость судна, уз. Этим выражением пользуются в приближенных расчетах, пренебрегая формой корпуса и КПД передачи. Если учесть, что суда некоторых типов имеют приблизительно одинаковые скорости и, следовательно, их энергонасыщенность (мощность ГД, приходящаяся на 1 т водоизмещения) может быть принята постоянной, то мощность ГД, кВт, можно определить при помощи коэффициента энергонасыщенности α_m : $P_e = \alpha_m D$.

Ниже приведены значения α_m и $1/C$ для некоторых типов судов.

Тип судна	α_m , кВт/т	1/С
Танкеры и суда для навалочных грузов	0,1—0,4	1/270—1/370
Универсальные сухогрузные	0,3—0,9	1/180—1/300
Скоростные контейнерные . .	1—1,5	1/220—1/320
Крупные пассажирские морские	0,8—1,5	1/180—1/260
Ледоколы	1,3—2,5	—
Суда на подводных крыльях	20—60	—
Суда на воздушной подушке	60	—

Необходимо помнить, что работа ГД на максимальной мощности допускается только в исключительных случаях в течение ограниченного времени, а повторно — не менее чем через 5 ч после остановки. Эффективная мощность на гребном винте судов с ледовыми усилениями корпуса должна быть не менее:

$P_e \geq 0,35D + 150$ кВт для категории УЛА;

$P_e \geq 0,3D + 1100$ кВт для категории УЛ;

$P_e \geq 0,26D + 735$ кВт для категории Л1;

$P_e \geq 0,22D + 370$ кВт для категории Л2;

$P_e \geq 0,18D$ для категории Л3

(D — водоизмещение по летнюю ГВЛ в пресной воде, т).

При этом минимальная мощность должна быть не менее:

5000 кВт для категории УЛА;

2600 кВт для категории УЛ;

735 кВт для категорий Л1, Л2, Л3.

Для судов с ВРШ мощность может быть уменьшена на 10 %. ГД должен обеспечивать при заднем ходе судна не менее 70 % частоты вращения переднего хода в течение не менее 30 мин. Мощность заднего хода должна быть достаточной для обеспечения в заданный Регистром СССР период времени торможения судна, двигавшегося полным ходом. Для пассажирских судов и судов специального назначения мощность заднего хода может быть увеличена. В СДУ с реверсивными передачами или ВРШ, а также в гребных электрических установках работа на задний ход не должна приводить к перегрузке ГД.

Мощность ГД судов смешанного плавания должна обеспечивать скорость не менее 10 уз при ходе в грузу на ровной воде.

Допускаемую длительность непрерывной работы дизелей на холостом ходу устанавливают в ТУ на конкретные дизели в зависимости от их назначения; обычно она составляет не менее 0,5—1 ч.

3.2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПУСКОВЫМ И РЕВЕРСИВНЫМ УСТРОЙСТВАМ

88. Что понимают под продолжительностью пуска и реверсирования дизеля?

Под продолжительностью пуска дизеля понимают время от момента включения пускового устройства до начала работы на топливе, причем время на предпусковую прокачку маслом и нагревание пусковых свечей (у дизелей с форкамерами и вихревыми камерами) в продолжительность пуска не входит.

Под продолжительностью реверсирования дизеля понимают время от начала выполнения маневра по реверсированию работающего дизеля до начала работы на топливе при вращении коленчатого вала в обратном направлении (на судне — без учета влияния его инерции движения). Продолжительность реверсирования фланца отбора мощности у дизеля с реверсивной муфтой — это время от начала выполнения маневра по переключению муфты на работающем на стенде дизеле до достижения крутящего момента T_{tg} при обратном вращении, соответствующем частоте вращения дизеля при реверсировании. Продолжительность переключения реверсивной муфты — это время от начала выполнения маневра по переключению муфты при работающем дизеле до начала вращения выходного фланца муфты в обратном направлении.

89. Какие требования предъявляются к пусковым и реверсивным качествам дизеля?

Надежный пуск дизеля сжатым воздухом должен обеспечиваться в течение времени, не превышающего 8 с, при температуре окружающего воздуха в МО, охлаждающей воды, масла и топлива в системах дизеля 281 К. Надежный пуск электростартером должен обеспечиваться не более чем с 3 попыток. При этом время включения стартера не должно превышать 3—12 с (в зависимости от системы электрооборудования и типа дизеля).

Минимальные давления пускового воздуха, расход воздуха на один пуск и параметры аккумуляторов, обеспечивающих пуск дизеля, устанавливают в ТУ на конкретные дизели. Емкость аккумуляторов должна обеспечивать не менее 10 пусков для ГД и не менее

6 пусков для ВД без подзарядки аккумуляторов, начиная с холодного состояния.

Продолжительность реверсирования не должна превышать 15 с как при испытаниях дизеля на стенде, так и на малом ходу судна. У ГД с реверсивной муфтой продолжительность переключения муфты не должна превышать 8 с; при этом допускается вместо проверки продолжительности переключения муфты проверять продолжительность реверсирования, которая не должна превышать 15 с.

90. Каковы особенности воздушных систем пуска?

Большинство современных судовых дизелей имеют воздушные системы пуска. При этом пуск может осуществляться подачей в цилиндры пускового воздуха и (после раскручивания вала) переводом цилиндров на работу на топливе, а также одновременным вводом в цилиндры пускового воздуха и топлива.

Пусковой воздух, поступая в цилиндры и расширяясь при этом, приводит в движение поршни. Воздух поступает в цилиндры через пусковые клапаны, установленные в крышках цилиндров. Продолжительность открытия каждого пускового клапана зависит от числа цилиндров, но не превышает $120\text{--}125^\circ$ поворота коленчатого вала (ПКВ). ГД должен запускаться в ход при любом положении вала. Поэтому необходимо, чтобы у него хотя бы в одном из цилиндров (где поршень занял положение «по ходу», в такте расширения) пусковой клапан был открыт.

Для выполнения этого условия угол между кривошипами коленчатого вала должен быть не более 120° . Именно поэтому пуск дизеля воздухом при любом положении коленчатого вала может быть осуществлен у четырехтактных ДВС с числом цилиндров не менее 6, так как $720^\circ/6 = 120^\circ$, а у двухтактных — не менее 3, так как $360^\circ/3 = 120^\circ$.

Пусковые клапаны цилиндров с помощью воздухо-распределителя открываются последовательно, в порядке работы цилиндров.

У ВД пусковые клапаны можно иметь не на всех цилиндрах. Для пуска такого ВД коленчатый вал устанавливают в пусковое положение валоповоротным устройством.

91. Какие специфические требования к системам пуска предъявляет Регистр СССР?

К системам воздушного пуска Регистр СССР предъявляет следующие требования. Для пуска ГД должно быть предусмотрено не менее 2 баллонов равной вместимости; для пуска ВД можно иметь 1 баллон.

Вместимость баллонов должна обеспечивать для реверсивных ГД не менее 12 пусков с реверсами для каждого двигателя, для нереверсивных двигателей — не менее 6 пусков одного двигателя (при числе двигателей от 2 и более — не менее 3 пусков каждого). Для ВД вместимость баллонов должна обеспечивать не менее 6 пусков двигателя наибольшей мощности. Система сжатого воздуха должна быть оборудована не менее чем двумя компрессорами с подачей каждого, обеспечивающей заполнение пусковых баллонов главного двигателя в течение 1 ч (начиная от атмосферного давления).

3.3. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАСПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗКИ ПО ЦИЛИНДРАМ, РАСХОДУ ТОПЛИВА, НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ, БЕЗОПАСНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

92. Какие требования предъявляются к распределению нагрузки по цилиндрам?

Неравномерность распределения нагрузки по отдельным цилиндрам дизеля, имеющего индикаторные краны, при номинальной или полной мощности, определяемая по значению P_{\max} , не должна превышать $\pm 4\%$ среднего значения всех цилиндров.

Если конструкцией дизеля предусмотрено измерение температур по цилиндрам, то неравномерность нагрузки допускается определять по температуре выпускных газов, устанавливаемой в ТУ на конкретные дизели или в инструкции по эксплуатации.

Для дизелей с V- и звездообразным расположением цилиндров неравномерность нагрузки по отдельным цилиндрам может быть регламентирована температурой выпускных газов по блокам цилиндров.

93. Какие требования предъявляют к дизелям по удельному расходу топлива и к надежности их работы?

Удельный расход топлива b_e указывают в ТУ, инструкции по эксплуатации и паспорте (формуляре) дизеля в зависимости от его назначения при номинальной или полной мощности, а также на режимах 75 и 50 % нагрузки.

Кроме того, указывают $b_{e \min}$ и часовой расход на холостом ходу; значение b_e по ГОСТ 10150—82 дается с допуском, не превышающим 5 % значения b_e на данном режиме.

Значение b_e у дизелей с газотурбинным наддувом при нагрузках, составляющих 75 и 50 % номинальной или полной мощности, при работе на режимах нагрузочной характеристики не должно превышать значений, приведенных ниже.

Дизель:	$b_{e'} \%$	
	0,75 P_e	0,5 P_e
со свободным турбокомпрессором	105	110
с двухступенчатым наддувом	105	112

Дизели должны надежно работать при температуре воздуха в МО в пределах от 278 до 323 К и при температуре наружного воздуха от 243 до 318 К. При отрицательных температурах наружного воздуха в ТУ и в инструкции по эксплуатации указывают температуру воздуха на впуске в цилиндры, обеспечивающую надежную работу.

Значения углов крена и дифферента судна не должны превышать значений, указанных в табл. 13. Надежная работа дизеля обеспечивается при температуре воды внешнего контура системы ох-

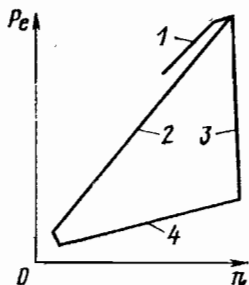


Рис. 29. Поле допустимых нагрузок дизеля

1 — внешняя характеристика; 2 — характеристика максимальных мощностей, допустимых при длительной работе; 3 — регуляторная характеристика; 4 — характеристика минимальных мощностей, допустимых при длительной работе

лаждения до 305 К. Устойчивую и надежную работу дизель должен обеспечивать в пределах всех назначенных ресурсов на любых режимах, определяемых так называемым полем допустимых нагрузок. Под этим полем понимают область, заключенную между линиями характеристик дизеля, показанных на рис. 29.

Таблица 13. Значения углов крена и дифферента, при которых обеспечивается надежная работа судовых дизелей

Назначение дизелей	Крен, °, не более		Дифферент, °, не более	
	длительный	кратко-ременный	длительный	кратко-временный
Главные и вспомогательные	15	45	5	10
Аварийные	22,5	45	10	10

Примечание. Значение дифферента указано без учета строительного дифферента.

94. Как обеспечивается удобство эксплуатации и безопасность обслуживания судовых дизелей?

Конструкция дизеля должна обеспечивать удобство доступа к агрегатам и деталям при техническом обслуживании (ТО) и ремонте, а также минимальное количество операций ТО до капитального ремонта.

Большинство дизелей должны отвечать следующим требованиям: расположение постов управления и КИП должно обеспечивать удобство обслуживания и безопасность эксплуатации; температура поверхностей наружных частей, с которыми неизбежно соприкосновение персонала при обслуживании дизелей, не должна превышать 333 К; вращающиеся части должны быть оборудованы защитными кожухами; дизели с диаметром цилиндра до 180 мм, не имеющие принудительной вентиляции картера, и дизели с диаметром цилиндра более 180 мм должны снабжаться предохранительными устройствами для предотвращения взрывов паров масла в картере.

Практика показала, что для каждого ГД необходимо предусмотреть возможность проворачивания ко-

ленчатого вала механизированным или ручным приводом. При этом должна быть исключена возможность пуска дизеля при включенном валоповоротном устройстве или самопроизвольного включения устройства при работе дизеля или проворачивании его сжатым воздухом.

Для деталей массой 50 кг и более, подлежащих перемещению в процессе разборки и ремонта, необходимо иметь приспособления для застропки. Система газовыпуска дизеля должна обеспечивать полное удаление отработавших газов из рабочих цилиндров и из МО, а также глушение шума работающих двигателей до допустимого предела.

Система газовыпуска включает выпускной коллектор, глушитель, газопроводы, компенсаторы тепловых расширений, искрогасители. Глушитель уменьшает шум при выпуске газов за счет поглощения их кинетической энергии. Глушители различаются конструкцией путей движения газов.

СДУ являются источниками загрязнения воздушной среды пристаней, портов и территорий, непосредственно примыкающих к рекам и каналам, продуктами неполного сгорания топлива. Загрязнение происходит из-за изношенности двигателей, нарушения режимов их работы и усиливается на малом ходу судна. Особенно большое загрязнение наблюдается в периоды подхода судов к причалам и отхода от них. Частицы сажи, вылетающие из дымовой трубы в виде искр и догорающие в воздухе, представляют пожарную опасность как для судна, так и для перевозимого груза. Степень пожароопасности этих частиц возрастает в том случае, если они соединяются с продуктами неполного сгорания серы, содержащейся в топливе. Искрогашение достигается при помощи искрогасителей сухого и мокрого типов.

Сухие искрогасители просты в изготовлении и монтаже, уход за ними в процессе эксплуатации несложен. Однако они не гарантируют полного гашения искр.

В тех случаях, когда требуется обеспечить более полное искрогашение, применяют мокрые искрогасители (рис. 30), отличающиеся высокой эффективностью, которые, кроме того, одновременно могут поглощать некоторые вредные для человека компоненты отработавших газов.

В мокрых искрогасителях применяют замкнутую систему искрогашения с использованием воды. Система искрогашения состоит из установленной в кожухе дымовой трубы цистерны с пресной водой и насоса, соединенных с оросительными устройствами. Кроме того, в состав системы входят трубопровод с распределительным элементом, а также сливные трубы. Цистерна пополняется от судовой системы пресной воды.

При работе замкнутой системы искрогашения насос подает пресную воду из цистерны по трубопроводу через распределительный элемент к оросительным устройствам. В зависимости от режима работы вспомогательных котлов и дизелей распределительный элемент направляет воду к одному или нескольким оросительным устройствам. Используемая для создания завесы на пути газов вода скапливается в нижней части искрогасителей и сливается в цистерну через общий стояк, оборудованный фильтром для очистки воды от сажи или других примесей.

Во всех мокрых искрогасителях часть распыленной орошающей жидкости уносится газовым потоком. Для ее улавливания применяется центробежный сепаратор.

При установке искрогасителей мокрого типа Регистром СССР предусмотрены устройства, предотвращающие попадание воды в двигатель, и сигнализация, срабатывающая в момент достижения воды верхнего предельно допустимого уровня в искрогасителе.

На малотоннажных судах из-за небольшой высоты моторных отделений и необходимости обеспечения минимального противодавления на пути отработавших газов газовыпускной тракт обычно расположен на

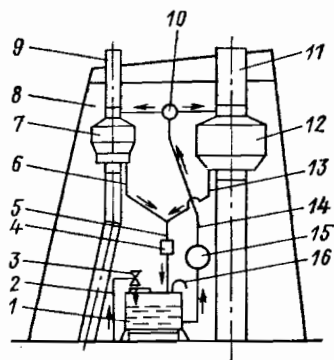


Рис. 30. Схема системы мокрого искрогашения

1 — цистерна; 2 — трубопровод пресной воды; 3 — кран; 4 — фильтр; 5 — общий стояк; 6, 13 — трубопроводы слива воды; 7 — искрогаситель дизеля; 8 — кожух дымовой трубы; 9 — газовойсхлопной трубопровод; 10 — распределительный элемент; 11 — дымовывод; 12 — искрогаситель вспомогательного котла; 14 — напорный трубопровод; 15 — насос; 16 — воздушная труба

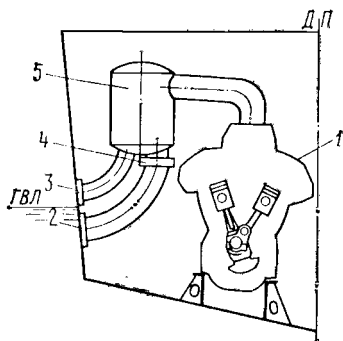


Рис. 31. Система газовыхлопа малотоннажного судна

1 — дизель; 2 — газопусковой трубопровод; 3 — байпас; 4 — дистанционно управляемая заслонка; 5 — глушитель

ной воды через систему газовыхлопа. Даже небольшое количество воды в цилиндре может привести к гидравлическому удару и аварии во время пуска двигателя. Для исключения попадания забортной воды в двигатель в составе системы газовыхлопа предусмотрены разделительный глушитель и заслонка с дистанционным приводом (рис. 31). Автоматизация управления ее открытием и закрытием — одно из мероприятий, обеспечивающих защиту двигателя от попадания воды в цилиндры.

Для работы ГД, ВД и вспомогательных котлов требуется большое количество воздуха; воздух определенного состава, влажности и температуры необходим также для обеспечения нормальной жизнедеятельности обслуживающего персонала, находящегося в МО.

Машинные помещения СДУ оборудуют искусственной приточной и естественной или комбинированной вытяжной вентиляцией (естественную приточно-вытяжную вентиляцию применяют на небольших судах с ГД мощностью менее 220 кВт).

Искусственную вытяжную вентиляцию обычно используют в местах концентрированного выделения или скопления избыточного количества теплоты или вредных газов (шумоизолирующие выгородки дизелей, помещения автономных котлов, районы расположения масляных и топливных цистерн, сепараторов и др.).

уровне (или выше) ватерлинии. Выпускной патрубок размещается на борту либо в днище судна. Для уменьшения противодавления в случае подводного выхлопа предусматривают дополнительные выхлопные патрубки (байпасы), расположенные выше ватерлинии.

Во время стоянки судна в открытом море (или в порту при сильном волнении и неработающих главных двигателях) не исключается возможность

попадания в них заборт-

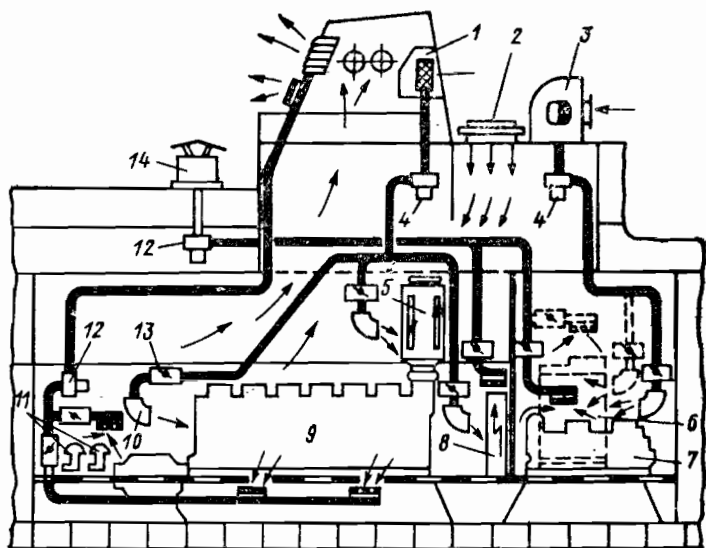


Рис. 32. Принципиальная схема комбинированной вентиляции МО теплохода

1 — воздухоприемная шахта; 2 — световой люк; 3 — воздухоприемник;
4 — нагнетательный вентилятор; 5 — утилизационный котел; 6 — вспомо-
гательный котел; 7 — дизель-генератор; 8 — ГРШ; 9 — ГД; 10 —
направляющий патрубок воздухораспределителя; 11 — сепараторы топ-
лива и масла; 12 — вытяжной вентилятор; 13 — воздухораспределитель;
14 — вытяжная шахта

Схема комбинированной системы вентиляции машинного помещения теплохода показана на рис. 32. Приток воздуха осуществляется нагнетательным вентилятором и через световой люк. Удаляется воздух вытяжным вентилятором и естественным путем через фальштрубу с вентиляционными отверстиями. Дизель-генераторы и автономный вспомогательный котел размещают в специальных выгородках, которые имеют искусственную приточно-вытяжную вентиляцию. Современные СДУ оборудуют, как правило, изолированными постами управления с системой кондиционирования воздуха.

3.4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К АВТОМАТИЗАЦИИ СДУ

95. Какие задачи решает автоматизация СДУ?

Автоматизация СДУ должна:

— обеспечить максимальную экономичность эксплуатации СДУ (сократить затраты на ТО и уход за механизмами при минимальной численности обслуживающего персонала);

— повысить надежность и безопасность (увеличить мобильность оборудования, сократить число ошибок в управлении и при решении эксплуатационных задач, обеспечить оптимальное управление механизмами);

— максимально использовать возможности механизмов СДУ (работа в условиях предельной напряженности, расширение диапазонов рабочих параметров и повышение эффективности);

— увеличить КПД установки (сократить удельные и часовые расходы топлива, снизить износы деталей, эффективно использовать рабочие режимы).

96. Какая роль отводится обслуживающему персоналу в процессах автоматизации СДУ?

Развитие автоматизации процессов управления техническими средствами судов освобождает человека от тяжелых, трудоемких операций, улучшает условия труда, но не исключает его из процесса управления. Более того, роль отдельного человека в этих процессах, ответственность за надлежащее их протекание возрастают. Действительно, при сокращении вахты в МО требования к вахтенному механику в отношении четкости, своевременности и безошибочности его действий существенно повышаются.

97. Какие требования предъявляются к системам управления дизелями?

Дизели должны изготавливаться автоматизированными или подготовленными к автоматизации и быть оборудованы приборами для измерения давления и температуры охлаждающей воды и масла не ниже 4-го класса точности, системами автоматического регулирования температуры воды и масла, терморегуляторами, приборами и устройствами, подготовленными

к оборудованию системами аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) и защиты.

Класс точности прибора — это цифра, показывающая, что погрешность показаний данного прибора должна быть не более, чем значение, численно равное классу точности в процентах, определяемое по верхнему пределу шкалы прибора.

Для ГД должна быть предусмотрена возможность оборудования их системами ДАУ с частотой вращения и направлением вращения коленчатого вала (для реверсивных дизелей) либо выходного вала реверс-редукторной передачи (для неревверсивных дизелей).

98. На чем основан принцип регулирования частоты вращения вала дизеля?

Устойчивая работа дизеля возможна лишь в том случае, если его мощность равна мощности, поглощаемой потребителем. Чтобы при изменении потребляемой мощности соответствующим образом изменилась мощность, развиваемая дизелем, т. е. чтобы между ними сохранилось равновесное состояние, применяют автоматически действующий регулятор, который может быть одно- и всережимным.

99. Какие требования предъявляются к регуляторам?

ГД, работающий в широком диапазоне частот вращения, должен иметь всережимный регулятор, а для дизелей мощностью до 55 кВт допускается установка однорежимного регулятора. Дизели с рабочим объемом цилиндра более 10 л должны иметь предельный выключатель, который должен срабатывать при увеличении частоты вращения не более чем на 25 % номинальной или частоты вращения, соответствующей полной мощности.

Дизели мощностью 220 кВт и более, которые могут отключаться от потребителя мощности или работают на ВРШ, должны иметь предельный выключатель, отрегулированный так, чтобы частота вращения не могла превысить номинальную или частоту, соответствующую полной мощности, более чем на 20 %. Этот выключатель должен иметь привод, не зависимый от привода регулятора скорости, но по согласованию с потребителем допускается иметь и общий привод.

100. Каковы основные параметры регуляторов скорости?

Приращение центробежной силы грузов регулятора или избыток натяжения его пружин, появляющийся при изменении частоты вращения, прежде чем сдвинуть муфту регулятора, должны преодолеть сопротивление сил трения внутри регулятора. При небольшом изменении частоты вращения разность между воздействием грузов и пружин на муфту окажется меньше сил трения, а муфта останется неподвижной. Это свойство регулятора называется его нечувствительностью. У всей системы автоматического регулирования скорости (САРС) нечувствительность еще больше, чем у самого регулятора, так как к противодействующим передвижению муфты силам добавляется трение в механизме регулирования.

Регулятор обладает некоторой статичностью, поэтому переход на новый скоростной режим он обеспечивает не сразу, а спустя некоторое время, называемое длительностью переходного процесса. Другим показателем этого процесса является наибольшее отклонение относительной частоты вращения от частоты предшествующего установившегося режима. Это отклонение называют забросом частоты вращения или динамической ошибкой регулятора.

Таблица 14. Основные показатели регуляторов различных классов

Показатель	Класс точности			
	1	2	3	4
Нестабильность при номинальной нагрузке, %, не более	0,6	0,8	1,0	2,0
Заброс частоты вращения, %, не более	5,0	7,5	10,0	15,0
Длительность переходного процесса, с, не более	2	3	5	10
Примечания. 1. Заброс частоты вращения и длительность переходного процесса определяется при мгновенном сбросе или набросе номинальной нагрузки. 2. При всережимных регуляторах заброс частоты вращения не должен превышать 18 %, длительность переходного процесса — 10 с.				

По параметрам регулирования САРС делят на 4 класса точности. Значения этих параметров приведены в табл. 14.

101. Почему к регуляторам дизелей, приводящих в действие генераторы электрического тока, предъявляют повышенные требования?

Дизель-генераторы (ДГ) имеют свои особенности, а поэтому к дизелям, используемым для привода генераторов, предъявляют особые требования, и прежде всего к САРС, которая должна обеспечивать нормальную работу при внезапных, мгновенных сбросах и увеличениях электрической нагрузки, при работе одиночных и параллельно работающих ДГ. Для обеспечения нормальной работы электрических систем и различных приборов специального назначения напряжение (а при переменном токе и частота) должно поддерживаться в строго определенных пределах даже при внезапном изменении нагрузки в цепи.

На ДГ постоянного тока нагрузку регулируют, воздействуя на регулятор частоты вращения дизеля и изменяя ток возбуждения генератора. На ДГ переменного тока регулирование нагрузки осуществляют, как правило, только регулированием дизеля, а поэтому к его системе регулирования предъявляют повышенные требования.

При параллельной работе дизель-генераторы переменного тока как бы жестко связаны электрическими силами взаимодействия. Регулирование частоты вращения в момент подключения второго ДГ, синхронизацию, прием нагрузки и перераспределение ее между ДГ выполняют, воздействуя на САРС дизелей.

102. Какие дополнительные требования предъявляют к САРС судовых ДГ при необходимости поддерживать высокую точность частот получаемой электроэнергии?

С появлением на судах устройств вычислительной техники, электронной аппаратуры и других потребовалась высокая степень стабилизации частоты электроэнергии как в статических, так и в динамических режимах работы. Если требуемая стабилизация достигается в самом дизеле, то отпадает необходимость

применять в генераторе специальные стабилизаторы. Применение комбинированных САРС, использующих дополнительный импульс по нагрузке, лишь частично решает проблему, а поэтому в настоящее время решается задача создания систем связанного регулирования с одновременным воздействием на топливоподачу в дизеле с наддувом и на регулируемый сопловой аппарат турбокомпрессора. Кроме того, на ряде СДУ, применяя в случае использования ВФШ валогенераторы и специальные ДГ бесперебойного электропитания с маховой массой, также обеспечивают высокое качество генерируемой энергии.

103. Выполнение каких операций должны обеспечивать системы ДАУ у ГД?

Системы ДАУ у реверсивных и нереверсивных ГД с реверс-редукторами должны обеспечивать пуск, реверсирование, плавное изменение частоты вращения на всех режимах работы, остановку или перевод реверс-редуктора в нейтральное положение посредством одного органа управления. У нереверсивных ГД с реверс-редукторами допускается применение двух органов управления: один осуществляет пуск и остановку, другой — изменение частоты вращения и переключение реверс-редуктора. При дистанционном пуске нереверсивного двигателя необходимо иметь блокировку, исключающую пуск дизеля без предварительного прокачивания системы смазки маслом.

104. Какие основные требования предъявляются к системам ДАУ?

Последовательность и скорость перемещения органов управления ДАУ не должны влиять на изменение режимов работы дизеля в соответствии с заданной командой. Время реверсирования дизеля с ДАУ не должно превышать на полном ходу судна 25 с, на малом ходу и на швартовном режиме 15 с.

Посты системы ДАУ должны размещаться непосредственно на дизеле, в рубке и на крыльях ходового мостика (при ширине судна более 10 м). В качестве резервных на дизеле необходимо иметь ручные органы управления. Система ДАУ должна обеспечивать отключение дистанционного поста в рубке и переход на

управление с поста на дизеле. Время переключения не должно превышать 10 с.

Для случая аварийной остановки дизеля в рубке необходимо иметь специальное, не зависящее от системы ДАУ, устройство.

При прекращении питания системы ДАУ дизель не должен самопроизвольно останавливаться, а частота вращения и направление вращения гребного винта не должны изменяться.

105. Как подразделяются дизели по степени автоматизации?

Объем операций регулирования, контроля, защиты и обслуживания ГД, выполняемых автоматически, регламентированы ГОСТ 14228—80.

В дизелях 1-й степени автоматизации автоматически регулируются частота вращения, температура масла и воды; осуществляются АПС и защита, подзарядка устройств питания систем автоматизации.

В дизелях 2-й степени автоматизации должны обеспечиваться операции 1-й степени автоматизации и, кроме того, должны быть автоматизированы пуск и остановка, управление переходом с одного сорта топлива на другой, совместная работа группы дизелей.

В дизелях 3-й степени автоматизации должен обеспечиваться объем операций 2-й степени автоматизации и, кроме того, должно быть автоматическое обслуживание дизеля и его вспомогательных устройств.

В дизелях 4-й степени автоматизации должен обеспечиваться объем операций по 2-й или 3-й степеням, а также должно быть автоматическое техническое диагностирование.

Время необслуживаемой работы дизеля в зависимости от степени автоматизации:

Степень автоматизации	1-я	2-я	3-я	4-я
Время, ч	До 12	До 50	До 250	До 375

106. Какие операции выполняются автоматически в системах дизелей автоматизированных СДУ?

В автоматизированных СДУ двухконтурная система охлаждения дизеля оборудуется автоматическим регулятором температуры воды. Автоматически

регулируется температура масла в системе смазки, заполняется топливная расходная цистерна. Заполнение воздушных баллонов от навешенного на дизель или от автономного компрессора дистанционное.

Предпусковое прокачивание маслом системы смазки у реверсивных ГД дистанционное, а у неревверсивных — автоматическое или дистанционное.

На дистанционном посту управления для контроля за работой ГД устанавливают КИП, фиксирующие частоту и направление вращения гребного вала, давление масла в системе смазки дизеля за фильтром и в реверс-редукторе, температуру воды внутреннего контура в системе охлаждения на выходе из дизеля, давление воздуха в пусковых баллонах, давление рабочей среды в системе ДАУ.

107. Какие устройства АПС и защиты должны быть в составе ДАУ

На дистанционном посту управления для каждого дизеля должны быть обобщающие световой и аварийный предупредительные сигналы, а также общий звуковой сигнал, контролирующий следующие параметры:

- минимальное давление масла в системе смазки после фильтра;

- максимальную температуру воды замкнутого контура на выходе из дизеля;

- максимальную температуру упорных подшипников валопровода (только предупредительная сигнализация);

- минимальное давление масла в реверс-редукторах (только предупредительная сигнализация);

- минимальный уровень воды в расширительном баке системы охлаждения (только предупредительная сигнализация);

- минимальный уровень топлива в расходной цистерне;

- максимальную температуру воды в системе охлаждения автономного компрессора.

В МО должны быть световая сигнализация лампами о каждом из этих параметров и общий звуковой сигнал. Защита должна быть отключаемой (на посту управления в рубке имеется световой сигнал «Защита отклю-

цена»). Для дизелей мощностью более 220 кВт рекомендуется устанавливать световой сигнал об их перегрузке по температуре выпускных газов.

108. Для чего нужны устройства автоматической аварийной защиты?

Обычно защиту предусматривают на случай недопустимого повышения частоты вращения и снижения давления в системе смазки. Иногда контролируемые параметрами являются давление и температура в системах охлаждения и температура в системах смазки. Устройства защиты действуют независимо от систем сигнализации. Обычно остановка двигателя предусмотрена при достижении контролируемыми параметрами аварийного значения, т. е. в том случае, когда обслуживающий персонал, несмотря на предупредительные сигналы, не принял нужных мер по устранению причин, вызвавших предупреждающий сигнал.

Наиболее опасным является «разнос» двигателя, поэтому устройства автоматической защиты должны срабатывать немедленно после достижения предельно допустимой частоты вращения. В большинстве случаев для предотвращения «разноса» предусматривают прекращение подачи воздуха в цилиндры или выключение подачи топлива. Наиболее простой и надежный способ — перекрытие воздушного трубопровода, когда установленная в нем дроссельная заслонка, стоящая на специальной защелке, мгновенно перекрывает его сечение.

Устройства для остановки двигателя в случае падения давления масла (реле давления, масляные автоматы) воздействуют на топливные насосы и прекращают подачу топлива в цилиндры. Из устройств автоматической защиты чаще всего используют электромагнитные стоп-устройства, установленные вблизи от топливного насоса и воздействующие на его работу независимо от действия регулятора частоты вращения.

109. Из каких основных органов состоят средства АПС и защиты?

Как правило, все средства автоматизации состоят из трех основных органов: измерительного (датчика), усилительного (управляющего) и исполнительного. Связь между ними осуществляется электриче-

ским, пневматическим, гидравлическим способами или непосредственно передачей возникающих усилий.

Импульс для подачи сигнала о перегрузке двигателя может быть вызван изменениями температуры выпускных газов, положения рейки топливных насосов, частоты вращения и крутящего момента двигателя. Контроль нагрузки двигателя по температуре выпускных газов наиболее предпочтителен, так как эта температура отражает действительное состояние рабочего процесса цилиндра. Однако повышение температуры продуктов сгорания не всегда является следствием перегрузки двигателя. Так, неправильная установка угла опережения подачи топлива или фаз газораспределения также вызывает повышение температуры выпускных газов. Контроль по положению рейки топливных насосов имеет свои преимущества, так как величина подачи топлива за цикл в любом случае характеризует степень нагрузки двигателя (при условии удовлетворительного состояния плунжерных пар). Кроме того, конструктивное выполнение такой системы сигнализации не вызывает больших затруднений и может быть осуществлено простейшим контактным механизмом.

В современных дизельных установках преимущественное распространение получили системы автоматической сигнализации с использованием электрических устройств.

Любая система сигнализации включает в себя группу первичных и группу вторичных приборов. К группе первичных приборов следует отнести (помимо датчиков температуры и давления) контактные механизмы типа микровыключателей и тумблеров. Они предназначены для замыкания электрической цепи при перемещении выходного звена чувствительного элемента.

Группу вторичных приборов составляют промежуточные устройства, а также световые и звуковые сигналы. Промежуточные устройства обеспечивают размножение, усиление и передачу импульсов. Чаще всего они выполняются в виде электромагнитных реле. Кроме того, к этим устройствам относится вся промежуточная аппаратура, состоящая из различного рода выключателей и переключателей. Световые и звуковые сигналы предназначены для привлечения внимания обслуживающего персонала. Световые средства делятся на сигнальные лампы и табло. Лампы имеют

оправы с цветными стеклами достаточной яркости. Табло представляют собой матовые прямоугольные или круглые окна, в которых при загорании лампочки видна надпись, например, «Нет смазки».

Часто одной световой сигнализации недостаточно. Аварийный свет может быть не замечен, поэтому необходима еще и звуковая сигнализация. В качестве звуковых сигналов чаще всего применяют ревуны. Из-за повышенного уровня шума при работе двигателей звуковой сигнал должен иметь значительную громкость и резкость. Обслуживающий персонал должен слышать этот сигнал, находясь в самой отдаленной части МО. Все вторичные приборы объединяют в пульт сигнальных приборов.

110. Каковы требования к системам АПС и защиты?

Устройство АПС и защиты должны иметь срок службы не менее 10 тыс. ч. Проверка и подрегулировка должны проводиться не менее чем через 500 ч работы дизеля. Системы АПС и защиты должны надежно работать при относительной влажности воздуха до 95 % и температуре до 313 К.

111. Каковы требования к системам терморегулирования дизелей?

Системы автоматического регулирования температуры охлаждающей воды и циркуляционного масла могут быть двух типов: САРТ-I и САРТ-II.

В САРТ-I регулирующий орган терморегулятора включают во внутренний контур, охлаждающий дизель, воды или масла так, чтобы он мог разделять выходящие из дизеля воду или масло либо смешивать горячую и холодную воду или горячее и холодное масло перед входом в дизель.

В САРТ-II регулирующий орган включают во внешний контур воды, служащий для охлаждения масла в теплообменнике, или во внутренний контур воды так, чтобы он смог изменять расход воды внешнего контура.

САРТ должна обеспечивать в диапазоне изменения нагрузки дизеля от 25 до 100 % неравномерность регулирования не более 12 К. Инерционность действия терморегуляторов не должна превышать 40 с. Они

должны надежно работать при температуре окружающей среды от 278 до 323 К, при колебаниях атмосферного давления от 61 до 123 кПа, относительной влажности воздуха до 98 %. Ресурс работы терморегуляторов должен быть не менее 10 тыс. ч.

112. Каковы категории систем автоматического управления судовыми техническими средствами (САУТС) на современных судах с СДУ?

Сочетание возможностей человека с техническими средствами автоматизации позволяет создать наиболее целесообразные САУТС. В зависимости от важности каналы управления САУТС разделяют на три категории: к первой относят каналы, отказ которых может привести к гибели судна; ко второй — каналы, неполадки в которых вызывают лишь частичное ухудшение технико-экономических характеристик технических средств; к третьей — каналы, нарушение функций которых не меняет основных данных технических средств судна.

Параметры, характеризующие состояние технических средств, обслуживаемых каналами управления первой категории, относят к критическим параметрам, остальные — к некритическим.

Многие суда, строящиеся в СССР, снабжаются отечественными типовыми САУТС. Примером может служить комплекс «Залив» для теплоходов. В него входят три системы централизованного автоматического контроля и управления: техническими средствами ГД и вспомогательными механизмами — «Шипка», электроэнергетической установкой — «Ижора», механизмами общесудовых систем — «Нарочь». Эксплуатация СДУ, управляемой комплексом «Залив», осуществляется одним вахтенным из ЦПУ на ходу и без постоянной вахты на стоянке.

Правила Регистра СССР регламентируют минимально необходимую степень автоматизации и централизации управления и контроля отдельно для варианта эксплуатации без постоянной вахты в МО и в ЦПУ. Основным условием, исходя из которого определена минимальная степень автоматизации СДУ, является положение о том, что в случае появления какой-либо неисправности основного оборудования или системы

автоматизации для ее устранения в процесс управления при необходимости вмешивается человек, причем так скоро, как этого требует характер неисправности.

На отечественных судах объем автоматизации и централизации управления, регламентируемый Правилами Регистра СССР как минимально необходимый, обычно превышает. При этом дополнительные функции систем автоматизации направлены, как правило, на дальнейшее улучшение условий труда вахтенного механика, на повышение оперативности и надежности его действий, особенно в случаях каких-либо отклонений от номинального режима работы технических средств. Такие функции часто называют сервисными, но следует иметь в виду, что большинство из них (если не прямо, то косвенно) способствуют повышению надежности функционирования человека как звена в системе управления.

Глава 4

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СДУ. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СДУ

113. На кого возлагаются функции по технической эксплуатации (ТЭ) СДУ?

Выполнение функций по технической эксплуатации СДУ возлагается на машинную команду, состоящую из командного и рядового состава и возглавляемую старшим (главным) механиком. Количественный состав машинной команды может изменяться в широких пределах. Это зависит от мощности, типа и степени автоматизации СДУ.

114. Кто может быть допущен к самостоятельному обслуживанию механизмов СДУ?

К самостоятельному обслуживанию механизмов СДУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие вводный инструктаж по технике безопасности

на рабочем месте. Они должны иметь удостоверение (свидетельство) о прохождении квалификационной комиссии, медицинскую книжку с отметкой о пригодности к работе по состоянию здоровья, твердо знать инструкции по обслуживанию механизмов, уметь оказывать первую помощь при несчастных случаях.

115. Как осуществляется вахтенное обслуживание СДУ?

Вахтенное обслуживание осуществляется: на ходу — постоянно одним механиком и одним или несколькими мотористами на судах без знака автоматизации или со знаком АЗ в символе класса Регистра СССР, постоянно одним механиком в ЦПУ на судах со знаком автоматизации А2; периодически — без постоянного присутствия вахтенного персонала в МО на судах со знаком автоматизации А1; на стоянке — суточная вахта механиков и 8-часовая вахта мотористов на судах без знака автоматизации или со знаком АЗ и суточная вахта механиков на судах со знаками автоматизации А1 или А2. Численность вахтенных специалистов и продолжительность вахт на ходу и стоянках специализированных судов (пассажирских, газовозов, паромов, ледоколов, типов «ро—ро», лихтеровозов и др.) в каждом отдельном случае определяют с учетом штатного расписания, конструктивных особенностей судна, условий плавания и условий стоянки (на рейде, у причала, с грузовыми операциями и т. д.).

4.2. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СДУ

116. Что понимают под технической эксплуатацией СДУ?

В соответствии с ГОСТ 25866—83 под термином «эксплуатация» в технике понимают стадию жизненного цикла технического изделия, во время которого реализуются, поддерживаются и восстанавливаются его качества. Техническая эксплуатация — это часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт.

В соответствии с этим техническая эксплуатация СДУ — это совокупность работ, выполняемых в процессе подготовки к действию всех элементов СДУ, использование их с наибольшей эффективностью.

Основные задачи технической эксплуатации следующие: содержание всех элементов СДУ в исправном техническом состоянии; увеличение рабочего периода судна за счет сокращения простоев по техническим причинам; обеспечение надежности и долговечности всех элементов СДУ; рациональное использование сменно-запасных частей, топлив и смазочных масел; своевременное выполнение ремонтов и технического обслуживания с целью восстановления нормативных технико-экономических показателей СДУ; контроль, регулирование и выбор оптимальных вариантов и режимов работы всех механизмов.

117. На какой основе осуществляется техническое обслуживание механизмов СДУ?

Техническое обслуживание (ТО) осуществляется в соответствии с планами-графиками ТО, фактической потребностью в нем, графиками предъявления объектов Регистру СССР согласно учетному плану по системе непрерывного освидетельствования.

118. Какова периодичность ТО или ремонта?

Периодичность технического обслуживания или ремонта — это интервал времени между двумя последовательными видами ТО или ремонта любого механизма СДУ. Под видом ТО или ремонта понимают ТО или ремонт, выделяемый по одному из признаков — этапу периодичности, объему работ и др. Объем и перечень последовательного выполнения ТО дизелей устанавливает завод-изготовитель в зависимости от конструкции дизеля и количества проработанного им времени. В ТО входят: контроль за техническим состоянием, очистка от загрязнений, регулирование зазоров в сопрягаемых деталях, их замена в целях предупреждения недопустимых износов и поломок, устранение возникающих повреждений и их последствий. Все эти работы проводятся в обязательном порядке. Различают ежемесячные, ежегодные и ежедневные ТО, технические обслуживания № 1, 2, 3, 4 и 5 (ТО-1, ТО-2 и т. д.).

119. Что понимается под ремонтом дизеля?

ГОСТ 18322—78 определяет, что ремонт — это комплекс мероприятий по восстановлению исправности или работоспособности технического изделия и восстановлению ресурса этого изделия или его составных частей.

Текущий ремонт (или переборку) дизеля выполняют для обеспечения или восстановления работоспособности дизеля. Он включает в себя в основном очистку деталей от всех видов загрязнений, притирку клапанов, замену или восстановление прокладок у отдельных деталей и сборочных единиц и регулирование дизеля.

Средний ремонт (или полную переборку) выполняют для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса дизеля с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры, контролем технического состояния всех сборочных единиц. Во время проведения среднего ремонта предусматривается полная разборка дизеля, частичное использование ремонтного комплекта запасных частей и последующая сборка и регулирование дизеля.

Капитальный ремонт выполняют для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса дизеля с заменой или восстановлением любых частей, включая базовые. Во время капитального ремонта производят переукладку коленчатого вала в новые подшипники.

120. Как обеспечивается снабжение СДУ сменно-запасными частями?

Запасные части предназначены для замены частей, пришедших в негодность по тем или иным причинам. Все судовые механизмы, в том числе ГД, должны быть обеспечены запасными частями, номенклатура и минимальное количество которых определяются Правилами Регистра СССР. Для ледоколов, судов арктического плавания и судов специального назначения номенклатура и нормы запасных частей устанавливаются по особому согласованию с Регистром СССР.

Для судов неограниченного и ограниченного районов плавания, где имеются реверс-редукторные передачи и муфты, нормы запасных частей следующие:

вкладыши опорных подшипников и муфт каждого типоразмера — по одному комплекту на один подшипник; сегменты упорного подшипника передачи с набором прокладок или упорные кольца каждого типоразмера с набором прокладок для одной стороны подшипника при разных сегментах с обеих сторон для каждой стороны — по одному комплекту; внутренняя и наружная обоймы с роликами в случае применения подшипников качения — по одному комплекту.

Для судов ограниченного района плавания III, плавучих доков и вспомогательных дизелей судов района плавания II нормы запасных частей не регламентируются.

При расходовании запасные части необходимо пополнить до требуемых норм. Новые запасные части следует проверить на полное их соответствие ранее установленным, чтобы при замене не требовалась их подгонка или доводка. При определении объема и номенклатуры запасных частей необходимо обратить внимание на те детали, которые установлены на механизмы с отклонением от номинальных размеров, т. е. которые нельзя заменить нормальными типовыми запасными частями. Такие случаи в практике эксплуатации судовых дизелей нередки. На судно должны быть поставлены дополнительные комплекты каждого типоразмера запасных вкладышей подшипников сверх предусмотренных Правилами Регистра СССР норм.

Все механизмы СДУ должны быть обеспечены также сменными частями, необходимыми для замены изношенных при техническом обслуживании. Номенклатуру и количество сменных частей, место их хранения на судне или базе устанавливает то ведомство, которому принадлежит судно. Так, в ряде ведомств разработаны нормы для определенных типов дизелей по категориям их ремонта, которые являются рабочим документом для судовых механиков и соответствующих служб.

На все детали, поступающие на судно и предназначенные для установки на СДУ, должна быть сопроводительная документация (паспорт, формуляр, чертежи и т. п.), подтверждающая прохождение испытаний, соответствие свойств металла и т. д. Сами детали должны иметь маркировку и клеймение и надлежащим образом быть упакованы и законсервированы.

Кроме того, на каждом судне должны быть материалы, инструменты и КИП, необходимые для обслуживания и ремонта механизмов и трубопроводов судовыми средствами. Их количество устанавливается судовладельцем в зависимости от типа судна и района плавания.

121. Для чего вводится ТО и ремонт механизмов СДУ по их фактическому техническому состоянию?

Практика ТО и ремонтов только по календарному графику в ряде случаев приводит к существенным перерасходам средств: иногда плановые вскрытия механизмов производятся преждевременно, когда они находятся еще в исправном состоянии; сокращение же числа профилактических вскрытий неизбежно влечет за собой увеличение числа отказов.

Правильное решение проблемы было найдено в переходе от ТО по календарному графику к ТО с учетом действительного состояния механизмов. Обслуживание или ремонт по фактическому состоянию — это такие ТО или ремонт, при которых контроль технического состояния механизмов выполняется с периодичностью, установленной в нормативно-технологической документации, а объем работ определяется фактическим состоянием дизеля или других элементов СДУ.

Помимо сокращения затрат на профилактику это обеспечивает увеличение эксплуатационного периода судна, повышение рентабельности его работы.

Наиболее остро задача внедрения практики ТО и ремонта СДУ по фактическому состоянию встала с появлением в составе флота крупнотоннажных и специализированных судов, вывод которых из эксплуатации влечет за собой омертвление больших материальных средств и убытки. Особенно ощутимым это явление стало в связи с внедрением в практику эксплуатации судов хозрасчета с элементами самофинансирования и самоокупаемости.

Внедренная на флоте почти повсеместно непрерывная система технического обслуживания (НСТО) предусматривает введение планового ТО и освидетельствование судов непосредственно в эксплуатации, с выполнением максимально возможного объема работ в рейсах и портах при стоянках под грузовыми и вспомога-

тельными операциями, а также переход к предельным, в основном четырехлетним эксплуатационно-ремонтным циклам судов, определяемым работами, технологически невыполнимыми в эксплуатации и требующими заводского оборудования и специальной оснастки. Дальнейшим усовершенствованием НСТО является система непрерывного технического обслуживания и ремонта (СНТОР) судов, которая предусматривает поддержание их технико-эксплуатационных характеристик на весь эксплуатационный период.

122. Каковы организационные принципы СНТОР при технической эксплуатации судов?

При СНТОР предполагаются следующие принципиальные изменения в организации технической эксплуатации судов: непрерывное проведение ТО по поддержанию судна в хорошем техническом состоянии в течение всего периода эксплуатации между заводскими ремонтами (ремонтные работы выполняются судовым экипажем и ремонтной группой) в эксплуатационно-ремонтный период; увеличение числа судовых механизмов, систем и устройств, по которым проводятся ремонтно-профилактические работы членами судового экипажа и ремонтной бригадой; расширение и увеличение поставок сменно-запасных частей, материалов и инструмента; механизация трудоемких работ.

Основным руководящим документом при переводе судов на СНТОР является сводный график ТО и ремонта судов на весь нормативный срок службы. Этот график состоит из нескольких эксплуатационно-ремонтных периодов (ЭРП) и ремонтных циклов (РЦ), продолжительность которых устанавливается в соответствии с нормативами ремонта и межрейсового технического обслуживания судов в портах и зависит от типа и назначения судна.

На время эксплуатационно-ремонтного периода и в соответствии со сводным графиком судна составляются графики работ ТО и ремонта судовых технических средств. Графики составляются ежегодно на каждый календарный год межремонтного периода судовой администрацией по заведованиям.

На основании сводного графика ТО и ремонта для каждого судна составляется сводная таблица ремонта технических средств силами судового экипажа и ре-

монтажной бригадой в период рейса по заведованиям. Судовой экипаж выполняет работы по ремонту в свободное от вахты время. Содержание и порядок выполнения этих работ регламентированы соответствующими инструкциями. Техническое обслуживание технических средств, выполняемое экипажем в порядке вахтенного обслуживания, в техническую документацию по СНТОР не включают и в журналах технического состояния не отражают. Планируемый на рейс объем работ ТО, ремонта судна и его технических средств оформляется в виде рейсового задания; при этом объем работ определяется исходя из плановой продолжительности рейса.

В период ремонтного цикла выполняются все виды ремонта: межрейсовое техническое обслуживание (МРТО); расширенное межрейсовое техническое обслуживание (РМРТО); средний и капитальный ремонты.

При внедрении СНТОР важное место занимает использование ЭВМ. В ЭВМ вводят данные, характеризующие эксплуатацию судна и его техническое состояние, и она выдает наиболее оптимальные графики ремонтов и ТО, объемы и состав необходимых работ. Перспективной является динамическая система ТО и ремонта (ДСТОР), которая предусматривает комплексное использование методов и средств технической диагностики для полной оценки технического состояния механизмов и двигателей СДУ, устройств и всего судна в целом.

Нормативные данные по эксплуатации технических средств, приводимые в инструкциях, рассчитаны на самые неблагоприятные условия; при хорошем техническом обслуживании они могут быть изменены в сторону значительного увеличения межремонтных периодов. Поэтому перевод судов на СНТОР значительно улучшает техническую эксплуатацию судов и повышает эффективность их использования.

123. Каково содержание МРТО, РМТО, ремонтов судна и механизмов СДУ?

Межрейсовое техническое обслуживание проводится после каждого рейса или через рейс. При МРТО, проводимом в порту, устраняют дефекты, возникающие в процессе эксплуатации и которые силами

судового экипажа во время рейса устранить нельзя. МРТО проводят без докования и предъявления судна Регистру СССР.

Расширенное межрейсовое техническое обслуживание — это минимальный по объему вид ремонта, проводимый силами машинной команды или предприятия. При выполнении этих работ проводится докование судна. Во время МРТО устраняют неисправности заменой или восстановлением отдельных быстроизнашивающихся деталей, выполняют регулировочные работы, обеспечивающие безаварийную эксплуатацию механизмов до очередного планового ремонта.

Средний ремонт заключается в восстановлении первоначальных технико-эксплуатационных характеристик судовых механизмов и устройств путем изготовления и замены только изношенных деталей или поврежденных частей. Кроме того, проверяется техническое состояние остальных составных частей и устраняются обнаруженные неисправности. Во время среднего ремонта производится докование судна.

Капитальный ремонт заключается в полной разборке и дефектации механизмов и деталей, в замене или ремонте всех составных частей, сборке, регулировке и комплексной проверке. Объем работ при капитальном ремонте обычно настолько велик, что стоимость ремонта приближается к первоначальной стоимости судна, поэтому они проводятся при условии их экономической целесообразности.

124. Что представляют собой гарантийный и аварийный ремонты судна?

Плановый гарантийный ремонт выполняют заводы-строители после первого года эксплуатации судна по рекламационным актам. Внеплановый аварийный ремонт заключается в ликвидации аварийных повреждений судна и его механизмов. Цель такого ремонта — привести судно в эксплуатационное состояние.

125. Каковы функции технического диагностирования при решении задач НСТО и СНТОР?

В процесс технического диагностирования входит определение технического состояния дизеля в данный момент (собственно диагностирование) и в будущем

(прогнозирование). Основной является первая операция — выявление технического состояния и исправности дизеля. Именно это позволяет проводить ТО и ремонт дизелей по их фактическому состоянию. При выполнении второй операции определяют остаточный ресурс исправной работы дизеля. Кроме того, диагностирование применяют и в тех случаях, когда необходимо установить причины аварийных отказов дизелей.

126. Что представляют собой устройства технического диагностирования судовых дизелей?

В настоящее время разработан целый ряд устройств, позволяющих замерять зазоры в ЦПГ без разборки дизеля, определять состояние форсунок и т. д., т. е. выполнять поэлементное диагностирование. Однако такое диагностирование весьма трудоемко и требует больших затрат времени. Поэтому наиболее перспективны комплексные автоматические системы диагностирования, создаваемые преимущественно на базе ЭВМ.

При этом используют судовые ЭВМ или системы диагностирования, которые обрабатывают ограниченную информацию и оценивают техническое состояние отдельных узлов и агрегатов дизеля. Структурно системы диагностирования обычно совмещают с системами централизованного контроля либо выполняют автономными. Используемые в системах диагностирования ЭВМ относятся к специализированным либо универсальным мини- и микроЭВМ. Менее распространены более мощные ЭВМ; кроме функций контроля и диагностирования они выполняют функции управления СДУ и судном.

Системы диагностирования непрерывно или периодически измеряют и анализируют параметры, характеризующие качество рабочего процесса и техническое состояние дизеля. В системах диагностирования используют как обычные датчики и сигнализаторы теплотехнических параметров, так и специально разработанные средства для измерения зазоров в трущихся парах, вибрационных и акустических характеристик и других параметров, определяющих техническое состояние дизеля.

Из числа установленных на судах систем диагностирования следует отметить системы «Дататренд» фирмы «Норкострол» (Норвегия), СС10 фирмы «Бурмейстер и Вайн» (Дания) и др. К числу отечественных систем диагностирования относится система, разработанная ЦНИДИ для ВОД ПО «Звезда».

В каждой из этих систем с той или иной степенью полноты предусмотрен контроль: потока воздуха и газов, включая воздухоохладитель и газотурбонагнетатель; качества процесса топливосжигания (система топливоподачи, расход топлива, мощность двигателя, распределение нагрузок по цилиндрам); состояния элементов ЦПГ (включая теплонапряженность, износ втулок, состояние поршневых колец), систем охлаждения воды и масла, утилизации теплоты, сепарации топлива и т. п.

Одна из достаточно широко применяемых схем передачи и преобразования сигналов от датчиков приведена на рис. 33. Информация отображается на двух экранах устройства отображения по вызову оператора в форме букв и цифр.

В качестве внешней памяти для результатов, получаемых при индивидуальных измерениях и выводимых на индикаторы, используется магнитофон с двумя кассетами. На одной из кассет записываются все значения, измеренные через принятые интервалы, на другой — данные, автоматически выдаваемые на индикаторы при измерении технического состояния СДУ.

ЭВМ расположена в ЦПУ машинного отделения, а пульт оператора — на панели управления и контроля. На пульте установлены индикаторы тревожных сигналов и мнемосхема СДУ, магнитофон с кассетами и клавиатура с кнопками для связи между оператором и ЭВМ.

На индикаторы пульта оператора поступает следующая информация: для прогнозирования технического состояния (информация об изменениях, диагностическая информация и сведения об ожидаемом времени ремонта); о тревожных сигналах (о параметрах, которые внезапно выходят за пределы установленных значений, вместе с диагностической информацией и указаниями о способах устранения обнаруженных дефектов); о техническом состоянии основных агрегатов установки, в том числе о предполагаемом оставшемся

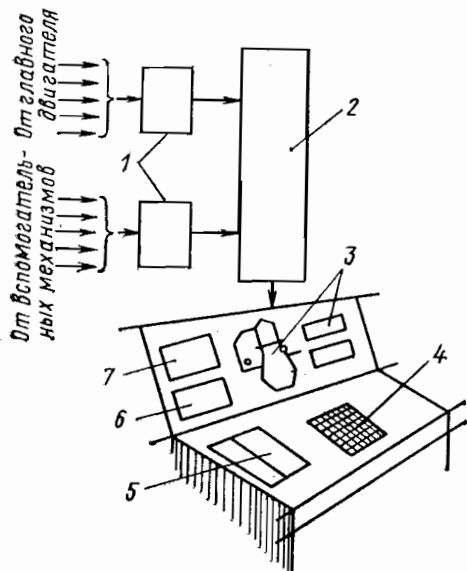


Рис. 33. Схема переработки и представления информации оператору в системе диагностики и прогнозирования технического состояния СДУ

1 — нормирующие преобразователи; 2 — ЭВМ; 3 — мнемосхема на панели ЦПУ; 4 — клавиатура вызова; 5 — магнитофоны; 6 — отображения для прогнозирования; 7 — отображения для тревожной сигнализации

ресурсе; о результатах измерений (на цифровом индикаторе можно получить значение любого параметра путем нажатия кнопки на клавиатуре).

127. Почему диагностированию деталей ЦПГ уделяется особое внимание?

На долю ГД приходится 50—60 % всех затрат на ТО; при этом до 75 % расходов приходится на те части двигателя, которые подвержены тепловым напряжениям в районе камеры сгорания. Поэтому в первую очередь и необходимо контролировать тепловую нагрузку и состояние деталей ЦПГ, особенно у ГД большой мощности.

128. Какие устройства применяют для диагностирования ЦПГ?

Примером устройства для контроля состояния ЦПГ является аппаратура фирмы «Аутроника» (Норвегия) (рис. 34).

Для анализа тепловой нагрузки в каждый цилиндр дизеля устанавливают три датчика температуры: два во втулке и один в крышке цилиндра. Датчики размещают во втулке так, чтобы термоспай находился ниже верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ. Если герметичность недостаточна, то газы будут прорываться между кольцом и втулкой, что приведет к повышению ее температуры. Датчик, установленный в крышке цилиндра, предназначен для контроля за процессом сгорания и косвенно характеризует неисправность форсунки и топливного насоса высокого давления (ТНВД). Точность измерения составляет $\pm 2\%$ во всем диапазоне температур. Каждый датчик имеет свой усилитель с выходом 1—6 мА, в котором предусмотрена компенсация температуры холодного спая. После усиления сигнал датчика поступает на анализатор тепловой нагрузки, который

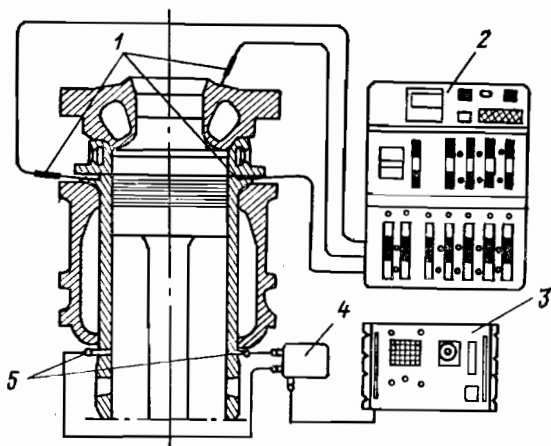


Рис. 34. Аппаратура диагностирования фирмы «Аутроника»

1 — датчики температуры; 2 — анализатор тепловой нагрузки; 3 — индуктивные датчики плотности прилегания поршневых колец; 4 — преобразователь сигналов; 5 — анализатор состояния поршневых колец

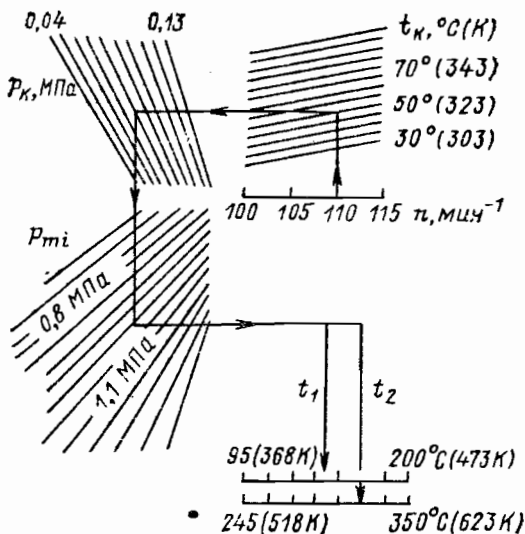


Рис. 35. Номограмма для определения эталонных значений температуры деталей дизеля

p_k — давление продувочного воздуха; p_{mi} — среднее индикаторное давление; t_k — температура продувочного воздуха; t_1 — температура втулки цилиндра; t_2 — температура крышки цилиндра; n — частота вращения дизеля

включает аналого-цифровой преобразователь, два цифровых индикатора, стрелочный прибор температур и аварийную сигнализацию. Анализатор, оборудованный системой самоконтроля и защиты, многократно измеряет температуру в каждой точке, осредняет значения и записывает их в блок памяти. Эти данные в любой момент могут быть получены оператором на индикаторе; кроме того, мгновенные значения температур и их аварийные пределы определяют по стрелочному прибору.

Температура деталей ЦПГ зависит от нагрузки дизеля и от параметров воздуха, поступающего в цилиндры. Чтобы учесть эту зависимость и оценить изменение температуры только из-за ухудшения технического состояния дизеля, сравнивают измеренное значение температуры с эталонным. С этой целью строят специальную номограмму (рис. 35).

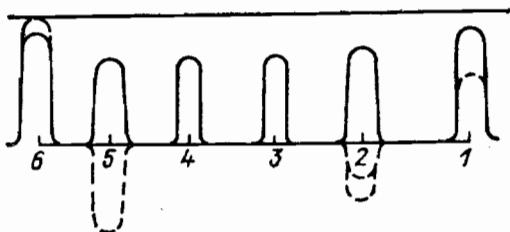


Рис. 36. Типовая форма импульсов анализатора состояния поршневых колец

1 — износ, деформация или закоксование поршневого кольца; 2 — прохождение замка кольца; 3, 4 — нормальный импульс; 5 — кольцо сломано; 6 — задиры втулки

Анализ изменения разности фактических и эталонных значений температуры в процессе эксплуатации позволяет прогнозировать остаточный ресурс дизеля.

Индикатор состояния поршневых колец получает сигналы от двух индуктивных датчиков, установленных в нижней части втулки цилиндра так, чтобы при движении поршня вниз все кольца проходили поле датчика. Торцевые поверхности датчиков находятся на одном уровне с поверхностью втулки, поэтому при прохождении каждого кольца возникает свой электрический импульс, который усиливается и подается на экран осциллоскопа. Величина и форма амплитуды импульсов характеризуют состояние поршневых колец (рис. 36).

В системе СС10 температурные датчики цилиндров монтируют в сверлениях, закрытых пробками со стороны рабочей поверхности цилиндра, и располагают на различных расстояниях от этой поверхности вплоть до непосредственного контакта с поршневыми кольцами. В последнем случае датчик обладает минимальной инерционностью и предназначен для определения состояния колец (прорыв газа) и задириков цилиндра. Горячий спай при этом формируется непосредственно на поверхности цилиндра за счет износа металла цилиндра (1 мкм от поверхности). Наряду с датчиками температуры и давления в системе СС10 применен датчик износа цилиндров, построенный по принципу пленочного резистора. Датчик изнашивается вместе со втулкой цилиндра и по изменению его сопротивления

оценивают накопленный износ (диапазон 0—3 мм). Точность замера износа по всей шкале $\pm 2\%$, разрешающая способность менее 1 мкм, рабочая температура 633 К.

4.3. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СДУ

129. Для чего нужна техническая документация, используемая для эксплуатации СДУ?

Современная СДУ характеризуется большим числом контролируемых параметров, поэтому разработаны формы судовой технической документации с учетом специфики технического оснащения современного судна. Формы документации дифференцированы по типу СДУ и параметрам судового электрооборудования. Некоторые формы выделены в самостоятельные документы или объединены под одним шифром.

Техническая документация отражает технико-экономические показатели работы СДУ, характеризует деятельность ее обслуживающего персонала, устанавливает порядок ТО и ремонта всех элементов установки, обеспечивает учет топлива, смазочных масел и расходных материалов.

Во всех паравождениях в целях систематизации этой документации, упорядочения учета, хранения и поисков требуемой информации введены в действие соответствующие стандарты. Они устанавливают номенклатуру документов, представляющую собой перечень, предназначенный для использования техническими службами судов в их практической деятельности по обеспечению ТО и ремонта СДУ.

130. Что входит в состав документации СДУ?

В состав технической документации СДУ входят: формуляр технического состояния установки; технические формуляры на вспомогательные механизмы; правила технической эксплуатации и инструкции заводо-строителей; нормы расхода топлива и смазки; документация Регистра СССР; таблицы снабжения; инвентарные книги сменно-запасных частей и деталей,

инструментов, приспособлений и подъемно-такелажных средств; рабочие чертежи и технические условия изготовления и приемки сменно-запасных частей и деталей; сборочные чертежи двигателей и механизмов; правила техники безопасности и противопожарной безопасности; приказы ММФ и циркуляры пароконств.

К документации, которую составляют в процессе эксплуатации, также относятся: вахтенный машинный журнал, технический отчет, результаты индицирования и регулирования двигателей, теплотехнический отчет, графики ремонтов и ТО, ремонтные ведомости, акты инспекторских осмотров, ведомости отчетности по частям, инструментам и материалам.

131. Что представляет собой формуляр технического состояния СДУ?

Формуляр технического состояния СДУ — обязательный для всех судов документ. Он отражает техническое состояние СДУ. В него заносят выявленные в процессе эксплуатации дефекты, износы и повреждения. На основании этих записей принимаются меры, поддерживающие СДУ в надлежащем техническом состоянии.

В технический формуляр записываются общие конструктивные данные и основные паспортные характеристики СДУ. Первоначальные данные заносятся в формуляр из заводских чертежей, паспортов, протоколов испытаний и измерений.

Технические формуляры на отдельные механизмы прилагаются к каждому механизму при выпуске его с завода-изготовителя.

Технический формуляр на конкретный механизм содержит сведения о приемке его на заводе с указанием паспортных характеристик и результатов испытаний. В нем указывают основные требования по эксплуатации механизма, рекомендуемые параметры рабочих сред (для двигателей рекомендуемые сорта топлива и масла). В процессе эксплуатации механизма в формуляр заносятся сведения о его работе и ремонте.

Формуляры технического состояния вспомогательных механизмов комплектуют из отдельных формуляров по каждому механизму (системе, устройству) в соответствии с фактическим количеством механизмов на

судне. Некоторые виды оборудования одинакового назначения объединяют в группы, например группа «Вентиляторы, клинкеты, забортная арматура».

132. Для чего нужны инструкции заводов-изготовителей и правила технической эксплуатации?

Инструкции заводов-изготовителей служат руководством для обслуживающего персонала в его практической работе с ГД и ВД, механизмами, системами и различными устройствами. В них указывается строго обусловленный порядок обслуживания всех механизмов СДУ. При эксплуатации этих механизмов в первую очередь руководствуются инструкциями заводов-изготовителей, которые составлены применительно к каждому конкретному двигателю и механизму в соответствии с их особенностями. Указания в инструкциях обязательны для выполнения и в тех случаях, если они расходятся с отдельными положениями правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. В некоторых случаях опыт эксплуатации новых типов двигателей дает основание корректировать отдельные положения в инструкциях, что технически обосновывается и вносится в инструкции с разрешения соответствующих служб пароходства.

133. Как рассчитывают нормы расхода топлива и масел?

Нормы расхода топлива и масел рассчитывают соответственно заданной эксплуатационной мощности и технической скорости на судочной работы судна. Нормы задает отдел теплотехники на основании теплотехнических, стендовых и ходовых испытаний СДУ. При температуре наружного воздуха $+15^{\circ}\text{C}$ (288 К) и ниже к норме расхода топлива прибавляется так называемая «зимняя» надбавка. Если на судах есть утилизационные котлы, то надбавка на ходу не устанавливается. Норма масла также задается на судочной работы судна на ходу и стоянке.

134. Что представляет собой документация Регистра СССР?

СДУ и электрооборудование судна подвергаются периодическому освидетельствованию инспекцией Регистра СССР и результаты оформляются актом.

Инспектор Регистра просматривает техническую документацию на все механизмы и устройства, производит наружное освидетельствование, а при сомнениях в исправности механизмов СДУ может потребовать разборку того или иного узла, механизма, двигателя и проверяет работу механизмов на швартовых и ходовых испытаниях.

При положительных результатах инспектор Регистра отмечает в соответствующем акте техническое состояние СДУ с разрешением на дальнейшую эксплуатацию. В случае неудовлетворительных результатов Регистр требует устранить обнаруженные дефекты либо ограничивает район плавания судна или же снижает его класс.

Шнуровые книги Регистра СССР — это документы, выдаваемые инспекцией Регистра СССР на каждый котел, на воздухоохранители, станцию углекислотного пожаротушения, холодильные установки (на рефрижераторных судах). В книгах содержатся основные сведения об объекте проверки: место и время постройки, данные технологического исполнения, назначение объекта, сведения о количестве размещенной на нем арматуры.

Все записи в шнуровых книгах производятся исключительно инспектором Регистра, в некоторых случаях (в соответствующих разделах книги) — должностными лицами, имеющими право контроля за исполнением правил ТО конкретного элемента СДУ.

На основании действующих правил инспекция Регистра СССР осуществляет периодическое освидетельствование подведомственных ей объектов с фиксацией результатов в соответствующей шнуровой книге; при этом указываются сроки предстоящих освидетельствований, осмотров и гидравлических испытаний.

135. Для чего предназначен вахтенный машинный журнал?

Вахтенный машинный журнал предназначен для составления отчетности по топливу, маслам, расходам материалов и сведений по эксплуатации и ремонту всех механизмов СДУ. Если на судне один ГД, то журнал рассчитан на ведение его в течение месяца; если два ГД — на 15 сут. Журнал ведется на ходу и

на стоянке судна. В него заносят следующие сведения: время пуска и остановки ГД и ВД; частота вращения ГД на ходу и при маневрировании; температуры и давления в системах ГД и ВД; нагрузка ДГ; расход топлива и масла; краткий перечень работ, выполненных в течение вахты; распоряжения командного состава; случаи и аварии. Журнал является юридическим документом и используется при рассмотрении причин аварий.

136. Что представляет собой технический отчет?

Технический отчет является основным отчетным документом по ТЭ, обязательным для всех судов. Он оформляется судовой администрацией по единой форме. В материалах отчета отражают: оценку технического состояния судна, его судовых конструкций и технических средств; устранение выявленных недостатков и совершенствование ТЭ; обеспечение работоспособности судна и уточнение объемов ремонтных работ; топливоиспользование, выполнение норм по скорости судна, мощности, расходу топлива и масел; контроль за расходом сменно-запасных частей, составление заявок на них; накопление материалов о надежности технических средств и судовых конструкций.

Отчет составляется ежеквартально и состоит из следующих разделов: общая часть; сведения о техническом использовании судна, судовых конструкций и технических средств; сведения о ТО и ремонте и технико-экономических мероприятиях, рекламационные акты (донесения об отказах).

137. Какие сведения приводятся в ремонтных ведомостях?

В ремонтных ведомостях перечисляют номера подлежащих ремонту комплектов и сборочных единиц по прејскурантам типовых ремонтных работ. Основанием для составления ремонтной ведомости является состояние судовых технических средств и конструкций, записи в формулярах и шнуровых книгах, акты освидетельствования Регистра СССР и инспекторских осмотров, предписания и требования других органов государственного надзора.

138. Что представляет собой отчет по топливоиспользованию?

Отчет по топливоиспользованию является основным документом по расходу топлива и масел. Для составления отчета необходимо знать основные теплотехнические измерители и методы их определения. Для удобства нормирования и сравнительной оценки экономичности работы СДУ расчеты производят в единицах условного топлива, теплота сгорания которого равна 29 300 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для пересчета условного топлива в фактическое пользуются следующими коэффициентами:

Отечественные топлива

Дизельное топливо Л, З, А	1,454
Моторное топливо ДТ	1,43
Моторное топливо ДМ	1,366
Флотский мазут Ф-5	1,4 (1,43)
Флотский мазут Ф-12	1,43
Газотурбинное топливо	1,355 (1,45)

Зарубежные топлива

Дизельное топливо «Газ Ойл»	1,46
Дизельно-моторное топливо «Марине Дизел Ойл»	1,44
Мазут для дизелей «Тин фьюэл ойл»	1,38

139. Какие теплотехнические измерители используются при составлении отчетов?

Теплотехнические измерители мощности и скорости судна задаются с учетом максимально возможного использования мощности ГД и ВД при длительной эксплуатации; нормы расхода топлива устанавливают на технический измеритель — удельный расход на единицу мощности ГД на ходу и на час стоянки судна в различных условиях. Так же устанавливается техническая скорость при соответствующей мощности ГД.

Для различных типов судов нормы устанавливают на эксплуатационный измеритель — единицу транспортной продукции или работы (1000 тонно-миль, 1000 кВт·ч). На речном транспорте нормирование расхода топлива производят на транспортную работу — в килограммах условного топлива на массу перевезенного груза или количество пассажиров с учетом пройденного расстояния. В среднем за период эксплуатации ГД развивает мощность ниже номинальной,

поэтому СДУ эксплуатируется на так называемой средневзвешенной мощности (в грузу и балласте); ее устанавливают на основании стендовых, ходовых и теплотехнических испытаний, а также по значению коэффициента использования грузоподъемности, который планирует плановый отдел пароходства.

Судну также задают техническую скорость в грузу и балласте. В обычных эксплуатационных условиях при подсчете фактически выполненной технической скорости исключают часы хода и соответствующие им расстояния, пройденные судном за штормовой период. Кроме того, служба эксплуатации пароходства задает судну чистую эксплуатационную скорость, которая необходима для выполнения рейсового задания.

Чистая эксплуатационная скорость — это отношение пройденного судном расстояния за рассматриваемый период к продолжительности работы ГД за этот же период на полных, средних и малых ходах, т. е. к чистому ходовому времени. Нормы эксплуатационной скорости исходят из норм технической скорости с поквартальным процентом снижения. Процент снижения технической скорости, задаваемой для теплоходов, обычно составляет 3 % во II и III кварталах и 5 % — в I и IV. В течение месяца судно может работать в грузу или совершать только балластные пробеги; в этих случаях техническая скорость будет соответствовать скорости, указанной в нормах. Но нередко случаи, когда судно работает некоторое время только в грузу, а оставшуюся часть времени — в балласте. При этих условиях определяют средневзвешенную заданную техническую скорость между скоростью в грузу и скоростью в балласте.

Фактическую скорость, выполненную судном в течение месяца, определяют по данным месячного отчета по топливоиспользованию, исключая из ходового времени время работы судна в штормовых и ледовых условиях.

Соответственно заданной эксплуатационной мощности рассчитывают норму расхода топлива на ходу. Обычно норму расхода топлива задают на судовой работы судна и устанавливают по результатам стендовых, ходовых и теплотехнических испытаний. При испытаниях определяют мощность двигателя и одновременно производят замеры расхода топлива. В про-

цессе эксплуатации выявляется какая-то средняя величина b_g . Следовательно, часовая норма расхода топлива на ГД во время хода судна определяется как произведение b_g на эксплуатационную расчетную мощность.

Средний часовой расход топлива на вспомогательные механизмы на ходу берется от построечной мощности ГД. Общий расход топлива на всю СДУ на режиме полного хода равен сумме расходов топлива на все потребители.

Условно принимают, что расход топлива на режиме среднего хода составляет 50 % нормы полного хода, на режиме малого хода и маневрах — 25 %.

4.4. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

140. Чем характеризуются режимы работы судовых дизелей?

Судовые дизели работают в различных условиях, со значительными изменениями показателей: мощности, частоты вращения, тепловой и механической напряженности и др. Совокупность значений этих показателей характеризует режим работы дизеля. Режим работы ГД, который является основным элементом комплекса гребной винт — корпус судна—двигатель, зависит от типа и условий плавания судна, конструктивных особенностей его корпуса, типа ГД и СДУ, способа передачи мощности движителю.

141. При каких условиях двигатель развивает предусмотренную для него мощность?

Номинальная мощность $P_{e \text{ ном}}$ развивается двигателем при номинальном среднем эффективном давлении $p_{me \text{ ном}}$. В соответствии с ГОСТ 10448—80 стандартные условия для $P_{e \text{ ном}}$ следующие: температура окружающего воздуха 300 К, атмосферное давление 100 кПа, относительная влажность воздуха 60 %, температура охлаждающей воды на входе в охладитель наддувочного воздуха 300 К, теплота сгорания топлива 42,7 МДж/кг.

142. На каких режимах может работать дизель?

Все режимы работы дизеля можно разделить на установившиеся и неуставившиеся. Установившиеся режимы характеризуются постоянством нагрузки, частоты вращения дизеля и теплового состояния его деталей. Установившиеся режимы ГД могут быть при постоянных малых, средних и полных ходах судна вперед и назад, на перегрузочных режимах, при минимально устойчивой частоте вращения дизеля, определяющей минимальную скорость судна (при неизменных по времени условиях плавания).

Для неуставившихся режимов характерна неустойчивость этих показаний. Такие режимы наблюдаются при пуске и остановке дизеля, трогании судна с места, разгоне, реверсировании, циркуляции и др. В этих случаях работа дизеля, показания его КИП и любые проявления каких-либо неполадок должны быть объектом пристального внимания обслуживающего персонала.

Кроме того, следует различать нормальные режимы работы, предусматриваемые ТУ на поставку дизеля, т. е. возможность использования его для работы на ВФШ или ВРШ, буксировки или траления и т. п., и неспецификационные режимы, например, работа в условиях обрастания корпуса судна, при сильном волнении моря и ветре, на мелководье, при изменении параметров окружающей среды, крене и дифференте, превышающих допустимые значения, в аварийных режимах, на нестандартных сортах топлива и масла. Работа на неспецификационных режимах допустима с определенными ограничениями.

143. Каковы особенности режимов работы дизелей на судах различного назначения?

В связи с постоянными изменениями внешних условий плавания судна судовые ГД практически всегда работают на переменных режимах. Режим работы дизеля зависит также от типа судна, конструктивных элементов его корпуса, типа движителя и СДУ, способа передачи мощности от двигателя к движителю. Знание режимов работы ГД и особенностей этих режимов — одно из условий правильной эксплуатации СДУ.

ГД транспортных морских судов в основном работают на нагрузках, близких к полной. Переменные режимы работы и малые нагрузки составляют не более 10 % и в основном связаны с плаванием судов в каналах, узкостях, во время шторма, с подходами и отходами из портов и другими условиями.

Рыбопромысловые суда плавают в условиях, присущих транспортным судам, только во время переходов из портов на промысел и обратно. На промысле ГД этих судов работают на переменных режимах с частыми пусками, остановками и переходами от полной нагрузки к частичной или к холостому ходу.

Особенность эксплуатации СЭУ на траулерах и промыслово-производственных рефрижераторах — режимы буксировки тралов; ГД и ВД добывающих судов при маневрировании с орудиями лова и приемо-транспортных судов при швартовках в море и портах, при движении в узкостях длительное время работают на режимах малых нагрузок.

144. Что понимают под характеристиками дизеля и для чего они служат?

Графическую зависимость основных параметров дизеля от какого-либо одного из параметров, принятого за независимый переменный, называют характеристикой дизеля. По характеристикам можно оценить технико-экономические показатели дизеля при его работе в различных условиях эксплуатации.

145. Какие существуют характеристики дизеля?

Характеристики дизеля подразделяются на скоростные и нагрузочные. Характеристика называется *скоростной*, если в качестве независимой переменной принята частота вращения дизеля. Если же независимой переменной служат P_e , p_{me} или крутящий момент, то характеристика называется *нагрузочной*.

В свою очередь, скоростные характеристики можно разделить на внешние и винтовые.

146. Что понимают под внешними характеристиками и как их получают?

Характеристику, снятую для определения максимальной (предельной) мощности на всем рабочем

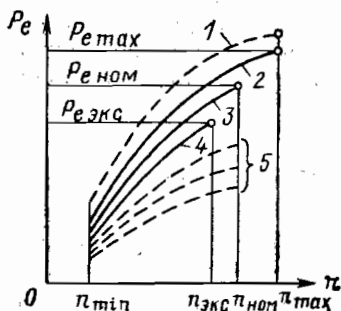


Рис. 37. Внешние характеристики дизеля

1 — характеристика предельной мощности; 2 — характеристика максимальной мощности; 3 — характеристика номинальной мощности; 4 — характеристика эксплуатационной мощности; 5 — характеристика долевых мощностей

диапазоне частот вращения (с максимальной цикловой подачей топлива), называют *внешней характеристикой предельной мощности* (рис. 37). Данная характеристика соответствует режимам работы дизеля с перегревом деталей ЦПГ, повышенным удельным расходом топлива и дымным выпуском газов, т. е. по этой характеристике дизель не может длительно работать. Ее следует рассматривать как характеристику, расположенную за пределами эксплуатационных рабочих режимов двигателя.

Характеристику, полученную при положении органов подачи топлива, которые соответствуют $P_{e \text{ max}}$ при $n_{\text{тах}}$, называют *внешней характеристикой максимальной мощности* или *ограничительной характеристикой по ТНВД*, когда подачу топлива ограничивают специальным упором, установленным на органах управления топливоподачей.

Основной характеристикой, для которой завод-изготовитель гарантирует технико-эксплуатационные показатели рабочего процесса двигателя, является характеристика, полученная при положении дозирующих органов, соответствующем $P_{e \text{ ном}}$ и $n_{\text{ном}}$. Ее называют *характеристикой полной (номинальной) мощности*.

Характеристику, снятую при положении дозирующих органов, соответствующем параметрам $P_{e \text{ экс}}$ и $n_{\text{экс}}$, значения которых несколько ниже номинальных, называют *характеристикой эксплуатационной мощности*. Внешняя характеристика эксплуатационной мощности должна обеспечивать длительную, надежную работу двигателя при высокой его экономичности. При выборе значений $n_{\text{экс}}$ необходимо точно соблюдать соответствие $P_{e \text{ ном}}$ частоте вращения $n_{\text{ном}}$. Внешние характеристики долевых мощностей снимают при уменьшенных цикловых подачах топлива.

Любая внешняя характеристика как бы указывает, что вне ее (а отсюда возникло и название — внешняя) работа дизеля на данном скоростном режиме невозможна; при этом возможен только переход на другую характеристику.

147. Что понимают под винтовой характеристикой?

Винтовая характеристика — это зависимость P_e от n при работе дизеля на гребной винт, т. е. характеристика комплекса корпус судна—двигатель—гребной винт. Установлено, что мощность, поглощаемая гребным винтом, приблизительно пропорциональна n^3 и подчиняется выражению $P_e = Cn^3$, где C — коэффициент пропорциональности. Графически винтовая характеристика выражается кривой, которая называется *кубической параболой*.

Поскольку внешняя характеристика — это почти прямая линия, то, очевидно, что при работе по винтовой характеристике, имея винт фиксированного шага, нельзя обеспечить использование всей мощности дизеля при любой частоте вращения. Доказательством тому служит совмещенный график винтовой и внешней характеристик одного и того же дизеля (рис. 38). По расположению этих кривых видно, что дизель, работающий на ВФШ, имеет резервы мощности, соответствующие отрезкам ординат, заключенным между обеими кривыми. Так, при частоте вращения n_1 гребной винт потребляет мощность P_1 , в то время как дизель способен развивать на данном скоростном режиме мощность P'_1 . Только на одном режиме мощность, потребляемая винтом, равна мощности, которую дизель способен развить при работе по данной внешней характеристике. Этот режим соответствует точке A , в которой характеристики пересекаются.

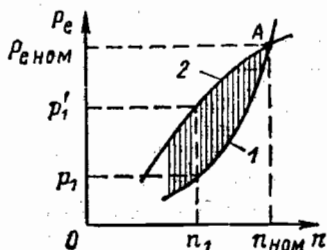


Рис. 38. Взаимное расположение характеристик дизеля
1 — винтовая; 2 — внешняя

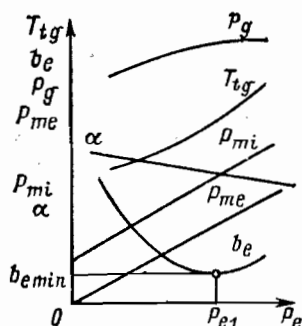


Рис. 39. Нагрузочная характеристика дизеля

по оси абсцисс отложить изменение нагрузки дизеля (рис. 39), а по оси ординат — значения p_{me} , то прямая, отражающая изменение P_e , пойдет из начала координат. При отсутствии нагрузки $p_{me} = 0$, а потому и $P_e = 0$, т. е. двигатель работает на холостом ходу. Нагрузочная характеристика в пределах всего поля допустимых нагрузок позволяет проследить и характер изменения таких показателей работы дизеля, как коэффициент избытка воздуха α , индикаторный η_{ei} , механический η_m и эффективный η_{el} коэффициенты полезного действия.

149. Всегда ли винтовые характеристики имеют вид кубической параболы?

Для некоторых типов судов винтовая характеристика отличается от кубической параболы, в частности для судов на подводных крыльях. При наличии на судне валогенератора винтовая характеристика ГД приближается к внешней характеристике. Различные виды винтовых характеристик приведены на рис. 40.

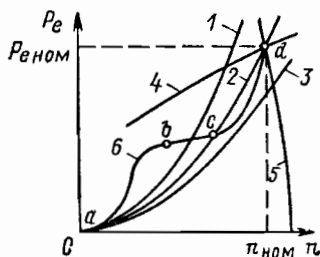


Рис. 40. Характеристика дизеля
1 — винтовая обычного судна при движении на мелководе с грузом; 2 — то же на глубокой воде с грузом; 3 — то же при движении порожнем; 4 — внешняя ограничительная характеристика; 5 — регуляторная характеристика; 6 — винтовая характеристика СПК

150. Почему винтовая характеристика судна на подводных крыльях (СПК) имеет специфическую форму?

В отличие от других судов основным режимом плавания СПК является движение на подводных крыльях. Винтовая характеристика СПК отражает переходные режимы движения и соответственно им различную зависимость мощности двигателя от частоты вращения. Кривую b (см. рис. 40) можно разбить на три участка: участок $a—b$ соответствует режиму плавания в состоянии водоизмещения; участок $b—c$ — выходу судна на крылья; участок $c—d$ — ходу судна на крыльях.

На участке $a—b$ возникают добавочные сопротивления движению судна от погруженных подводных крыльев и стоек крыльевого устройства. На крыльях по мере увеличения скорости судна начинает расти подъемная сила, под действием которой корпус постепенно поднимается из воды, а сопротивление движению уменьшается. Точка b соответствует началу выхода судна на крылья. На участке кривой $b—c$ подъемная сила растет, корпус выходит из воды, и ее сопротивление движению судна становится равным нулю. В точке c заканчивается выход судна на крылья. На участке $c—d$ мощность с увеличением скорости растет, но не так интенсивно, как для обычных судов. Это объясняется тем, что мощность затрачивается только на преодоление сопротивления воздуха движению корпуса и сопротивления воды движению крыльев, стоек и гребных валов.

151. Каковы особенности режима работы ГД при плавании судна с ВФШ в балласте?

При плавании судна в балласте изменяется крутизна винтовой характеристики (кривая Γ на рис. 41). Она становится «облегченной», что связано с уменьшением осадки и, как следствие, снижением сопротивления воды движению судна, а также с изменением условий обтекания винта потоком воды. При плавании в балласте при $n_{\text{ном}}$ ГД недогружается по $P_{\text{те}}$ и P_e (точка 4). Недогрузка в зависимости от типа судна и параметров гребного винта может составлять 10—20 % $P_{e \text{ ном}}$. В этих условиях, если не огра-

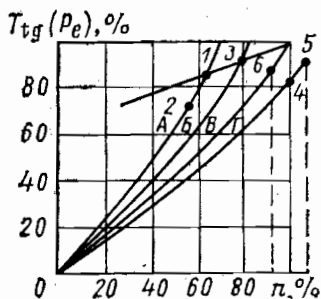


Рис. 41. К определению особенностей режимов работы ГД в разных условиях плавания

существенно повысить $P_{те}$ и особенно P_e , доведя ее до значения $P_{е экс}$ вследствие повышения частоты вращения до номинального значения.

152. Каковы особенности режима работы ГД с ВФШ на швартовах?

Выбирая и контролируя режим работы ГД, обслуживающий персонал должен знать, что при работе на швартовах дизели развивают предельный крутящий момент T_{tg} при частоте вращения гораздо меньшей, чем $n_{ном}$. В этом случае винтовая характеристика идет наиболее круто (кривая A на рис. 41). При швартовных испытаниях, когда дизель работает непосредственно на винт, нельзя повышать частоту вращения более $(0,5 \div 0,7) n_{ном}$ (точка 1 на рис. 41); в противном случае напряжение, обусловленное моментом, приложенным к фланцу коленчатого вала, может оказаться для него опасным. Исключением является нагрузка на швартовах для ГД, когда гребной винт снабжен специальным разгрузочным устройством. При наличии такого устройства допустимая частота вращения может быть равной номинальному значению. Главная цель швартовных режимов — проверка надежности и исправности всех механизмов, а в ряде случаев и частичная обкатка ГД. Поэтому нет необходимости работать на режиме, соответствующем точке 1, и более целесообразен режим, соответствующий точке 2.

ничивается $n_{ном}$, $P_{е ном}$ можно достигнуть при недогрузке по $p_{те}$ в результате повышения частоты вращения гребного винта сверх номинального значения на 2—3 %, если этому не препятствует вибрация корпуса судна (точка 5). Если при плавании в грузу эксплуатационная мощность и частота вращения меньше номинальных значений (точка 6 по линии B), то на балластных переходах можно су-

153. Чем характеризуется режим работы ГД при трогании судна с места?

Режим трогания судна с места во многом сходен с режимом работы на швартовах, и ГД на этом режиме может быть также легко перегружен по T_{tg} . На этом режиме увеличение скорости судна достигают увеличением частоты вращения вала ГД, а значит, увеличением подачи топлива за цикл. С ростом цикловой подачи топлива возрастает T_{tg} и в период ускорения он может превысить момент сопротивления движению судна. Переходный динамический процесс сопровождается резким повышением температуры деталей ЦПГ, что может привести к заклиниванию и задиранию поршней, цилиндрических втулок и др.

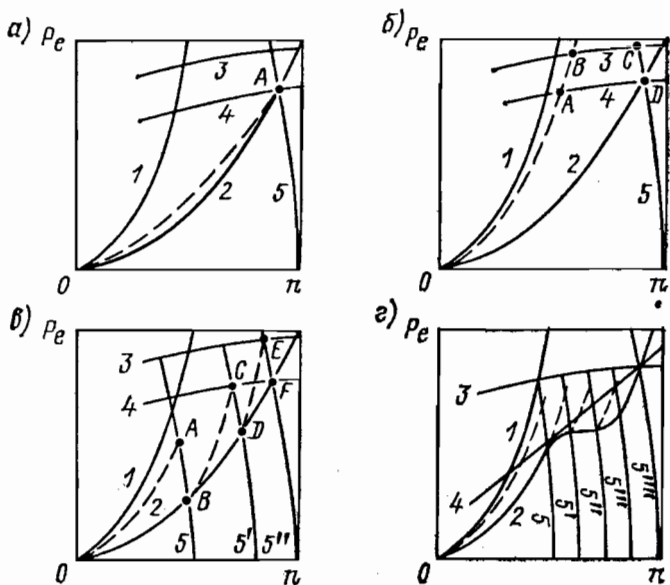


Рис. 42. Режимы работы ГД при трогании судна с места и разгоне: а — медленный разгон; б — быстрый разгон; в — ступенчатый разгон обычного судна; г — ступенчатый разгон СПК

1, 2 — винтовые характеристики швартовного и ходового режимов;
 3 — внешняя характеристика максимальной (полной) мощности;
 4 — ограничительная характеристика или внешняя характеристика номинальной мощности; 5 — регуляторные характеристики

Рис. 42 иллюстрирует режимы работы ГД при разгоне судна. Пунктирные линии относятся к неустановившимся режимам. При медленном разгоне с постепенным увеличением подачи топлива режим работы ГД соответствует кривой OA (рис. 42, а), и все параметры работы ГД находятся в пределах, допускаемых для длительной работы. Однако этот способ разгона почти не реализуется из-за трудности длительного ручного регулирования двигателя и отсутствия ДАУ с подобными программами.

В случае разгона судна с быстрым увеличением подачи топлива до количества, соответствующего полному ходу, режим работы ГД соответствует ломаной линии $OABCD$ (рис. 42, б). В начальный период разгона рейка ТНВД перемещается от нулевой подачи к положению полной подачи топлива, и работа двигателя соответствует кривой OAB .

В точке B рейка ТНВД доходит до упора, и ГД начинает работать по внешней характеристике максимальной мощности (участок BC кривой 3). В точке C вступает в действие всережимный регулятор, уменьшающий подачу топлива до количества, соответствующего полному ходу, и ГД по линии CD на регуляторной характеристике переходит на работу, определяемую точкой D на винтовой характеристике ходового режима. Этот способ обеспечивает судну хорошие маневренные качества и осуществляется при наличии ДАУ перестановкой рукоятки из положения «Стоп» в положение «Полный ход». Недостаток данного способа заключается в перегрузке ГД, которая пропорциональна площади, заключенной в контуре $ABCD$.

Для сокращения периода перегрузки дизеля может применяться ступенчатый способ разгона, когда осуществляют некоторую выдержку времени при каждом изменении положения рукоятки управления.

Трехступенчатый разгон (рис. 42, в) соответствует ломаной линии $OABCDE$. Участки OA , BC и DE характеризуют работу ГД в периоды увеличения подачи топлива под действием органов управления, а участки AB , CD и EF — в периоды уменьшения подачи под действием регулятора при неизменном положении органов управления. Этот способ обеспечивает уменьшение, а в ряде случаев и полное предотвращение перегрузки ГД при разгоне судна, причем при увели-

чении числа ступеней разгона перегрузка будет уменьшаться все заметнее.

При бесконечно большом числе ступеней ломаная линия на рис. 43, *в* совпадает с пунктирной кривой *ОА* на рис. 42, *а*. Такой способ является наиболее рациональным.

Программа ступенчатого разгона может быть задана как при ручном, так и при автоматизированном управлении. Длительность выдержки на каждой ступени можно определить по стабилизации частоты вращения ГД по тахометру или по совпадению ее на тахометре и на шкале пульта управления.

Скоростные суда, в частности СПК, благодаря особенностям формы корпуса и конструкции ГД имеют весьма ограниченный резерв мощности, так как у них винтовая и ограничительная характеристики располагаются близко друг к другу. Поэтому разгон таких судов требует особой предусмотрительности от обслуживающего персонала, и завод-изготовитель дизелей рекомендует осуществлять не менее чем пятиступенчатый разгон таких судов.

154. Каковы особенности режима работы ГД при циркуляции судна?

Гребные винты судна с двухвальной установкой работают в косом потоке воды, причем наружный винт нагружается меньше, а внутренний больше. Таким образом, с дизелей при повороте судна снимается неодинаковая мощность. В этих условиях дизели с предельными регуляторами сбрасывают частоты вращения — внутренний больше, а наружный меньше. При этом моменты на валах меняются незначительно, а так как топливоподача фиксирована, то дизели с такими регуляторами не могут получить перегрузки ни по крутящему моменту, ни по p_{me} . На дизелях со все-режимными регуляторами изменение моментов на винтах вызывает изменение частоты вращения, а регулятор стремится компенсировать это изменением топливоподачи; при этом может произойти некоторая перегрузка дизеля по p_{me} . Эта перегрузка зависит от угла пере-
кладки руля и скорости судна. При больших скоростях и углах пере-
кладки руля перегрузка внутреннего дизеля может достигать до 25—30%.

155. Каковы особенности режима работы ГД при переходе судна с глубокой воды на мелководье?

При переходе судна с глубокой воды на мелководье или при входе в канал, ширина которого невелика, в большом диапазоне скоростей изменяется сопротивление движению судна, а следовательно, и нагрузка на ГД по моменту возрастает из-за повышения сопротивления трения и волнового сопротивления в 2 раза, а в отдельных случаях и в 3 раза; поэтому при переходе судна на мелководье рекомендуется снижать частоту вращения ГД. Если глубина под килем не превышает пятикратной осадки судна, следует двигаться только малым ходом (в этом случае сопротивление на мелководье примерно равно сопротивлению на глубокой воде). Глубокой водой, на которой возможно движение с любыми скоростями, с достаточной для практики точностью принято считать воду, в 15 раз превышающую по глубине осадку судна.

Отвечая на данный вопрос, необходимо сделать весьма существенную оговорку: при некотором соотношении скорости судна и глубины воды сопротивление на мелководье становится меньше сопротивления на глубокой воде, и, казалось бы, на мелководье выгодно плавать с большими скоростями. Однако данным обстоятельством воспользоваться практически невозможно, так как возникающее при этом волнообразование вызывает размыв берегов, повреждения судов, стоящих у стенок, береговых сооружений и т. д.

156. Чем характеризуется режим работы ГД при плавании судна в штормовых условиях?

В штормовых условиях на некоторых курсах возрастает сопротивление воздуха корпусу движущегося судна, а наличие волн создает условия для работы винта, аналогичные его работе при циркуляции судна, т. е. условия косого потока воды. При качке увеличивается тормозящее действие пера руля, которое периодически выводится из диаметральной плоскости судна для удержания его на заданном курсе. Эти явления приводят к частым изменениям крутящего момента винта. При суммировании всех факторов в условиях семибалльной штормовой погоды он может возрасти на 40—50 %, а это приведет к заметной перегрузке ГД. Поэтому в штормовую погоду (особенно при встречном ветре и килевой качке) приходится снижать частоту вращения дизеля.

157. Чем характеризуется режим работы ГД при тралении?

Режим траления является одним из основных установившихся режимов работы СДУ промысловых судов. Он характеризуется наличием дополнительного сопротивления, создаваемого тралом, которое может в 8—12 раз превышать сопротивление воды движению корпуса судна. Поэтому, а также исходя из условий прочности троса и мощности траловой лебедки, буксировку трала производят при небольших скоростях (2,5—5,5 уз). В связи с этим снижается КПД винта и увеличивается передаваемая к нему от дизеля мощность. Крутизна винтовой характеристики при этом возрастает, т. е. она становится «утяжеленной».

Степень нагрузки ГД при тралении изменяется в широких пределах. Она зависит от мощности лебедки, типа и размеров трала, длины вытравленных ваеров, глубины моря и погружения трала, характера грунта, гидрометеорологических условий, скорости траления, типа судна и его СДУ. Все эти факторы надо обязательно учитывать.

158. Каковы особенности режима работы ГД при буксировке?

Работа ГД при буксировке другого судна характеризуется тем, что в этом случае приходится преодолевать большее сопротивление, чем при свободном ходе судна. Вследствие возрастания упора на винт буксирующего судна при той же частоте вращения вала КПД винта уменьшается. Крайние значения в этой ситуации: движение без воя (полезная тяга равна сопротивлению воды корпусу судна); работа на швартовах (момент винта достигает максимума). Все промежуточные значения соответствуют различным по величине воям, а винтовые характеристики располагаются в зависимости от величины воя веерообразно, пересекаясь при различных значениях частоты вращения с заградительными характеристиками. Поэтому наибольшая допустимая скорость буксирующего теплохода определяется точкой 3 пересечения винтовой характеристики *Б* (см. рис. 41) с характеристикой максимальной мощности (чем больше величина воя, тем круче винтовая характеристика).

159. Чем характеризуется режим работы ГД при изменении направления движения судна?

С точки зрения нагрузок на ГД конструкция реверсивного устройства дизеля принципиального значения не имеет. Дело в том, что после отключения коленчатого вала дизеля от валопровода (у дизелей с реверсивной муфтой) или после остановки реверсивного двигателя судно продолжает некоторое время двигаться по инерции в прежнем направлении, поэтому винт под действием набегающего потока воды вращается подобно колесу гидравлической турбины. Направление вращения прежнее, и после реверсирования дизель должен преодолеть отрицательный (турбинный) момент винта. Значение этого момента тем больше, чем больше скорость судна, диаметр винта и масса вращающегося валопровода. Преодоление такого момента может вызвать перегрузку ГД, причем перегрузка по моменту возможна уже при сравнительно небольшой частоте вращения — $(0,3-0,4) n_{\text{ном}}$. Поэтому, если не спешить с реверсированием и дожидаться остановки судна, перегрузка дизеля по крутящему моменту исключается.

160. Чем характеризуется режим работы ГД на минимально устойчивой частоте вращения?

Частота вращения n_{min} у дизелей значительно меньше $n_{\text{ном}}$. Попытки довести n_{min} дизеля до еще меньшего значения являются безрезультатными — дизель «глохнет», т. е. произвольно останавливается. Значение факторов, влияющих на n_{min} , имеет большое значение в практике эксплуатации СДУ, так как на малых частотах вращения в ряде случаев дизели работают значительный период времени (швартовка судна, движение в тумане и в узкостях и т. д.).

Причиной «выпадения» двигателя из работы являются следующие факторы:

— динамические — чем меньше частота вращения дизеля, тем меньше кинетическая энергия его движущихся частей. При некоторой малой частоте вращения вала дизеля его кинетическая энергия может оказаться недостаточной для перевода КШМ дизеля через мертвые точки, и дизель остановится;

— термодинамические — для перехода на пониженный режим вращения требуется резкое сокращение подачи топлива. Это сопровождается понижением температуры стенок втулок цилиндров, камер сгорания и днищ поршней и, следовательно, ухудшением условий смесеобразования топлива; самовоспламенение топлива при снижении частоты вращения дизеля ухудшается также потому, что падает температура воздуха в конце сжатия;

— гидродинамические — вызываются изменениями, происходящими в подаче и распыливании топлива, в подаче смазочного масла и охлаждающей воды (если насосы не имеют независимого привода). На малой частоте вращения дизеля наблюдается и большая степень неравномерности подачи топлива по цилиндрам, доходящая до 25 %. При этом чем больше степень неравномерности подачи топлива, тем больше и степень неравномерности вращения коленчатого вала. Неравномерное распределение подачи топлива по цилиндрам обуславливается люфтами в системе управления ТНВД, неодинаковой плотностью насосных плунжерных пар, неоднородностью форсуночных распылителей, неодинаковой затяжкой пружин форсунок и рядом других причин.

161. Каким образом выбирают режим работы ГД исходя из условий плавания?

Выбор оптимального эксплуатационного режима работы ГД в конкретных условиях плавания — одна из актуальных и постоянно решаемых обслуживающим персоналом задач. Режим работы ГД определяет его долговечность, надежность и экономичность, а также скорость судна.

Для выбора безопасного режима работы ГД целесообразно использовать специально составленные для каждого судна ограничительные скоростные характеристики, которые устанавливают пределы режимов ГД по условиям обеспечения надежности его работы, оцениваемой одним или несколькими эксплуатационными параметрами: T_{ig} , p_{me} или p_{mi} , коэффициентом избытка воздуха α . Ограничительные характеристики зависят также от температуры, давления и влажности окружающей среды.

162. Что представляют собой ограничительные характеристики?

В практике эксплуатации дизелей важно знать, при каких внешних условиях эксплуатации может наступить перегрузка дизеля, и вовремя ее предупредить.

С этой целью рекомендуется пользоваться ограничительными скоростными характеристиками. Правильность установленного эксплуатационного режима дизеля оценивают при сравнении его параметров со скоростной ограничительной характеристикой (рис. 43), определяющей предельные значения P_e , p_{me} , T_{ig} или цикловой подачи топлива, допустимой для длительной работы данного дизеля в зависимости от частоты вращения и температуры воздуха на впуске. Длительная работа дизеля на режимах, расположенных выше ограничительной характеристики, не допускается. Для малооборотных ГД распространено ограничение режима по допустимым значениям p_{mi} . В этом случае на график (рис. 44) наносят сетку винтовых характеристик. По результатам индцирования дизеля, используя величины $p_{mi\text{ ср}}$ и n , находят точку 1, через которую проводят кривую, параллельную ближайшей винтовой характеристике, до пересечения с кривой ограничения нагрузки $p_{mi\text{ доп}}$ и по точке 2 устанавливают допустимый режим работы дизеля.

163. Что можно предпринять для упрощения работы с графиками ограничительных характеристик?

Для того чтобы упростить работу с графиками ограничительных характеристик и на каждом режиме

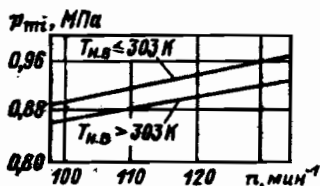


Рис. 43. Ограничительная характеристика дизеля KBZ70/120 судов типа «Иркутск»

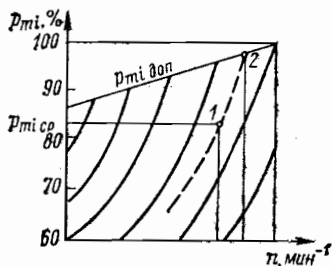


Рис. 44. График для определения допустимой на ГД нагрузки по p_{mi}

не производить индицирование дизеля и не определять значение p_{mi} (или p_{me}), можно для конкретного двигателя построить зависимость между p_{mi} и положением рукоятки управления и вместо шкалы p_{mi} пользоваться шкалой рукоятки. Однако зависимость между p_{mi} и положениями рукоятки следует обязательно проверять после каждого регулирования двигателя и смены сорта топлива.

164. Возможно ли автоматическое поддержание нагрузки в пределах ограничительной характеристики?

Автоматическое поддержание нагрузки в пределах ограничительной характеристики осуществимо с помощью специальных устройств. К таким устройствам относятся, например, оптимальные регуляторы движения, устанавливаемые на ГД некоторых судов. Регуляторы имеют подвижные упоры, изменяющие свое положение в зависимости от частоты вращения двигателя.

165. Какие режимы работы дизеля считаются аварийными?

Аварийными считаются такие режимы, когда приходится выключать подачу топлива в отдельные цилиндры дизеля или когда необходимо продолжать его работу при выходе из строя газотурбонагнетателя.

166. Как осуществляется работа дизеля с одним или несколькими выключенными цилиндрами?

В процессе эксплуатации дизеля, несмотря на выход из строя отдельных деталей дизеля и в случае невозможности их замены или ремонта, иногда приходится продолжать работу с одним или несколькими выключенными цилиндрами. Такой работе соответствует новая, более низкая, внешняя характеристика. При этом, если дизель работает при неизменных параметрах n и p_{me} , то в случае прекращения подачи топлива в аварийные цилиндры мощность дизеля уменьшится на сумму мощностей выключенных цилиндров, так как в данном случае мощность механических по-

терь практически не изменится (если не производились демонтаж и выемка деталей движения выключенных цилиндров). Для предупреждения повышения p_{me} в работающих цилиндрах одновременно с выключением аварийного цилиндра приходится уменьшать общую нагрузку на дизель. Для ГД это означает уменьшение скорости судна, а для ВД, работающего на генератор, — выключение части потребителей электроэнергии.

При невыполнении этого требования или при самопроизвольном выключении цилиндра (например, при зависании в верхнем положении плунжера одного из ТНВД) все остальные работающие цилиндры примут на себя добавочную нагрузку. В результате повысятся параметры p_{me} и P_e каждого работающего цилиндра. При этом, если до выключения цилиндра дизель работал на номинальной мощности, после выключения цилиндра он будет перегружен. Если в данном случае рейка ТНВД достигнет упора, частота вращения дизеля уменьшится, так как мощность, развиваемая исправными цилиндрами, окажется уже недостаточной для преодоления нагрузки, приложенной к коленчатому валу. Понижение частоты вращения будет происходить до установления равенства между мощностью и нагрузкой.

167. Возможна ли работа дизеля с выключенным газотурбонагнетателем?

Дизель, у которого вышел из строя один из турбокомпрессоров (ТК), можно эксплуатировать на пониженной нагрузке. При этом необходимо следить за тем, чтобы температура выпускных газов за цилиндрами не превышала допустимую при работе дизеля с исправным ТК и чтобы работающий ТК не входил в помпаж.

При отказе ТК и невозможности его ремонта для дальнейшей работы необходимо обеспечить проход выпускных газов мимо ТК с помощью специальных патрубков и заглушек, а в случае их отсутствия — посредством специального приспособления или демонтажа ротора и установки заглушки между корпусами турбины и компрессора. Нагнетательный патрубок неработающего ТК следует отделить от продувочного ресивера с помощью специальной заслонки или заглушки. Если через неработающий ТК проходят выпускные

газы, то охлаждающую воду не отключают. Все средства контроля, регистрации и защиты неработающего ТК должны быть отключены.

168. Как влияют характеристики гребного винта на режим работы ГД?

Гидродинамические характеристики ВФШ должны соответствовать корпусу судна и ГД при работе его на эксплуатационном режиме полного хода, с полной грузовой осадкой судна и в нормальных гидрометеорологических условиях. Только в этом случае полностью используется номинальная мощность ГД при номинальной частоте вращения, двигатель работает без перегрузки, и обеспечивается проектная скорость судна. Несоответствие винта корпусу судна и ГД приводит к недоиспользованию мощности, перегрузке двигателя, перерасходу топлива и т. д. В зависимости от характера этого несоответствия винт может считаться «тяжелым» или «легким». Если имеются построенные в общих координатных осях винтовая характеристика, полученная по данным испытаний судна, и внешняя ограничительная характеристика ГД и производилась замена винта или имеются данные о повреждениях ранее установленного винта, то в этих же осях производят построение фактической винтовой характеристики. Если точка пересечения внешней и фактической винтовой характеристик (рис. 45) расположится слева от точки А, то винт будет «тяжелым», а если справа, — то «легким». При «тяжелом» винте ГД работает с повышенными значениями p_{mi} и температуры выпускных газов. Винт также будет «тяжелым», если ГД развивает номинальную мощность, но частота его вращения меньше номинальной.

При «легком» винте ГД не развивает номинальной мощности даже при повышенной против номинальной частоте вращения вследствие того, что работает с пониженным значением \bar{p}_{mi} . В каждом случае способ устранения не-

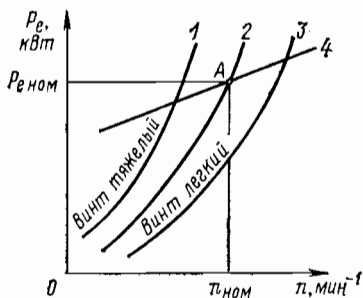


Рис. 45. Влияние характеристик гребного винта на режим работы ГД

соответствия винта главному двигателю решается на основании расчетов и анализа испытаний комплекса корпус судна—двигатель—гребной винт.

Исходя из вышеизложенного нетрудно сделать вывод, что понятия «легкий» и «тяжелый» винт ни в коей мере не относятся к физической массе винта. Они определяют только его гидродинамические характеристики.

В условиях эксплуатации судна меняется состояние подводной части корпуса, она обрастает и загрязняется, увеличивается ее шероховатость из-за коррозии, гофр и вмятин. Это увеличивает сопротивление трения корпуса судна, которое непрерывно возрастает и не восстанавливается до первоначального при доковании и покраске. Иногда повреждаются кромки и поверхности гребного винта, изменяются характеристики работы ГД и вследствие износа деталей топливной аппаратуры, деталей ЦПГ, органов газообмена, загрязнения полостей охлаждения втулок, цилиндрических крышек, охладителя продувочного воздуха и др.

При расчетах ходкости судна учитывают запас мощности на преодоление увеличивающегося с течением времени сопротивления трения движению судна. Если такого запаса мощности нет, то впоследствии ГД не сможет развивать номинальную мощность. Если в условиях эксплуатации судна условия стендовых испытаний дизеля не выдерживаются, то его фактическая мощность оказывается меньше, чем показанная на стенде и, следовательно, винт может оказаться неподходящим. Эти факторы приводят к несоответствию между ГД, винтом и корпусом судна. Гребной винт становится гидродинамически «тяжелым», в результате чего ГД не будет работать по номинальной винтовой характеристике, соответствующей нормальным условиям эксплуатации судна, и перейдет на пониженную винтовую характеристику.

4.5. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СДУ

169. В чем проявляется полезный эффект СДУ?

Полезный эффект СДУ проявляется в обеспечении заданной провозной способности судна, ритмичности и непрерывности его работы. Провозная способ-

ность прямо пропорциональна среднесуточной скорости судна.

Ритмичность зависит от постоянства скорости на переходах и безотказности работы энергетической установки. Непрерывность определяется периодичностью необходимого ТО.

Показателями полезного эффекта являются максимально возможная скорость судна, возможность сохранения постоянства заданной скорости на переходах, достаточно большие межремонтные сроки оборудования СДУ. Эти показатели обеспечиваются соответствующей мощностью, ресурсом и безотказностью работы всех элементов СДУ.

170. Чем определяется полезный эффект СДУ?

Полезный эффект СДУ определяется уровнем ее рентабельности, т. е. превышением доходов, полученных от ее эксплуатации, над затратами. Если уровень рентабельности составляет не менее 30—35 %, то окупаются затраты на эксплуатацию СДУ, обеспечивается материальное стимулирование всех работающих в ее составе специалистов, социальное развитие коллектива.

Затраты на достижение полезного эффекта выражаются в расходах топлива и масла, расходах ресурса двигателей и другого технического оборудования, трудоемкости и периодичности технического обслуживания, а также в стоимости содержания обслуживающего персонала.

Полезный эффект установки и затраты на его достижение зависят от факторов, связанных с условиями и организацией эксплуатации. Для СДУ эти факторы можно разделить на две группы: эксплуатационные, обусловленные условиями плавания, и организационно-технические, относящиеся ко всему процессу эксплуатации судна.

171. Как влияют эксплуатационные факторы на работу СДУ?

Эксплуатационные факторы оказывают влияние на работу СДУ через изменение спецификационных винтовых характеристик судна и непосредственным воздействием на ГД.

Режим работы ГД определяется его нагрузкой и частотой вращения. Для ГД при фиксированном положении всережимного регулятора частоты вращения режим работы определяется условиями работы гребного винта, характеризующимися винтовой характеристикой. В процессе эксплуатации судна она может «утяжелаться» не только под влиянием волнения, обрастания корпуса и гребных винтов, но и в результате увеличения водоизмещения судна и ледовой обстановки. По опытным данным, средние потери скорости на волнении при силе ветра 7 баллов (степень волнения 6 баллов) составляют, %: для танкеров 5,5; для сухогрузов 6,5; для лесовозов 8,5; для балкеров 10,5. Обрастание гребного винта может сказаться на его качествах даже больше, чем обрастание корпуса судна. По результатам исследования, проведенного Дальневосточным пароходством, через 17 мес. после докования скорость судов снижается на 8—9 %.

Изменение водоизмещения судна заметно влияет на винтовую характеристику главного двигателя. Баллаستировка судна оказывает непосредственное влияние на его скорость. Недостаток балласта при плавании в штормовых условиях может вызывать сильные вибрации корпуса судна и удары волн о корпус, заставляющие преднамеренно снижать скорость. Поэтому судоводители обычно предпочитают увеличивать балласт. Оптимальное количество балласта для обычных условий плавания составляет 30—40 % дейдвейта, а для тяжелых — 50 %.

При плавании в северных широтах винтовые характеристики могут «утяжелаться» в результате обледенения судна и движения во льдах. Влияние обледенения аналогично влиянию увеличения водоизмещения.

172. Какие основные правила необходимо соблюдать для увеличения полезного эффекта СДУ?

Исходя из особенностей различных режимов работы ГД для увеличения полезного эффекта СДУ необходимо: разгон судна производить ступенчато; при плавании судна в штормовую погоду снижать частоту вращения вала ГД до 80—85 % номинальной в водохранилищах и в море и до 90 % — на реках; при плавании судна на мелководье и в канале снижать

частоту вращения вала ГД до значения, соответствующего номинальной температуре выпускных газов; избегать реверсирования двигателей с полного хода и стремиться к минимальной частоте их пусков и реверсов; исключать работу ГД на максимальной мощности; учитывать изменение метеорологических условий, приводящее к работе двигателей с перегрузкой; в целях уменьшения перегрузки ГД при циркуляции в обычных условиях эксплуатации выход на циркуляцию производить при пониженной частоте вращения вала ГД; выход на циркуляцию с полного хода осуществлять с перекладкой рулей или насадок на угол не более 25° ; полную перекладку рулей или насадок на угол 35° выполнять только при частоте вращения вала главных двигателей, соответствующей среднему ходу судна.

4.6. ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛОВОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ДИЗЕЛЕЙ

173. Что понимают под теплонапряженностью дизеля?

Под теплонапряженностью дизеля понимают тепловое состояние деталей ЦПГ, оцениваемое целым комплексом показателей. Превышение показателей теплонапряженности приводит к выходу дизеля из строя. Показатели теплонапряженности подразделяют на непосредственные и косвенные.

К непосредственным показателям теплонапряженности относят значения температурных напряжений в стенках теплопередающих деталей и значения температуры в характерных точках деталей ЦПГ. Наибольшее значение температуры имеют поршень под канавкой первого уплотнительного кольца, внутренняя поверхность втулки цилиндра, днище поршня, крышка цилиндра, посадочный пояс выпускного клапана.

Из-за сложности измерений непосредственными показателями теплонапряженности почти не пользуются, а оценивают ее по косвенным показателям.

В качестве косвенного показателя теплонапряженности широко используют температуру выпускных газов, по которой оценивают теплонапряженность каждого цилиндра в отдельности. Измерительными приборами служат штатные термометры или термопары.

По каждому типу дизеля во время стендовых испытаний определяют температуру выпускных газов, соответствующую номинальному режиму работы дизеля. Увеличение данной температуры свидетельствует о превышении уровня теплонапряженности, допустимого для длительной работы.

Этот показатель не всегда достаточно достоверен. В случае, например, некачественного распыливания топлива при работе дизеля на тяжелом топливе или при повышенной нагрузке цилиндра происходит закоксование поршневых колец из-за перегрева днища поршня. Однако у многоцилиндрового дизеля с наддувом ни цвет выпускных газов, ни их температура заметно не изменяются, т. е. это явление на ранней стадии развития без других средств контроля теплонапряженности выявить трудно.

Способ контроля температуры деталей ЦПГ в местах, удобных для измерения, начинают применять в автоматизированных СДУ. Температуру измеряют с помощью термодпар, встроенных в нижней части втулки цилиндра. Сравнение температур в точке замера с температурой, определенной в той же точке на номинальном режиме при стендовых испытаниях, дает возможность оценить относительное состояние теплонапряженности деталей ЦПГ каждого цилиндра в отдельности на данном режиме работы и предпринять своевременные меры, если уровень теплонапряженности выходит за пределы допустимого.

В некоторых автоматизированных СДУ в случае повышения температуры сверх установленного предельного значения автоматически обеспечивается снижение мощности дизеля путем уменьшения подачи топлива в цилиндры.

174. Какие факторы характеризуют теплонапряженность дизеля?

Анализ работы судовых дизелей показывает, что теплонапряженность деталей ЦПГ характеризуется не только значениями температур деталей, но и скоростью их изменения. Наибольшим температурным напряжениям детали ЦПГ подвергаются на нестационарных режимах: при пуске, ускоренном выводе на режим полной нагрузки и при резкой остановке, т. е. при маневрировании судна.

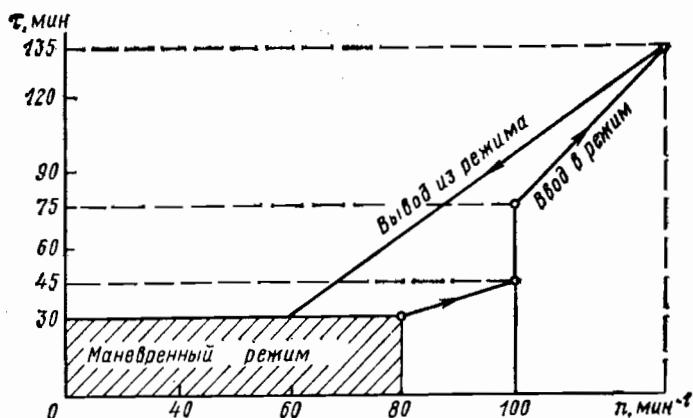


Рис. 46. График ввода дизеля K9Z70/120 в режим полной нагрузки и вывода из режимов до реверсов

Рост температурных напряжений в охлаждаемых деталях ЦПГ в период нестационарных режимов является одной из основных причин появления в них трещин.

Для обеспечения нормальной и надежной работы деталей ЦПГ необходимо строго придерживаться инструкций по обслуживанию дизеля при пуске, выводе на режим полной нагрузки и при остановке, а также по поддержанию режимов охлаждения. С этой целью в некоторых пароходствах разработаны графики ввода в режим и вывода из режима (рис. 46) ГД для всех типов судов, которые помогают обслуживающему персоналу эксплуатировать ГД в оптимальном варианте и на неустойчивых частичных режимах.

175. Какой смысл вкладывается в понятие «динамическая напряженность дизеля»?

Под динамической напряженностью понимают напряжения и деформации, возникающие в наиболее ответственных элементах конструкции дизеля. Динамическая напряженность определяет работоспособность коленчатого вала, подшипников, анкерных связей, поршней и рабочих цилиндров и оценивается значениями T_{lg} , p_{max} , v_m и скорости нарастания давления газов в цилиндре в период сгорания топлива.

176. Какие меры принимают для предупреждения динамической перегрузки дизеля?

Для ряда режимов работы ограничение величины p_{\max} является достаточной гарантией от перегрузки дизеля в динамическом отношении. Однако для некоторых дизелей в определенных условиях динамическая перегрузка может иметь место даже при умеренных значениях p_{\max} . Чтобы напряжения в элементах коленчатого вала на всем диапазоне частот вращения не выходили за пределы напряжений, возникающих на номинальном режиме, необходимо сохранять неизменным номинальное значение крутящего момента T_{tg} . Независимо от характера изменения величины T_{tg} большую опасность представляет динамическая напряженность вала, возникающая во время маневров судов при торможении дизеля сжатым воздухом для ускорения процесса реверсирования, а также при разгоне дизеля на задний ход при продолжающемся движении судна вперед.

Если после остановки дизеля при движении судна вперед со скоростью, близкой к полной, осуществить реверс и довести частоту вращения заднего хода до значения, равного частоте вращения переднего хода, то отрицательный крутящий момент может превысить номинальное значение в 4 раза. Такой режим недопустим и может быть использован только в исключительных случаях. На современных МОД с целью повышения маневренных качеств судна подают контрвоздух в цилиндры через 5—7 с после выключения подачи топлива (остановки дизеля с непосредственным реверсом). К этому моменту частота вращения дизеля снижается до $(0,5 - 0,6) n_{\text{ном}}$.

Обслуживающий персонал также должен помнить, что из-за импульсивности (непостоянства) T_{tg} в течение рабочего цикла и упругих свойств материала коленчатый вал и соединенные с ним валы могут быть нагружены дополнительными циклическими напряжениями от крутильных колебаний. Из этого следует сделать вывод: необходимо с особым вниманием относиться ко всем изменениям условий работы дизеля, которые могут привести к изменению частот вынужденных или собственных колебаний системы вала.

К наиболее часто встречающимся случаям такого рода можно отнести выключение одного или нескольких цилиндров (особенно при демонтаже деталей движения), снятие противовесов, отключение от вала каких-либо приводов, смену гребного винта или маховика, неудовлетворительную балансировку маховика, вертикальную несоосность рамовых подшипников, заменявшихся при ремонте и т. д.

177. Как исключить перегрузку дизеля?

Следует знать, что перегрузка дизеля возможна даже при номинальной мощности: при повышенной частоте вращения вала и p_{mi} ниже номинального значения или же при номинальной частоте вращения и повышенном значении p_{mi} .

Первый случай перегрузки возможен при уменьшении сопротивления движению судна (малая осадка, попутный ветер, малый шаг винта и т. д.). В результате при номинальном p_{mi} для получения номинальной мощности двигатель развивает повышенную частоту вращения, и напряжения в деталях двигателя от действующих механических нагрузок могут превысить допустимые.

Второй случай встречается при сильном обрастании подводной части корпуса судна, погнутости лопастей винта или большом его шаге, встречном ветре, буксировке другого судна, а также при значительных сопротивлениях в выпускном тракте вследствие большого отложения в нем сажи и масляных остатков. Для получения номинальных мощности и частоты вращения в этом случае значительно повышают p_{mi} путем увеличения подачи топлива. Чтобы не допустить значительной тепловой нагрузки и теплового напряжения в деталях двигателя при указанных условиях, следует установить ручной привод на номинальную подачу топлива и не доводить частоту вращения до номинальной.

Выбор режима работы дизеля по номинальным значениям P_e , p_{mi} , n оправдывается в условиях работы судна, близких к стендовым, и когда судно, двигатель и винторулевой комплекс находятся в нормальном техническом состоянии. В этих случаях номинальная мощность развивается при частоте враще-

ния, близкой к номинальной, и дизель не будет иметь ни механических, ни тепловых перегрузок.

При значительном снижении частоты вращения (при постоянной подаче топлива) из-за обрастания корпуса, буксировки и повреждения гребного винта необходимо учитывать ограничительные характеристики дизеля и фактическую характеристику гребного винта. В связи с этим, устанавливая длительный режим работы, необходимо предусматривать некоторый резерв мощности, гарантирующий отсутствие перегрузки дизеля в случае изменения условий плавания в неблагоприятную сторону.

Нагрузка дизеля зависит от количества топлива, подаваемого в цилиндр за один рабочий цикл. Цикловая подача топлива, непосредственно связанная с положением топливной рукоятки поста управления, определяет значение p_{mi} ; при неизменной цикловой подаче это давление остается примерно постоянным независимо от частоты вращения кленчатого вала. Именно по этой причине целесообразно ограничительные характеристики изображать в координатах $p_{mi} - n$ (см. рис. 44).

4.7. РАБОТА ГД НА ВИНТ РЕГУЛИРУЕМОГО ШАГА

178. Чем обусловлена необходимость применения ВРШ на судах некоторых типов?

Крутящий момент, создаваемый гребным винтом, при прочих постоянных условиях (диаметр гребного винта, форма лопастей и их количество, дисковое отношение и т. д.) зависит от шага винта и частоты его вращения. В случае работы ГД на ВФШ в условиях повышенного сопротивления движению судна (при тралении, буксировке, плохих гидрометеорологических условиях) мощность, потребляемая винтом от ГД, возрастает (при неизменной частоте вращения коленчатого вала). Аналогично при наличии ВРШ мощность, потребляемая винтом, возрастает при увеличении шага винта. В таких случаях говорят, что винт стал «тяжелее» и, наоборот, ВРШ при уменьшении шага и ВФШ при плавании судна в условиях уменьшенного сопротивления (при попутном ветре, движении в бал-

ласте) становятся «легкими» для ГД, так как в данном случае мощность, потребляемая винтами от ГД (при неизменной частоте вращения), уменьшается.

На рис. 47 показаны винтовые характеристики ГД одного из рыболовных траулеров с ВФШ при свободном ходе и ходе с тралом. Если винт спроектирован с расчетом на транспортный режим, то понятно, что при движении с тралом ГД работает по характеристике, отличной от характеристики свободного хода. Если при тралении заставить ГД работать с номинальной частотой вращения, то в точке *B* эта характеристика выйдет за пределы внешней характеристики, и ГД окажется перегруженным, а его винт станет «тяжелым». При достижении частоты вращения $n_{\text{ном}}$ (точка *C*) ГД будет перегружен на величину $\Delta P_{\text{еп}}$. Но в режиме траления ГД работает на пониженной частоте вращения $n_{\text{т}}$, чтобы обеспечить небольшую скорость движения судна и трала; при этом ГД оказывается недогруженным на $\Delta P_{\text{ет}}$, а это приведет к соответственному повышению удельного расхода топлива, т. е. неэкономичной работе ГД. Следовательно, главное назначение ВРШ — обеспечение такой загрузки ГД, при которой обеспечивается оптимальная экономичность его работы. Это достигается изменением шага ВРШ и его частоты вращения. Любой ГД при наличии ВРШ может работать с номинальной частотой вращения в условиях повышенного сопротивления движению судна за счет уменьшения шага винта путем поворота его лопастей. Таким образом, ВРШ всегда будет соответствовать комплексу ГД — корпус судна, не делаясь ни «легким», ни «тяжелым».

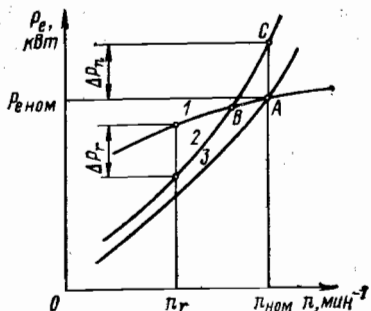


Рис. 47. Характеристика ГД траулера с ВФШ

1 — внешняя номинальной мощности; 2 — винтовая при тралении; 3 — винтовая свободного хода

179. Каковы особенности эксплуатации ГД в установках с ВРШ?

Особенности эксплуатации ГД в установках с ВРШ следующие: возможность работы на номинальном режиме при неограниченном увеличении сопротивления движению судна, в том числе и на швартовах; отсутствие реверсов и приспособленность к частой работе на режимах малых нагрузок, когда лопасти винта установлены в положение «Стоп» или близкое к нему. Важной особенностью является и то, что в установке с ВРШ заданную скорость движения судна можно получить на многих режимах, неравноценных по экономичности и, следовательно, можно выбрать наиболее экономичный режим. На этих режимах большим шагам ВРШ соответствуют меньшие частоты вращения дизеля и наоборот.

Наиболее четко особенности работы ГД на ВРШ можно уяснить, если воспользоваться данными о поле допустимых нагрузок дизеля (см. рис. 30) и его характеристиках. Эта область режимов полностью определяется свойствами дизеля и характеризует его возможности как источника энергии. Однако те режимы, которые реально осуществимы в судовых условиях, зависят еще и от гребного винта как потребители энергии. Наглядную оценку свойств ГД и винта удобно выполнить, анализируя совмещенные графики характеристик ВРШ и дизеля (рис. 48, а) и ВФШ и дизеля (рис. 48, б). Ограничения области режимов ГД под влиянием ВРШ значительно меньше, чем в случае применения ВФШ. При наличии ВФШ эта область заключена между винтовыми характеристиками на швартовах и на свободном ходу порожнем в тихую погоду и имеет сравнительно малую площадь. При наличии ВРШ она заключена между винтовыми характеристиками рулевого и максимального шагов на швартовах.

Таким образом, ВРШ создает условия для работы ГД в более широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Это обстоятельство имеет и свои отрицательные стороны. Как видно из рис. 48, б, при плавании судна в тихую погоду ВФШ может перегрузить ГД только в случае превышения $n_{\text{ном}}$, так как в этой зоне винтовая характеристика располагается

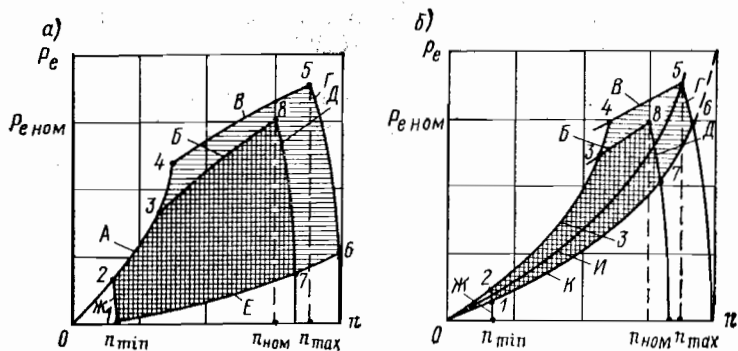


Рис. 48. Совмещенные характеристики: а — ГД с ВРШ; б — ГД с ВФШ

1—2—4—5—6 — область возможных режимов ГД при работе по ограничительной внешней характеристике максимальной мощности; 1—2—3—6—7—8 — область возможных режимов ГД при работе по ограничительной характеристике номинальной мощности

Характеристики: А — винтовая при работе на швартовах с максимальным шагом винта; Б — ограничительная номинальной мощности; В — ограничительная максимальной мощности; Г — регуляторная при настройке регулятора на n_{\max} ; Д — регуляторная при настройке регулятора на $n_{\text{ном}}$; Е — винтовая при работе с нулевым шагом; Ж — минимально устойчивая частота вращения; З — винтовая при работе ВФШ на швартовах; И — винтовая при плавании в грузу в тихую погоду; К — винтовая при свободном ходе в тихую погоду

выше ограничительной. Но частоту вращения легко контролировать; поэтому случайные перегрузки маловероятны. Обычно они преднамеренны и вызываются желанием форсировать скорость судна.

Из рис. 48, а следует, что при наличии ВРШ перегрузка ГД может произойти и на пониженных скоростных режимах (в зоне от точки 3 и выше до n_{\max}). В зависимости от состояния корпуса судна и метеоусловий положение точки 3 может изменяться: если эти условия приводят к уменьшению общего сопротивления движению судна, то точка 3 смещается ближе к $n_{\text{ном}}$, сужая диапазон скоростных режимов, в котором может произойти перегрузка ГД. И наоборот, увеличение общего сопротивления ведет к расширению возможного диапазона перегрузок. Поэтому СДУс ВРШ оборудуют системами сигнализации и защиты от перегрузок, особенно в случае применения форсированных дизелей с ГТН, наиболее чувствительных к перегрузкам.

180. Как выбирают наиболее экономичный режим работы СДУ с ВРШ?

В установках с независимым управлением шагом ВРШ и частотой вращения дизеля обслуживающий персонал выбирает наиболее экономичные режимы, руководствуясь рекомендациями завода-изготовителя дизеля или результатами испытаний судна, по которым составлены специальные таблицы. На ряде судов предусмотрено программное управление дизелем и ВРШ; при этом режимы работы СДУ изменяют рукояткой, на оси которой имеются два кулачка: один из них через систему ДАУ воздействует на всережимный регулятор дизеля, другой — на механизм изменения шага винта. Профили кулачков подобраны так, чтобы обеспечить наиболее экономичную работу ГД на различных режимах. Зависимость шага винта и частоты вращения дизеля от перемещения рукоятки управления называется *программой управления*, а соответствующие характеристики дизеля — *программными*. Программу управления обычно выбирают для транспортных режимов, т. е. для свободного хода. Естественно, что эксплуатация СДУ на других режимах, например при тралении, уже не может во всех случаях быть наиболее экономичной.

Чтобы обеспечить экономичную работу СДУ и на тралении, предусматривают специальный участок программы либо допустимость корректировки основной программы специальным корректором шага.

181. Какие дизели применяют в СДУ с ВРШ и каким специфическим требованиям они должны удовлетворять?

Для СДУ с ВРШ применяют дизели двух- и четырехтактные, реверсивные и нереверсивные, МОД, СОД и ВОД. Особенности эксплуатации установки с ВРШ обусловили специфические требования к ним. Они должны быть приспособлены для работы на малых нагрузках и холостом ходу. Для временной остановки судна судоводители нередко устанавливают лопасти на нулевой шаг; при этом дизель вращается вхолостую. Такие режимы наряду с режимами малых нагрузок особенно характерны для рыболовных судов (в меньшей степени — для буксирных и транспортных). В энер-

гоустановках промысловых судов ограниченного водоизмещения часто применяют четырехтактные дизели. Двухтактные дизели устанавливают главным образом на судах, для которых требуется мощность от 1470 кВт и выше.

В СДУ с ВРШ необходимо применять всережимный регулятор, обеспечивающий устойчивый скоростной режим при любом шаге винта. Какие дизели следует применять в сочетании с ВРШ — реверсивные или нереверсивные, — решают в каждом конкретном случае исходя из условий использования, назначения и типа судна. Возможность применения нереверсивных дизелей является большим преимуществом установок с ВРШ, которое, однако, используют не на всех судах. Это объясняется тем, что в случае выхода из строя системы управления шагом ВРШ судно с нереверсивным дизелем теряет возможность торможения и движения задним ходом. При подобной аварии на судне с реверсивным дизелем лопасти ВРШ фиксируют в положении переднего хода с помощью одного из резервных средств, обязательно предусматриваемых в каждой установке, и реверс осуществляется дизелем (при необходимости судно может находиться в эксплуатации до очередного ремонта).

В настоящее время СДУ с ВРШ и нереверсивными дизелями применяют в основном на речных, морских каботажных судах, а также на промысловых судах ограниченной дальности плавания. На морских транспортных и промысловых судах дальнего плавания устанавливают преимущественно реверсивные дизели.

182. Какие системы управления применяют в СДУ с ВРШ?

Системы управления СДУ с ВРШ бывают двух типов: неследящие и следящие. У неследящих систем отклонение в том или ином направлении управляющего органа (например, рукоятки на посту управления) от нейтрального положения приводит к повороту лопастей гребного винта, а возвращение рукоятки в нейтральное положение останавливает движение лопастей; у следящих систем каждому положению управляющего органа соответствует строго определенное положение лопастей винта, т. е. лопасти как бы «следят» за управляющим органом.

В настоящее время чаще применяют следующие системы, они имеют такие преимущества: после установки рукоятки в требуемое положение внимание оператора на посту управления уже не занято дальнейшим управлением гребного винта, так как его лопасти сами установятся на заданный шаг; система позволяет управлять ВРШ и ГД единой рукояткой, осуществляя программную связь частоты вращения вала дизеля с шагом гребного винта.

183. Какие недостатки присущи СДУ с ВРШ?

Существенным недостатком СДУ с ВРШ является сложность конструкции и меньшая эксплуатационная надежность по сравнению с установками с ВФШ. Кроме того, при отсутствии автоматизированной программы системы управления не исключена возможность перегрузки дизеля в случае неправильного подбора соотношения между шагом гребного винта и частотой вращения дизеля, т. е. создание такой ситуации, когда винт становится «тяжелым».

4.8. ПУСК И РЕВЕРСИРОВАНИЕ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

184. Какие условия необходимы для обеспечения пуска судового дизеля?

Чтобы запустить дизель, надо раскрутить его коленчатый вал от постороннего источника энергии до такой частоты вращения, при которой температура заряда в цилиндре при сжатии превысит температуру самовоспламенения топлива на 150—250 К. Средняя температура самовоспламенения дизельного топлива составляет примерно 550 К. Такая температура заряда во время пуска холодного двигателя обычно обеспечивается при средней скорости поршня 0,5—1 м/с, что соответствует пусковой частоте вращения, составляющей 15—25 % номинальной.

Двигатели, устанавливаемые на судах в качестве главных, пускаются, как правило, сжатым воздухом. Рабочий цикл четырехтактного дизеля осуществляется за 720° ПКВ или за четыре хода поршня: три из них подготовительные, в процессе которых создаются условия, необходимые для самовоспламенения топлива, и один рабочий, обеспечивающий раскручивание сжа-

тым воздухом коленчатого вала до пусковой частоты вращения.

Поступление пускового воздуха в цилиндр должно прекратиться в момент открытия выпускного клапана (или окна в стенке цилиндра). Более позднее поступление пускового воздуха в цилиндр нецелесообразно, так как воздух, не совершая никакой работы, через открытый выпускной клапан (или окно) будет поступать из цилиндра в атмосферу.

185. Какие существуют способы воздушного пуска дизеля?

Перевод судового дизеля на работу на топливе осуществляется в зависимости от способа пуска: последовательным вводом пускового воздуха и топлива или одновременным вводом пускового воздуха и топлива.

Первый способ применяется при ручном управлении. При этом в момент достижения коленчатым валом двигателя пусковой частоты вращения прекращается подача пускового воздуха и включается подача топлива. Последнее воспламеняется, и двигатель начинает работать на топливе.

Второй способ используется при автоматизированном управлении двигателем. В данном случае топливо впрыскивается сразу же с начала пуска дизеля. Как только в цилиндре создается достаточная температура заряда на такте сжатия, топливо самовоспламеняется. Подача пускового воздуха автоматически прекращается, и двигатель начинает работать на топливе.

При пуске двигателя сжатый воздух не обязательно подавать в момент нахождения поршня в НМТ до момента открытия выпускного клапана. Подачу воздуха можно прекратить и раньше. Поршень при этом будет перемещаться вследствие расширения поступившего в цилиндр сжатого воздуха.

Чтобы обеспечить пуск многоцилиндрового четырехтактного двигателя при любом положении коленчатого вала, подвод воздуха должен осуществляться не менее чем к шести цилиндрам, а продолжительность подачи по углу ПКВ в каждый цилиндр должна превышать угол заклинивания кривошипов.

Воздух подается последовательно во все цилиндры в порядке их работы, и коленчатый вал раскручивается

до пусковой частоты вращения. В цилиндры двигателя воздух поступает через пусковые клапаны (ПК), которые открываются за $0-10^\circ$ ПКВ до прихода поршня в ВМТ и закрываются за $125-135^\circ$ ПКВ после прохождения им ВМТ. Опережение открытия пускового клапана необходимо для того, чтобы к моменту прихода поршня в ВМТ клапан был полностью открыт. Опасности, что из-за опережения открытия пускового клапана коленчатый вал повернется в обратном направлении, нет, так как в этот момент еще открыт пусковой клапан предыдущего по порядку работы цилиндра, а вращающий момент, развиваемый находящимся в цилиндре воздухом (с учетом расположения его кривошипа) будет значительно больше.

Пусковые клапаны (ПК) открываются под действием управляющего сигнала, поступающего от воздухораспределителя или из распределительных золотников, связанных с главным пусковым клапаном пусковой магистрали и с пусковыми клапанами линиями управления. Воздухораспределитель подает управляющий сигнал к ПК того цилиндра, поршень которого находится на такте рабочего хода. При подаче управляющего сигнала ПК открывается, рабочий воздух из пусковой магистрали поступает в цилиндр двигателя и начинает раскручивать коленчатый вал. В определенный момент согласно фазам работы ПК его управляющая полость разобщается с пусковой магистралью и сообщается с атмосферой через разгрузочное окно воздухораспределителя. Управляющий сигнал исчезает, и ПК данного цилиндра закрывается. При вращении коленчатого вала управляющий сигнал будет поочередно поступать ко всем ПК в соответствии с порядком работы цилиндров, что обеспечивается воздухораспределителем. После достижения пусковой частоты вращения коленчатого вала двигатель начинает работать на топливе, главный пусковой клапан закрывается и подача пускового воздуха прекращается.

186. На какие этапы можно разбить процесс пуска дизеля?

Процесс пуска до перехода на заданный режим работы можно разбить на три этапа: 1) пуск сжатым воздухом или другим пусковым устройством до полу-

чения первых вспышек в цилиндрах; 2) устойчивая работа без пропусков вспышек и достижение частоты вращения, заданной регулирующим устройством; 3) прогрев с постепенным повышением нагрузки до заданного режима работы.

Пусковой период требует особого внимания, так как характеризуется наибольшими износами трущихся деталей; подавляющее число аварий и повреждений дизелей происходит именно в этот период.

187. По каким причинам может быть затруднен пуск дизелей?

Основные причины, затрудняющие пуск дизелей, следующие: увеличение вязкости смазочного масла при понижении температуры дизеля; понижение температуры воздуха, подаваемого в цилиндры, и, следовательно, температуры конца сжатия воздушного заряда; увеличение вязкости топлива; ухудшение его испаряемости и качества распыливания; повышенный износ деталей ЦПГ и возрастание утечек пускового воздуха через зазоры между ними.

Для осуществления пуска дизеля необходимо достигнуть определенной частоты вращения. При малой частоте вращения вследствие увеличения утечки топлива в насосных секциях ТНВД давление нагнетания топлива резко снижается и качество распыливания его форсунками ухудшается. Кроме того, давление топлива в нагнетательном трубопроводе при малой частоте вращения имеет значительные колебания, ввиду чего могут наблюдаться неоднократные посадки и подъемы игл форсунок. У холодного дизеля имеет место значительный теплоотвод в стенки цилиндра. Это приводит к такому увеличению периода задержки самовоспламенения топлива, при котором начало процесса его сгорания переносится далеко за линию расширения, а в камере сгорания не создаются условия для возникновения очагов горения топлива и происходят пропуски вспышек в цилиндрах. При дальнейшем вращении вала дизеля к впрыскиваемой порции топлива частично прибавляется топливо от предыдущих порций и происходит сгорание увеличенного количества топлива, что сопровождается высокой скоростью нарастания давления газов в цилиндрах.

188. От чего зависят пусковые качества дизеля?

Пусковые качества дизеля во многом зависят от цетанового числа топлива, его испаряемости, а также значения износа деталей ЦПГ, цилиндра и поршневых колец. Изнашивание стенок втулки цилиндра дизеля после каждого пуска его в холодном состоянии эквивалентно работе в течение 3—8 ч с номинальной нагрузкой, так как высокое значение величины p_{max} , имеющее место в пусковой период, увеличивает удельное давление поршневых колец на стенки цилиндра и дополняет абразивное воздействие на них продуктов сгорания топлива.

Период от начала пуска до перехода к работе на топливе при нормальных условиях составляет всего 2—6 с и сопровождается большой неравномерностью вращения вала и дымностью выпуска. Неравномерность вращения объясняется пропусками вспышек в цилиндрах, а также тем, что частота вращения дизеля возрастает толчками по мере перехода к работе на топливе отдельных цилиндров.

Дизели с малыми диаметрами цилиндра отличаются более трудным пуском и требуют относительно большей мощности для обеспечения пуска. Это объясняется тем, что с уменьшением диаметра цилиндра возрастает его относительная поверхность охлаждения и увеличивается отдача тепла в стенки камеры сгорания.

На пусковые качества влияют также способ смесеобразования и конструкция топливной аппаратуры. Наилучшими пусковыми качествами обладают дизели с неразделенными камерами сгорания. У предкамерных и вихрекамерных дизелей весьма затрудненный пуск. Для облегчения пуска холодного дизеля прибегают к мерам, облегчающим и ускоряющим смесеобразование и самовоспламенение топлива.

189. Какие меры обеспечивают надежность пуска дизеля?

Надежность пуска дизелей помимо применения средств, облегчающих пуск, обеспечивается следующим: удалением воздуха из всех трубопроводов топливной системы; заполнением ее топливом и своевременной очисткой топливных фильтров; применением ГСМ, ука-

занных в инструкции по эксплуатации дизеля при условии соответствия их физико-химических показателей паспортным данным; установкой оптимального угла опережения подачи топлива в цилиндры; равномерной подачей топлива в цилиндры при пусковой частоте вращения вала дизеля; обязательной прокачкой системы смазки маслом, проворачиванием вала дизеля перед пуском и предварительным прогреванием дизеля.

190. Для чего нужен прогрев дизеля после пуска и как он происходит?

Строго определенный режим прогрева после пуска необходимо соблюдать для безопасной и надежной работы дизеля. Прогрев — это неустановившийся тепловой процесс, при котором происходят изменения: температуры стенок цилиндра и температурных напряжений в крышке цилиндра, втулке и поршне; зазоров между втулками и поршнями; температуры и вязкости смазочного масла; температуры охлаждающей воды. Если после пуска без предварительного прогрева холодный дизель нагрузить на полную мощность, то суммарные напряжения в ряде деталей могут превзойти допускаемые значения, в результате чего возникнет опасность появления в них трещин.

Прогрев поршня и втулки происходит неравномерно, а это приводит к их неравномерному расширению и деформации; зазоры между ними меняются также неравномерно. При правильном монтаже деталей ЦПГ по мере прогрева зазор между поршнем и втулкой изменяется плавно, и появление задиров поршня не связано с характером изменения температуры поршня и втулки при прогреве; они чаще всего появляются в результате местного перегрева отдельных участков поршня или втулки.

При пуске холодного дизеля стабилизация температуры масла происходит более длительно, чем температуры стенок цилиндра. Так, нагрев масла, начальная температура которого 283 К, до 290 К у дизелей с диаметром цилиндра 300—350 мм длится примерно 20—25 мин и зависит от нагрузки дизеля после пуска. Через 30 мин после пуска температура стенок цилиндра у таких дизелей уже может стабилизироваться, в то время как температура масла на 10—12 К ниже

установившейся. Но в обычных условиях начальная температура масла нередко может быть ниже 283 К, и продолжительность прогрева еще больше возрастает.

191. От чего зависит продолжительность прогрева дизеля?

Вода в дизеле нагревается примерно в 2 раза быстрее, чем масло. Сопоставление времени прогрева стенок цилиндра, нагрева воды и масла позволяет установить, что высокая вязкость масла при температурах ниже 288 К является основным препятствием, не позволяющим сократить время прогрева, а предварительный прогрев масла до 293—298 К не дает должного эффекта, так как при соприкосновении масла с холодными деталями и трубопроводами его температура быстро снижается; лишь при нагревании масла до 313—318 К можно ожидать желаемых результатов.

Таким образом, основным критерием для оценки продолжительности прогрева являются температура масла и напряжения в крышке цилиндра и деталях ЦПГ. Но в условиях эксплуатации определения действующих напряжений в деталях не производят, поэтому ориентируются на температуру масла, тем более что за время его нагревания напряжения в деталях должны стать допустимыми. Однако это справедливо только для дизелей с небольшой или сравнительно небольшой металлоемкостью.

Для дизелей с толщинами стенок деталей 70—90 мм (днище поршня, крышка цилиндра, верхний пояс втулки цилиндра) такой показатель, как температура масла, является недостаточным. У этих дизелей поршни, как правило, имеют принудительное охлаждение, что обуславливает существенную разницу температур по толщинам деталей ЦПГ, ограничивающую скорости прогрева дизеля, поэтому для них рекомендуется ступенчатый прогрев. Он заключается в том, что после пуска дизель некоторое время работает на холостом ходу или на малой нагрузке, которая затем постепенно доводится до полной. Ступенчатый прогрев позволяет на каждой ступени в какой-то степени выравнивать разницу температур в стенках деталей. Режим такого прогрева иногда задают таблицей, куда включают только такие параметры, которые можно контролировать по приборам, установленным на дизеле. Таблица

содержит номера этапов прогрева, положение топливной рукоятки на каждом этапе, значения частоты вращения и температуры отработавших газов на этапах, время выдержки на этих этапах. Для различных режимов плавания судна (в грузу, в балласте) должны быть заданы отдельные таблицы.

192. От чего зависит продолжительность работы дизеля на отдельных ступенях нагрузки?

Продолжительность работы дизеля на отдельных ступенях нагрузки зависит от типа дизеля, размеров его цилиндров, скоростного режима и степени форсирования. МОД большой мощности требуют для прогрева значительно больше времени, чем ВОД. Для последних время до принятия полной нагрузки может составлять 10—40 мин. Дизели, непосредственно соединенные с гребным винтом, после пуска из холодного состояния нагружают так, чтобы первоначальная частота их вращения не превышала 50 % номинального значения; лишь после того как температуры масла и охлаждающей воды поднимутся до 313—318 К, нагрузку начинают увеличивать. При этом на нагрев масла может затрачиваться 1—2 ч, если считать, что продолжительность вывода дизеля на полную нагрузку устанавливается по времени стабилизации его температуры.

193. Каким требованиям должно удовлетворять реверсивно-пусковое устройство (РПУ) дизеля?

Реверсивно-пусковое устройство предназначено для быстрого и надежного пуска и должно быть таким, чтобы исключалась возможность пуска дизеля при включенном валоповоротном механизме, незавершенном реверсе распределительного вала и кулачных шайб воздухораспределителя; подача топлива в цилиндры должна быть заблокирована при несоответствии направления коленчатого вала дизеля с заданным направлением, а также при незавершенном реверсе, т. е. реверсирование распределительных органов должно производиться при полном выключении подачи топлива; кроме того, РПУ должно исключать возможность пуска дизеля в направлении, противоположном задан-

ному, и должна быть предусмотрена блокировка, исключающая работу дизеля одновременно на топливе и пусковом воздухе во избежание изнашивания деталей воздухораспределителя.

194. Какие сигналы являются входными и выходными в РПУ?

Входными являются сигналы от положения органов распределения, тяги реек ТНВД и рукоятки машинного телеграфа, а также от направления вращения колénчатого вала. Выходными являются сигналы на отключение подачи топлива, реверсирование распределительных органов и на включение подачи пускового воздуха в цилиндры дизеля.

195. Для чего предназначено непосредственное реверсирование дизеля?

Непосредственное реверсирование, т. е. изменение направления вращения гребного вала судна, совершается для изменения направления его движения, а также для ускорения остановки судна.

196. Каковы методы реверсирования гребного вала в установках с ВФШ?

Существует два метода реверсирования гребного вала: 1) путем применения специального реверсивного механизма, устанавливаемого на ГД; 2) путем использования механического, гидравлического или электрического промежуточного привода между гребным и колénчатыми валами, для чего применяют реверсивные муфты. С введением таких муфт отпадает необходимость обратного направления вращения гребного вала, уменьшаются износы деталей дизеля, связанные с особенностями пускового режима, и опасность разрушения деталей вследствие большей скорости нарастания давления в цилиндрах в этот период. Реверсивные муфты устанавливают на ВОД небольшой мощности, а мощные МОД, соединяемые с гребным валом, снабжают реверсивными устройствами.

197. Для чего нужны устройства для непосредственного реверсирования?

Устройства для непосредственного реверсирования относят к механизмам управления пуском и работой дизеля. Они обеспечивают правильное чере-

дование фаз газораспределения и топливоподачи как при прямом, так и при обратном направлениях вращения дизеля. Для того чтобы все заданные маневры выполнялись правильно, реверсивные устройства объединены с пусковым и топливоподающим устройствами, а также заблокированы с машинным телеграфом. При реверсировании четырехтактных дизелей правильность фаз газораспределения и топливоподачи обеспечивается только при наличии двух комплектов кулачков на распределительном валу дизеля. При реверсировании двухтактных дизелей с поршневыми продувочными насосами приходится реверсировать только воздухораспределители и ТНВД, а реверсирование ротативных продувочных насосов осуществляют при помощи перекидных заслонок, изменяющих направление движения воздуха. У двухтактных дизелей с газовыми толкателями ТНВД, а также при наличии топливных кулачков симметричного профиля реверсируют только воздухораспределители, а поворот распределительного вала на фиксированный угол, обеспечивающий правильное чередование фаз газораспределения, производят при помощи дифференциального или другого механизма. В этом случае нет необходимости иметь два комплекта кулачков.

198. Из каких операций состоит непосредственное реверсирование дизеля?

Непосредственное реверсирование состоит из следующих операций: выключение подачи топлива и остановка коленчатого вала дизеля; подъем роликов клапанных толкателей и плунжеров ТНВД; замена устройств, управляющих распределением, на устройство обратного хода; опускание роликов толкателей в кулачковые шайбы другого направления вращения коленчатого вала; пуск дизеля воздухом и перевод его на топливо при новом направлении вращения вала.

Схема реверсивного устройства определяется типом дизеля и его тактностью, а в двухтактных дизелях еще и типом продувки.

199. Каковы основные способы непосредственного реверсирования дизелей?

Основные способы непосредственного реверсирования дизелей следующие: осевым перемещением распределительного вала воздухораспределителя и поворо-

том кулачков распределительного вала (двухтактные дизели с контурно-поперечной системой продувки); поворотом распределительного вала при симметричном профиле кулачной шайбы топливных насосов и воздухораспределителя; поворотом распределительного вала с двойным комплектом кулачных шайб воздухораспределителя относительно коленчатого вала в направлении, обратном его вращению; осевым перемещением распределительного вала ТНВД и поворотом заслонки в выпускном патрубке; поворотом распределительного вала ТНВД, кулачного вала воздухораспределителя и заслонки в выпускном патрубке; осевым перемещением распределительного вала с двойным комплектом кулачных шайб (на передний и задний ход). В последнем случае для перевода дизеля с переднего хода на задний (или наоборот) необходимо поднять ролики (рычагов клапанов, ТНВД, воздухораспределителей) над кулачными шайбами, переместить распределительный вал в осевом направлении в положение заднего (или переднего) хода и опустить ролики на кулачные шайбы (четырехтактные дизели, а также некоторые двухтактные).

200. В чем заключаются недостатки непосредственного реверсирования?

Процесс непосредственного реверсирования для дизеля является не только напряженным, но и не вполне надежным, особенно при выполнении маневра на полной скорости.

В этом случае, если перевод дизеля с воздуха на топливо будет осуществляться преждевременно, то маневр может не получиться и его придется повторять, а это приведет к потере времени, необходимого для предотвращения той опасности, которая требовала выполнения экстренного реверсирования. С этой точки зрения большие преимущества имеет реверсирование с помощью ВРШ, не требующее перемены направления вращения дизеля.

201. Как осуществляется реверсирование в СДУ с ВРШ?

В СДУ с ВРШ реверсирование осуществляется поворотом лопастей гребного винта через нулевой шаг; при этом нагнетающие стенки лопастей становятся за-

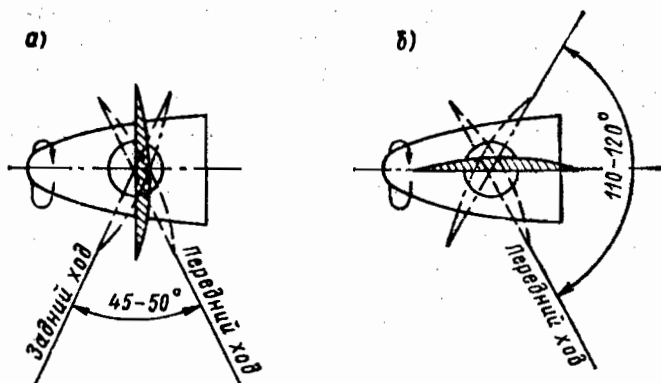


Рис. 49. Поворот лопастей ВРШ: а — через нейтральное положение; б — через флюгерное

сасывающими, а входящие кромки лопастей по-прежнему остаются входящими (при реверсе ВФШ входящие кромки становятся выходящими). Поворот лопастей ВРШ при переходе с полного переднего на полный задний ход можно производить через нейтральные (рис. 49, а) и флюгерные (рис. 49, б) положения, показанные на схемах штриховкой. В первом случае угол перекладки значительно меньше, чем во втором, однако при реверсе через нейтральные положения на заднем ходу снижается КПД винта. Это происходит вследствие того, что засасывающая и нагнетательная поверхности лопастей как бы меняются местами, а в несимметричных винтах они имеют разный профиль.

Реверсирование с ВРШ можно разделить на три этапа: 1) изменение шага ВРШ путем поворота его лопастей от начального до конечного значений, имеющих противоположные знаки и характеризующихся значениями начальной и конечной скоростей судна; 2) торможение судна под влиянием упора, образуемого винтом и направленного в сторону, противоположную движению судна (концом этого этапа можно считать момент остановки судна); 3) увеличение скорости судна в обратном направлении от нулевого до требуемого значения.

В процессе поворота лопастей гребного винта сначала происходит быстрый сброс нагрузки дизеля из-за уменьшения момента сопротивления винта и некоторого

запаздывания работы регулятора частоты вращения — развиваемый дизелем крутящий момент T_{tg} на какое-то время оказывается больше момента сопротивления винта. В результате этого происходит кратковременное увеличение частоты вращения дизеля. Реагируя на это, регулятор уменьшает цикловую подачу топлива в цилиндры, снижая тем самым величину T_{tg} . При дальнейшем повороте лопастей винта момент его сопротивления становится больше крутящего момента, нагрузка на дизель увеличивается, а частота его вращения уменьшается. Реагируя на это, регулятор увеличит подачу топлива в цилиндры дизеля, и через некоторое время после перекладки лопастей винта величина T_{tg} вновь оказывается больше момента сопротивления винта. Спустя некоторое время, определяемое степенью чувствительности регулятора, частота вращения дизеля станет такой, какой она задана органами управления, а величина T_{tg} и момент сил сопротивления полностью уравновесятся.

Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что обеспечить оптимальный вариант реверсирования с помощью ВРШ вручную, без автоматизированных систем управления, трудно, тем более что может возникнуть необходимость ограничения подачи топлива в цилиндры одновременно с включением МИШ, чтобы избежать резкого повышения частоты вращения дизеля в начале реверсирования; требуется также обеспечить выбор такого шагового отношения винта на заднем ходу, чтобы дизель не испытывал перегрузки и т. д. Этим требованиям удовлетворяют автоматизированные системы управления СДУ с ВРШ.

202. Какими количественными показателями могут быть охарактеризованы пусковые качества судовых дизелей?

Количественными показателями, характеризующими пусковые качества дизелей, могут быть: расход воздуха на пуск; минимальная пусковая частота вращения дизеля; минимальное давление воздуха, при котором возможен пуск; максимальное давление в цилиндрах при первых вспышках топлива; время от начала вращения вала до перехода к работе на топливе.

Расход воздуха на пуск выражают в литрах воздуха, приведенного к атмосферным условиям, на литр рабо-

чего объема цилиндра. Он составляет на неавтоматизированных дизелях 2—9 л/л, а на дизелях с ДАУ он выше.

У большинства двухтактных МОД минимальная пусковая частота вращения составляет 40—90 мин⁻¹, а время от начала движения вала до перехода к работе на топливе — не более 0,5—4 с; минимальное давление воздуха, при котором возможен пуск, у них не превышает 0,44—0,93 МПа; максимальное давление в цилиндрах при первых вспышках топлива находится в пределах 3,9—7,8 МПа.

У четырехтактных СОД минимальная пусковая частота вращения составляет 40—60 мин⁻¹; время перехода к работе на топливе не превышает 0,5—2,5 с, а минимальное давление воздуха, при котором еще возможен пуск, не более 0,98—1,1 МПа. Все эти показатели у четырехтактных ВОД отличаются от приведенных. Например, у дизелей типов М50 и М401 (12ЧНСП 18/20) при нормальных условиях окружающей среды и исправном состоянии дизеля переход к работе на топливе происходит спустя 8—10 оборотов вала, а минимальная пусковая частота вращения должна быть не менее 100—150 мин⁻¹.

203. Какие операции выполняют при техническом обслуживании РПУ?

В процессе эксплуатации дизеля РПУ работает непродолжительное время и поэтому не подвержено изнашиванию, однако для обеспечения работоспособности, особенно при маневрах судна, его необходимо систематически проверять, а в случае необходимости и ремонтировать.

Основные неисправности данного устройства связаны с неплотностями в главных пусковых клапанах (ГПК) и пусковых клапанах (ПК) цилиндров, а также с зависанием клапанов и золотников воздухораспределителей. ГПК и ПК осматривают, очищают и, если это требуется, притирают в сроки, указанные в графике ТО (не реже 2 раз в год). Детали ГПК раз в сутки смазывают несколькими каплями масла, ПК ежедневно проворачивают, после чего их штоки ставят в первоначальное положение. Герметичность их проверяют следующим образом. Закрыв разобщительный клапан на трубопроводе подачи воздуха к воздухораспределителю, откры-

вают разобщительный клапан пускового воздуха, установленный за пусковым баллоном, открывают все индикаторные клапаны, ставят рукоятку управления в положение «Пуск» и подают воздух к ПК всех цилиндров. Если какой-либо из клапанов негерметичен, то это можно обнаружить по выходу воздуха из цилиндра через индикаторный кран (клапан).

Необходимо контролировать моменты открытия и закрытия пусковых клапанов. Если клапаны имеют механический привод, то углы подачи пускового воздуха определяют так же, как и фазы газораспределения; если же клапаны с пневматическим управлением, то моменты подачи воздуха в цилиндры проверяют по воздухораспределителю. Методика проверки зависит от конструкции воздухораспределителя.

Проверку легкости движения поршеньков и роликов воздухораспределителей и их очистку производят раз в месяц. Золотники распределителей притирают в корпусе, сопрягаемые поверхности диска и корпуса — в дисковых распределителях. После притирки проверяют перемещение золотников в корпусе — пружины должны быстро возвращать золотники, прижатые к кулачкам вручную, в исходное положение.

204. Как проверяют золотниковый воздухораспределитель?

Правильность сборки воздухораспределителя проверяют по специальным меткам, нанесенным на корпусе и на цилиндрической части золотника. Золотник при этом нужно прижать рукой к кулачной шайбе в момент, когда ее цилиндрическая часть находится под хвостовиком толкателя золотника. При правильной сборке контрольные метки должны совпадать. В случае несовпадения поджимают или опускают золотник одним из способов, предусмотренных для данной конструкции воздухораспределителя.

Проверка фаз открытия пусковых клапанов заключается в установлении моментов, когда золотник закрывает или открывает отверстия в корпусе воздухораспределителя, сообщающие пусковые клапаны с баллоном сжатого воздуха или с атмосферой. Для этого измеряют величину S (рис. 50, а), равную расстоянию от торца корпуса 2 воздухораспределителя до верхней кромки отверстия, сообщающегося с пусковыми кла-

панами. Реверсивную рукоятку устанавливают в положение «Вперед». Поворачивая коленчатый вал по ходу, кулачную шайбу 1 устанавливают относительно золотника 3 первого цилиндра дизеля в положение, соответствующее началу движения золотника вниз. Поворачивая коленчатый вал и периодически его останавливая, глубиномером измеряют расстояние S_1 от торца корпуса воздухораспределителя до торца золотника. При замере золотник прижимают рукой к поверхности кулачной шайбы.

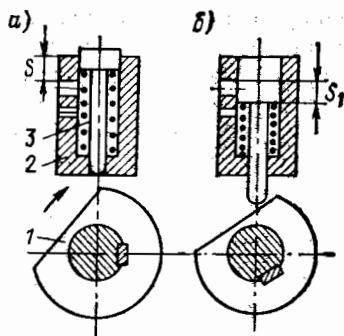


Рис. 50. Проверка золотникового воздухораспределителя

Момент, когда $S_1 = S$, будет соответствовать началу открытия отверстия (рис. 50, б) воздухораспределителя для подачи воздуха в пусковой клапан и его открытию. Кривошип первого цилиндра не дойдет до ВМТ на значение, равное углу опережения подачи пускового воздуха в цилиндр.

По такому же принципу находят момент, соответствующий закрытию пускового клапана. Переставив реверсивную рукоятку в положение «Назад», определяют моменты открытия и закрытия пусковых клапанов для заднего хода. Полученные результаты не должны отличаться от рекомендованных заводом-строителем более чем на $\pm 3^\circ$.

При проверке пусковых клапанов особое внимание следует обращать на уточнение зазора в механизме их привода: чрезмерно малый зазор может привести к аварии.

205. Как проверяют дисковый воздухораспределитель?

Групповой дисковый воздухораспределитель проверяют нанесением меток, помогающих быстро выполнить эту работу. На поле корпуса 4 (рис. 51) распределителя проводят радиус 3, касательный к передней кромке канала 2, по которому воздух поступает

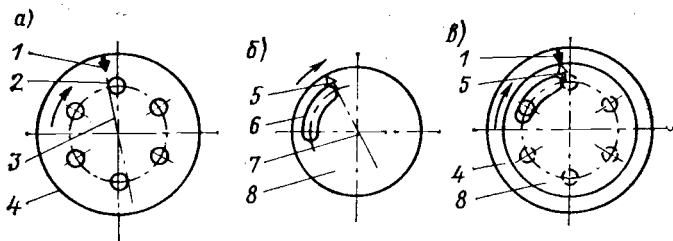


Рис. 51. Проверка дискового воздухораспределителя: а — корпус распределителя; б — диск распределителя; в — диск с корпусом в сборе

к пусковому клапану первого цилиндра. Переднюю кромку канала 2 определяют по направлению вращения диска распределителя. После проведения радиуса на его конце ставят метку 1. На тыльной стороне диска 8 проводят радиус 7, касательный к передней кромке золотникового окна 6, и ставят метку 5. Когда воздухораспределитель собран и его привод соединен с коленчатым валом, последний проворачивают по ходу до совпадения метки 5 с меткой 1. Этот момент соответствует началу поступления пускового воздуха в первый цилиндр, поршень которого на такте сжатия не должен доходить до ВМТ на некоторый угол, называемый углом опережения подачи пускового воздуха.

Подача воздуха с опережением, т. е. когда поршень в первом цилиндре не дошел до ВМТ, кажется на первый взгляд неоправданной, так как под действием воздуха поршень должен пойти обратно, т. е. к НМТ, и коленчатый вал получит обратное вращение. Однако по первому цилиндру производят только регулирование, в то время как в другой цилиндр дизеля, где поршень занимает положение в такте расширения, уже поступает основная масса воздуха, который заставит опуститься поршень данного цилиндра вниз (от ВМТ к НМТ) и повернет коленчатый вал в нужную сторону. Вращение вала будет передано золотнику, и он откроет полный доступ воздуха в первый цилиндр и т. д. Если в дизеле, например, установлен порядок работы цилиндров 1—4—2—6—3—5, то таким цилиндром будет четвертый цилиндр; в нем положение поршня будет примерно соответствовать середине такта расширения.

4.9. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОТУ ДИЗЕЛЯ

206. Почему при работе дизеля необходимо учитывать метеорологические условия?

Мощность дизеля и удельный расход топлива гарантируются только при определенных внешних условиях, к которым относятся температура, барометрическое давление, влажность воздуха. Суда и установленные на них дизели работают как в северных, так и в южных широтах при меняющемся барометрическом давлении и влажности, достигающей до 90 % и более. При этом температура забортной воды колеблется от $+4^{\circ}\text{C}$ (277 К) в северных морях до $+40^{\circ}\text{C}$ (313 К) в тропиках. Изменение метеорологических условий в определенной степени отражается на работе дизеля — влияет на его мощность и экономичность.

207. Как температура воздуха влияет на работу дизеля?

При повышении температуры воздуха, поступающего в цилиндры дизеля, уменьшается плотность воздушного заряда, а следовательно, и коэффициент избытка воздуха α при сгорании (при неизменной порции впрыскиваемого топлива). Это приводит к ухудшению сгорания топлива и повышению его удельного расхода. При неизменном положении органов управления топливоподачей будет снижаться p_{mi} , а значит, и мощность дизеля. Температура выпускных газов из-за повышения температуры заряда и ухудшения сгорания топлива возрастет, в результате чего увеличатся средняя температура цикла и теплонапряженность дизеля.

Для приведения температуры выпускных газов к нормальному значению приходится уменьшать подачу топлива на цикл, что вызывает падение p_{mi} , а для дизеля, работающего на винт, — заметное снижение частоты вращения.

Сказанное в полной мере может быть распространено лишь на дизели без наддува. В дизелях с наддувом влияние температуры окружающего воздуха на их энергоэкономические параметры ощущается в меньшей степени, так как благодаря наличию воздухоохладителя можно поддерживать температуру воздуха перед пода-

чей в цилиндры примерно на одном уровне. Надо иметь в виду, что эта возможность часто ограничивается температурой заборной воды, прокачиваемой через воздухоохладитель, которая, как правило, тем больше, чем выше температура наружного воздуха.

Снижению температуры наддувочного воздуха препятствует также его влажность. Иногда требуемую температуру воздуха невозможно поддерживать из-за того, что при охлаждении влажного воздуха до точки росы конденсируется влага, которая затем поступает в цилиндры дизеля вместе с воздухом. Удельный расход воздуха в современных дизелях составляет 8,5—9,5 кг/(кВт·ч), поэтому в цилиндр мощностью 1300 кВт в каждом рабочем цикле при определенных внешних условиях может попадать до 25 г воды.

При работе дизеля на режиме полной нагрузки такое количество воды сразу же испаряется и проходит весь выпускной тракт, включая ГТН и утилизационный котел, не конденсируясь. Однако на частичных нагрузках наличие конденсата в наддувочном воздухе приводит к кислотной коррозии стенок втулки цилиндра и поршневых колец, особенно при работе на топливе, содержащем более 1 % серы.

Во избежание конденсации влаги в воздухоохладителях ряд дизелестроительных заводов рекомендует ограничить температуру охлаждения воздуха значениями, которые несколько выше температуры конденсации влаги в данных условиях. Эта температура зависит от давления воздуха и его относительной влажности; ее определяют по специальным таблицам, прилагаемым к инструкции по эксплуатации дизеля.

208. Как барометрическое давление влияет на работу дизеля?

Барометрическое давление влияет как на плотность воздуха, поступающего в цилиндры дизеля без наддува, так и на режим работы ГТН дизеля с наддувом. Поскольку с уменьшением барометрического давления плотность воздуха снижается, то одновременно уменьшается давление газов перед ГТН и за ним. Совместное влияние этих факторов приводит к некоторому падению мощности дизеля и увеличению b_e , причем в дизелях с наддувом из-за более высокого давления воздуха перед цилиндрами влияние барометрического

давления сказывается несколько меньше, чем в дизелях без наддува.

209. Как отражается на работе дизеля повышение влажности окружающего воздуха?

В условиях эксплуатации влагосодержание окружающего воздуха изменяется весьма существенно. При зарядке цилиндров дизеля влажным воздухом уменьшается содержание сухого воздуха и кислорода в цилиндрах. При постоянном положении органов управления топливоподачей коэффициент избытка воздуха снижается пропорционально изменившемуся объему влаги в воздухе. В результате ухудшаются условия сгорания топлива, а это ведет к уменьшению p_{mi} и мощности дизеля. Температура выпускных газов несколько возрастает, что может вызвать перегрузку дизеля.

210. Почему необходим учет совместного влияния метеорологических условий на работу дизеля?

В ответах на предыдущие вопросы было рассмотрено влияние изменения параметров внешней среды по отдельности. В действительности они действуют совместно, причем определяющими факторами являются температура и влажность воздуха. Влияние барометрического давления сравнительно невелико.

Таблица 15. Влияние параметров окружающей среды на работу дизеля, %

Дизель	Изменение барометрического давления на ± 1 кПа		Изменение температуры на ± 10 К		Изменение относительной влажности на ± 10 %	
	P_e	t_e	P_e	b_e	P_e	b_e
Четырехтактный	$\pm 0,75$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,1$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Двухтактный	$\pm 0,75$	$\pm 1,1$	$\pm 1,2$	$\pm 1,4$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$

Совместное влияние температуры и влажности окружающего воздуха на мощность судового дизеля, работающего по винтовой характеристике, при постоянной

температуре выпускных газов таково, что при температуре воздуха 318 К и относительной влажности 100 % может быть использовано только 83 % мощности дизеля во избежание повышения его теплонапряженности. Это свидетельствует о том, насколько важно учитывать метеорологические факторы при эксплуатации судовых дизелей.

Степень влияния каждого из параметров окружающей среды на работу дизеля отражена в табл. 15.

4.10. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЕЙ С НАДДУВОМ

211. В чем заключается физический смысл наддува?

Если в цилиндры двигателя подать большее по массе количество воздуха, то, не увеличивая объема цилиндров, в них можно сжечь больше топлива и, следовательно, получить большую мощность. В этом и заключается сущность наддува.

В настоящее время наддув является основным средством увеличения мощности ДВС. Принудительная подача в цилиндры увеличенного заряда воздуха способствует улучшению процесса сгорания топлива, повышению p_{mi} , литровой мощности и уменьшению удельной массы дизеля без существенного изменения его габаритных размеров. Наддув является общепризнанным и наиболее рациональным направлением в развитии и создании новых дизелей с высокими технико-экономическими параметрами. Наддув может осуществляться механическим, газотурбинным и комбинированным способами.

Рост p_{mi} при наддуве ограничен механической и тепловой напряженностью двигателя. Поддержание тепловой напряженности двигателя с наддувом на определенном уровне достигается главным образом за счет увеличения коэффициента избытка воздуха, т. е. за счет понижения средней температуры цикла. Этой цели служат также усиленная по сравнению с обычными двигателями продувка камеры сгорания и охлаждение воздуха, поступающего в цилиндры двигателя из воздушного нагнетателя (компрессора).

212. Что понимают под степенью наддува?

Повышение мощности при наддуве оценивается *степенью наддува* λ_n , т. е. отношением среднего эффективного давления дизеля с наддувом к среднему эффективному давлению у такого же дизеля без наддува.

Наибольшие значения λ_n у четырехтактного дизеля не превышают 4, у двухтактного — 2,5.

213. Что препятствует дальнейшему повышению λ_n и может ли она быть безгранично высокой?

Максимальное значение λ_n ограничивается тепловой и механической напряженностью дизеля. С ростом давления наддува увеличивается количество теплоты, выделяющейся за цикл в цилиндре дизеля, что приводит к возрастанию количества теплоты, передаваемой от газов к деталям ЦПГ. Понижение тепловой нагрузки достигается не только охлаждением наддувочного воздуха, но и путем осуществления конструктивных мероприятий по интенсификации охлаждения поршня, втулки, крышки цилиндра и корпусов выпускных клапанов. У современных судовых дизелей температура охлажденного наддувочного воздуха перед цилиндром составляет 310—320 К.

Тепловая напряженность увеличивается с ростом размеров цилиндра. Поэтому допустимая степень наддува у мощных судовых дизелей ниже, чем у двигателей с малыми размерами цилиндров.

Механическая напряженность двигателя определяется скоростью нарастания давления при сгорании топлива и значением величины p_{\max} . Повышение давления наддувочного воздуха приводит к росту давления p_{\max} , что связано с увеличением давления и температуры воздуха в конце сжатия.

Сохранение механической напряженности дизелей с наддувом на допустимом уровне достигают путем понижения степени сжатия ϵ_c , уменьшения угла опережения впрыска топлива, охлаждения наддувочного воздуха и мер, обеспечивающих подачу уменьшенной доли цикловой порции топлива за период задержки самовоспламенения. Иногда ϵ_c уменьшают до 11,0—12,5. Это позволяет с увеличением давления наддува ограничить p_{\max} . Дальнейшее же снижение ϵ_c ведет к ухудшению пусковых качеств двигателя, поэтому

уменьшают угол опережения подачи топлива. Однако чрезмерное его уменьшение недопустимо из-за увеличения длительности догорания топлива в такте расширения, что снижает экономичность рабочего цикла дизеля. Поэтому высокая надежность дизелей с наддувом обеспечивается преимущественно путем улучшения конструкции основных деталей ЦПГ.

214. Как осуществляется механический наддув?

Механический наддув осуществляется центробежным или роторным компрессором (нагнетателем), приводимым в движение от коленчатого вала дизеля посредством цепной или зубчатой передачи. На привод компрессора затрачивается часть мощности дизеля, что приводит при давлении воздуха свыше 0,16—0,17 МПа к снижению механического КПД и увеличению эффективного расхода топлива, поэтому этот способ применяют при давлении наддува не более 0,15—0,25 МПа. После сжатия воздух охлаждается в воздухоохладителе. При больших давлениях механический наддув применяют главным образом в качестве первой или второй ступени комбинированного наддува.

215. Как осуществляется газотурбинный наддув?

Газотурбинный наддув осуществляется нагнетателем (центробежным компрессором), приводимым в движение газовой турбиной, использующей энергию выпускных газов дизеля. Агрегат, состоящий из турбины и компрессора, закрепленных на одном валу, называется турбокомпрессором; он применяется в большинстве современных дизелей.

Воздух в компрессоре сжимается до заданного давления наддува и поступает в ресивер наддувочного воздуха или в воздухоохладитель, а затем в цилиндры дизеля. С повышением нагрузки дизеля возрастает количество выпускных газов, что ведет к увеличению скорости их истечения на лопатки турбины и частоты вращения компрессора. Частота вращения турбины составляет 6—30 тыс. мин⁻¹.

Использование ТК в сочетании с охлаждением воздуха позволяет довести механический КПД дизеля

до 0,9—0,92 при эффективном удельном расходе топлива 160—175 г/(кВт·ч), т. е. судовой двигатель становится высокоэкономичным.

216. Для чего необходимо охлаждение наддувочного воздуха?

Охлаждение наддувочного воздуха производится с целью обеспечения нормальных условий эксплуатации турбокомпрессора и увеличения массового заряда воздуха в цилиндрах. Воздух охлаждается в холодильниках различных конструкций: круглотрубчатых, плоскотрубчатых с гофрированными общими пластинами, с поверхностью, выполненной из профильных листов, и др. Охлаждение наддувочного воздуха на каждые 10 К увеличивает массу поступающего в рабочий цилиндр воздуха на 2—2,5 % и приводит к снижению средней температуры рабочего цикла и теплонпряженности деталей дизеля при повышенном давлении наддува.

217. Какие турбины и компрессоры применяют в системах газотурбинного наддува?

Газовая турбина, как и компрессор, может быть осевой или радиальной конструкции. В осевой турбине выпускные газы движутся в осевом направлении вдоль оси ротора, в центробежной — радиально. Ввиду отсутствия резких поворотов потока газа осевая турбина имеет более высокий КПД, но режим работы осевой турбины должен точно соответствовать расчетному; в противном случае наблюдается неустойчивая работа потока газа или срыв струи воздуха (помпаж). При помпаже работа турбины недопустима.

Компрессоры центробежного типа, отличающиеся простотой и компактностью конструкции и небольшой массой, обеспечивают двигатель наддувочным воздухом достаточного давления. Наддувочный воздух сжимается под действием центробежных сил.

Осевые компрессоры для наддува используют редко, так как для получения высокого давления необходимо применять многоступенчатые осевые компрессоры, что затрудняет их размещение на валу совместно с газовой турбиной. При небольших перепадах давлений могут быть использованы одноступенчатые осевые турбины.

218. Какие способы подвода газов к турбинам применяют в системах газотурбинного наддува?

В зависимости от способа подвода газов к турбине применяют турбины переменного или постоянного давления; иногда их устанавливают в одной системе наддува.

При постоянном давлении наддува выпускные газы из всех цилиндров направляются по единому выпускному коллектору большого объема к соплам турбины. При таком способе турбину монтируют в конце выпускного коллектора.

Для получения более эффективного наддува в некоторых дизелях используют выпускной коллектор, разделенный на отдельные ветви. Каждая ветвь коллектора объединяет от двух до четырех цилиндров и подводит газы к импульсной турбине, сопловой аппарат которой имеет несколько входных патрубков. Для эффективного использования энергии выпускных импульсов цилиндры к каждой ветви коллектора присоединяют так, чтобы рабочие циклы в цилиндрах были сдвинуты по отношению друг к другу на 240° ПКВ. В этом случае выпуск газов одного из цилиндров ветви коллектора и образуемый им импульс давления не будут влиять на выпуск газов другого цилиндра.

Группировка цилиндров для удаления выпускных газов по отдельным выпускным коллекторам способствует получению наибольшего сдвига по времени между возникающими от выпуска газов волнами давления.

219. В чем сущность импульсного наддува?

Сущность импульсного наддува (с турбинами переменного давления) состоит в том, что в нем используется не только теплота отработавших газов, но и их скоростной напор, т. е. максимальный выпускной импульс газовой струи, вытекающей из цилиндра. Резкое изменение давления в выпускном коллекторе происходит в период предварения выпуска. Для лучшего использования импульса давления в турбине выпускной трубопровод, объединяющий несколько цилиндров, должен иметь минимальные объем и длину от выпускного клапана (окна) до турбины. Для выполнения этого условия на дизель устанавливают несколько импульс-

ных газовых турбин, расположенных вблизи рабочих цилиндров. Сопловой аппарат импульсной газовой турбины соединяют с каналами крышек цилиндров короткими патрубками от каждого цилиндра, не допускающими большой потери кинетической энергии выпускных газов.

220. Как подразделяются системы газотурбинного наддува по давлению наддувочного воздуха?

Системы газотурбинного наддува делят на группы низкого, среднего и высокого наддува. Если обозначить давление наддува через P_v , а давление окружающей среды P_0 , то в группе низкого наддува степень повышения давления $P_v/P_0 = 1,3 \div 1,9$. Применение низкого наддува не приводит к конструктивным изменениям дизеля и не влияет существенно на его пусковые качества. Экономичность дизелей, оборудованных системами низкого наддува, по сравнению с базовыми дизелями без наддува увеличивается в среднем на 7—10 %; удельная масса уменьшается в отношении, примерно пропорциональном увеличению их мощности. Системы с низким наддувом получили широкое распространение применительно как к ГД, так и к ВД благодаря простоте и достаточной эффективности.

Группа систем среднего наддува ($P_v/P_0 = 1,9 \div 2,5$) представляет собой дальнейшее развитие систем низкого наддува; мощность дизеля в этом случае по сравнению с базовой моделью повышается более чем на 50 %. Экономичная работа дизеля достигается при этом лишь при повышенных значениях P_{\max} , что вызывает необходимость увеличения прочности деталей КШМ.

Группу систем высокого наддува ($P_v/P_0 = 2,5 \div 3,5$) применяют в ВОД. В этом случае объектом специального проектирования является не только КШМ, но и система охлаждения дизеля, в котором p_{\max} может доходить до 15 МПа.

Каждую из указанных групп наддува применяют в соответствии с типом и назначением дизелей. Так, МОД с большим ресурсом часто оборудуют системами низкого наддува ($P_v/P_0 = 1,35 \div 1,5$), ВОД с ограниченными показателями по массе и габаритам — системами среднего и высокого наддува ($P_v/P_0 = 2 \div 3$).

221. Какие особенности рабочего цикла двухтактных дизелей отразились в схемах их газотурбинного наддува?

Практически все двухтактные дизели работают с наддувом, т. е. с принудительной подачей воздуха в цилиндр при давлении большем, чем атмосферное. Давление наддувочного (в данном случае продувочного) воздуха первоначально составляло 0,11—0,15 МПа и редко 0,25 МПа вследствие значительного отбора мощности на привод компрессора. Потери тепловой энергии с выпуском и параметры выпускных газов у двухтактных дизелей заметно растут с повышением давления наддува. Это объясняется принудительным удалением выпускных газов из рабочего цилиндра продувочным воздухом, поступающим в цилиндры, что приводит не только к потере части воздушного заряда через выпускные окна, но и к снижению тепловой энергии газов, направляемых в газотурбонагнетатель из-за перемешивания их с воздухом. Температура выпускных газов в двухтактных двигателях составляет 573—623 К, в четырехтактных 763—823 К.

В судовых двухтактных дизелях в зависимости от способов газообмена и подвода газа к турбине применяют два вида схем наддува: 1) одноступенчатую со свободным турбокомпрессором и 2) комбинированную со свободным турбокомпрессором и дополнительным приводным компрессором.

В современных судовых двухтактных дизелях высокие цилиндровые мощности достигаются благодаря увеличению давления наддувочного воздуха в результате использования в схемах наддува как импульсных газовых турбин, так и двухступенчатого наддува.

222. Какие конструктивные решения применяют наиболее часто в схемах двухступенчатого газотурбинного наддува двухтактных дизелей?

Наиболее часто применяют следующие конструктивные решения:

двухступенчатый наддув с помощью газотурбонагнетателя и продувочного насоса с приводом от коленчатого вала, последовательно работающих на общий воздушный ресивер. Воздух после сжатия в газотурбонагнетателе (первая ступень наддува) охлаждается в хо-

лодильнике и направляется в поршневой или ротативный насос (вторая ступень);

наддув, при котором происходит параллельная подача воздуха в ресивер; основной поток воздуха подается из турбонагнетателя с последующим его охлаждением в холодильнике, а дополнительная подача воздуха происходит из подпоршневого пространства рабочего цилиндра или от воздушного продувочного насоса поршневого или ротативного типа;

последовательно-параллельный наддув, в котором используется одновременная работа турбокомпрессоров, навешенных на двигатель, и подпоршневых полостей цилиндров. Одна часть подпоршневых полостей работает с турбокомпрессорами последовательно, а другая параллельно.

223. Почему температура газов в выпускных коллекторах у двухтактных дизелей обычно ниже, чем у четырехтактных?

Температура газов в выпускных коллекторах у двухтактных дизелей оказывается ниже, чем у четырехтактных из-за смешивания продуктов сгорания с относительно холодным избыточным продувочным воздухом. Средняя же температура газов за цикл у двухтактных дизелей всегда выше, чем у четырехтактных вследствие удвоения числа рабочих циклов за одно и то же время (при равенстве частот вращения).

224. Какие показатели системы газотурбинного наддува определяют нормальную работу дизеля?

Нарушение воздухообеспечения способно повлиять на работу дизеля следующим образом: происходит уменьшение заряда и расхода воздуха и, как следствие, недоиспользование мощности или ухудшение экономичности; повышение теплонапряженности деталей ЦПГ и выпускных клапанов; снижение ресурса деталей; падение давления воздуха и возможность заброса газов из цилиндра в подпоршневые пространства и воздушный ресивер; загрязнение продувочно-выпускных трактов; закоксовывание окон в стенках цилиндра, а иногда и аварии деталей ЦПГ.

При загрязнении продувочно-выпускных трактов нарушения возникают и в самой системе наддува. Они

проявляются в виде помпажа компрессоров, повышенного гидравлического сопротивления воздухоохладителей, потери плотности пластинчатых клапанов и их поломки.

В системе наддува обычно контролируют следующие показатели: давление и общую температуру наддувочного воздуха в ресивере, потерю давления в подводящем трубопроводе компрессора, потерю давления в воздухоохладителе, температуру выпускных газов перед турбиной и за турбиной, температуру воды на входе в воздухоохладитель и на выходе из него, температуру воздуха за воздухоохладителем, частоту вращения турбокомпрессоров.

225. Какие дополнительные требования предъявляются к технической эксплуатации дизелей с газотурбинным наддувом (ГТН)?

К технической эксплуатации дизелей с ГТН предъявляются дополнительные требования, обусловленные особенностями их конструкции и условиями работы. Эти требования предусматривают проверку плотности впускных и выпускных коллекторов, тщательное наблюдение за работой и состоянием турбокомпрессора, проверку его температурного режима, умение обнаруживать неисправности в системе наддува и своевременно устранять их.

Воздухозаборное устройство дизеля следует поддерживать в таком состоянии, чтобы оно обеспечивало очистку воздуха, всасываемого турбокомпрессором, а турбокомпрессор должен быть разгружен от массы присоединяемых к нему трубопроводов во избежание возможной деформации его корпуса и нарушения установленных в нем монтажных зазоров (особенно в подшипниках ротора ГТН).

226. Что такое помпаж турбокомпрессора?

Помпаж появляется в виде пульсаций воздушного потока в компрессоре, сопровождающихся периодическим выбросом воздуха обратно во всасывающие патрубки дизеля и всасывающего тракта. Иногда помпаж сопровождается характерными громкими хлопками воздуха. Помпаж является следствием уменьшения подачи центробежного компрессора ниже определенного для него критического значения. В результате происхо-

дит срыв потока воздуха с лопаток воздушного колеса или лопаточного диффузора компрессора, нарушается устойчивая работа последнего. Эксплуатировать дизель, у которого турбокомпрессор работает неустойчиво, нельзя, так как длительный помпаж может вызвать разрушение воздушного колеса компрессора и деталей всасывающего тракта.

Любой центробежный компрессор обладает свойством резко снижать подачу с увеличением сопротивления газовоздушного тракта. Повышение сопротивления газовоздушного тракта может происходить из-за увеличения сопротивления воздухозаборного устройства; неполного открытия заслонок в трубопроводах между компрессорами первой и второй ступеней наддува; закоксовывания кромок выпускных и продувочных окон в стенках цилиндров дизеля и лопаточного аппарата газовой турбины.

Появление помпажа можно объяснить и повышением температуры наддувочного воздуха из-за ухудшения работы воздухоохладителей. Одной из причин, способствующих возникновению помпажа, является повреждение рабочих лопаток турбины и ее соплового аппарата обломками поршневых колец или другими посторонними предметами при отсутствии защитных решеток перед сопловым аппаратом. Возникновению помпажа способствует и повышение температуры выпускных газов перед турбиной из-за уменьшения расхода воздуха по причинам, уже перечисленным выше, а также в связи с тем, что топливная аппаратура дизеля неисправна.

Кроме отмеченных причин возникновения помпажа, связанных с возрастанием сопротивления газовоздушного тракта дизеля, можно назвать несимметричную работу параллельно работающих турбокомпрессоров. В этом случае помпаж возникнет у одного из турбокомпрессоров вследствие того, что второй, получая больше энергии, развивает большую частоту вращения, дает больше воздуха и тем самым уменьшается подача первого компрессора, приближая его к границе помпажа. Основная причина несимметричной работы двух турбокомпрессоров — разница в размерах проточных частей турбин, главным образом разница сечения сопловых аппаратов, которая может иметь место вследствие повреждения направляющих лопаток.

227. Какие меры необходимо соблюдать для предупреждения помпажа?

Для предупреждения помпажа и устранения его в случае возникновения рекомендуется соблюдать следующие меры: систематически очищать от нагара выпускные и продувочные окна и защитные решетки на входе газов в турбокомпрессор; следить за исправностью воздухозаборного устройства дизеля, не допуская увеличения его сопротивления; следить, чтобы охладители наддувочного воздуха не были загрязнены и не создавали большого сопротивления проходу воздуха; проверять температуру выпускных газов по цилиндрам и температуру воздуха в воздушном ресивере.

Если при соблюдении перечисленных выше требований помпаж не прекращается, необходимо снять турбокомпрессор с дизеля и проверить состояние лопаток турбины и суммарное сечение соплового аппарата. Обнаруженные повреждения лопаток устраняют. Сечение сопел определяют с помощью шаблонов. При обнаружении отклонений от требуемого сечения подгибают кромки лопаток по шаблону.

Глава 5

ТОПЛИВА И СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА ДЛЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

5.1. НЕФТЬ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ И МАСЕЛ. СПОСОБЫ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

228. Что представляет собой нефть как сырье для получения жидких топлив и масел?

Основным сырьем для получения топлив для ДВС является нефть. Она представляет собой смесь различных органических веществ — углеводородов с небольшой примесью кислорода, азота, серы и минеральных веществ. В зависимости от месторождения в нефти содержится от 82 до 87 % углерода, от 11 до 14 % во-

дорода, от 0,1 до 1,3 % кислорода, до 0,7 % азота и от 0,1 до 5,5 % серы.

В состав нефти входят в основном метановые, нафтенные, ароматические углеводороды, а также углеводороды смешанного строения.

229. Как осуществляют переработку нефти?

В результате переработки из нефти получают жидкие топлива и смазочные масла. Процесс переработки нефти состоит из предварительной подготовки (обезвоживания, обессоливания, выпщелачивания и др.), собственно переработки и очистки полученных дистиллятов. Дистиллятами, или фракциями, называют продукты переработки, полученные из нефти испарением в зоне определенных температур, а затем подвергнутые конденсации при прямой перегонке в одно- или двухступенчатых атмосферно-вакуумных установках. Химическое строение углеводородов, входящих в каждую фракцию, при этом не меняется. Из полученных дистиллятов после их очистки получают так называемые «светлые» нефтепродукты — бензин, лигроин, керосин, дизельное топливо. Выход их из нефти при прямой перегонке не превышает 40—60 %.

С целью увеличения выхода товарных нефтепродуктов применяют химические способы переработки (крекинг-процесс), т. е. расщепление молекул тяжелых углеводородов на более легкие и с низкой температурой кипения. Сырьем для крекинга служат керосиновые и газойлевые фракции топлив и мазутов, полученные при прямой перегонке. В настоящее время большую часть топлив для дизелей получают смешиванием продуктов прямой перегонки и крекинга, прошедших очистку.

230. Как осуществляют очистку нефтепродуктов?

При химической очистке дистиллятов применяют серную кислоту, щелочь, аммиак, известь, вступающие в химические реакции с удаляемыми веществами. При других способах очистки используют отбеливающие земли, глины и другие твердые поглотители, а также растворители. Очистка дистиллятов уменьшает в нефтепродуктах долю смол, золы и коксообразующих веществ.

Дизельные топлива — это главным образом продукты прямой перегонки нефти и частично крекинг-процесса. Получаемые из парафинистых и сернистых нефтей дизельные топлива подвергают специальной очистке. Депарафинизация — это процесс вымораживания парафина с высокой температурой кристаллизации или обработка специальными веществами, которые образуют с парафинами твердые соединения, удаляемые при фильтрации.

Светлые нефтепродукты очищают от сернистых соединений путем гидрогенизации, т. е. обработкой водородом. При этом сера, содержащаяся в жидких нефтепродуктах, выделяется в виде газообразного сероводорода.

5.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОРТА ТОПЛИВ

231. Что понимают под характеристиками топлив?

Характеристиками называются эксплуатационные свойства топлива, определяющие процессы его подачи, смесеобразования и сгорания, а также способность вызывать нагарообразование на деталях.

К основным характеристикам топлив, регламентированным соответствующими стандартами, относятся вязкость, цетановое число, плотность, фракционный состав, воспламеняемость, температура застывания, температура вспышки, температура воспламенения и самовоспламенения, элементарный химический состав, теплота сгорания, коксуемость, зольность, кислотность, содержание серы, механических примесей и воды.

232. Что понимают под вязкостью топлива?

Вязкость — это свойство жидкого топлива (как и любого другого нефтепродукта) оказывать сопротивление перемещению его частиц под действием внешних сил. Вязкость — один из основных показателей топлива, определяющий качество его распыливания в камере сгорания дизеля. Марка топлива характеризуется кинематической или (устаревшее) условной вязкостью. Единица кинематической вязкости — $\text{мм}^2/\text{с}$ (вязкость $1 \text{ мм}^2/\text{с}$ имеет дистиллированная вода при 293 K). При повышении температуры вязкость топлив уменьшается,

поэтому всегда указывают температуру, при которой вязкость определялась. Условную вязкость в °ВУ следует переводить в значения кинематической вязкости.

В некоторых странах вязкость измеряют в секундах Редвуда с R_1 или Сейболта Sv . Зависимости между единицами кинематической и условной вязкости приведены в табл. 16.

Таблица 16. Соотношение между единицами кинематической и условной вязкости (ВУ) при одной и той же температуре

ν , мм ² /с	°ВУ	ν , мм ² /с	°ВУ	ν , мм ² /с	ВУ
1,0	1,0	13,0	2,12	30,0	4,10
1,5	1,06	13,5	2,17	31,0	4,20
2,0	1,12	14,0	2,22	32,0	4,35
2,5	1,17	14,5	2,27	33,0	4,55
3,0	1,22	15,0	2,32	34,0	4,60
3,5	1,26	15,5	2,38	35,0	4,70
4,0	1,30	16,0	2,43	36,0	4,85
4,5	1,35	16,5	2,50	37,0	4,96
5,0	1,40	17,0	2,55	38,0	5,10
5,5	1,44	17,5	2,60	39,0	5,20
6,0	1,48	18,0	2,65	40,0	5,35
6,5	1,52	18,5	2,70	41,0	5,45
7,0	1,56	19,0	2,75	42,0	5,60
7,5	1,60	20,0	2,90	43,0	5,75
8,0	1,65	20,5	2,95	44,0	5,85
8,5	1,70	21,0	3,00	45,0	6,00
9,0	1,75	21,5	3,05	46,0	6,10
9,5	1,79	22,0	3,10	47,0	6,25
10,0	1,83	22,5	3,15	48,0	6,45
10,2	1,85	23,0	3,20	49,0	6,50
10,4	1,87	23,5	3,30	50,0	6,65
10,6	1,89	24,0	3,35	52,0	6,90
10,8	1,91	34,5	3,40	54,0	7,10
11,0	1,93	25,0	3,45	56,0	7,40
11,4	1,97	26,0	3,60	58,0	7,65
11,8	2,00	27,0	3,70	60,0	7,90
12,2	2,04	28,0	3,85		
12,6	2,08	29,0	3,95		

233. Что понимают под цетановым числом?

Цетановое число — показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный такому процентному (по объему) содержанию жидкого углеводорода цетана в смеси с альфафметилнафталином, при ко-

тором периоды задержки воспламенения этой смеси и испытываемого топлива одинаковы. Период задержки воспламенения измеряется временем от момента достижения температуры самовоспламенения топлива до момента воспламенения смеси его с воздухом. Цетановое число тяжелых моторных топлив в среднем составляет 25 ед., дистиллятных дизельных топлив — 50 ед.

234. Для чего нужны присадки к топливам?

Присадками называют химические соединения, добавляемые к топливам для улучшения их свойств. Присадки способствуют уменьшению нагарообразования, улучшению процесса сгорания топлива, нейтрализации продуктов сгорания, повышению способности топлива противостоять окислению при хранении и др.

К дизельным топливам чаще всего добавляют так называемые многофункциональные присадки, т. е. такие, которые улучшают не одно, а сразу несколько свойств топлива.

235. Какие топлива применяют в судовых дизелях?

Топлива, применяемые в судовых дизелях, делятся на два класса — дистиллятные и тяжелые. Дистиллятные топлива — к их числу относятся дизельное летнее (Л), поставляемое по ГОСТ 305—82, а также зарубежные топлива «Газ Ойл», «Марин Дизел Ойл» и др. Они имеют малую вязкость, а поэтому не требуют предварительного подогрева, используются в ВОД и СОД и в отдельных случаях в МОД на режимах пуска и маневрирования, а также как добавка к тяжелому топливу при необходимости понижения его вязкости.

Тяжелые сорта топлива отличаются от дизельного высокой температурой застывания, повышенной вязкостью, наличием большого количества тяжелых фракций, повышенным содержанием серы, золы, воды и механических примесей. Они бывают мало-, средне- и высоковязкими, а также мало- и высокосернистыми.

Ограниченные запасы нефти и растущий дефицит дистиллятных фракций обуславливают возникновение ряда проблем при использовании на судах дизельных топлив. Замена дизельного топлива в СОД тяжелыми сортами весьма актуальна, поскольку такое топливо менее дефицитно и дешевое. В группу вырабатываемых

Таблица 17. Характеристики отечественных топлив

Показатель	Дизельное Л (ГОСТ 305—82)	Моторное ДТ (ГОСТ 1667—68)	Мазут М20 (ТУ 38001164—78)	Нефтяное газотурбинное (ГОСТ 10433—75)	Моторное ДМ (ГОСТ 1667—68)
Плотность при 293 К, кг/м ³	—	930	965	935	970
Вязкость: кинематическая при 293 К, мм ² /с	3,0—6,0	—	—	—	—
кинематическая при 323 К, мм ² /с	—	36,0	—	—	150
соответствующая ей условная, °ВУ	—	5,0	20	3,0	20
Зольность, %, не более	0,01	0,04	0,2	0,01	0,15
Содержание серы, %:					
в малосернистом топливе	0,2	0,5	—	—	—
в сернистом топливе	0,21—0,50	2,0	1,5—2,0	2,5	3,0
Содержание механических примесей, %	Отсут.	0,1	0,3	0,03	0,2
Содержание воды, %	»	1,0	0,7	Отсут.	1,5
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, К	334	338	348	334	358
Температура застывания, К	263	268	283	278	283

отечественной промышленностью топлив средней и повышенной вязкости входят моторное ДТ (ГОСТ 1667—68), флотский мазут Ф-5 и Ф-12 и топливо других марок (ГОСТ 10585—75), нефтяное газотурбинное ТГ и ТГВК (ГОСТ 10433—75). В настоящее время проводится унификация тяжелых топлив и в дальнейшем вместо 11 марок будет три: мало-, средне- и высоковязкое.

Тяжелые топлива будут состоять из мазута и дистиллятных фракций вторичных процессов. Так, маловязкое топливо будет содержать дистиллятные фракции термического крекинга; высоковязкое легкое — мазут и дистиллятные фракции вторичных процессов, а тяжелое — мазут, крекинг-остатки, экстракты. Высоковязкое легкое топливо эквивалентно экспортному мазуту, а тяжелое — мазуту 40. У этих топлив будут высокие вязкость, плотность, повышенное содержание золы, механических примесей и серы.

В целях регламентации качества топлив ИСО в 1982 г. совместно с Международным союзом производителей ДВС предложен новый проект стандарта на топливо для судов (ИСО ТС 28/SC 4WG6), который включает 4 сорта дистиллятного (DM) и 15 сортов остаточного (PM) топлив.

Таблица 18. Основные характеристики перспективных судовых топлив

Показатель	Мало- вязкое	Высоковязкое	
		легкое	тяжелое
Вязкость:			
кинематическая при 293 К, мм ² /с	11	—	—
условная при 323 К, не более	—	20	40
Температура застывания, К, не выше	263	298	298
Содержание серы, %, не более	1,5	3	3
Зольность, %, не более	0,02	0,12	0,8
Содержание механических при- месей, %, не более	0,02	0,1	0,12

В настоящее время вязкостные характеристики дизельных и тяжелых отечественных топлив значительно ниже характеристик таких же топлив, предусмотренных проектом международного стандарта. Вязкостные характеристики перспективных отечественных топлив

близки к характеристикам топлив международного стандарта.

Характеристики применяемых отечественных топлив приведены в табл. 17. Характеристики перспективных топлив указаны в табл. 18.

236. Что представляют собой топливные смеси?

В целях ускорения бункеровки судов и расширения доли потребления наиболее экономичных марок топлив рекомендованы следующие топливные смеси: мазут марок 40 и 40В и дизельные топлива марки Л или З для судов с системами топливоподготовки, обеспечивающими применение топлива ДМ или ДТ; экспортные мазуты марок М0,9, М1,5 или М2,0 и дизельные топлива марок Л, А или З для судов с системами топливоподготовки, обеспечивающими применение топлив ДТ.

Применение смесей тяжелых топлив с дизельным позволяет сэкономить дизельное топливо, эксплуатировать все двигатели на топливах с наиболее оптимальными характеристиками, варьировать качеством топлива (составом смеси) в зависимости от условий эксплуатации (режимов работы двигателей, их технического состояния и т. д.).

Однако на практике возможны случаи, когда используемые для топливной смеси компоненты не полностью совместимы и применение такой смеси приводит к некачественному смесеобразованию и неполному сгоранию топлива, образованию на деталях камеры сгорания нагара. Поэтому нередко приходится определять совместимость компонентов смеси.

237. Как определяют совместимость компонентов топливной смеси?

Метод определения совместимости топлив основан на образовании дисперсной (неперемешиваемой) фазы при смешивании не полностью совместимых исходных топлив. Для этого каплю приготовленной смеси наносят на бумажный фильтр (фильтровальную бумагу). Путем сравнения образовавшегося пятна с рядом эталонных пятен оценивают совместимость исходных топлив. Метод применяют для смесей из высоковязких топлив и дизельного топлива, доля которого в смеси

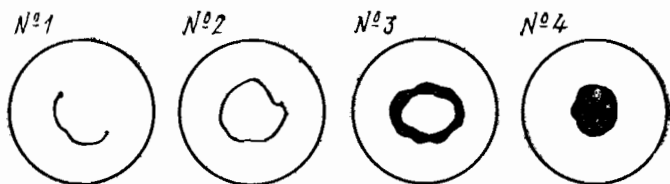


Рис. 52. Характер эталонных пятен для определения совместимости топлив при получении смесей

может достигать 75 % (такие смеси наименее стабильны, поэтому, если исходные топлива будут совместимы в этом соотношении, то они будут совместимы и в других пропорциях). Приготовленную смесь наливают в пробирку; смесь сначала подогревают до 323 К, а затем охлаждают до 293 К. Перемешав смесь в пробирке стеклянным стержнем, его устанавливают вертикально над центром бумажного фильтра на расстоянии 5—10 мм и дают капле упасть. Образовавшееся пятно должно сохнуть в течение 20—30 мин. Аналогично наносят капли на остальные приготовленные фильтры для дублирования результатов. Полученные пятна сравнивают с эталонными, изображенными на рис. 52. Эталонное пятно означает совместимость смешиваемых топлив (нет взвешенных дисперсных частиц). При выборе эталона общую разницу в яркости, цвете и размере пятна не принимают за степень несовместимости топлив.

Эталонные пятна: № 1 — однородное пятно или еле видимым внутренним кольцом; № 2 — хорошо видно тонкое внутреннее кольцо, слегка темнее общего фона; № 3 — видно четкое внутреннее кольцо, толще кольца в пятне № 2 и более темное; № 4 — темное, почти черное пятно в центре.

Если получены результаты, соответствующие пятнам № 3 и 4, то смешивать данные топлива не рекомендуется.

238. Сходны ли характеристики топлив отечественного и зарубежного производства?

В странах СЭВ топлива, за исключением румынских, производятся из советской нефти и близки по качеству к соответствующим советским маркам топлива. Сравнительный анализ характеристик тяже-

лых топлив, выпускаемых в зарубежных странах, показывает следующее: моторные топлива и их смеси с вязкостью при 323 К менее 35 мм²/с, производимые в СССР, ГДР, США и Англии, близки по своим характеристикам; для тяжелых топлив наблюдается существенная разница в вязкости и других показателях.

5.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ

239. В чем заключаются основные правила приемки топлив для судовых дизелей?

Приемка топлива (бункеровка) должна производиться в строгом соответствии с Правилами эксплуатации судовых технических средств и конструкций и с соблюдением мер противопожарной безопасности. Инструкции заводов-изготовителей дизелей требуют, чтобы соответствие принимаемого топлива стандарту было подтверждено сертификатом (паспортом) и контрольным анализом пробы, взятой из принятого топлива; при этом проверяются вязкость топлива, температура его вспышки и содержание механических примесей и воды. Если топливо принимают в иностранном порту, то руководствуются не только назначением топлива, соответствующим его марке, а главным образом, требованиями, которым должно удовлетворять это топливо применительно к конкретному дизелю.

Для сокращения времени бункеровки необходимо уменьшить вязкость тяжелого топлива, а для этого требуется его подогрев. Согласно Правилам Регистра СССР температура подогрева высоковязкого топлива в открытых системах должна быть на 15 К ниже температуры его вспышки. Температуру подогрева выбирают с учетом прежде всего обеспечения заданной продолжительности бункеровки теплохода. Для получения смеси из маловязкого топлива и высоковязкого температуру подогрева последнего следует поддерживать на 15 К ниже температуры вспышки маловязкого топлива.

240. Каким должен быть запас топлива на судне?

Запас топлива на судне складывается из основного количества, достаточного для совершения полного рейса, и аварийного запаса. Вместимость цистерн основ-

ного запаса определяют в зависимости от автономности плавания данного судна. Количество топлива, расположенного в танках вне двойного дна, должно составлять не менее двухсуточного расхода. Вместимость цистерн аварийного запаса обычно составляет до 20 % основного. Цистерны аварийного запаса должны быть на судах неограниченного района плавания, их размещают вне междудонного пространства.

Если дизель предназначен для работы на тяжелом топливе, то количество дизельного топлива, предназначенное для работы в пусковой период и на маневрах, а также на случай неисправности устройств для подогрева тяжелого топлива, обычно составляет до 20 % общего запаса топлива для дизелей на данном теплоходе.

241. Каковы требования Регистра СССР к топливным системам СДУ?

В соответствии с требованиями Регистра СССР установки, работающие на тяжелом топливе, имеют две системы: систему дизельного топлива для маневровых целей и работы ВД и систему высоко- или средневязкого топлива для ГД. В таких установках для использования тяжелого топлива за топливоподкачивающими насосами (перед дизелем) устанавливают подогреватель. Вдоль всех трубопроводов тяжелого топлива прокладывают паровой трубопровод-спутник, заключенный в общую изоляцию с основным трубопроводом. Перед фильтрами тяжелое топливо подогревается.

Вместимость расходных цистерн тяжелого топлива должна обеспечивать работу двигателей в течение не менее 12 ч. При использовании дизельного топлива это время может быть уменьшено до 8 ч. В составе установки должно быть по две расходные топливные цистерны на каждый вид топлива.

Топливо от расходных цистерн к ТНВД подводится топливоподкачивающими насосами, подача которых должна превосходить фактический расход топлива в 2—3 раза. Давление насосов принимают 0,2—0,4 МПа. При подаче топлива самотеком перед ТНВД необходимо обеспечить подпор не менее 0,03—0,05 МПа.

В составе системы должен быть резервный топливоподкачивающий электронасос, который используется также для предпусковой прокачки топлива.

Перед подачей в расходные цистерны топливо очищается в сепараторах. Вязкость топлива при сепари-

ровании поддерживают не более $45 \text{ мм}^2/\text{с}$ (6°ВУ), для чего его подогревают. В установках, работающих на дизельном топливе, предусматривается обычно два сепаратора, а при использовании тяжелого топлива — два, три или четыре; некоторые из них резервные. Пропускную способность сепараторов определяют из условий необходимости очистки суточного расхода топлива за 8—12 ч, что соответствует трех- или двукратному часовому расходу топлива (в зависимости от его качества). Основной запас топлива размещают в междудонных и бортовых цистернах. Предусматривается размещение суточного запаса топлива вне двойного дна. Тяжелое топливо в запасных цистернах подогревается до $313\text{—}323 \text{ К}$ паром давлением $0,2\text{—}0,3 \text{ МПа}$, проходящим через змеевики. Перекачка топлива из одной цистерны в другую, подача его в отстойные цистерны и выдача на палубу производятся насосами, которых должно быть не менее двух.

242. Какой уровень топлива в расходной цистерне считается минимально допустимым?

Под минимально допустимым уровнем топлива в расходной цистерне понимается такой, при котором обеспечивается бесперебойная работа всех потребителей в течение не менее 1 ч.

243. Как происходит отстаивание топлива?

Отстаивание топлива заключается в осаждении на дне отстойных цистерн содержащихся в топливе механических примесей и воды. Эффективность отстаивания резко увеличивается при подогреве отстойных цистерн паром. Если топливо подогревают постоянно, то тяжелое топливо отстаивается за 8—24 ч. Отстой из цистерн периодически спускают в цистерну грязного топлива, вместимость которой составляет 70—200 л на каждые 1000 кВт суммарной мощности ГД.

Основной недостаток очистки топлива отстаиванием — низкая производительность.

244. Как осуществляют фильтрацию топлива?

Фильтрация заключается в удалении из топлива механических частиц при пропускании его через различные фильтрующие элементы фильтров.

Таблица 19. Характеристики фильтров грубой очистки

Тип фильтра	Размер задерживаемых частиц, мм	Скорость потока топлива м/с
Сетчатый	0,125—0,25	0,02—0,05
Пластинчатый	0,05—0,12	0,06—0,12
Проволочно-щелевой	0,07—0,125	0,025—0,05
Примечание. Для всех типов перепад давления на чистом фильтре составляет 0,02—0,04 МПа, на засоренном — 0,08—0,10 МПа.		

В процессе эксплуатации фильтров предусматривается включение их в действие, контроль за чистотой фильтрующего элемента, систематическое удаление улавливаемых фильтром частиц и очистка или замена фильтрующих элементов. В топливных системах дизелей применяют фильтры грубой и тонкой очистки.

Работу фильтра контролируют по показаниям манометров, установленных перед фильтром и за ним; этот контроль значительно упрощается, если вместо двух манометров установлен один — дифференциальный, т. е. показывающий перепад давлений в фильтре. На фильтрах грубой очистки перепад давлений соответствует значениям, указанным в табл. 19, на фильтрах тонкой очистки — 0,02—0,04 МПа.

Очистка фильтра необходима, если перепад давлений превысил допустимое значение. При подаче топлива в очищенный фильтр следует держать открытым воздушный кран на крышке корпуса фильтра до тех пор, пока через этот кран не пойдет струя топлива без пузырьков воздуха.

245. Как производят сепарацию топлива?

Сепарация — наиболее распространенный способ очистки топлива от различных примесей и воды. Совершенствование средств сепарации вызвано стремлением обеспечить работу дизелей на тяжелых топливах.

Основным средством очистки топлива и масел служат центробежные сепараторы.

Сепараторы могут быть настроены на режим работы, при котором из топлива удаляются вода и механические примеси (пурификация), либо на такой режим, когда удаляются лишь механические примеси (кларификация).

Отделение от топлива механических примесей и воды происходит в барабане сепаратора. Непрерывно поступающий в барабан загрязненный нефтепродукт получает вращательное движение. Под действием центробежной силы, которая в тарельчатых сепараторах превышает в 4000—8000 раз силу тяжести, вода и механические примеси, имеющие большую плотность, чем топливо, отбрасываются к стенкам барабана, а очищенный нефтепродукт — ближе к оси вращения. Протекая между тарелками барабана, он отводится через кольцевое отверстие в верхней части барабана.

По способу очистки барабана от загрязнений различают сепараторы самоочищающиеся и с ручной очисткой. Самоочищающиеся сепараторы подразделяются на сепараторы с периодической очисткой барабана от шлама и с непрерывной очисткой. На большинстве судов установлены сепараторы с периодической очисткой барабана от шлама. Из них наибольшее распространение получили самоочищающиеся сепараторы фирм «Лаваль» (Швеция), «Вестфалия» (ФРГ), «Титан» (Дания) и др.

246. Как выбирают режим работы сепаратора?

Качество очистки топлива в сепараторе в значительной мере зависит от режима сепарации. Для настройки сепаратора, зная характеристики топлива, определяют диаметр регулировочной шайбы (при пурификации), температуру сепарации и пропускную способность сепаратора, количество и температуру пресной воды для промывания топлива и создания водяного затвора (при пурификации).

В комплект барабана сепаратора входит несколько регулировочных шайб. Чем меньше разница между плотностью воды и сепарируемого топлива, тем меньше должен быть внутренний диаметр шайбы. Необходимую шайбу подбирают по специальной номограмме или по таблице.

Количество промывочной воды, подаваемой в сепаратор, должно составлять 3—5 % количества подаваемого топлива; температура воды должна быть примерно на 5 К выше температуры сепарируемого топлива. В процессе пурификации топливо может создавать с водой стойкие эмульсии, поэтому для предотвращения этого явления в сепарируемое топливо добавляют де-

эмульгаторы (например, моющее средство ОП-7); количество вводимого деэмульгатора составляет 0,1 % массы сепарируемого топлива.

Время между разгрузками барабана сепаратора обычно определяют опытным путем; рекомендуется разгружать барабан чаще, не допуская заполнения всего пространства грязевой камеры отходами сепарации.

Рекомендации по очистке топлива: чем сильнее загрязнено или обводнено топливо, тем меньше должна быть пропускная способность сепаратора; температура подогрева топлива должна быть такой, чтобы вязкость топлива, поступающего в сепаратор, не превышала 6 °ВУ (45 мм²/с).

При правильно выбранном режиме сепарации из топлива должны полностью удаляться вода и 60—70 % механических примесей.

Эффективность сепарации топлива определяется не только режимом работы сепаратора, но и размерами частиц механических примесей неорганического и органического происхождения.

Механические примеси неорганического происхождения вследствие более высокой плотности удаляются из топлива с большей полнотой, чем примеси органического происхождения. Как правило, при сепарации из топлива удаляются все металлические и неметаллические частицы размером до 2—3 мкм. Сепарация позволяет понизить содержание воды в топливе до 0,02 %, а также значительно уменьшить его зольность.

247. Как осуществляется эксплуатация сепаратора?

При подготовке сепаратора к пуску следует проверить уровень масла в картере редуктора сепаратора. Освободив барабан сепаратора от тормоза, стопоры барабана отвертывают, а клапаны устанавливают на рециркуляцию топлива. Заполнив напорный бак водой, его разобщают от разгрузочного устройства. Затвор самоочищающегося сепаратора должен быть открыт. Включив электродвигатель, дают возможность барабану достичь полной частоты вращения, после чего в самоочищающемся сепараторе затвор закрывают путем подачи воды из напорного бака.

В режиме пурификации в барабан подают горячую воду для образования водяного затвора, о возникнове-

нии которого можно сделать вывод, наблюдая выход воды через водоотливный трубопровод. В режиме кларификации водяной затвор не нужен.

Установив расходомер на требуемую пропускную способность, открывают кран подачи сепарируемого топлива. Во время работы контролируют нагрузку на электродвигатель, частоту вращения барабана, подачу топлива в сепаратор, температуру топлива при входе в барабан и давление на выходе из него.

За работой сепаратора можно наблюдать по контрольным стеклам. Если пурификация протекает нормально, через стекло на водоотливной трубке наблюдается выход воды, если воды нет, то это может служить предупреждением о значительном отложении грязи в барабане. По той же причине может появиться топливо в камере переполнения, где при нормальной работе его быть не должно; поэтому в обоих случаях необходима очистка барабана. Перед остановкой сепаратора прекращают подачу сепарируемого топлива, а после вытекания из сепаратора его остатков разгружают барабан. Электродвигатель отключают в последнюю очередь.

248. Какую функцию в сепараторе выполняет водяной затвор и как он создается?

При работе сепаратора в режиме пурификации эффективность сепарации зависит от положения «пограничного слоя», представляющего собой границу раздела между топливом и водой и обеспечивающего создание водяного затвора. Нормально «пограничный слой» должен располагаться за внешней кромкой распределительных отверстий дисков сепаратора и не проходить по отверстиям или правее их. В первом случае будет наблюдаться торможение потока топлива на входе в диски, что приведет к резкому ухудшению сепарации, во втором случае в зону очищенного топлива будет поступать вода.

Эффективность сепарации повышается, если поверхность раздела отодвигается влево от отверстий дисков, так как в этом случае увеличивается эффективная поверхность последних. Однако при этом увеличивается вероятность исчезновения (разрыва) водяного затвора и, как следствие, может произойти утечка топлива через водоотводной канал в грязевую цистерну. Поло-

жение «пограничного слоя» регулируют с помощью гравитационной шайбы, устанавливаемой в верхней части корпуса барабана и оказывающей сопротивление выходу из него воды. Если установить шайбу с меньшим диаметром отверстия, давление воды на топливо в корпусе барабана сепаратора увеличится, и «пограничный слой» переместится ближе к оси вращения. Необходимое равновесие между топливом и водой при подборе диаметра гравитационной шайбы обеспечивают исходя из плотности сепарируемого топлива. Для этой цели служат номограммы или таблицы, которые содержатся в инструкции к сепараторам.

249. Как готовят к действию топливную систему дизеля?

При подготовке к действию топливной системы осматривают и приводят в состояние, обеспечивающее нормальную работу системы, все ее элементы. Расходные цистерны заполняют топливом до установленного уровня. Этот процесс состоит из следующих операций: перекачивание топлива из одной цистерны в другую, подача топлива в отстойные цистерны и окончательная его обработка. Для выполнения каждой операции необходимо поддерживать определенную вязкость и температуру подогрева топлива. Отстой из расходных цистерн удаляют.

Клапаны на участке системы от расходной цистерны до дизеля и на трубопроводе возврата отсечного топлива от ТНВД в цистерну устанавливают в рабочее положение; при этом трубопроводы заполняют тем топливом, на котором будет производиться пуск дизеля. Воздух из всех элементов системы обязательно удаляют.

250. Какие параметры топливной системы необходимо контролировать во время работы дизеля?

Во время работы дизеля контролируют: температуру топлива в отстойных и расходных цистернах, перед сепараторами и перед ТНВД; давление топлива до и после фильтров, а также после топливоподкачивающего насоса; вязкость топлива перед ТНВД; уровень топлива в отстойных и расходных цистернах и качество его очистки в сепараторе.

Под контролем должен находиться и уровень топлива в заполняемых и опорожняемых цистернах. Опорожнять цистерны до оголения подогревательных змеевиков запрещается. В штормовых условиях не следует расходовать более 2/3 топлива, находящегося в расходной цистерне. В противном случае может произойти не только оголение змеевиков подогревателя, но и захват воздуха во всасывающую магистраль топливopодкачивающего насоса, а это может привести к пропускам вспышек в отдельных цилиндрах дизеля и даже к его произвольной остановке.

251. Каковы особенности эксплуатации дизелей при использовании тяжелых топлив в системах, где не предусматривается применение дизельного топлива?

При использовании только тяжелых топлив требуется более сложная система топливopодготовки. Система должна быть оборудована гомогенизатором, сдвоенным полнопоточным фильтром с паровым подогревом, вискозиметром, топливорасходомером, трубопроводом рециркуляции с редукционным клапаном поддержания постоянного давления топлива перед ТНВД. Топливные трубопроводы должны иметь спутниковый обогрев и тепловую изоляцию. Сепарацию тяжелых топлив следует осуществлять в две стадии: пурификация и кларификация в режиме 25—30 % номинальной производительности каждого сепаратора. Рекомендуется дополнительная фильтрация с отсевом частиц размерами до 5 мкм, а также химическая обработка тяжелых топлив для очистки от сажи. Появляется необходимость более частых регулировок топливной аппаратуры. ТНВД регулируют на равномерность подачи топлива по цилиндрам — для МОД через 500—700 ч работы, для СОД через 750—1000 ч (целесообразно ежемесячно), а также на величину $p_{\text{тах}}$ по углу опережения подачи топлива.

При переходе на тяжелое топливо рекомендуется увеличить угол опережения подачи на 1—4° и использовать охлаждаемые распылители форсунок. Форсунки регулируют на давление впрыска — для МОД через 300 ч, для СОД через 500 ч. Неравномерность подачи топлива контролируют распределением температур выпускных газов и максимального давления сгорания.

Внедрение теплотехнических приборов контроля — топливных расходомеров, газоанализаторов, аппаратуры для оценки технического состояния дизеля и контроля регулировки топливоподающей аппаратуры — также повышает экономичность и долговечность судовых дизелей, предназначенных для работы на тяжелом топливе.

252. Каковы особенности эксплуатации дизелей при использовании газотурбинного топлива?

Установлено, что на газотурбинном топливе могут работать практически все дизели (за исключением дизелей с алюминиевыми поршнями и неохлаждаемыми распылителями форсунок). К отрицательным факторам применения газотурбинного топлива относятся: отложения смол в расходных танках, которые необходимо периодически чистить (количество отложений увеличивается при смешивании его с дизельным топливом или мазутом); закоксование сопел форсунок; осмоление и зависание игл распылителей (особенно неохлаждаемых) и реже плунжеров ТНВД, особенно при переходах на дизельное топливо; забивание смолами топливных фильтров тонкой очистки, которые необходимо чистить через каждые 100 ч работы, особенно в начальный период. Кроме того, уменьшается период между переборками и притирками всасывающих и выпускных клапанов, который составляет примерно от 1500 до 2500 ч в зависимости от типа двигателя, его теплонапряженности, марки материала клапана и технологии его обработки. При наличии воды в газотурбинном топливе образуются стойкие водотопливные эмульсии, забивающие топливные фильтры и приводящие к заклиниванию прецизионных пар топливной аппаратуры и ускорению процессов коррозии.

Применение многофункциональных присадок — эффективное и экономически выгодное средство борьбы с этими отрицательными факторами. Присадки к газотурбинному топливу снижают износы и нагарообразование, улучшают противозносные свойства топлив, предотвращают образование смолы и засорение деталей топливной аппаратуры продуктами полимеризации (химических изменений и укрупнений частиц) топлив,

уменьшают количество отложений в танках, улучшают процесс сгорания.

Эксплуатационные испытания прошли следующие присадки к газотурбинному топливу: отечественная — СП-2, импортная — FOT-D марок I и II фирмы «Амеройд» (США), защитное масло НГ-203У. Присадки вводят в нагнетательный трубопровод сепаратора или во всасывающий трубопровод топливоперекачивающего насоса, чем обеспечивается хорошее смешивание с газотурбинным топливом.

253. Что представляет собой присадка FOT-D?

Присадка FOT-D представляет собой нефтепродукт с температурой вспышки 388—443 К. Присадка имеет характерный хлористый запах и нетоксична, однако следует избегать длительного воздействия паров присадки на легкие, а также попадания ее на слизистую оболочку глаз.

Присадку FOT-D применяют в двух- и четырехтактных дизелях, использующих топливо с относительно малым содержанием серы (примерно до 1,5 %) и ванадия (до 0,0012 %). Для топлив с более высоким содержанием серы и ванадия эту присадку рекомендуют использовать только в двухтактных МОД (за исключением двигателей типов «Бурмейстер и Вайн» с прямоточно-клапанной продувкой). В четырехтактных двигателях, использующих топливо с содержанием серы более 1,5 %, применяют присадку FOT-D—IV.

Количество присадки, вводимой в топливо, связано с наличием в топливе серы, ванадия, никеля и кокса и находится в пределах 1 л на 2—8 т топлива. Для газотурбинного топлива содержание ванадия не превышает 0,0007 %, а серы — 3,0 %, поэтому в топливо с содержанием серы до 1,5 % следует вводить примерно 1 л присадки на 8 т, а свыше 1,5 % — 1 л на 6 т марок II и IV.

Присадку в топливную систему следует вводить в таком месте, где бы она хорошо перемешивалась с топливом и не поступала в сепаратор. Полное перемешивание присадки с топливом происходит при вводе ее в расходную цистерну через гомогенизатор. Присадка из мерной цистерны подается во всасывающую магистраль подкачивающего насоса, а от него — в гомо-

генизатор; можно вводить присадку и через специальный дозатор перед подкачкой топлива.

По данным фирмы-изготовителя присадку FOT-D можно подавать в танки основного запаса или в расходные цистерны как перед бункеровкой, так и в ее процессе.

Для консервации топливной аппаратуры на время длительной стоянки (при ремонте, отстое судна и т. п.) перед остановкой двигателя увеличивают дозировку присадки до 2,5—5 %, заливая ее в топливный фильтр. Этим исключается расконсервация топливной аппаратуры при вводе двигателя в действие. Применение указанного количества присадки не отражается на физико-химических свойствах топлива и тепловом процессе двигателя.

Присадка имеет поверхностно-активные вещества, которые создают на поверхностях деталей защитную пленку, предотвращающую их осмоление и коррозию.

254. Какие условия необходимы для перевода двигателя с дизельного топлива на тяжелое и обратно в дизелях с двойной системой топливоподачи?

Режим перевода дизеля с маловязкого топлива на высоковязкое и обратно часто сопровождается отказом в работе прецизионных пар ТНВД и форсунок. Неисправности возникают вследствие резкого охлаждения или нагрева деталей прецизионных пар. Различная скорость охлаждения или нагрева сопровождается изменением геометрических размеров этих деталей, в результате чего происходит зависание плунжеров во втулках или форсуночных игл в направляющих.

Работа деталей прецизионных пар протекает нормально при их постепенном нагреве или охлаждении. Это обеспечивается постепенным изменением соотношения мало- и высоковязкого топлив в смеси и предварительным подогревом маловязкого топлива, чтобы трубопроводы, форсунки и ТНВД успели нагреться до подачи в них высоковязкого топлива. Дизельное топливо допускается подогревать до такой температуры (323—333 К), при которой его вязкость будет не ниже 2 мм²/с (1,1° ВУ), иначе резко ухудшится смазы-

вающая способность топлива, что может привести к закаливанию прецизионных пар.

Постепенный переход с одного топлива на другое (в зависимости от объема смесительной цистерны) обычно осуществляется в течение 20—40 мин при частоте вращения вала дизеля не более 80—85 % номинальной. Как правило, этого времени достаточно для нагрева или охлаждения деталей прецизионных пар примерно с одинаковой скоростью.

Ввод дизеля в режим после перевода на высоковязкое топливо осуществляют в соответствии с инструкцией по эксплуатации, после чего включают автоматический регулятор вязкости топлива.

Дизель переводят с высоковязкого на маловязкое топливо обычно за 1—1,5 ч перед предполагаемой длительной остановкой. Это делают для того, чтобы полностью удалить тяжелое топливо из всех элементов системы, очистить втулки цилиндров, поршни и газораспределительный тракт от коррозионных продуктов и смолистых образований. После перевода дизеля на маловязкое топливо автоматический регулятор вязкости топлива выключают. Понижение температуры топлива достигают постепенным перекрытием пара на топливоподогреватель.

255. Можно ли реверсировать дизель, работающий на тяжелом топливе, во время неожиданных маневров?

В случае неожиданных маневров судна дизель, работающий на тяжелом топливе, допускается реверсировать на этом же топливе. Однако следует принять меры к тому, чтобы время бездействия дизеля между маневрами было непродолжительным, и усилить наблюдение за подогревом топлива.

256. В чем заключается гомогенизация топлива?

Гомогенизация топлива заключается в разрушении смолистых образований, которые могут присутствовать в нем в виде пленок, желе- и мазеобразных сгущений. Смолистые образования являются горючей частью топлива, и удалять их нецелесообразно, однако при сепарации и фильтрации они переходят в отходы. Обладая повышенной поверхностной активно-

стью, смолистые образования коагулируются вокруг частиц механических примесей и образуют с водой стойкую водотопливную эмульсию. Таким образом, при удалении из топлива негорючих частиц удаляются и их горючие оболочки.

Гомогенизация позволяет освободить частицы механических примесей от их горючих оболочек, что и приводит к более полному использованию топлива. Наиболее широкое применение на судах получил гидродинамический способ гомогенизации топлива. Суть его состоит в резком снижении давления топлива, предварительно сжатого до 15—25 МПа, путем его редуцирования. При этом асфальтосмолистые образования разрушаются и равномерно распределяются в топливной среде.

257. Каков принцип действия гомогенизаторов гидродинамического типа?

Одним из первых клапанных гомогенизаторов гидродинамического типа был создан фирмой «Мантон—Гаулин» (США). Фирма выпускает несколько типоразмеров гомогенизаторов различной производительности, отличающихся конструкцией станины, уплотнением плунжеров насосов. Минимальный типоразмер гомогенизаторов фирмы «Мантон—Гаулин» FEC3 предназначен для судов с установкой мощностью 5500 кВт.

Результаты эксплуатации этих гомогенизаторов в системах топливоподготовки свидетельствуют о хорошей и надежной работе двигателей на тяжелых сортах топлива: снижается коксообразование на распылителях форсунок, не засоряются фильтры тонкой очистки. Обработанное в гомогенизаторе топливо сразу подается в двигатель или расходную цистерну. После обработки размер структурных образований топлива уменьшается в 6—10 раз, а размеры частиц механических примесей изменяются с 60—42 мкм до 6 мкм.

На рис. 53 приведена схема гомогенизатора фирмы «Мантон—Гаулин». Топливо подкачивающим насосом подается к входному патрубку 1, поступает в полость всасывания плунжерного насоса 2, затем после сжатия до давления около 20 МПа — в нагнетательную камеру 3, откуда подается в гомогенизирующую головку и продавливается через сопловое отверстие в седле 4; далее оно проходит через кольцевое сечение между седлом и клапаном 5. Давление гомогенизации регулируется натяжением пружины 7 с помощью регу-

лировочного винта 6. Через патрубок топливо отводится на вторую ступень гомогенизации или подается в расходную цистерну.

Для систем топливоподготовки судов отечественной постройки разработан гомогенизатор типа ГТС-1,5, имеющий примерно такую же конструкцию. Наряду с клапанными гомогенизаторами на судах применяют гидродинамические ротационные гомогенизаторы и диспергаторы. В устройствах этого типа процесс гомогенизации происходит в ротационных аппаратах различного конструктивного исполнения, имеющих подвижный ротор и неподвижный статор, между поверхностями которых при вращении ротора образуются каналы (для прохождения топлива) с постоянно меняющейся геометрией. Условия многократного сжатия и расширения топлива между лопатками ротора улучшают образование кавитационных процессов.

В роторном гомогенизаторе диспергируются не только асфальтосмолистые системы, но и механические примеси и вода. Частицы механических примесей размером до 20 мкм и глобулы воды до 60 мкм после гомогенизации мазута 40 в роторном гомогенизаторе уменьшаются до 15 и 3 мкм соответственно; мазут представляет при этом однородную гомогенную смесь.

В роторном гомогенизаторе диспергируются не только асфальтосмолистые системы, но и механические примеси и вода. Частицы механических примесей размером до 20 мкм и глобулы воды до 60 мкм после гомогенизации мазута 40 в роторном гомогенизаторе уменьшаются до 15 и 3 мкм соответственно; мазут представляет при этом однородную гомогенную смесь.

На рис. 54 показана схема роторного гомогенизатора гидродинамического типа, разработанного ЦНИИМФ. Топливо в гомогенизаторе проходит между лопатками статора 2 и такими же лопатками ротора 1 (рис. 54, б). Лопатки имеют треугольное сечение. При вращении ротора происходит сближение лопаток ротора и статора, что приводит к уменьшению сечения прохода потока топлива и, как следствие, к возникновению пульсации давления. Топливо движется в осевом направлении от входного патрубка 1 до выходного патрубка 2 (рис. 54, а). Возникающее при вращении ротора пульсирующее давление создает условия для появления кавитационных зон и интенсивной гомогенизации поступающего топлива. Пульсирующее давление зависит от профиля лопаток ротора, частоты его вращения и осевого зазора между лопатками. Давление возрастает

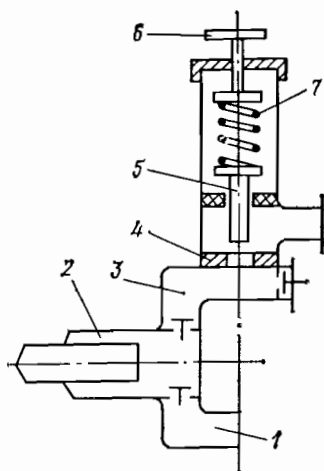


Рис. 53. Схема гомогенизатора «Мантон—Гаулин»

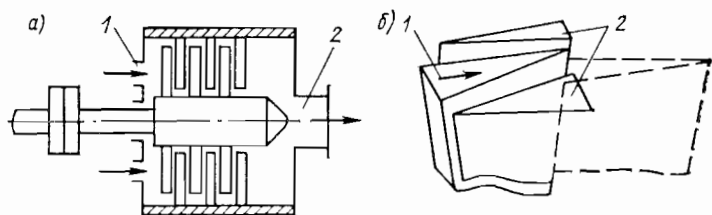


Рис. 54. Схема роторного гомогенизатора: а — гомогенизатор; б — расположение лопаток

с увеличением частоты вращения ротора и с уменьшением угла входной кромки и осевого зазора между лопатками. При изменении указанных параметров меняется эффективность обработки топлива.

К роторным гомогенизаторам можно отнести гомогенизаторы фирмы «Виккерс» (Англия), диспергаторы фирмы «Сторк» (Нидерланды), а также отечественные диспергаторы конструкции ЛенНИИхиммаша производительностью до $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ и др.

5.4. МАСЛА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

258. По каким характеристикам оценивают качество масел, применяемых в СДУ?

К характеристикам масел относятся вязкость, индекс вязкости, кислотное число, щелочное число, содержание водорастворимых кислот и щелочей, коксуемость, зольность, коррозионность, термоокислительная стабильность, температура вспышки, температура застывания, содержание механических примесей, содержание воды, стойкость при хранении.

Вязкость масла должна обеспечивать надежную смазку и минимальный износ трущихся поверхностей при всех эксплуатационных режимах. При этом роль вязкости неоднозначна: для обеспечения несущей способности масляного слоя, уплотнения деталей и уменьшения расхода требуется повышенная вязкость масла; в то же время очистка трущихся деталей от продуктов окисления и прочих загрязнений, охлаждение деталей лучше обеспечиваются маловязким маслом, к тому же легче фильтруемым.

Поэтому для смазки двигателей выбирают масло по возможности небольшой вязкости, но такое, которое

надежно обеспечивало бы жидкостное трение в главных узлах даже при высокой температуре. При выборе масла учитывают также, в какой степени изменяется его вязкость при изменении температуры, так как от этого зависит степень отклонения фактического режима смазки от требуемого, а также возможность прокачки масла при низких температурах.

Различия в вязкостно-температурных свойствах масел зависят от их группового углеводородного состава. Наиболее пологая кривая вязкости у масел, состоящих преимущественно из алкановых углеводородов, наиболее крутая — у масел, содержащих полициклические углеводороды. Масла на основе циклановых и ароматических углеводородов занимают промежуточное положение.

С повышением вязкости вязкостно-температурные свойства масла ухудшаются при любом групповом составе. Отсюда возникает важный практический вывод: носителями хороших вязкостно-температурных свойств являются, как правило, маловязкие масла. Для оценки вязкостно-температурных характеристик масел используют так называемый индекс вязкости, являющийся безразмерным числом. Оценка конкретного масла по индексу вязкости основана на сравнении его вязкостно-температурных свойств с подобными же свойствами двух групп специальных масел, принятых за эталонные. При этом индекс вязкости определяют по специальной номограмме. У большинства современных масел, применяемых на судах, индекс вязкости в среднем измеряется числом 90. Пример такой номограммы дан на рис. 55.

Очень низкие температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность масел и указывают на наличие в них случайных примесей, главным образом топлива.

Температура застывания вместе с вязкостью характеризует поведение масел при низких температурах, прокачиваемость, коэффициент трения в момент пуска дизеля.

Содержание золы в маслах должно быть минимальным. Присутствие значительного количества золы указывает на плохую очистку масел, на наличие в них различных солей и минеральных механических примесей.

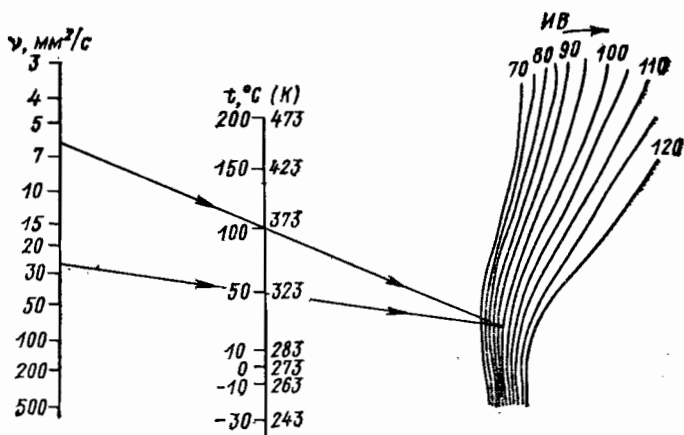


Рис. 55. Номограмма для определения индекса вязкости

Содержание механических примесей и воды приводит к повышенному изнашиванию трущихся деталей и интенсивному нагарообразованию. Кроме того, присутствие механических примесей в масле искажает результаты анализа по определению содержания кокса и золы.

Свободные органические кислоты, содержащиеся в масле и определяющие его кислотность, вызывают коррозию металлов, особенно цветных. Разрушительное действие органических кислот усиливается при наличии воды. Кислотность рассматривается как основной показатель коррозионной агрессивности масла по отношению к металлам, поэтому начальное ее значение должно быть возможно меньшим.

Щелочное число характеризует способность масла нейтрализовать появляющиеся в нем кислоты, предотвращая коррозию и износ смазываемых поверхностей. Щелочные свойства обеспечивают введением в масло специальных присадок. Начальное щелочное число масла подбирают с учетом возможности образования кислот в среде, где будет применяться данное масло. Наибольшие щелочные числа имеют цилиндровые масла, используемые в дизелях, работающих на сернистых топливах. В таких маслах (со щелочными присадками) наличие щелочи обусловлено характером при-

садки и не является признаком непригодности масла. Предельная щелочность современных цилиндрических масел (около 100 мг КОН на 1 г масла) достаточна для нейтрализации сернистых соединений, образующихся при сгорании топлива с содержанием серы до 4 %.

259. Что представляют собой присадки к маслам?

Присадки к маслам — это специальные химические вещества, которые придают маслам новые свойства или улучшают их физико-химические характеристики. Присадки бывают вязкостные, антиокислительные и антикоррозионные, нейтрализующие, моющие, противоизносные, антипенные и понижающие температуру застывания масла. Наиболее распространены многофункциональные присадки, которые улучшают не одну, а сразу несколько характеристик масла.

К присадкам для масел предъявляют высокие требования: они должны быть достаточно эффективными в малых количествах, сохранять стабильность при изменении рабочих температур и давлений в масляной системе, хорошо растворяться в маслах, сохранять свои качества при длительном хранении.

260. Какие специфические требования предъявляют к цилиндрическим маслам?

Надежная смазка цилиндров, особенно у мощных форсированных крейцкопфных дизелей с газотурбинным наддувом, работающих на тяжелых сернистых топливах, значительно затруднена, так как большие нагрузки на поршневые кольца, высокая температура деталей ЦПГ и агрессивное действие газовой среды на масло препятствуют созданию неразрушаемой масляной пленки на рабочих поверхностях цилиндров. Условия применения цилиндрических масел обуславливают следующие требования, предъявляемые к ним: возможность создания на рабочих поверхностях цилиндров масляной пленки, до минимума снижающей трение между втулкой и поршневыми кольцами и их изнашивание; способность к нейтрализации коррозионного действия продуктов сгорания сернистого топлива; способность противостоять нагарообразованию на деталях ЦПГ, образованию стойких эмульсий и выпада-

нию присадок при попадании в масло воды; возможность сохранения стабильности при хранении в интервале температур от 253 до 333 К.

261. Каковы основные правила приемки масел?

При приемке масла его качество должно быть подтверждено паспортом поставщика и анализом пробы, взятой из каждой партии масла. Запрещается приемка масла во время грузовых операций, связанных с запылением палубы; запрещается также смешивать масла различных сортов; при использовании одного трубопровода для заполнения различных цистерн следует принимать меры для предотвращения такового смешивания. Цистерны для масла должны быть оборудованы фильтрами, исключающими попадание в масло механических примесей.

Цилиндровые масла с присадками, предназначенные для работы дизеля на тяжелых и сернистых топливах, не следует принимать впрок в расчете на длительное хранение (хотя срок их хранения практически не ограничен), так как при отпотевании цистерн может произойти обводнение масла, из-за чего присадки выпадают в осадок, а масло теряет свои антикоррозионные и антинагарные свойства.

262. Как классифицируют масла, выпускаемые отечественной промышленностью?

По существующей отечественной классификации (ГОСТ 17479—72) моторные масла разделены на семь

Таблица 20. Классификация моторных масел

Вязкость при 373 К, мм ² /с	Группа масла					
	А	Б	В	Г	Д	Е
6 ± 0,5	М6А	М6Б	М6В	—	—	—
8 ± 0,5	М8А	М8Б	М8В	М8Г	—	—
10 ± 0,5	М10А	М10Б	М10В	М10Г	—	—
12 ± 0,5	—	М12Б	М12В	М12Г	М12Д	М12Е
14 ± 0,5	—	М14Б	М14В	М14Г	М14Д	М14Е
16 ± 0,5	—	М16Б	М16В	М16Г	М16Д	М16Е
20 ± 0,5	—	М20Б	М20В	М20Г	М20Д	М20Е

групп по вязкости и на шесть групп по эксплуатационным свойствам. В зависимости от типа двигателя, его форсировки, применяемого топлива и других факторов масла разделены на шесть групп (по возрастанию качеств): А, Б, В, Г, Д, Е, причем каждая группа включает в себя несколько марок масел, отличающихся по вязкости (табл. 20).

263. Как расшифровываются марки моторных масел?

В марке масла содержатся сведения о классе его вязкости, группе эксплуатационных свойств и сезонности применения.

По вязкости масла делят на семь основных классов, показывающих ее значение, мм²/с, при 373 К: 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 20. Для загущенных масел (зимних и всесезонных) установлены еще четыре дополнительных класса вязкости — 4_з/5, 4_з/8, 4_з/10 и 6_з/10. Первая цифра означает класс вязкости при 255 К, вторая цифра — основной класс вязкости. Масла класса 4_з должны иметь вязкость в пределах 1300—2600 мм²/с, масла класса 6_з — 2000—10 400 мм²/с. Индекс «з» показывает, что масло загущенное.

Индекс 1 у буквы марки масла означает, что оно предназначено для карбюраторных ДВС, индекс 2 — для дизелей. Отсутствие индекса показывает универсальность масла. Кроме предусмотренной ГОСТ 17479—72 маркировки в обозначении масла могут вводиться буквы, указывающие некоторые особенности масла. Так, буква «И» свидетельствует о том, что масло содержит импортную присадку (например, M12Г₂И), буква У — что в масло добавлена композиция присадок (например, М8Б₂У), буква Ц — что масло предназначено для циркуляционных систем, буква Л — для систем с лубрикатом; сочетание букв ЦЛ указывает на унификацию масла.

Примеры обозначений масел: М6_з/10В₂ — загущенное масло класса вязкости 10 для среднефорсированных дизелей; М8Г — универсальное масло для высокофорсированных ДВС класса вязкости 8. В марках специальных авиационных масел, применяемых в некоторых ВОВ, указывают их вязкость в мм²/с при 373 К и способ очистки. Так, марка масла МС20 расшифровывается следующим образом: масло селективной очистки вязкостью 20 мм²/с, а масло МК22 — масло кислотной очистки вязкостью 22 мм²/с.

Группы масел по эксплуатационным свойствам и области их применения

- | | |
|----------------|---|
| А | Нефорсированные карбюраторные и дизельные двигатели |
| Б ₁ | Малофорсированные карбюраторные двигатели |
| Б ₂ | Малофорсированные дизельные двигатели |
| В ₁ | Среднефорсированные карбюраторные двигатели |
| В ₂ | Среднефорсированные дизельные двигатели |
| Г ₁ | Высокофорсированные карбюраторные двигатели |
| Г ₂ | Высокофорсированные дизельные двигатели |
| Д | Высокофорсированные дизельные двигатели, работающие в тяжелых условиях |
| Е | Малооборотные дизельные двигатели с лубрикаторной смазочной системой, работающие на топливе с содержанием серы до 3,5 % |

264. Каков ассортимент масел для судовых дизелей?

Ассортимент масел для судовых дизелей очень широк. Так, для различных типов дизелей отечественного производства применяют следующие масла:

Дизель	Масло
Ч 8,5/11	М10Г ₂ , М10Г ₂ К, М10В ₂ С, М14В ₂
Ч 10,5/13	М10В ₂ , М10В ₂ С
Ч и ЧН 12/14	М10Г ₂ ЦС, М16В ₂ , М12Б
Ч и ЧН 15/18	М14В ₂ , М20Бп, М20Г ₂ , М20В ₂ , М16В ₂ , МТ16п
ЧН 18/20	М20Бп, М16В ₂
Ч и ЧН 18/22	М10Г ₂ ЦС, М10В ₂ С, М10В ₂
ЧН 25/34	М10В ₂ С, М10Г ₂ ЦС
ЧН 26/26	М14В ₂ , М14Г ₂ , М14Б
Ч 23/30	М10В ₂ С, М10В ₂
ДН 20,7/2×25,4	М12Б, М15Б, М14В ₂
ЧН 31,8/33	М14В ₂ , М12Б
ДН 23/30, ЧН 30/38	М14Г ₂ Б, М14В ₂
ЧН 36/45	М10В ₂ С, М10В ₂ , М10Г ₂ ЦС, М16В ₂ , М10ДЦЛ20
ДН 23/2×30	М20Г ₂
ДР 30/50	М10В ₂ С
ЧН 40/46	М14Г ₂ ЦС, М14ДЦЛ20, М14ДЦЛ30

Для главных судовых дизелей ДКРН 50/110, ДКРН 62/140, ДКРН 67/140, ДКРН 74/160, ДКРН 80/160 и ДКРН 84/180 в качестве циркуляционной смазки применяют масла М10В₂С и М10Г₂ЦС, а для смазки ЦПГ — масла М16Д, М16Е30 и М16Е60.

265. Какие отечественные масла обладают наиболее высокими качественными показателями?

Применение топлив, содержащих высокий процент серы, золы, кокса, асфальтосмолистых веществ, возможно только при смазке двигателей маслами, обладающими необходимыми нейтрализующими и антинагарными свойствами. К моторным маслам предъявляют и другие требования: они должны быть влагостойкими, предохранять смазываемые поверхности от стояночной коррозии и пр.

В настоящее время на флот поступают качественно новые моторные масла, вырабатываемые отечественной промышленностью: М10Г₂ЦС, М10ДЦЛ20 и М14ДЦЛ20. Масло М10Г₂ЦС имеет многоцелевое назначение: оно предназначено для циркуляционных систем смазки главных (крейцкопфных) и вспомогательных судовых дизелей, а также для других судовых механизмов (компрессоров, редукторов, подшипников валопроводов и др.). По своим свойствам масло М10Г₂ЦС превосходит масло М10В₂ и не уступает лучшим образцам зарубежных масел аналогичного назначения.

Применение единого масла для циркуляционных систем смазки ГД и ВД судовых механизмов позволяет сократить ассортимент масел, применяемых на судне, облегчить бункеровку судна, уменьшить трудозатраты по ТО двигателей. Масла М10ДЦЛ20 и М14ДЦЛ20 предназначены для циркуляционной и лубрикаторной систем смазки современных мощных СОД, установленных в качестве ГД на специализированных судах. Они содержат такие же присадки, как и масло М10Г₂ЦС, но в большем количестве. Поэтому они обладают более сильными нейтрализующими, моющими, противокислительными, антикоррозионными и другими необходимыми свойствами. Освоено также производство масел М16Г₂ЦС и М14ДЦЛ30. Масло М16Г₂ЦС отличается от М10Г₂ЦС более высокой вязкостью и может быть использовано для смазки цилиндров МОД, работающих на малосернистых (до 1 %) топливах, а также для смазки ВД, где вязкость масла М10Г₂ЦС недостаточна.

Масло М14ДЦЛ30 содержит такие же присадки, как и масло М14ДЦЛ20, но в большем количестве и

предназначено для смазки мощных СОД, работающих на высокосернистых (свыше 2 %) топливах. Применение этих масел в СОД характеризуется: минимальными удельными расходами и таким срабатыванием присадок, при которых обеспечивается бессменная работа масла (работа только «на доливках»); эффективной очисткой с помощью сепараторов (или фильтров) без потерь эксплуатационных свойств при любом обводнении; обеспечением минимальных эксплуатационных затрат на обслуживание и ремонт дизелей.

Наряду с отечественными марками масел в СДУ применяют аналогичные масла иностранного производства. Их выбирают в соответствии с инструкциями по обслуживанию дизелей.

266. Какими специфическими свойствами обладают цилиндровые масла?

Цилиндровые масла, в отличие от циркуляционных, должны обладать высокой термической стабильностью и хорошей смазывающей способностью. Они должны противостоять высоким тепловым нагрузкам и давлению поршневых колец, удерживаться на смазываемых поверхностях цилиндра и колец тонкой пленкой для обеспечения жидкостного или по крайней мере граничного трения между ними. Наряду с высокой несущей способностью масло должно также хорошо растекаться по смазываемой поверхности цилиндров.

Современные цилиндровые масла имеют вязкость 14—16 мм²/с при 373 К. Этот уровень вязкости выбран для создания лучшего сочетания несущей способности масла, прочности масляной пленки в сопряжении «поршневое кольцо — рабочая поверхность цилиндра» и скорости растекания масла по смазываемым поверхностям. Высокая вязкость, повышающая несущую способность масла, нежелательна ввиду усиления склонности такого масла к образованию отложений в выпускных окнах цилиндров и в подпоршневом пространстве. В свою очередь, низкая вязкость, являющаяся следствием наличия в масле легких фракций, обуславливает его высокую летучесть, а это приводит к интенсивному испарению масла с поверхности цилиндра, уменьшению толщины масляной пленки и ее исчезновению.

Таблица 21. Классификация масел SAE

Масло	Содержание присадки, %	
	окислительной и антикорро- зионной	моющей
Регулярное	—	—
Премиальное	0,5—0,7	0,7
HD для тяжелых условий работы	0,7	1,5
HD для особо тяжелых усло- вий работы:		
серия 1	—	4—5
серия 2	0,7—1	8—10
серия 3	—	20—25

Таблица 22. Примерное соответствие вязкости
моторных масел по ГОСТ 17479—72 и SAE

Класс вязкости (ГОСТ 17479—72)	Вязкость при 255 К. мм ² /с		Вязкость при 373 К. мм ² /с		Соответ- ствующий класс вязкости по SAE
	не менее	не более	не менее	не более	
4з	1300	2 600	3,8	—	10W
6з	2600	10 400	3,8	—	20W
6	—	—	5,0	7,0	20
8	—	—	7,0	9,0	20
10	—	—	9,0	11,0	30
12	—	—	11,0	13,0	30
14	—	—	13,0	15,0	40
16	—	—	15,0	16,0	40
20	—	—	18,0	22,0	50
4з/6	1300	2 600	5,5	6,5	10W 20
4з/8	1300	2 600	7,5	8,5	10W/20
4з/10	1300	2 600	9,5	10,5	10W/20
6з/10	2600	10 400	9,7	10,5	20W/30

Моторные свойства масел в значительной степени зависят от их молекулярной структуры и композиции используемых присадок. Этим объясняются различные результаты, получаемые при эксплуатации дизелей одной марки на маслах различных фирм, но имеющих примерно одинаковые физические показатели. Поэтому при выборе сорта цилиндрического масла исходят из опыта эксплуатации аналогичных дизелей.

В общем случае выбор цилиндрического масла базируется на уровне форсировки рабочего процесса дизеля и содержании в используемом топливе серы.

Таблица 23. Эквиваленты моторных масел

Фирма	Марка			
	M8A	M4,6B,	M6,10B	M10B,C
«Шелл»	«Шелл X-100», 20W/30	«Шелл X-100», 10W	«Шелл X-100», 10W/30	«Мелина 30»
«Мобил»	«Мобил»	«Мобил HD»	«Мобилойл», «Спешиел SAE10W/30»	«Мобил-гард 300»
«Кастрол»	«Кастрол CRB», 20HD SAE20		«Кастролите HD10W/30»	«Марине MPX30»
BP («Бритиш Петролеум»)	«BP Энергол», HD SAE20W	«Супер Виско-статик», SW/20	«Супер Виско-статик», SAE10W/40	«Энергол DL-MP30»
«Агип»	—	«Дизел Гамма 10W»	«Агип Супер», «Мотор Ойл», «Мульти-гарде 10W/40»	«Дизел Гамма 30», «Клаудиум 70»
«Экссон» (ESSO)	—	«Унифлоу SW/40»	ESSO, «Экстра Ойл SAE10W/30»	«Тро-Мар AS30», «Тро-Мар HD30»

Современные цилиндрические масла по уровню щелочности делятся на два класса: среднещелочные — щелочность 30—40 мг КОН/г; высокощелочные — щелочность 60—70 мг КОН/г.

При содержании серы в топливе до 1,5—2,0 % рекомендуется использовать среднещелочное масло M16E30, при большем содержании серы — масло M16E60. У этих масел последние цифры в их марке указывают щелочное число; индекс вязкости того и другого масла — 85.

Из зарубежных цилиндрических масел для МОД хорошо зарекомендовали себя масла «Шелл—Алексия 40», «Кастрол—Марин PM/DZ 65», «Мобилгард-593» и др., для СОД — «Мобилгард-424», «Тебойл Вард S30T» и «Тебойл Вард S10T».

масла

М14В ₂	М20Г,	М16Г ₂ ЦС	М14ДЦЛ30
«Мелина 40»	«Ротелл ТХ50»	—	«Аргина Т40»
«Мобилгард 412», «Мобилгард 446»	«Делксас 1350», «Мобил- гард 512»	«Мобил- гард 412»	«Мобил- гард 424», «Мобил- гард 442»
«Марине МРХ40»	«Марине МРХ50»	«Марине МРХ40»	«Марине МХ404»
«Энергол DL-MP40»	—	«Энергол DL-MP40»	«Энергол JC-HF304»
«Дизел Гамма 40»	«Дизел Сигма S», SAE50	—	«Клауд- диум 350», SAE40
«Тро-Мар HD40», «Тро-Мар SD40»	—	«Тро-Мар SD40»	«Тро-Мар SRX40»

267. Каковы особенности зарубежной классификации масел?

В зарубежной классификации масел SAE (классификация Общества автомобильных инженеров) предусмотрено подразделение их в зависимости от жесткости условий работы в двигателе и вязкости (табл. 21).

Масла регулярное и премиальное предназначены для дизелей небольшой мощности, работающих на мало-сернистом топливе. Масла для тяжелых условий работы, обозначаемые буквами HD, предназначены для форсированных СОД и ВОД. Повышение качества масел для тяжелых условий работы достигается подбором и количеством присадок.

Примерное соответствие вязкости отечественных масел и SAE дано в табл. 22.

268. Какие отечественные масла эквивалентны маслам зарубежного производства?

В случае необходимости замены циркуляционного масла отечественного производства зарубежным маслом пользуются следующими эквивалентами (табл. 23).

5.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ СМАЗКИ

269. Каковы требования Регистра СССР к системам смазки?

В соответствии с требованиями Регистра СССР в системах смазки могут применяться насосы как навешенные на двигатель, так и автономные с электроприводом.

Для ВОД подача откачивающего масляного насоса принимается в 2—2,5 раза больше подачи нагнетающего насоса.

Давление масляного насоса в зависимости от схемы системы смазки должно быть в пределах 0,18—0,8 МПа (0,18—0,3 МПа для МОД; 0,2—0,5 МПа для СОД; 0,6—0,8 МПа для ВОД). Масляных насосов в системе смазки ГД устанавливают не менее двух, один из которых может быть навешенным на ДВС.

Количество циркулирующего масла в системе определяется принятой для двигателя кратностью циркуляции масла. Для судов неограниченного района плавания в циркуляционной системе смазки рекомендуется устанавливать сепараторы масла, пропускную способность которых выбирают согласно кратности циркуляции масла.

Объем сточно-циркуляционной цистерны должен вмещать все масло, находящееся в системе, с учетом его вспенивания при нагревании.

Уровень масла в цистерне должен быть не более 0,7—0,8 ее высоты.

Вместимость цистерн основного запаса и отработавшего масла должна быть достаточной для размещения в каждой цистерне всего циркулирующего в системе масла.

270. Что понимают под кратностью циркуляции масла в системе смазки?

Кратность циркуляции — отношение часовой подачи масла нагнетающим насосом к его количеству в системе смазки. Кратность циркуляции принимают в зависимости от типа двигателя и передачи.

Двигатель или вид передачи	Кратность циркуляции
МОД большой мощности	10
МОД средней мощности	20
СОД	20—40
Гидрозубчатая передача	5—15
СОД и ВОД с «мокрым» картером	40—60

У высокооборотных тронковых дизелей из-за ограниченных объемов системы смазки объем циркуляционной цистерны (бака) выбирают сравнительно небольшим, ввиду чего кратность циркуляции масла у них достигает 50—60. Однако последнее обстоятельство нельзя считать безусловным недостатком таких систем. Дело в том, что чем больше кратность циркуляции масла в системе, тем быстрее прогревается масло при пуске дизеля и тем раньше он готов к принятию нагрузки.

271. Каковы причины вспенивания масла?

Вспенивание масла выше допустимых пределов нарушает нормальную работу масляного насоса, что выражается в ухудшении или полном прекращении подачи масла в дизель. Вспенивание масла наблюдается в тех случаях, когда количество поступающего в масло воздуха превышает количество удаляемого воздуха.

Наиболее частая причина попадания в масло воздуха — неплотности в приемной полости масляного насоса. Засасывание воздуха в приемную полость насоса чаще всего происходит через сальниковые уплотнения и некачественные прокладки между фланцевыми соединениями. С увеличением разрежения, создаваемого насосом, пропуски воздуха через неплотности возрастают. Для предотвращения попадания воздуха в масляную систему дизеля надбó не только устранять пропуски воздуха на приемной магистрали масляного насоса и в других местах системы, но и подо-

гревать масло перед пуском масляного насоса, если оно имеет низкую температуру.

Другой причиной попадания воздуха в масло является оголение приемной трубы в циркуляционной цистерне, что может произойти при малом количестве масла в цистерне и качке судна. Воздух попадает в масло и в том случае, когда сливная труба, через которую масло поступает в цистерну, расположена выше уровня масла. При ударе струи вытекающего масла о поверхность масла, находящегося в цистерне, происходит захватывание воздуха.

272. Что такое регенерация масла?

Регенерация масла — это частичное или полное восстановление показателей его качества. Регенерация осуществляется как в системах смазки во время эксплуатации, так и на специальных установках. Регенерирование масла можно использовать в дизелях без наддува, у которых $p_{те}$ не превышает 0,49—0,68 МПа, наравне со свежими маслами.

К марке регенерированного масла добавляется буква «р», например масло M10B (р).

273. Почему необходим тщательный контроль уровня масла в циркуляционных цистернах?

Понижение уровня масла может свидетельствовать об утечке масла через неплотности в системе, а повышение — о попадании в масло воды из-за нарушения герметичности змеевиков подогрева, разрушения уплотнений втулок цилиндров или телескопических устройств системы охлаждения поршней (если они охлаждаются водой). Низкий уровень указывает на то, что количество масла в цистерне меньше, чем это необходимо для нормальной работы системы смазки. В этом случае насос забирает масло, которое не успевает отстаиваться (из которого не удалены воздух и газы). Все это увеличивает вспенивание масла и соответственно приводит к падению давления в системе смазки. Кроме того, при качке судна может произойти захват воздуха во всасывающую магистраль насоса, подающего масло в систему, а это недопустимо, так как нарушается режим смазки.

Причины, вызвавшие изменение уровня масла, подлежат немедленному устранению. Следует иметь в виду, что небольшое количество воды всегда появляется в масле циркуляционной системы смазки двигателя вследствие конденсации водяных паров воздуха, находящегося в резервуарах и трубах системы. Однако этой воды так мало, что ее присутствие не сказывается на повышении уровня масла в цистернах. Если же уровень масла заметно повысился, то необходимо выявить причину данного явления.

274. Почему циркуляционную цистерну нельзя полностью заполнять маслом?

В любых случаях заправлять цистерну маслом полностью не разрешается. Особенно важно соблюдать это требование для систем ВОД с «сухим» картером, в которых предусмотрено удаление масла, стекающего в поддон картера, маслооткачивающим насосом. Подача этого насоса, рассчитанного на откачку вспененного масла, обычно в 2 раза или более превышает подачу нагнетающего насоса, который забирает масло из циркуляционной цистерны и подает его в систему смазки. Поэтому при первых же оборотах дизеля откачивающий насос начинает подавать в цистерну больше масла, чем его забирается из цистерны. В результате в цистерне может резко повыситься давление, что приводит к выпучиванию ее стенок, а также наблюдается выбрасывание масла через вентиляционную трубу.

Кроме того, если цистерна заполнена полностью, то воздух и газы из масла не удаляются до тех пор, пока в результате постепенного расходования масла дизелем между уровнем масла в цистерне и ее верхней плоскостью не образуется воздушная прослойка.

275. Как загрязнения влияют на качество масла?

В процессе работы дизеля масло непрерывно загрязняется нерастворимыми в нем веществами. По мере их накопления снижается эффективность моющего действия присадок, содержащихся в масле, возрастает нагарообразование на омываемых маслом поверхностях деталей, увеличивается вязкость масла. Источниками загрязнений являются не полностью

сгоревшее топливо и его зольные элементы, продукты разрушения присадок и окисления самого масла, продукты изнашивания деталей, окалина и другие вещества.

Скорость накопления в масле загрязнений и их характер зависят от многих факторов, к важнейшим из которых следует отнести качество применяемых масла и топлива, степень совершенства средств очистки масла в процессе работы дизеля, условия эксплуатации.

Загрязнение масла абразивными веществами не только усиливает изнашивание деталей дизеля, но и может привести к их повреждению. Поэтому необходимость удаления из масла абразивных примесей очевидна. Это же можно сказать и в отношении удаления из масла воды: ее присутствие ухудшает смазывающие свойства масла, вызывает коррозию деталей дизеля, способствует выпаданию из масла присадок.

Содержащиеся в масле продукты его окисления растворяются в воде, образуя электролит, который вызывает коррозию черных и цветных металлов, что особенно заметно отражается на состоянии антифрикционного сплава подшипников. Усилению коррозии деталей дизеля способствуют как загрязнения, находящиеся в самом масле, так и выпавшие из него в виде шлама, осевшего на стенках картера или в сточной цистерне.

Своевременное удаление из масла всех нерастворимых в нем веществ способствует повышению надежности работы смазываемых деталей дизеля, удлинению срока их службы, увеличению межремонтного периода и сокращению расхода масла. Поэтому общим требованием, предъявляемым к средствам очистки масла при эксплуатации СДУ, является наиболее полное удаление из масла всех видов загрязнений.

276. Почему вязкость циркуляционного масла по мере срока работы двигателя, как правило, постепенно увеличивается?

Увеличение вязкости циркуляционного масла по мере срока работы на нем дизеля объясняется не только накоплением нерастворимых в нем веществ, но и испарением легких фракций масла, происходящим наиболее интенсивно в первый период работы дизеля после полной или частичной замены масла. Повышение вязкости масла ухудшает его прокачиваемость по эле-

ментам системы, затрудняет отвод теплоты от смазываемых деталей и снижает механический КПД дизеля вследствие роста потери мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения.

277. Возможно ли в эксплуатации снижение вязкости циркуляционного масла?

Снижение вязкости масла может произойти только из-за попадания в него топлива, что наблюдается при нарушении уплотнений в топливной системе дизеля или плохом распылении топлива форсунками. Чем меньше вязкость топлива и чем больше его попадает в масло, тем заметнее падает вязкость масла. Это приводит к ухудшению смазывающих свойств масла, снижает допускаемую нагрузку на подшипники, усиливает склонность масла к отложению на деталях двигателя лаков и нагаров, повышает взрывоопасность масляных паров. Именно поэтому изменение вязкости масла на 20 % по сравнению с вязкостью свежего масла и является одним из браковочных показателей, определяющих необходимость его замены.

278. По какому параметру можно обнаружить попадание топлива в масло?

При работе дизеля на тяжелом топливе определить попадание топлива в масло можно только по температуре вспышки масла, так как его вязкость в этом случае мало изменится. Снижение температуры вспышки масла под влиянием попавшего в него топлива будет зависеть в основном от температуры вспышки топлива: чем она ниже, тем ниже будет и температура вспышки масла.

Согласно действующим инструкциям температура вспышки масла, находящегося в циркуляционной системе смазки дизеля, не должна быть ниже 443 К, что диктуется требованиями противопожарной безопасности. Если разбавления масла топливом не происходит, то температура вспышки масла с увеличением срока его работы в дизеле меняется незначительно.

Некоторое повышение температуры вспышки можно наблюдать в период между доливками масла, особенно если они производились через большие промежутки времени, что связано с испарением легких фракций

масла. При каждой очередной доливке в масло вносятся низкокипящие фракции, и температура вспышки масла вновь возвращается к первоначальному значению.

279. Какие способы очистки масла применяют в судовых дизелях?

В судовых дизелях в основном применяют такие способы очистки масла, как отстаивание, сепарация и фильтрация. Выбор способа очистки масла, работающего в системе циркуляционной смазки, в основном определяется конструкцией дизеля и физико-химическими характеристиками применяемого в данном двигателе топлива.

280. Как производят отстаивание масла?

Способ очистки масла отстаиванием достаточно эффективен, если цистерна, которую используют для отстаивания, имеет систему подогрева. Отстаивание целесообразно производить в качестве подготовительной операции перед сепарацией масла в том случае, когда в нем возросло содержание механических примесей и появились водные растворы кислот. Этим способом можно пользоваться только во время стоянок судна, причем режим отстаивания устанавливают в зависимости от длительности стоянки судна и вместимости отстойной цистерны. Если позволяет время, то удовлетворительные результаты дает отстаивание, при котором масло в цистерне подогревают 25—30 ч.

Подогрев способствует выпариванию из масла влаги и легких фракций топлива (попадание которого в масло не исключается), понижает вязкость масла, ускоряет процесс отстаивания механических примесей. Если позволяет время, то после отстаивания с подогревом масло выдерживают в отстойной цистерне еще 2—3 сут. После этого масло подвергают сепарации и перекачивают в циркуляционную цистерну.

281. Как производят сепарацию масла?

Сепарация — наиболее производительный способ очистки масел, содержащих моющие присадки и удерживающие в дисперсном состоянии нерастворимые частицы размером менее 1 мкм. Циркуляционное масло может быть загрязнено окалиной, твердыми частицами, попадающими в него из продувочного воздуха, и т. п.

Все эти частицы, обладающие абразивным действием, следует удалить из масла.

С увеличением плотности загрязнений и уменьшением вязкости масла разделяющая способность сепаратора возрастает. Размеры частиц примесей, которые может задерживать сепаратор при очистке масла, уменьшаются с ростом температуры масла и повышением плотности примесей. Заметное влияние на размеры задерживаемых частиц оказывает и очищающая способность сепаратора. Производительность сепаратора, при которой достигается наилучшая очистка масла, составляет примерно $1/3$ номинального значения. Более точно производительность сепаратора для конкретного сорта масла и условий его работы в системе смазки и правильность выбранного режима сепарирования можно определить путем отбора проб масла на входе в сепаратор и выходе из него. Сравнение результатов анализов этих проб на содержание механических примесей, золы и воды при работе сепаратора на различных режимах позволяет установить оптимальный режим сепарирования.

Чем лучшими моющими и диспергирующими свойствами обладает масло, тем ниже должна быть выбрана подача сепаратора. При сепарировании масел, содержащих высокоэффективные диспергирующие присадки, подача сепаратора не должна превышать 20—30 % номинальной.

282. От чего зависят периодичность и продолжительность работы сепаратора?

Периодичность и продолжительность работы сепаратора в основном зависят от качества масла и тепловой нагрузки дизеля. В СДУ с крейцкопфными ГД, где масло используется только для смазки подшипников коленчатого вала и некоторых других поверхностей трения, сепаратор работает 40—50 % времени работы дизеля. При использовании масла циркуляционной системы смазки для охлаждения головок поршней процессы окисления масла значительно ускоряются, и сепарирование масла занимает 70—80 % времени работы дизеля.

В СДУ с ГД тронкового типа сепаратор также является основным средством очистки масла от загрязнений. Сепарацию масла в этих дизелях осуществляют

в течение всего времени их работы и даже во время стоянок судна.

Это вызвано тем, что в тронковых дизелях загрязнение масла происходит интенсивнее, чем в крейцкопфных, так как масло в них используется для смазки не только подшипников, но и деталей ЦПГ, где оно подвергается воздействию высоких температур работающих в цилиндре газов, загрязняется продуктами неполного сгорания топлива, его зольной частью, продуктами изнашивания металла деталей двигателя.

В системах смазки ВД сепарацию масла, как правило, не применяют.

283. Для чего промывают масла водой при сепарации?

Для повышения качества сепарации иногда промывают водой циркуляционные масла, не содержащие присадок, а также некоторые масла с антикоррозионными и антиокислительными присадками. Некоторые присадки способствуют эмульгированию масла с водой, выпадая из него в виде сгустков, а другие хорошо растворяются в воде и могут быть удалены при промывании. Поэтому масла с присадками промывают только в том случае, если известно, что присадки не растворяются в воде и не способствуют образованию водомасляной эмульсии.

Вода растворяет минеральные кислоты и способствует укрупнению (коагуляции) нерастворимых в масле загрязнений, которые в этом случае удаляются значительно эффективнее. Промывание водой позволяет частично удалить из масла высокомолекулярные органические кислоты; его рекомендуется производить и при попадании в систему смазки морской воды с целью освобождения масла от солей.

Промывают масло пресной водой в количестве 2—5 % установленной подачи масла в сепаратор. Температура воды при поступлении в сепаратор должна быть на 5 К выше температуры сепарируемого масла.

В период промывания сепаратор работает в режиме пурификации; при этом из масла удаляется вся вода, которая в него попала.

За сутки до прибытия к месту стоянки промывание масла водой прекращают, и сепарацию ведут до полного удаления из него воды. Это делают для предот-

вращения коррозии шеек коленчатого вала и других вращающихся деталей во время длительного бездействия двигателя.

284. Что представляет собой сепарация масла центробежными устройствами, навешенными на двигатель?

Сепарация масла центробежными устройствами, навешенными на двигатель, как и обычная сепарация масла, основана на использовании центробежных сил и носит избирательный характер, т. е. позволяет удалить из масла ряд примесей, плотность которых выше плотности очищаемого масла.

Эти устройства (центрифуги) применяют на ряде СОД и ВОД для очистки циркуляционного масла; их применяют вместо стандартных фильтров тонкой очистки (ФТО), что значительно снижает интенсивность изнашивания втулок цилиндров, шеек коленчатых валов, поршневых колец и т. д.

Сепарация с использованием центробежных сил — эффективное средство очистки масел от абразивных веществ. Очистка масел от неорганических примесей при этом происходит лучше, чем от примесей органического происхождения; при прочих равных условиях их удаляется в 2—3 раза больше, чем органических примесей. Поэтому в ряде случаев установкой только этих устройств не достигается удаления из масла асфальтосмолистых веществ и приходится дополнительно включать в систему смазки байпасный ФТО.

Особенно заметный эффект дает применение этих устройств для очистки масел с присадками. Хотя они в меньшей степени задерживают присадки, чем ФТО, но, удаляя продукты изнашивания, которые являются катализаторами окисления углеводородов масла, они удлиняют время действия присадок. Тонкость очистки составляет 3—8 мкм.

285. В чем заключаются особенности очистки масла способом фильтрации?

По сравнению с центробежными способами очистки, когда из очищаемого масла удаляются частицы, плотность которых больше плотности масла, при фильтрации задерживаются нерастворимые в масле частицы, размеры которых превышают размеры пор

фильтрующего элемента независимо от плотности этих частиц. В отложениях на фильтрах тонкой очистки содержится в несколько раз больше органических веществ, чем удаляемых из смазочного масла при центробежной сепарации. В то же время минеральных загрязнений из масла улавливается фильтрами несколько меньше, чем при центробежных способах очистки.

Способность ФТО задерживать асфальтосмолистые вещества, размеры частиц которых часто меньше размеров пор фильтра, объясняется адсорбцией этих веществ на поверхности фильтрующего материала вследствие различия в знаках электростатических зарядов органических веществ и фильтрующего материала. Размеры частиц, задерживаемых ФТО, могут быть меньше размера ячеек фильтрующего элемента еще и потому, что размеры пор фильтрующего материала во время работы фильтра все время уменьшаются из-за прилипания различных загрязнений.

Для фильтрации масла чаще всего применяют фильтры поверхностно-адсорбирующего типа с тонкостью очистки до 5 мкм, однако имеются ФТО, улавливающие и более мелкие частицы. Основная особенность этих фильтров (по сравнению со щелевыми и объемно-адсорбирующими) — большая фильтрующая поверхность. Существенный недостаток этих фильтров — невозможность очистки, ввиду чего при загрязнении фильтрующего материала элемент заменяют новым.

На ряде серийных отечественных дизелей установлены эффективные полнопоточные ФТО типа «Нарва». Фильтры типа С1С фирмы «Андерсен и Бот» (Дания) применяют в циркуляционных системах смазки некоторых дизелей вместо сепараторов. Они обеспечивают тонкость очистки масла до 1 мкм и освобождают его от неорганических кислот.

286. Почему давление масла, направляемого в холодильник, при работе дизеля должно быть несколько выше, чем давление воды, прокачиваемой по трубкам холодильника?

Если бы давление воды, прокачиваемой по трубкам холодильника, было больше, чем давление масла, то при малейшем повреждении трубок холодильника у работающего дизеля вода могла бы попасть в масло, что недопустимо. Однако разница в давлениях

масла и воды еще не дает полной гарантии от попадания воды в масло, если трубки холодильника все же повреждены, так как при остановке дизеля, когда давление масла падает, не исключается возможность попадания воды в масляную полость холодильника.

287. Почему необходим тщательный контроль за работой масляной системы после смены масла?

После смены масла в начальный период работы дизеля необходимо особенно тщательно контролировать работу масляной системы, так как во время выполнения операции по замене масла не исключается попадание в систему посторонних веществ, волокон ветоши, применявшейся для протирки элементов системы, и т. п. Для этого через каждые 20—30 мин проверяют состояние фильтров и постоянно наблюдают за показаниями манометров, установленных в системе.

288. С какой целью производят предпусковое прокачивание дизеля маслом?

После остановки дизеля горячее и потому маловязкое масло стекает с поверхности трения, а оставшегося в подшипниках масла недостаточно для образования масляной пленки на деталях при последующем пуске. Кроме того, если перед пуском дизеля масло мало прогрето, то сразу после пуска масляный насос не успевает подать необходимый объем масла в масляную магистраль, так как холодное масло перепускается в большом количестве через редукционный клапан насоса обратно в его приемную полость.

Надо иметь также в виду, что у ряда ВОД при пуске их без предварительного прокачивания маслом в особенно неблагоприятном положении оказывается последний рамовый подшипник коленчатого вала, который позже остальных подшипников получает масло из масляной магистрали.

289. Какие параметры масляной системы необходимо поддерживать в строго определенных пределах?

Во время работы дизеля необходимо поддерживать в строго определенных пределах следующие параметры масляной системы: давление масла до и после

фильтров, после циркуляционных насосов дизеля, редуктора, гидромуфты и турбокомпрессора, а также степень разрежения в полостях всасывания данных насосов; температуру масла до и после масляного холодильника, на выходе из системы охлаждения поршней на каждом цилиндре и в системе смазки турбокомпрессоров (табл. 24).

Таблица 24. Температурный режим системы смазки

Температура среды и разность температур	Типы дизелей		
	МОД	СОД	ВОД
Температура масла на выходе из двигателя, К	328—338	333—338	338—343
Изменение температуры масла (разность) в маслоохладителе, К	8—10	8—12	(363) 8—15

При возрастании перепада давлений масла до и после фильтра свыше допускаемого значения или при резком падении перепада давлений следует переключить подачу масла на резервный фильтр, а выведенный из действия фильтр очистить или заменить в нем фильтрующий элемент.

При очистке фильтров особое внимание необходимо обращать на присутствие в шламе блесок металла, что может служить признаком интенсивного изнашивания трущихся деталей. Следует контролировать работу лубрикаторов, проверяя при этом расход цилиндрического масла и распределение его по точкам смазки.

При внезапном падении давления масла или при ненормальном повышении его температуры необходимо у ГД, работающего непосредственно на ВФШ, понизить частоту вращения вала, а у дизеля, работающего на ВРШ или генератор, уменьшить нагрузку и перейти на работу резервным масляным насосом. Если после этого давление и температура масла не восстановятся до нормальных значений, то дизель следует остановить для выяснения причин неисправности, не прекращая прокачивание его маслом.

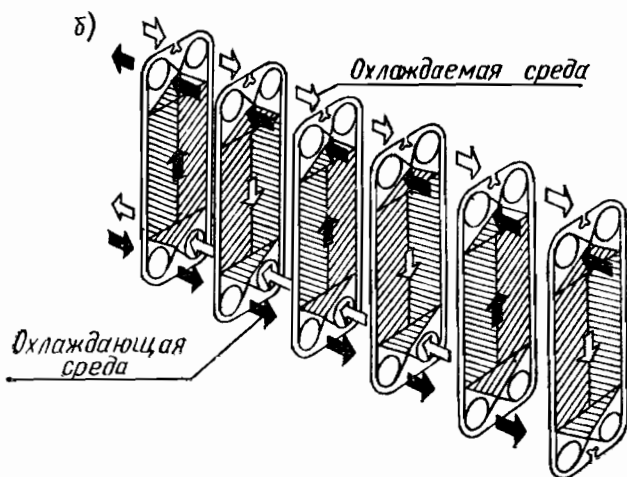
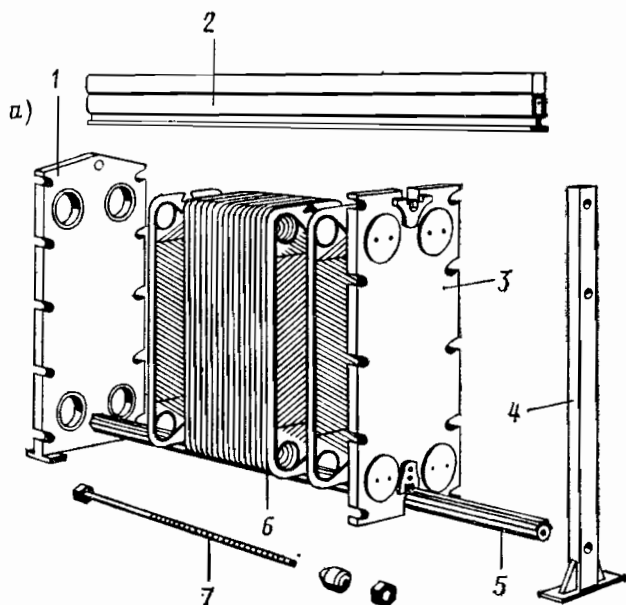


Рис. 56. Пластиновый маслоохладитель: а — устройство; б — направление движения охлаждающей и охлаждаемой сред
 1 — неподвижная плита; 2 — верхняя направляющая штанга; 3 — подвижная плита; 4 — опорная стойка; 5 — нижняя направляющая штанга; 6 — пакет пластин; 7 — стяжной болт

290. Какие типы маслоохладителей используют в настоящее время в системах смазки судовых дизелей?

В последнее время стали преимущественно использовать пластинчатые маслоохладители. В них теплообмен происходит в плоских каналах, образованных штампованными пластинами с гофрами различной формы. Преимущества пластинчатых теплообменников — это легкость разборки и очистки, меньший расход металла на изготовление; недостатки — большое число уплотняющих прокладок из маслостойкой резины и одинаковая форма каналов для протока масла и воды.

Конструкция такого охладителя показана на рис. 56. Соотношение размеров обычного трубчатого и пластинчатого охладителей приведено на рис. 57.

291. Как устанавливают нормы расхода масла?

Норма расхода масла зависит от коэффициента использования мощности ГД, который оценивается отношением нормативного расхода топлива к расходу его при работе на номинальной мощности. Нормы расхода

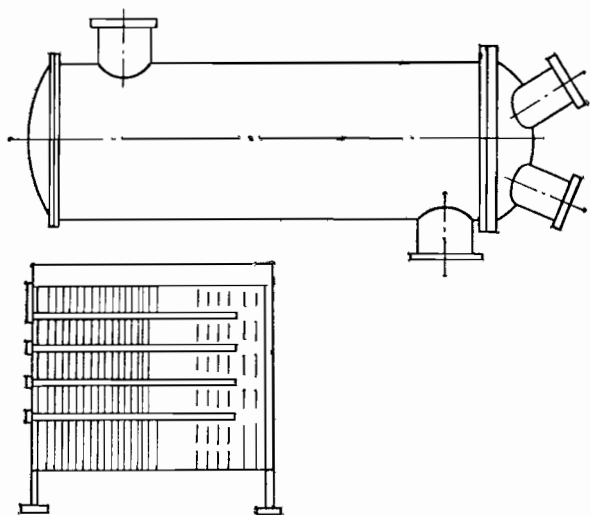


Рис. 57. Соотношение размеров трубчатого и пластинчатого охладителей при одинаковой теплопередающей способности

масла установлены для трех значений коэффициента использования мощности $k_{н. м.}$, которые наиболее часто встречаются при нормальной эксплуатации судна: 0,6—0,7; 0,7—0,8 и свыше 0,8.

Для судов с новыми и капитально отремонтированными двигателями, работающими первую навигацию, принимают другие нормы расхода масла, чем для судов с двигателями, работающими более одной навигации. Если на судне находятся дизели с разным техническим состоянием или разных типов, то за норму принимают средние нормы расхода масла, рассчитанные для конкретных дизелей.

Нормы расхода масла зависят от типа двигателя, его технического состояния, условий использования; они составляют 1,3—5,0 % расхода топлива.

292. От каких факторов зависит расход масла и как может быть обеспечена его экономия?

Расход масла обусловлен сроком службы и потерями его на угар в период работы. Срок смены масла зависит не только от его физико-химических свойств, но и от технического состояния и режима работы двигателя, интенсивности прорыва газов в картер, скорости окисления масла, накопления нерастворимых примесей, продуктов изнашивания, срабатывания при-садки и т. д.

Смена масла по фактическому старению (по браковочным показателям) обеспечивает значительную экономию масла по сравнению со сменой его по количеству отработанных часов.

Потери масла на угар зависят от особенностей конструкции двигателя, его технического состояния, режима работы и качества масла. В эксплуатационных условиях по мере изнашивания деталей ЦПГ расход масла на угар растет.

Регулярный контроль за качеством масла осуществляют судовые или центральные теплотехнические лаборатории пароходств, благодаря чему продлевается срок его службы в двигателях.

В настоящее время на многих судах значительно удлинен срок службы смазочных масел, а в ряде случаев обеспечена работа двигателей без смены масла не только в течение годичной навигации, но и несколь-

ких лет. Помимо регулярного контроля за качеством масла основными мероприятиями по его экономии являются применение масел с multifunctional присадками, тщательная регулировка подачи масла лубрикаторами, максимальная унификация масел, совершенствование средств их очистки, регенерация отработавшего масла.

293. Как контролируют качество масла, циркулирующего в системе смазки дизеля?

Не реже 3 раз в месяц масло, находящееся в системе смазки дизеля, следует подвергать анализу в судовой лаборатории на вязкость, содержание механических примесей, на наличие водорастворимых кислот, а также определять температуру его вспышки.

Полный анализ качества масла производят не реже 1 раза в 3 мес., для чего пробы масла направляют в лабораторию пароходства. Пробу масла следует брать во время работы дизеля при выходе масла из фильтра грубой очистки.

294. Какие физико-химические показатели определяют необходимость смены масла?

По физико-химическим показателям (вязкости и температуре вспышки, кислотному числу и содержанию механических примесей, воды и топлива) определяют необходимость смены масла в двигателе. Эти показатели называют браковочными. Для каждого дизеля они имеют свое конкретное и строго индивидуальное значение. Ориентировочно масло подлежит замене, если в результате анализа было установлено, что вязкость и температура вспышки снизились на 20 %, кислотное число превышает предельное значение (для подшипников с небаббитовыми вкладышами оно равно 0,5 мг КОН на 1 г масла, для подшипников с баббитовыми вкладышами — 2,5 мг КОН на 1 г масла). Общее содержание механических примесей в масле у средне- и высокооборотных дизелей должно быть не более 1 %, у малооборотных — не более 1,5 % (содержание механических примесей в маслах с присадками моющего и диспергирующего типов допускается до 3 %).

Браковочными аварийными показателями является содержание воды (до 0,5 %) и топлива (до 3 %).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ И СЖАТОГО ВОЗДУХА

6.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ

295. Какие показатели характеризуют качество воды, применяемой в системах охлаждения судовых дизелей?

Качество воды, применяемой в системах охлаждения дизелей, характеризуют следующие показатели: общее солесодержание, жесткость, содержание хлоридов, растворенных газов, органических веществ и механических примесей (взвешенных частиц). К числу критериев качества охлаждающей воды относятся также щелочность и водородный показатель.

296. Что понимают под общим солесодержанием воды?

Общее солесодержание определяется суммарным содержанием всех растворенных в воде минеральных веществ и измеряется в миллиграммах на литр. В зависимости от общего солесодержания вода может быть высокоминерализованной (морская, океанская) и со средней и малой минерализацией (пресная, речная). Чем выше общее солесодержание, тем больше опасность коррозионного воздействия воды на металлы.

297. Что понимают под жесткостью воды?

Жесткость воды определяется содержанием в ней растворенных солей кальция и магния и измеряется в миллиграмм-эквивалентах на литр. Жесткость в 1 мг-экв/л соответствует содержанию 20,0 мг/л кальция или 12,2 мг/л магния. Соли кальция и магния являются веществами, непосредственно образующими накипь на поверхностях охлаждения дизелей.

Общая жесткость воды равна сумме карбонатной и некарбонатной жесткостей и при заливке воды в систему охлаждения должна находиться в пределах 1,5—3,0 мг-экв/л. Если в воду добавляют антикоррозионное масло, то применение более мягкой воды спо-

способствует коррозии металла и образованию пены; более жесткая вода вызывает разрушение масляной эмульсии с выделением слизистых известковых мыл, загрязняющих стенки полостей охлаждения.

Карбонатная жесткость — главная причина образования накипи.

298. Что представляют собой хлориды?

Хлориды (хлористые соли) являются одной из составляющих частей общего солесодержания. Их содержание измеряют в миллиграммах хлор-иона, растворенного в 1 л воды. Эти соли наиболее активно вызывают коррозию, усиливают процесс огафричивания чугуна, разрушают защитные пленки, образовавшиеся на металлических поверхностях под действием ингибиторов (замедлителей) коррозии. Содержание хлоридов позволяет оценить агрессивные свойства воды; оно не должно превышать 200 мг/л.

299. Что понимают под щелочностью воды?

Щелочность (щелочное число) характеризует наличие в воде соединений гидроокиси натрия, фосфата натрия и карбоната натрия. Численно щелочность воды равна такой концентрации в ней едкого натра (мг/л), которая необходима для нейтрализации этой воды.

Если щелочность воды нулевая, в ней может появиться кислотность, которая способствует коррозии металла и разрушает защитную пленку, образуемую присадкой антикоррозионного масла. Поэтому предпочтительнее, чтобы вода обладала слабощелочной реакцией.

300. Что характеризует водородный показатель воды?

Водородный показатель воды характеризует концентрацию в ней ионов водорода. Значение pH показывает, какую реакцию может дать вода — кислотную или щелочную. При $\text{pH} = 7$ вода обладает нейтральными свойствами; при более низких значениях pH вода склонна к кислой реакции, а при более высоких — к щелочной. Рекомендуются, чтобы находящаяся в системе охлаждения вода имела $\text{pH} = 7 \div 8$ (при 293 K).

301. Какие операции выполняют при обработке воды в судовых условиях?

Обработка воды в судовых условиях включает следующие операции: дистилляцию (полное обессоливание); кипячение с целью выделения в осадок солей карбонатной жесткости, удаляемых отстаиванием или фильтрацией; химическую обработку щелочами и фосфатами с целью выделения в осадок солей «жесткости» (кальция и магния).

Для повышения жесткости слишком мягкой пресной воды, предназначенной для использования в системах охлаждения, ее смешивают с более жесткой водой. После предварительной обработки воды к ней добавляют специальные присадки, существенно уменьшающие кавитационно-коррозионные разрушения металла в полостях охлаждения деталей дизеля и препятствующие накипеобразованию.

По составу и характеру действия присадки бывают эмульсионные и химические.

302. Каков характер действия эмульсионных присадок и как ими пользуются?

В качестве эмульсионных присадок применяют специальные антикоррозионные масла. Эти масла при введении в воду образуют устойчивую эмульсию, которая создает на охлаждаемых поверхностях деталей тончайшую пленку, не препятствующую теплообмену, но предотвращающую разрушение металла и отложение твердой накипи.

Существует несколько марок антикоррозионных масел. Отечественное масло ВНИИНП-117 надежно защищает металл как от коррозионного, так и от кавитационного и эрозионного разрушений. Поэтому данное масло рекомендуется применять в первую очередь в подверженных эрозионному разрушению деталей ВОД и в СДУ, где система охлаждения является общей для ГД и ВД. Для проверки качества антикоррозионного масла несколько капель его вводят в стакан с пресной водой; после перемешивания масла с водой должна образоваться стойкая эмульсия молочного цвета.

К маслам зарубежного производства относятся: «Дромус Ойл» В и D, «Донакс» С, «Котвелл 40», «Солвак 1535», «Веритас» и др. При дозировании антикоррозионного масла пользуются следующими соотноше-

ниями: в начальный период применения масла на дизеле, вводимом в эксплуатацию или проработавшем длительное время без этого масла, 1 % (10 кг масла на 1 т воды); в период нормальной эксплуатации 0,5 %. При такой концентрации защитная масляная пленка имеет минимальную толщину и не оказывает влияния на условия теплопередачи. При массовом содержании более 1 % толщина масляной пленки может достигнуть 0,5 мм и выше, а это нежелательно, так как может иметь место перегрев цилиндров. В этом случае требуется промывка системы охлаждения (необходимость в промывке возникает и в случае попадания в систему смазочного масла или топлива).

Дозировка антикоррозионного масла «Веритас» должна составлять не менее 3 %. Выбранную дозу масла предварительно смешивают с 5-кратным объемом пресной воды. Затем эту смесь через расширительную цистерну вводят во всасывающую магистраль водяного насоса при непрерывной циркуляции воды в системе. В процессе эксплуатации требуется пополнять систему водой для компенсации ее испарения и утечек. Доливаемая вода антикоррозионного масла не содержит, а поэтому его концентрация постепенно уменьшается; минимально допустимое массовое содержание составляет 0,3 %. При более низких значениях в систему добавляют масло, доводя его концентрацию до 0,5 %.

Содержание масла в охлаждающей воде проверяют выделением его из пробы воды путем добавки к 100 мл воды 30 мл концентрированной соляной кислоты и последующего отстаивания. Масса масла (в миллиграммах), выделяющегося на поверхности жидкости, будет соответствовать его массовому содержанию в воде. Контрольные анализы производят 1 раз в неделю, фиксируя их результаты в технической документации.

303. Что представляют собой химические присадки?

Химические присадки образуют на поверхности охлаждаемых деталей тонкие и прочные оксидные пленки, защищающие металл от коррозии. В качестве такой присадки на судах используют бихромат калия или натрия ($K_2Cr_2O_7$ или $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$), называемый хромпиком. Последний предварительно растворяют в 15—20-кратном количестве воды. В систему охлажде-

ния его вводят из расчета 10—11 г на 1 л охлаждающей воды. В процессе эксплуатации следует контролировать концентрацию присадки в воде, которая уменьшается в результате периодического долива в систему свежей воды. При снижении концентрации присадки в воде ее добавляют из расчета

$$G = V/100 (1 - k_x),$$

где G — количество хромпика, которое необходимо добавить в охлаждающую воду, кг; V — объем воды в системе охлаждения, л; k_x — концентрация хромпика в воде по данным анализа, %.

6.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

304. Почему для охлаждения судовых дизелей стали применять только замкнутые системы охлаждения?

Охлаждение судовых дизелей, как правило, осуществляется пресной водой, циркулирующей по замкнутому контуру. Это объясняется тем, что проточные системы охлаждения забортной водой имеют ряд недостатков: из-за интенсивного выпадения солей невозможно поддерживать достаточно высокий уровень температуры воды; под влиянием электрохимической коррозии быстро загрязняются и разрушаются зарубашечные полости дизеля; при понижении температуры забортной воды может произойти переохлаждение дизеля; если дизель охлаждается забортной водой, то верхний температурный предел выходящей из дизеля морской воды определяется тем, что при ее нагревании выше 323—328 К начинают интенсивно выделяться содержащиеся в ней соли хлора, натрия, магния, кальция и др., которые осаждаются в виде плотного слоя накипи на горячих поверхностях втулок цилиндров и препятствуют нормальному теплоотводу. Появление слоя накипи толщиной в 2 мм почти вдвое увеличивает температуру охлаждаемой стенки, что при определенных условиях может привести к появлению в ней трещин. Естественно, пресная вода, а тем более дистиллированная, позволяет поддерживать в дизеле более высокий температурный режим.

При более высокой температуре охлаждающей воды в полостях охлаждения камеры сгорания период за-

держки воспламенения топлива сокращается. Поэтому давление сгорания и скорость нарастания давления уменьшаются, сгорание топлива развивается более плавно, работа дизеля становится мягче и экономичнее.

В некоторых современных высокооборотных дизелях применяются системы высоко температурного охлаждения, в которых температуру воды на выходе из дизеля можно поддерживать более 373 К. Последнее возможно осуществить, если в системе поддерживается давление более высокое, чем атмосферное.

305. Из каких соображений Регистр СССР устанавливает подачу циркуляционного водяного насоса?

Подача насоса пресной воды зависит от количества теплоты, которое необходимо отвести от двигателя с водой; подача насоса забортной воды определяется количеством теплоты, отводимой от маслоохладителя, холодильника пресной воды и охладителя наддувочного воздуха.

Определенные расчетом подачи насосов пресной и забортной воды оказываются близкими, и в целях унификации оборудования их часто выполняют одинаковыми по конструкции.

306. Какие параметры системы охлаждения контролируют во время работы дизеля?

Во время работы дизеля контролируют следующие параметры системы охлаждения: уровень воды в расширительной системе; температуру воды внутреннего контура до и после водяных холодильников, на выходе из каждого цилиндра и на выходе из системы охлаждения каждого поршня (если они охлаждаемые); температуру забортной воды до и после холодильников пресной воды, масла и продувочного воздуха; разрежение в полостях всасывания циркуляционных насосов пресной и забортной воды и напор, создаваемый ими.

307. Почему при подготовке к действию системы охлаждения обязательно проверяют уровень воды в расширительной цистерне?

Расширительную цистерну устанавливают на высоте, превышающей высоту наиболее высоко расположенных деталей дизеля, имеющих полости охлаж-

дения, и соединяют трубопроводами внутреннего контура системы охлаждения в двух или трех точках (на всасывающей магистрали циркуляционного насоса, у коллектора сбора пара или воды, выходящих из наиболее высоко расположенных точек системы и в ряде случаев на верхней части водяного холодильника).

Назначение расширительной цистерны заключено в ее названии: она является для воды компенсатором объема, который заметно увеличивается при нагревании ее во время циркуляции в системе. Поэтому над уровнем воды в цистерне должно быть свободное воздушное пространство, составляющее от $1/3$ до $1/4$ объема цистерны. Кроме того, в этом пространстве происходит конденсация пара, отводимого из верхних точек полостей охлаждения. Отверстие для ввода пара в цистерну должно располагаться выше уровня воды в ней (с учетом изменения этого уровня от увеличения объема воды в цистерне), чтобы не создавалось сопротивление выходу пара из полостей охлаждения дизеля. Если расширительная цистерна заполнена водой сверх установленного для нее уровня, то при работе дизеля может не только увеличиться сопротивление выходу пара, но и произойти переполнение цистерны водой с выбросом части ее через вентиляционную трубу. Эти соображения необходимо учитывать при заполнении водой расширительных цистерн большинства ВД.

У многих ГД поддержание постоянства объема воды в цистерне обеспечивается автоматическими устройствами, сообщающими расширительные цистерны с цистернами запаса пресной воды. Наличие таких устройств дает возможность не только отводить часть воды при увеличении ее объема из расширительной в запасную цистерну, но и компенсировать неизбежные утечки воды из системы и расширительной цистерны путем подпитки их водой из запасной цистерны. Минимальным в расширительной цистерне считается уровень воды, соответствующий $1/3$ вместимости цистерны.

308. Как обеспечивается поддержание температуры и давления воды в системе охлаждения?

Во время работы дизеля обслуживание системы охлаждения сводится к поддержанию температур и давлений воды в пределах, обеспечивающих высокие

техничко-экономические показатели работы дизеля и минимальный износ его деталей. Значения этих температур и давлений указаны в инструкции по эксплуатации каждого дизеля.

Давление воды внутреннего контура в зависимости от типа дизеля поддерживают равным 0,15—0,3 МПа; в системе заборной воды давление должно быть несколько меньше, чтобы исключить попадание заборной воды в пресную воду в случае нарушения герметичности в трубках водяного холодильника.

В замкнутых системах, сообщенных с атмосферой, температуру воды, выходящей из дизеля, поддерживают в пределах 333—343 К для МОД и СОД, 348—363 К для ВОД. В замкнутых системах, не сообщенных с атмосферой, температура должна быть 368—378 К для форсированных ВОД.

Температуру выходящей воды целесообразно поддерживать постоянной и на верхнем уровне, указанном заводом-изготовителем. Разность температур должна быть минимальной (5—10 К). Это уменьшает износ втулок цилиндров и поршневых колец и потери теплоты с охлаждающей водой.

Температура воды, выходящей из отдельных цилиндров, должна быть примерно одинаковой; разница допускается не более 2—3 К. Клапаны на патрубках, подводящих воду к цилиндрам, должны быть открыты полностью. Подрегулирование температур на выходе из цилиндров производят с помощью клапанов на сливных патрубках; эти клапаны при нормальном состоянии охлаждения дизеля должны быть открыты на 1—2 оборота.

Качество охлаждения поршней определяют по температуре охлаждающей жидкости и характеру ее потока, выходящего из каждого цилиндра. Если поршни охлаждаются маслом, то температуру масла на входе поддерживают не ниже 313 К, а на выходе — не более 328 К (чтобы избежать интенсивного окисления масла). Насос, прокачивающий поршни маслом, выключают не раньше чем через 30 мин после остановки дизеля. Если поршни охлаждаются водой, то давление воды в автономной системе их охлаждения поддерживают более высоким, чем давление в системе охлаждения цилиндров; оно находится в пределах 0,3—0,4 МПа. Температуру воды на выходе из поршней поддержи-

вают в пределах 328—333 К; разность температур воды перед входом в поршни и после выхода из них должна находиться в пределах 8—12 К.

Если форсунки дизеля охлаждаются водой, то температуру воды на входе поддерживают на уровне 333 К; давление воды 0,15—0,3 МПа.

309. Почему необходимо поддерживать температурный режим системы охлаждения дизеля, указанный в инструкции по эксплуатации?

Достаточно высокий и по возможности постоянный температурный уровень в системе охлаждения надо поддерживать независимо от того, на каком режиме и при какой нагрузке работает дизель. Тепловая напряженность деталей камеры сгорания, и в частности втулки цилиндра, определяется не только уровнем, но и разностью температур на ее наружной и внутренней поверхностях, поэтому существует прямая зависимость между режимом охлаждения и тепловой напряженностью втулки цилиндра.

При увеличении температуры воды разница температур по обеим сторонам стенки втулки уменьшается, а это благоприятно сказывается на возникающих во втулке температурных напряжениях.

В то же время изменение температуры выходящей воды на температурном состоянии поршня и его температурных напряжений отражается по-иному. Если поршень неохлаждаемый и теплоотвод осуществляется только через втулку, то повышение температуры в определенных случаях может вызвать закоксовывание поршневых колец и появление высоких температурных напряжений в днище поршня, причем это явление тем ощутимее, чем больше диаметр цилиндра. Отсюда ясно, почему конструкция многих современных дизелей предусматривает принудительное охлаждение поршней.

Приведенные соображения служат дополнительным подтверждением того, что при назначении верхнего предела температуры выходящей воды обязательно учитывают тепловую напряженность дизеля. Так, если для ВОД, имеющих сравнительно небольшие размеры цилиндров, а поэтому и относительно большие поверхности охлаждения, температуру выходящей воды уста-

навливают 343—363 К, то для мощных МОД с наддувом ее приходится ограничивать величиной 333—343 К. Это объясняется тем, что у последних температура стенки втулки со стороны газа составляет около 453 К, и дальнейшее ее повышение может привести к нарушению прочности масляной пленки, ее исчезновению и появлению сухого трения.

Некоторые дизелестроительные фирмы рекомендуют поддерживать температуру воды на выходе в пределах 323—333 К и лишь при сжигании сернистых топлив допускают увеличивать ее до 348 К. При этом температуру жидкости, идущей на охлаждение поршней, они задают более низкой. Например, температура охлаждающего масла на входе может быть 313 К, а на выходе — 323—328 К. В результате разность температур в полостях охлаждения втулок цилиндров и в головках поршней составляет 5—10 К. Поддержание такой разности должно гарантировать сохранение зазора между поршнем и втулкой цилиндра, а более низкая температура в системе охлаждения поршней обусловлена еще и стремлением обеспечить их работоспособность.

Следует иметь в виду, что с понижением температуры охлаждающей воды увеличивается и интенсивность образования масляного осадка на стенках картера тронкового дизеля, что объясняется конденсацией кислых продуктов сгорания топлива и паров воды. Продукты конденсации стекают с несгоревшим топливом и маслом по стенкам цилиндра в картер, что ведет к ухудшению свойств смазочного масла.

6.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ СЖАТОГО ВОЗДУХА

310. Почему при эксплуатации систем сжатого воздуха необходима очистка воздуха от воды и масла?

При работе компрессора в цилиндры вместе с воздухом попадает и содержащаяся в нем влага. В сочетании с маслом, смазывающим цилиндры, вода образует водомасляную эмульсию, которая может из компрессора поступить сначала в воздушные баллоны, а потом в систему управления дизелем и в его цилиндры. Это приводит к интенсивной коррозии деталей системы

управления, может вызвать их повреждение и отказ в работе.

Учитывая эти обстоятельства, предусматривают тщательное отделение от воздуха воды и масла, удаляя их периодически через продувочные вентили из сепарационных камер холодильников компрессора. Но полного отделения воды и масла до выхода воздуха из компрессора достичь все же невозможно, так как температура воздуха довольно высока, а следовательно, большая часть влаги и масла находится в парообразном состоянии; эти пары от воздуха в сепараторах отделить полностью трудно. Чтобы предотвратить попадание заметных количеств воды и масла в воздушные баллоны, на нагнетательном трубопроводе компрессора устанавливают водо- и маслоотделители. При эксплуатации системы следует периодически продувать камеры сбора эмульсии в водо- и маслоотделителях и очищать или заменять фильтрующие элементы.

311. Каким видам испытаний подвергают воздушные баллоны?

Баллоны подвергают гидравлическим и воздушным испытаниям, а также первоначальному освидетельствованию. Гидравлическое испытание на прочность производят давлением, равным: для сварных и цельнотянутых баллонов $1,5 p$ (где p — рабочее давление), для клепаных давлением до $2,74 \text{ МПа}$ $1,5 p$, с большим давлением $p + 1,37 \text{ МПа}$. Воздушное испытание производят давлением, равным рабочему, в течение 4 ч. После установки на судне баллон подвергают воздушному испытанию совместно со всеми трубопроводами и арматурой в течение 24 ч. Падение давления при этом не должно превышать 0,5 % первоначального давления за 1 ч.

312. Какие сведения включает в себя маркировка на корпусе баллона?

Маркировка на корпусе баллона включает следующие данные: номер чертежа, товарный знак завода-изготовителя, заводской номер, дату изготовления (испытания) и дату следующего испытания, рабочее (Р) и пробное (П) гидравлическое давление, вместимость баллона, л, массу баллона в сборе, кг, клеймо Регист-

стра СССР, вид термообработки (N — нормализация, V — закалка с отпуском).

Дату указывают так: при изготовлении баллона в марте 1988 г. и последующем испытании в марте 1992 г. на баллоне ставят клеймо 3—88—92.

313. Как контролируют техническое состояние баллона?

Для контроля за техническим состоянием баллонов на каждый баллон, установленный на судне, заводят регистровую книгу. В нее заносят маркировку баллона, сведения о его реконструкции, размерах, сварных швах и данные об арматуре. В книгу записывают сведения о начальных и последующих испытаниях, имеющих периодичность: ежегодно — воздушные испытания; каждые 4 года — внутренние освидетельствования; каждые 8 лет — гидравлические испытания. Заносят также сведения о ремонте, замене арматуры, о дефектах и результатах их устранения.

314. Как осуществляют техническое обслуживание воздушного баллона?

От плотности клапанов зависит утечка сжатого воздуха из баллона. Поэтому клапаны следует затягивать усилием руки без использования дополнительного рычага. Большие усилия при закрытии клапана вызывают повреждение его рабочей поверхности и поверхности гнезда.

При расхождении воздуха из баллонной станции, состоящей из нескольких баллонов, и одновременном заполнении одного или нескольких баллонов воздухом от работающего компрессора целесообразно брать воздух из баллона, который в данный момент не подключен к компрессору. Это позволяет снизить вероятность попадания воды и масла в пусковой трубопровод.

В процессе пополнения баллонов сжатым воздухом, а также сразу после окончания этой операции необходимо продувать баллон для удаления воды и масла.

При выполнении работ вблизи баллонов, заполненных воздухом, нельзя наносить удары по поверхности баллонов металлическими предметами.

Техническое обслуживание баллонов предусматривает контрольные осмотры, испытания и ремонт арматуры, очистку внутренних поверхностей баллонов от

загрязнений, освидетельствование и испытание их на прочность, нанесение антикоррозионных покрытий на внутренние и наружные поверхности корпусов баллонов. Особое внимание уделяют предохранительному клапану.

Во время наружного осмотра баллонов проверяют и регулируют их предохранительные клапаны. Если рабочее давление воздуха в баллонах не более 3 МПа, то клапан не должен допускать создания в баллоне давления, превышающего рабочее более чем на 15 %; при большем рабочем давлении — на 10 %.

Плавкая вставка, установленная в головке баллона, всегда должна быть в исправном состоянии. На головке баллона должен быть установлен уловитель осколков плавкой вставки, которая может быть вырвана сжатым воздухом при резком повышении температуры в МО.

315. Какую опасность для СДУ представляют газы, попадающие в трубы воздушной системы из цилиндров дизеля?

Четкое представление о причинах и последствиях попадания горячих газов в воздушные трубы имеет для обслуживающего персонала большое значение, так как позволяет предотвратить такие опасные явления, как взрывы в системах сжатого воздуха. Все методы отделения масла не обеспечивают полной очистки от него воздуха не только на линии от компрессора до баллонов, но и в магистралях, подводящих воздух к пусковым клапанам цилиндров. Если система сжатого воздуха бездействует, то масляные отложения в трубопроводах окисляются постепенно и без образования сколько-нибудь заметного количества тепла. В случае же дополнительного теплового воздействия (из-за попадания в трубопроводы газов или даже искр и пламени из цилиндров через возможные неплотности пусковых клапанов, из-за местного перегрева труб или возникновения искры статического электричества) скорость выделения теплоты многократно возрастает. В результате в трубопроводах системы происходит аккумуляция теплоты, температура их резко возрастает, и масляные отложения самовоспламеняются.

Если количество этих отложений невелико, то реакция горения не носит взрывного характера и сопровождается постепенным выгоранием этих отложений.

Однако при одновременном самовоспламенении большого количества отложений скорость тепловыделения резко увеличивается, их горение сопровождается взрывом. Такой взрыв опасен тем, что может привести к значительным разрушениям в МО и пожару на судне.

316. Какие меры следует принимать для предупреждения взрывов в системе сжатого воздуха?

Для предупреждения взрывов в системе сжатого воздуха необходимо: своевременно продувать холодильники ступеней сжатия компрессора, водомаслоотделители и воздушные баллоны; поддерживать рациональное значение подачи масла для смазки цилиндров компрессора, не допускать заполнения картера компрессора маслом выше контрольной метки с целью предупреждения уноса масла со сжатым воздухом; использовать для смазки компрессора только то масло, которое указано в инструкции по эксплуатации; производить периодическую кратковременную подачу воздуха в воздушный трубопровод в случае длительного бездействия системы, чтобы нарушить процесс аккумуляции теплоты в трубопроводах; своевременно очищать трубопроводы от масляных отложений путем пропаривания и применения химических растворов.

Глава 7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СДУ

7.1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВ И МАСЕЛ. МЕРЫ ПО ИХ ЭКОНОМИИ

317. Что определяет экономичность современного дизеля?

Вопросы экономии на водном транспорте относятся к снижению расхода как топлив, так и более дорогих по сравнению с ними моторных масел. Современный дизель — механизм высокой степени форсировки; при этом удельный расход топлива при работе

на 50 %-й нагрузке может превышать номинальные значения на 4—20 %. Следовательно, работа дизеля на средних и малых ходах экономически невыгодна.

Повышение форсировки, тщательная доводка топливной аппаратуры и рабочего процесса современных судовых дизелей позволили достичь следующих обобщенных показателей по удельному расходу топлива: 183—204 г/(кВт·ч) у МОД; 204—231 г/(кВт·ч) у СОД и 218—245 г/(кВт·ч) у ВОД. Для повышения топливной экономичности современных форсированных дизелей еще имеются некоторые конструктивные резервы. Это снижение механических потерь на трение, которые составляют 12—18 % P_e . Снижение мощности трения эквивалентно снижению расхода топлива. Главные потери имеют место в ЦПГ и в подшипниках коленчатого вала. Эти потери в новых конструкциях снижают конструктивно-технологическими средствами (рациональной конструкцией деталей ЦПГ, уменьшением числа поршневых колец, применением новых антифрикционных материалов и покрытий, обкаточных масел). Маловязкие циркуляционные масла также позволяют экономить топливо.

Обобщенные удельные показатели расхода масел в судовых дизелях следующие, г/(кВт·ч):

МОД (цилиндровые масла)	0,4—1,1
СОД	0,8—2,5
ВОД	1,63—5,4

Эти данные соответствуют расходам масла в новых двигателях, причем в зависимости от времени эксплуатации они возрастают. Общую экономичность современного дизеля оценивают по расходу топлива и масла, включая расход масла на угар и на слив. Экономичность дизелей по расходу ГСМ имеет большие резервы не только в технологической области, но и в сфере эксплуатации их на судах.

В технических условиях на поставку дизелей указывают расход масла, определяемый при номинальной или полной мощности. Именно этот параметр наряду с удельным расходом топлива характеризует как техническое совершенство дизеля, так и экономичность его использования.

318. Какие меры обеспечивают рациональное использование топлив и масел?

В состав СДУ входят один или несколько ГД и ВД; последние в основном являются дизель-генераторами различного назначения. Эти дизели работают на различных режимах, зависящих от типов передачи, двигателя, судна. Судовые дизели имеют различную экономичность в зависимости от мощности и частоты вращения, и их экономические характеристики во многом зависят от условий эксплуатации. Для оценки условий эксплуатации по режимам работы применяют коэффициент использования мощности, т. е. отношение среднеэффективной мощности дизеля к номинальной мощности. Для речных судов с учетом частоты работы на малом и холостом ходах он колеблется от 0,3 до 0,4. Более низкое значение свидетельствует о неэффективном использовании мощности ГД; для морских судов он составляет 0,9—0,95.

Расход топлива на режимах малого и холостого ходов оказывает существенное влияние на эксплуатационную экономичность судна в целом. Для уменьшения расхода топлива на малом ходу рекомендуется использование валогенераторов на ходовых режимах. В процессе эксплуатации одним из способов снижения потерь мощности на механические сопротивления дизеля является стабилизация частоты вращения коленчатого вала на малом и холостом ходах.

При работе на режимах малого и холостого ходов наблюдается ухудшение процесса сгорания вследствие некачественного распыливания топлива, увеличение периода задержки самовоспламенения и возрастание относительных тепловых потерь с охлаждающей водой и маслом.

Некоторые суда имеют двухвальную или трехвальную энергетическую установку, на которой при движении малым ходом может работать один из ГД на частоте вращения, близкой к номинальной, что обеспечивает более полное сгорание топлива и ведет к его экономии. Уменьшить период задержки самовоспламенения на холостом (малом) ходу можно корректировкой угла опережения подачи топлива с помощью специального механизма, которым снабжены некоторые дизели.

В настоящее время установленные на судах валогенераторы на ходовом режиме используются примерно

Таблица 25. Главные пути экономии топлива в СДУ

Мероприятия	Способы их осуществления	Возможная экономия, %
Обеспечение экономичных режимов работы дизеля и систем	1. Работа ГД на экономичном режиме $\eta = (0,7 \div 0,95) \eta_{\text{ном}}$. Работа ВД на экономичном режиме $\eta = (0,75 \div 0,85) \eta_{\text{ном}}$ 2. Работа водяной и масляной систем в оптимальном температурном режиме 3. Работа системы топливоподготовки с минимальными энергозатратами и потерями топлива	6—10 (в зависимости от типа дизелей и рейса) 2—3 1—3
Своевременная мойка дизелей	Очистка нагаров в камерах сгорания, всасывающего и выпускного трактов, поверхностей нагрева	3—4
Оптимальное регулирование дизелей	Регулирование топливной аппаратуры по углу опережения и давлению распыла, регулирование клапанов	4—5
Докование судна	Очистка корпуса, ремонт винторулевого комплекса	1—7

на 40 % их номинальной мощности. Увеличение съема мощности с каждого валогенератора дает прибавку в экономии топлива, так как электроэнергию вместо менее экономичных высокооборотных ВД вырабатывают ГД, у которых удельный расход топлива значительно ниже.

Большое влияние на расход топлива и масла оказывает техническое состояние дизеля и, в первую очередь, деталей ЦПГ. Выполнение правил технической эксплуатации и регулярные проведения теплотехнических испытаний двигателей, систематическая оценка состояния СДУ дают возможность поддерживать ГД и ВД на должном техническом уровне и своевременно устранять перерасход топлива. Наряду с вышеуказанными мерами по обеспечению экономичности дизелей существуют и другие меры. Главные из них приведены в табл. 25. Рациональное использование масел предполагает их обоснованный выбор с учетом конструк-

тивных особенностей дизеля и условий эксплуатации, а также снижение расхода масел на угар и замену. Качество масел в основном определяется количеством и эффективностью вводимых в них присадок. Правильно выбранный сорт масла в значительной степени способствует повышению надежности, долговечности и экономичности судовых дизелей.

Снижение угара масла является наиболее эффективным направлением в повышении экономичности дизелей по расходу масла. Оно достигается за счет конструктивного совершенствования дизелей, а также за счет внедрения мероприятий, способствующих повышению износостойкости деталей дизеля. К ним в первую очередь относятся использование высококачественных масел, повышение эффективности средств очистки масла и воздуха и др.

319. Для чего вводят браковочные показатели масла?

Одним из важных направлений по увеличению срока службы масла является установление браковочных показателей, определяющих необходимость его смены. Необходимость в установлении этих показателей возникла в связи со старением масла в процессе его работы в дизеле. Под старением понимают качественные изменения масла, выражающиеся в его окислении, разрушении молекул составляющих его углеводородов, а также загрязнение продуктами сгорания топлива и срабатывание присадок.

С целью определения причин достижения маслом браковочного состояния и путей их ликвидации в настоящее время в практику эксплуатации дизелей вводится следующая терминология.

Комплекс браковочных параметров — совокупность параметров масла, которые ограничивают срок его работы, обеспечивающий надежную выработку ресурса дизеля до первой переборки. Комплекс состоит из параметров, характеризующих основные направления процесса старения данного масла в данном типе дизеля.

Аварийные параметры масла — параметры, контролирующие момент создания аварийной ситуации в масляной системе дизеля: попадание воды, топлива, продуктов неполного сгорания топлива в случае неисправ-

ностей в работе топливной аппаратуры дизеля. Характерной особенностью создания аварийной ситуации является внезапное изменение какого-либо одного параметра масла, в то время как изменение остальных параметров подчиняется нормальным закономерностям процесса старения. Своевременное обнаружение аварийных параметров служит прежде всего сигналом к ликвидации причин аварии и только в случае невозможности их устранения следует менять масло.

Срок службы масла в дизеле — время полного срабатывания основных эксплуатационных свойств данного масла в данном дизеле (или одного из них). При определенных условиях работы масляной системы и качестве исходного масла, обеспечивающих надежность работы дизеля до первой переборки от параметров работавшего масла, возможно равенство сроков службы и смены масла.

Срок смены масла — время, соответствующее степени срабатывания основных эксплуатационных свойств масла, обеспечивающее надежную выработку дизелем ресурсов до первой переборки. В связи с нормальным изменением состояния деталей дизеля в процессе его работы срок смены масла может меняться по мере выработки дизелем ресурса до первой переборки.

Смена масла по фактическому старению, т. е. по браковочным параметрам, обеспечивает значительную экономию масла по сравнению со сменой его по количеству отработанных часов (что еще нередко имеет место в практике эксплуатации СДУ). Помимо регулярного контроля за качеством масла, основными мерами по его экономии являются тщательная регулировка подачи масла лубрикаторами (в крейцкопфных дизелях), унификация масел, своевременная очистка сепараторов и фильтров, регенерация масла.

7.2. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СДУ

320. Каковы основные показатели надежности СДУ?

Комплексные показатели надежности и технико-экономической эффективности современного судна в значительной степени зависят от надежности СДУ.

Повышение надежности судового энергетического оборудования связано с улучшением трех основных составляющих этого показателя качества: безотказности, ремонтпригодности и долговечности.

321. Что понимают под безотказностью оборудования СДУ?

Безотказность характеризует способность СДУ или любого ее механизма сохранять работоспособность в течение определенного срока службы без вынужденных перерывов в работе и определяется как вероятность выполнения заданных режимов их работы во время рейса судна. Повышение безотказности в общем случае обеспечивает исключение или сведение до возможного минимума вероятности как внезапных отказов оборудования из-за случайных причин (навигационная и метеорологическая обстановка, нарушение эксплуатационных инструкций и т. д.), так и постепенных отказов, связанных с достижением оборудованием СДУ предельных технических состояний.

Увеличение безотказности оборудования позволяет обеспечить безаварийную работу СДУ и в значительной степени повысить технико-экономическую эффективность судна.

322. Что характеризует ремонтпригодность СДУ?

Ремонтпригодность характеризует приспособленность оборудования СДУ к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей. Повышение ремонтпригодности оборудования СДУ снижает трудоемкость его восстановления во время рейса, а также сокращает вынужденную стоянку судна в портах и ремонтных базах.

Ремонтпригодность оборудования СДУ влияет на коэффициент технического использования теплохода (т. е. на отношение времени пребывания судна в море к общему периоду нахождения в море, ремонтной базе, стоянках в портах и др.). Повышение этого показателя уменьшает стоимость эксплуатации судна за весь срок его службы.

323. Что понимают под долговечностью оборудования СДУ?

Долговечность понимается как свойство оборудования СДУ сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для ТО. Показателями долговечности оборудования являются его ресурс до ремонта (межремонтный ресурс) и полный ресурс до снятия с эксплуатации. Продолжительность этих периодов ограничена предельным состоянием оборудования (потеря подачи насосов, износ, выход параметров за поле допусков) или экономическими соображениями (моральный износ, экономическая нецелесообразность дальнейшего использования). Повышение долговечности оборудования СДУ в экономически целесообразных пределах сокращает число его ремонтов за весь срок службы и приводит к росту коэффициента технического использования судна.

7.3. НОРМИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИЗНОСОВ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ СДУ

324. Для чего необходимы нормирование и анализ износов деталей оборудования СДУ?

Нормирование и анализ износов деталей оборудования СДУ позволяют решать важные для эксплуатации вопросы, например, прогнозирование остаточного ресурса работы деталей, определение необходимости проведения ремонта механизмов, установление потребного количества деталей для замены и т. д.

325. Какова закономерность процесса изнашивания сопряженных деталей?

Закономерность изнашивания сопряженных деталей, работающих в условиях полужидкостного трения, как функция от времени изнашивания может быть графически изображена кривой механи-

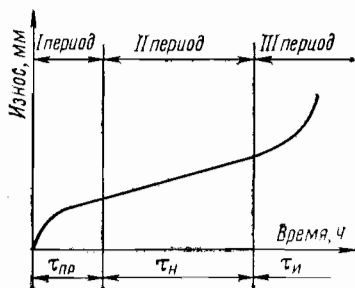


Рис. 58. Типичная кривая изнашивания сопряженных деталей дизеля

ческого изнашивания, которая имеет три характерных участка (рис. 58): *I* — приработки деталей $\tau_{\text{пр}}$; *II* — нормального эксплуатационного изнашивания τ'_n ; *III* — интенсивного изнашивания τ_n .

326. Какая величина служит мерой изнашивания деталей?

Износ детали в миллиметрах, отнесенный к 1000 ч работы дизеля, считают мерой изнашивания и называют удельным износом.

327. Какой показатель характеризует процесс изнашивания деталей механизмов СДУ?

Основным показателем, характеризующим процесс изнашивания деталей, является скорость изнашивания, равная значению износа деталей в единицу времени:

$$v = I/\tau,$$

где I — износ детали за время работы τ , мкм; τ — время работы детали, тыс. ч.

328. Как отражается износ деталей на состоянии механизмов СДУ?

Износ деталей и сборочных единиц механизмов приводит к снижению эксплуатационной надежности и безопасности работы механизмов; падению мощности, подачи, тяговых усилий; росту расходов топлива, смазочного масла, потребляемой электроэнергии и т. д.

329. Что понимают под предельным износом?

Предельным износом $I_{\text{пр}}$ называется значение отклонения размера рабочей поверхности детали двигателя от номинального значения, когда исключается возможность дальнейшего использования детали вследствие нарушения требований безопасности, снижения эффективности работы двигателя ниже заданной или выхода его рабочих параметров за установленные пределы.

Предельные износы деталей и зазоры между ними устанавливает завод-изготовитель расчетным путем или экспериментально на основании допустимых по экономическим, техническим или другим факторам износов деталей.

330. Как определяют износ деталей СДУ?

Износ деталей СДУ определяют различными методами: микрометражом, взвешиванием, методом искусственных баз и косвенным методом.

Наиболее широко применяют микрометраж. Износ деталей определяют по разности замеров первоначальных их размеров и размеров после определенного срока службы. Деталь обмеряют в нескольких поясах и плоскостях. Нормативную скорость изнашивания деталей устанавливают для нормальных условий эксплуатации однотипных механизмов СДУ на основании выборочных наблюдений.

331. Для каких деталей установлены нормативные скорости изнашивания?

Нормативные скорости изнашивания установлены для основных деталей, от которых зависит ресурс дизеля: для втулки цилиндра — увеличение диаметра и эллиптичность, увеличение зазора между втулкой цилиндра и поршнем; для поршня — увеличение зазора между бобышками и поршневым пальцем, увеличение высоты канавок для поршневых колец; для соединения втулки верхней головки шатуна с поршневым пальцем — увеличение зазора; для коленчатого вала — уменьшение диаметра шеек и эллиптичность.

332. От чего зависят фактические скорости изнашивания деталей?

Фактические скорости изнашивания деталей механизмов СДУ зависят от качества изготовления этих деталей и ряда эксплуатационных факторов. Эти факторы изменяются в процессе работы механизмов; степень их влияния на износ деталей зависит от условий работы, уровня эксплуатации и качества ремонта.

Применение качественных масел и топлив, исключение перегрузок, поддержание оптимального теплового режима работы двигателей, своевременное проведение ТО, высокое качество ремонта — все это способствует снижению скоростей изнашивания деталей и продлению межремонтных периодов механизмов СДУ.

333. С какой целью осуществляется анализ фактических износов и скоростей изнашивания деталей СДУ?

Анализ фактических износов и скоростей изнашивания деталей позволяет оценить уровень эксплуатации СДУ, качество ремонта и изготовления. Исходные данные, необходимые для анализа, получают на основании обмера деталей, затем сопоставляют их с нормативными значениями.

На основании анализа фактических скоростей изнашивания можно определить остаточные ресурсы деталей, срок службы до их замены и межремонтный период механизмов, осуществить переход от ТО и ремонта по календарным срокам к ТО и ремонту по фактическому состоянию механизмов.

7.4. ХАРАКТЕР ИЗНАШИВАНИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

334. Каков характер изнашивания втулок цилиндров?

Максимальное увеличение диаметра втулки цилиндра у большинства ДВС наблюдается в районе первого и второго верхних компрессионных колец при положении поршня в ВМТ. При этом наибольшая ось эллипса направлена в плоскость качания шатуна. У крейцкопфных дизелей, где нормальные усилия N (см. рис. 26, з), действующие на поршень, воспринимаются не стенками втулки, а параллелями, ориентация большой оси эллипса зависит от качества центровки (привалки) поршня в цилиндре.

Изнашивание втулки по диаметру (рис. 59) в совокупности с изнашиванием поршневых колец и тронка поршня приводит к увеличению зазоров между втулкой и поршнем и в стыке колец, нарушает плотность прилегания последних к зеркалу цилиндра. При этом возрастает прорыв газов в картер, повышается угар масла и ухудшаются его свойства, пригорают поршневые кольца, затрудняется пуск и снижается экономичность дизеля.

В двухтактных дизелях износ наблюдается на перемычках между выпускными окнами, достигающий в ряде случаев значений износа в верхней части втулки, а

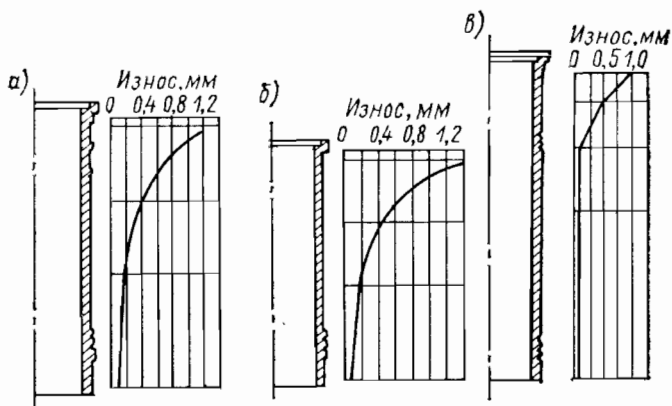


Рис. 59. Характер изнашивания втулок цилиндров дизелей:
 а — 6NVD48 после 20 000 ч работы на СРТ; б — 8NVD36 после 20 000 ч работы на СРТ; в — 8TD48 после 22 000 ч работы на БМРТ

иногда и превышающий их. Это объясняется коррозионным действием выпускных газов, высокой температурой стенок цилиндра из-за отсутствия надежного охлаждения в этих местах, неблагоприятными условиями смазки в районе выпускных окон, деформацией втулки.

Характер распределения зон изнашивания поверхности втулок цилиндров двухтактных дизелей в значительной степени зависит от системы газообмена в цилиндре, так как каждой системе свойственны типичное направление потоков воздуха и продуктов сгорания и определенная тепловая деформация стенок втулок.

У втулок цилиндров дизелей с расходящимися поршнями и с прямоточно-щелевой схемой газообмена выявляются два пояса максимальных износов — в районах первых поршневых колец верхнего и нижнего поршней при их максимальном сближении в такте сжатия. Значение удельного износа I_y (на 1000 ч работы) в районе выпускных окон составляет 0,020—0,025 мм, среднее же значение износов втулок в районе первых поршневых колец при их максимальном сближении значительно больше — 0,09 мм на 1000 ч. Повышенный износ в районе выпускных окон бывает при поперечной и петлевой продувках. При прямоточно-клапанной схеме газообмена попадание нагара в нижнюю

часть цилиндра маловероятно, так как поток продувочного воздуха направлен вверх; значение H_y в верхних частях втулок для данных дизелей составляет 0,11 мм, а в районе продувочных окон — только 0,02—0,03 мм.

Опыт эксплуатации судовых МОД показывает, что нормальное значение H_y втулок цилиндров при работе дизеля на топливе с содержанием серы до 1,5 % не должно превышать 0,05—0,07 мм, а при работе на топливе с содержанием серы свыше 1,5 % должно быть 0,08—0,12 мм; у ВОД в зависимости от их конструкции при работе на малосернистом топливе H_y может изменяться в пределах от 0,02 до 0,21 мм.

335. Как изнашиваются поршни и поршневые пальцы?

Изнашивание направляющей части поршня у тронкового ДВС происходит неравномерно, и главным образом в плоскости качания шатуна из-за действия нормальной составляющей силы давления газов, в результате чего появляется овальность. Неравномерный износ поршня у крейцкопфного ДВС по длине определяется степенью перекосов в деталях КШМ.

Если поршневой палец плавающий, то наибольший износ отверстий в бобышках поршня наблюдается в плоскости, перпендикулярной днищу поршня, что объясняется действием давления газа и сил инерции поступательно движущихся масс.

Износ торцевых поверхностей канавок для поршневых колец возникает под действием сил трения от давления газов на кольца и при «перекладке» поршня. Максимальному изнашиванию подвержена верхняя канавка, приобретающая форму трапеции. Износ канавок влечет за собой пропуск газов в картер и потерю компрессии; чем интенсивнее изнашивание поршневых колец, тем больше износ канавок.

Износ поршневого пальца зависит от способа его крепления. Пальцы плавающего типа могут не иметь явно выраженного одностороннего износа. Чаще всего он равномерен, но в ряде случаев в поперечном сечении может наблюдаться овальность, а в продольном — конусность. Недостаток смазки, отступления от установленных монтажных зазоров, особенно в сторону увеличения, приводят к повышенному износу как пальцев, так и бобышек поршня.

336. Каков характер изнашивания поршневых колец?

Износ поршневых колец оказывает на рабочий процесс дизеля еще большее влияние, чем износ втулок цилиндров. Поршневые кольца должны обеспечивать функции уплотнения поршня в цилиндре, создавать условия для отвода теплоты от поршня в стенки втулки. Кольца изнашиваются по диаметру и высоте. Наиболее интенсивно изнашивается верхнее компрессионное кольцо, испытывающее наибольшие нагрузки от давления газов и их температуры.

В районе замков колец вследствие неравномерного давления колец на втулку по ее окружности кольца изнашиваются в 4—6 раз быстрее, чем на остальной поверхности. По мере изнашивания поршневых колец и втулок цилиндров по диаметру площадь контакта колец с канавками поршня уменьшается, радиальный зазор между ними и поршнем, а также зазор в замке увеличиваются.

Кольца вследствие износа и под действием высоких температур теряют упругие свойства и коробятся, что ведет к закоксовыванию и заеданию их в поршневых канавках. В результате повышается температура колец, поршней и втулок, интенсифицируются выгорание смазки, утечка в картер газов (в такте расширения) и воздуха (в такте сжатия). При этом могут снизиться давления p_{mi} и p_{me} и ухудшиться пусковые качества дизеля.

337. Каков характер изнашивания коленчатого вала?

Среднее значение I_y у рамовых шеек коленчатых валов за 1000 ч работы дизеля в зависимости от его конструкции и условий эксплуатации составляет 0,002—0,015 мм, а мотылевых — от 0,01 до 0,02 мм. Кроме нормального износа, выражающегося в уменьшении диаметра шеек, последние могут получить конусность, овальность и другие нарушения геометрической формы из-за недостаточной точности взаимного положения втулки цилиндра, поршня, коленчатого вала и его подшипников, из-за нарушения нормального режима эксплуатации, вибрации дизеля и недостаточной общей жесткости остова. Так, например, развитие

конусности может происходить из-за разницы в значениях давления p_{\max} в цилиндрах дизеля.

Овальность может возникнуть по тем же причинам, но ее появление более характерно для ВОД и объясняется действием инерционных сил при движении неуравновешенных масс КШМ. При овальности шатунных шеек малая ось эллипса может располагаться как в плоскости кривошипа, так и под углом к ней до 120° в зависимости от распределения сил, действующих на шейки. Направление малой оси эллипса при износе рамовых шеек зависит от расположения прилегающих к данной шейке кривошипов. Характер износа шеек зависит от режима смазки, поверхностной твердости шеек и сплава подшипников и от значения масляного зазора. Износ подшипников вала примерно в 2 раза больше износа шеек.

Неравномерность износа вала наиболее характерна для ВОД, что вызвано резкими различиями в условиях работы шеек вала, быстрым нарастанием давления в цилиндре в период сгорания топлива, общей вибрацией дизеля, недостаточной жесткостью деталей остова, особенно верхнего картера или блок-картера.

7.5. АВАРИЙНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

338. Как классифицируют аварийные случаи в практике эксплуатации СДУ?

Согласно Положению о порядке расследования аварий судов аварийные случаи, происшедшие с судами во время плавания или на стоянке, в результате которых имели место повреждения корпуса, дизелей, механизмов, устройств, систем, приведшие к потере мореходности и требующие не менее 48 ч на ремонт, подлежат расследованию. Повреждения, потребовавшие на устранение менее 48 ч, считаются аварийными происшествиями.

Повреждения корпуса, руля, винтов, главных и вспомогательных механизмов, полученные не по вине экипажа, а из-за плавания в ледовых условиях, считаются ледовыми аварийными повреждениями.

339. Как проводят расследование аварийных случаев?

Цель расследования аварийных случаев — установить обстоятельства, при которых произошел аварийный случай, выявить его причины и последствия, виновных лиц, а также определить мероприятия, необходимые для предупреждения аналогичных случаев.

При эксплуатации СДУ важно правильно и своевременно оформлять всю техническую документацию и особенно аварийную. Порядок и последовательность изложения материала в этой документации, приложение необходимых чертежей играют порой основную роль в выводах комиссий по расследованию аварий.

После изучения обстоятельств аварии любого из элементов СДУ составляют технический акт о случившемся; этот документ служит основанием для регистрации данного случая, классификации его как аварии или аварийного происшествия и принятия решения о расследовании.

Причины аварии подробно разбираются, делают необходимые обмеры, исследуют металл деталей, топливо, масло, воду и т. п., состояние поврежденных деталей фиксируют эскизами. По возможности не нарушают состояния аварийного механизма или деталей до прибытия представителей соответствующих служб по расследованию.

Последствия аварии, виновных лиц и мероприятия по предупреждению подобных аварий определяют в зависимости от обстоятельств непосредственно при оформлении технического акта или после проведения полного расследования.

При расследовании аварийного случая устанавливают правильность технической эксплуатации, организации и несения вахтенной службы, обеспеченность запасными частями и всем необходимым для нормальной работы СДУ. После расследования составляют заключение, которое содержит: подробное описание обстоятельств и условий, при которых произошел случай; указание его причин (нарушения Правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций, трудовой дисциплины, недоброкачественность ремонта и др.); перечень лиц, виновных в аварийном случае, и степень их вины. При нарушении Устава службы, Правил технической эксплуатации

судовых технических средств и конструкций и других правил в заключении указывают статьи правил и положений или общепринятые практические рекомендации, которые были нарушены. Кроме того, указывают последствия аварии с подробным перечнем повреждений, полученных механизмами СДУ.

340. Каковы причины наиболее характерных аварийных повреждений дизелей?

К числу наиболее характерных аварийных повреждений дизелей относятся повреждения, возникающие вследствие нарушений правил пуска, режима смазки, несоблюдения режима прогрева и охлаждения дизелей. Внезапные отказы деталей и сборочных единиц с аварийными повреждениями могут также быть следствием эксплуатации дизелей на износ, выражающемся в несоблюдении нормативных сроков ТО и ремонта, в пренебрежении нормативными значениями износов деталей и зазоров в сборочных единицах по категориям ремонта, в отсутствии регулярного учета и анализа технического состояния элементов СДУ.

341. Какие аварии связаны с неисправностями регулятора частоты вращения дизеля?

Аварии, связанные с неисправностями регулятора частоты вращения, особенно опасны, так как при отказе регулятора и при нарушении его связи с ТНВД дизель идет «вразнос», т. е. внезапно и резко увеличивает частоту своего вращения, что сопровождается обрывом шатунных болтов, поломкой шатунов, деталей остова и др.

342. Каковы причины взрывов паров масла в картерах дизелей?

Взрывы паров масла в картерах дизелей и ресиверах продувочного воздуха двухтактных ДВС по степени разрушений приводят к наиболее серьезным авариям, так как в результате действия взрывной волны нередко разрушаются не только части корпуса самого дизеля, но также и другие механизмы МО; пламя, выбрасываемое из дизеля при взрыве, является причиной пожаров.

Взрыву паров масла в картере всегда предшествует появление так называемой «горячей точки» — общего или местного перегрева из-за ненормальной работы поршня, подшипников, втулки цилиндра и других деталей. Первой причиной, обуславливающей воспламенение частиц масла в картере, является попадание этих частиц на горячие поверхности и испарение их одновременно с разложением углеводородов на легко-воспламеняющиеся соединения. В результате этого вокруг «горячей точки» создается масляный туман, концентрация масла в воздухе увеличивается и в определенный момент может достичь взрывоопасного предела (50 мг масла на 1 л воздуха). Второй причиной является повышение температуры в картере до температуры самовоспламенения масла. Воспламенение происходит там, где достигаются необходимые концентрации и температуры масляных паров; тепловыделение происходит с большой скоростью, а давление газов в картере мгновенно увеличивается в несколько раз. Прорыв горячих газов наружу происходит там, где прочность частей корпуса дизеля наименьшая (торцевые стенки, люковые закрытия). За волной давления следует волна частичного разрежения, через разрушенную поверхность в картер врывается воздух из МО, снова образуется взрывоопасная смесь, и происходит вторичный взрыв.

Для предотвращения взрывов паров масла при эксплуатации дизеля необходимо: после остановки дизеля дать ему остыть, и только потом вскрывать картер; не допускать перегрузки дизеля, чрезмерного нагрева и испарения масла, разжижения масла топливом; постоянно следить за состоянием подшипников вала и деталей ЦПГ, топливной аппаратуры, систем смазки и охлаждения, а также за правильностью регулирования двигателя.

Эффективным средством предупреждения взрывов является установка приборов, следящих за плотностью масляного тумана в картере дизеля.

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВО ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ

8.1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ. ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

343. Как подразделяются поверхности, ограничивающие детали дизеля?

Все поверхности, ограничивающие детали дизеля, делят на две группы. Первая группа — поверхности, по которым деталь соприкасается с соседними деталями или находится на заданном от них расстоянии (нормированный зазор — допуск). Эти поверхности называют *сопряженными*, а размеры, их определяющие, *сопряженными размерами*.

Вторая группа — поверхности, не соприкасающиеся с другими деталями. Их форма и положение определяются требованиями прочности, удобства изготовления детали, сборки, эксплуатации и т. п. Размеры, относящиеся к таким поверхностям, называют *свободными*.

344. Как определяют требуемую точность обработки деталей?

Требуемую точность обработки изделия определяют по указанным на чертеже предельным отклонениям размеров, а также по предельным отклонениям формы и расположения поверхностей. В процессе изготовления любой детали не могут быть выдержаны абсолютно точно ее номинальные размеры, указанные на чертеже. Наименьший и наибольший размеры, которые может иметь готовая деталь, называются предельными. Действительный размер детали находится в диапазоне предельных размеров.

Допуск размера — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами (рис. 60). Верхним предельным отклонением называют разность между наибольшим и предельным номинальным размерами; нижним предельным отклонением — разность между

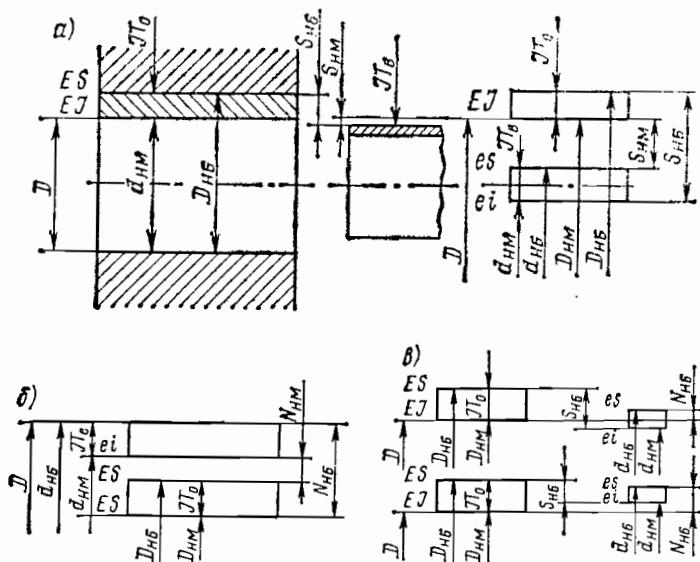


Рис. 60. Расположение полей допусков в посадках: с зазором (а), с натягом (б) и при переходной посадке (в)

наименьшим предельным и номинальным размерами. Действительное отклонение — разность между действительным и номинальным размерами; оно будет положительным, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательным, если указанные размеры меньше номинального.

Предельные отклонения наносят на чертежах деталей по ГОСТ 2.307—68 (СТ СЭВ 1976—79 и СТ СЭВ 2180—80).

345. Что понимают под посадкой при сопряжении деталей?

При любом сопряжении деталей образуется подвижное или неподвижное соединение. Характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки, т. е. значениями зазоров или натягов, называется *посадкой*.

Посадки бывают: с натягом — горячая (Гр), пресовая (Пр) и легкопресовая (Пл); переходные — глухая (Т), тугая (Тг), напряжения (Н) и плотная (П);

подвижные — скользящая (С), движения (Д), ходовая (Х), легкоходовая (Л) и широкоходовая (Ш).

При посадке с натягом между сопрягаемыми поверхностями зазоров нет.

Переходной называется такая посадка, при которой в собранной паре деталей могут получаться как натяги, так и зазоры. Поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются. При наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия получается наибольший натяг, а при наибольшем предельном размере отверстия и наименьшем предельном размере вала — наибольший зазор. В случае положительного значения разности средних размеров отверстия и вала для большинства соединений получают посадку с зазором, в случае отрицательного — с натягом.

Подвижная посадка (посадка с зазором) означает, что между сопрягаемыми поверхностями имеется зазор, обеспечивающий возможность относительного перемещения собранных деталей. Различают посадки с гарантированным зазором и посадки с наименьшим зазором, равным нулю (скользящие).

346. Как обозначают допуски и посадки на чертежах деталей?

Для условного обозначения допусков и посадок на чертежах введена в действие «Единая система допусков и посадок»: ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75); ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75); ГОСТ 25348—82 (СТ СЭВ 177—79); ГОСТ 25349—82 (СТ СЭВ 179—75); ГОСТ 26179—84 (СТ СЭВ 2960—83); ГОСТ 25670—83 и др.

Согласно новым стандартам вместо класса точности (1, 2, 2а, ..., 11 по ГОСТ 7713—62) принято понятие квалитет.

Квалитет — это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Всего установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, ..., 17 (самый грубый).

Положение поля допуска, зависящее от посадки, обозначают буквой латинского алфавита (иногда двумя буквами). Отклонения отверстий обозначают прописными буквами: положительные — А, В, С, D, E, F, G, H, отрицательные — K, M, N, P, R, S, T, U, V,

X, Y, Z . Отклонения валов обозначают строчными буквами: отрицательные — a, b, c, d, e, f, g, h ; положительные — $k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z$.

Размер, для которого указывают поле допуска, обозначают числом (номинальный размер) и условным обозначением, состоящим из букв и цифр, например: 24g6, 24H6, 30H11. Предельные отклонения линейных размеров могут быть также указаны числовыми значениями предельных отклонений ($20^{+0,018}, 18^{-0,032}$); условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений [$20H7^{(+0,018)}, 18e8^{-0,032}$].

347. Как обозначают степень шероховатости поверхностей деталей на чертежах?

Шероховатость поверхности определяет микронеровности на поверхности детали. На чертежах шероховатость поверхности обозначают, указывая числовое значение (наибольшее, наименьшее или диапазон значений), параметр и значение базовой длины, на которой определяют параметр.

Параметры и характеристики шероховатости устанавливает ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ 638—77), правила простановки обозначений на чертежах — ГОСТ 2.309—73 (СТ СЭВ 1632—79), термины и определения — ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78).

В соответствии со стандартом шероховатость поверхности характеризуется средним арифметическим отклонением профиля R_a и высотой неровностей R_z профиля по десяти точкам. Значения этих параметров

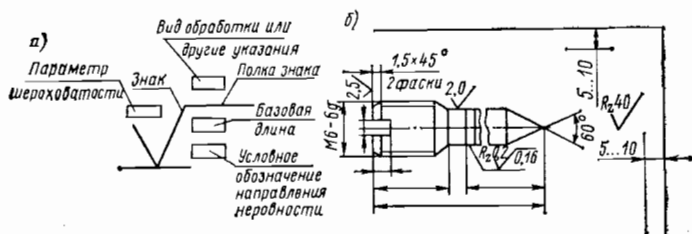


Рис. 61. Условные обозначения шероховатости: а — форма знака шероховатости; б — место расположения знака и обозначение шероховатости на чертеже детали

определяют в пределах базовой длины, на которой определен параметр. Обозначение шероховатости помещают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок (рис. 61). Если шероховатость всех поверхностей одинакова, в правом верхнем углу чертежа наносят общее обозначение, а на изображении детали знак не ставят.

8.2. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

348. Что понимают под метрологией и каковы ее основные показатели?

Наука об измерениях, достижении единства и точности измерений называется метрологией. Основными метрологическими показателями являются цена деления шкалы измерительного прибора или средства измерения, пределы измерений, измерительное усилие, погрешность показаний.

349. Каковы методы измерения деталей?

Существуют два метода измерения деталей. При первом методе применяют приборы прямого действия (линейки, штангенциркули, микрометры и др.). Второй метод основан на сравнении измеряемой величины с эталоном, например резьбомером, эталоном шероховатости поверхности и т. д.

350. Как подразделяются средства измерения и контроля по назначению?

По назначению средства измерения и контроля линейных и угловых величин делят на две группы: контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы. К первой группе относят калибры (гладкие, резьбовые, профильные), меры и поверочный инструмент. Ко второй группе — механические, конусные, оптико-механические, пневматические и другие приборы. Калибры гладкие служат для контроля гладких валов, отверстий, высот, глубин, уступов и длин (скобы, кольца, пробки, нутромеры). Калибры резьбовые предназначены для измерения и контроля наружной и внутренней резьб. Профильными калибрами измеряют и контролируют форму и положение поверхностей деталей (калибры шлицевые, шпоночные,

для конусов, углов и т. п.). Для проверки прямолинейности и параллельности плоскостей, угловых величин и шероховатости поверхностей деталей служат меры и различный поверочный инструмент (меры длины концевые, штриховые, меры угловые, щупы, линейки, платы, угольники, образцы шероховатостей поверхностей и др.).

Механические приборы и инструмент используют при контроле и измерении линейных размеров, наружных и внутренних размеров цилиндрических поверхностей, формы резьб и зубчатых зацеплений (микрометры, скобы, индикаторы, миниметры и т. п.). Контроль и измерение линейных и угловых размеров плоских деталей, наружных и внутренних размеров цилиндрических поверхностей, элементов резьбы и зубчатых зацеплений производят также нониусными приборами и инструментами (штангенциркули, глубиномеры, рейсмасы, микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры, уровни и угломеры).

Оптико-механическими, электромеханическими, пневматическими и другими приборами производят точный контроль и измерения плоскостности, прямолинейности и т. п. (оптический плоскомер ИС-41, оптическая струна ДП-477 для проверки оси коленчатого вала при монтаже дизелей на судне) и др.

8.3. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ

351. Что понимают под стандартизацией?

Стандартизацией называется установление обязательных норм, которым должны соответствовать определенные виды продукции или отдельные параметры. Объектом стандартизации является производственная продукция, нормы, правила, требования, методы, понятия, обозначения и т. п.

Основными задачами стандартизации являются повышение эффективности производства, обеспечение роста производительности труда и качество изготавливаемых изделий.

Результатом конкретной работы по стандартизации является стандарт. Он может иметь вид документа, содержащего ряд требований, подлежащих выполне-

нию. Действующие стандарты постоянно корректируют и обновляют, устаревшие стандарты отменяют.

Характеристики, требования, показатели и нормы, устанавливаемые стандартами, основываются на результатах научно-исследовательских работ.

Государственную регистрацию стандартов осуществляет Госстандарт СССР. Ответственность за внедрение стандартов в народное хозяйство и их соблюдение на подведомственных предприятиях несут соответствующие министерства и ведомства.

В нашей стране действуют государственные (ГОСТ), отраслевые (ОСТ) и республиканские (РТС) стандарты, а также стандарты предприятий (СТП). Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ) имеет свою стандартизацию.

Стандарты распространяются на технические требования; типы и основные размеры деталей, марки и сортамент материалов; на конструкции и размеры деталей; правила приемки; методы испытаний; на правила маркирования, упаковки, транспортирования и хранения деталей; на методы и средства проверки измерительных процессов.

Стандартизация оперирует различными методами классификации изделий, основными из которых являются унификация, типизация и агрегатирование

352. Что понимают под унификацией?

Унификация — разновидность стандартизации, направленная на рациональное и оправданное сокращение многообразия типов, видов и марок изделий и материалов с целью установления их оптимального количества.

353. Что такое типизация?

Типизация — разновидность стандартизации, основой которой являются разработка и реализация типовых конструктивных, технологических и организационных решений.

354. Что такое агрегатирование?

Агрегатирование — метод проектирования, изготовления и монтажа, заключающийся в создании разнообразной номенклатуры изделий путем компоновки их из стандартных деталей, узлов и механизмов.

В механомонтажном производстве и в судостроении действуют агрегатный и модульно-агрегатный методы монтажа механизмов и компоновки помещений судна.

Например, часто ДГ поставляют на монтаж на общей агрегатной раме, где закреплены и отцентрованы дизель и генератор, смонтированы все устройства и агрегаты, обслуживающие ДГ.

355. Что понимают под качеством промышленной продукции?

Качество продукции — совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Показатель качества продукции — это количественная характеристика продукции, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации или потребления. Он бывает *единичным*, если отражает одно свойство изделия, или *комплексным*, если отражает несколько свойств изделия.

Уровень качества продукции — это относительная характеристика продукции, определяемая путем сравнения совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.

356. Какими показателями качества оценивают продукцию судового энергомашиностроения на судоремонтных предприятиях?

Изготавливаемую продукцию оценивают следующими показателями качества: технико-эксплуатационными (мощность, производительность, масса, размеры, точность и т. д.); надежности (интенсивность отказов, наработка до отказа, ресурс); технологическими (трудоемкость, материалоемкость и др.); технико-экономическими (удобство эксплуатации, расход ГСМ и др.); степенью стандартизации и унификации; экономическими характеристиками (себестоимость и т. п.); уровнем патентно-правовой защиты.

На дизелестроительном, судостроительном и судоремонтном предприятиях ответственность за выпуск качественной продукции в целом несут директор предприятия и начальник отдела технического контроля (заместитель директора по качеству). На промежуточных этапах изготовления или ремонта продукции от-

ветственность за качество несут исполнители, участвующие в процессе проектирования, изготовления, сборки, монтажа и испытаний конкретного механизма.

Глава 9

ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА СУДАМИ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ СУДОРЕМОНТА

9.1. ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА СУДАМИ

357. Кем осуществляется технический надзор за судами?

Контроль за техническим состоянием судов ведут специальные классификационные общества. В СССР функции этих обществ выполняет Регистр СССР, который входит в состав Министерства морского флота на правах Главного управления. В основных морских бассейнах созданы бассейновые инспекции Регистра СССР (Черноморская, Тихоокеанская, Северная, Балтийская), в ведении которых находятся линейные инспекции, прикрепленные к портам, судоремонтным или судостроительным заводам со штатом инспекторов Регистра по корпусной, механической и электронавигационной частям судна.

Суда, имеющие класс Регистра СССР, должны быть построены или отремонтированы согласно требованиям Регистра (эти суда заносят в специальную шнуровую книгу). Регистр СССР осуществляет технический надзор за проектированием, постройкой, эксплуатацией и ремонтом самоходных судов с ГД мощностью 73 кВт и выше и несамоходных судов вместимостью 80 рег. т и выше, а также технический надзор за эксплуатируемыми самоходными судами с ГД мощностью 18 кВт и выше, несамоходными судами вместимостью 20 рег. т и выше.

358. Как Регистр СССР осуществляет свои функции?

Надзор за техническим состоянием судов, находящихся в эксплуатации, осуществляется Регистром СССР путем ежегодных, очередных, специальных и

доковых освидетельствований. При ежегодных освидетельствованиях определяется техническое состояние судна и его технических средств, которые проверяются в действии, а также возможность сохранения судна в классе Регистра СССР.

Очередные освидетельствования проводят каждые 4 года для определения степени износа судна в целом, возможности его дальнейшей эксплуатации и сохранения за ним класса. Для осмотра подводной части корпуса Регистр СССР может потребовать постановки его в док. Внеочередные освидетельствования проводят после аварий и посадок на мель для определения условий, при которых может быть сохранен или восстановлен класс Регистра СССР.

9.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОРЕМОНТА

359. На основании каких документов выполняют ремонт судна?

Одним из важнейших отделов судоремонтного предприятия, осуществляющих организацию ремонта, является отдел главного строителя. Этот отдел осуществляет подготовку судоремонта, подбирает ремонтную документацию, знакомится с ремонтной ведомостью, подготавливает заявки на материально-техническое снабжение, отвечает за качество ремонта. Согласно записям в судовой документации, а также на основании технической документации заводов-изготовителей и нормативных документов, актов освидетельствования Регистром СССР по корпусу, механизмам, электрооборудованию и другим частям и осмотров в доке, актов инспекторских осмотров судна, актов и предписаний органов надзора составляются ремонтные ведомости, являющиеся основным документом, который определяет номенклатуру работ по ремонту судна. Ремонтная ведомость — основа для определения стоимости, срока и технологии выполнения ремонта. Ее составляют отдельно по механической, корпусной и другим частям. Для судов серийной постройки используют типовые ремонтные ведомости (ТРВ). При определении фактического объема ремонтных работ позиции, не требующие ремонта, из них исключаются. Представленная на предприятие ремонтная ведомость калькулируется.

360. Что понимают под калькуляцией?

Калькуляция — это технико-экономический расчет для выполнения работ по ремонтной ведомости (трудоемкость, зарплата, материалы и их стоимость). Ремонтная ведомость, по которой составлена калькуляция, называется сметой.

361. Как осуществляется приемка отремонтированных механизмов?

Приемку отремонтированных механизмов в период ремонта судна ведут по мере готовности отдельных видов работ, а окончательно — после завершения ремонта в целом; ГД и ВД принимают по специальной программе швартовых и ходовых испытаний. Обнаруженные дефекты устраняют и при необходимости назначают повторные испытания. По окончании испытаний составляется акт с указанием результатов испытаний.

После проведения всех испытаний (предварительных приемок, сдаточных испытаний) составляется приемо-сдаточный акт, время подписания которого считается окончанием ремонта судна. Гарантийный срок после выхода из ремонта устанавливается для среднего и капитального ремонтов не менее 6 мес.

362. Какие меры способствуют сокращению сроков ремонта?

Для сокращения сроков ремонта часть работ выполняется силами судового экипажа. Экипаж может выполнять более 30 % судоремонтных работ, что снижает стоимость заводского ремонта на 20—40 %. Работы, выполняемые экипажем, исключают из заводской ремонтной ведомости; на них составляют отдельную ведомость, которую согласовывают со сроками заводского ремонта.

В период эксплуатации судна судовая администрация получает вместе с рейсовым заданием задание на проведение ремонта во время рейса. К этому заданию прилагается типовая ремонтная ведомость на работы, выполняемые судовым экипажем, ведомости материалов, запасных частей, норм их расхода. Проведение ремонтных работ непосредственно в рейсе позволяет сократить объем работ, выполняемых на судоремонтном

предприятии, значительно увеличить эксплуатационное время судна, повысить квалификацию обслуживающего персонала.

363. Как осуществляется ремонт дизелей на судоремонтном предприятии?

Если ремонт производится на судоремонтном предприятии, то в зависимости от производственной программы и технической оснащенности предприятия он может быть организован одним из следующих методов: универсальных постов (бригад), специализированных постов (бригад) или поточно-массовым.

При ремонте *методом универсальных постов* весь двигатель ремонтирует одна бригада слесарей на одном рабочем месте. Она выполняет самостоятельно с помощью простых ручных приспособлений ряд операций по восстановлению деталей. В этом случае механизация трудоемких работ незначительна; более сложные работы выполняют механические и другие цеха предприятия. Все узлы и детали двигателя (за исключением заменяемых) остаются принадлежностью данного двигателя и пригоняются по месту. Такой ремонт характерен для предприятий, ремонтирующих единичные двигатели разных типов. Качество ремонта зависит от производственного опыта и квалификации рабочих.

Ремонт *методом специализированных постов* представляет собой более высокую ступень организации работ. Двигатель разбирают на узлы (комплекты) и направляют в узловые бригады. Здесь осуществляется принцип разделения труда, что обеспечивает использование специалистов с относительно низким средним разрядом. В данном случае можно повысить степень механизации работ, ускорить ремонт мощных малооборотных крейцкопфных дизелей, повысить надежность и долговечность этих дизелей.

При *поточном (поточно-массовом) методе* ремонт производят на ряде рабочих постов поточной линии. Этот метод является наилучшей формой организации ремонта, но требует наличия большого количества ремонтируемых двигателей, их однотипности и равномерной загрузки предприятия в течение года. Он целесообразен при ремонте современных ВОД при условии использования деталей, получаемых с завода-изготовителя двигателей или со специализированного

предприятия. При данном ремонте большая часть взаимозаменяемых узлов и деталей обезличивается; осуществляются разделение труда и специализация рабочих по узким операциям. Двигатель последовательно перемещается от одного участка к другому; каждый участок имеет специализированное оборудование и не восстанавливает детали самостоятельно, а получает их из соответствующего цеха или склада. Опыт показывает, что для определенных типов двигателей такая организация ремонта наиболее приемлема.

Например, ремонт на месте установки форсированных ВОД, выпускаемых крупными сериями, силами обслуживающего персонала или мелких ремонтных мастерских нецелесообразен, так как требует специального и сложного оборудования и приспособлений. Наиболее рационален в этом случае капитальный ремонт на специализированных ремонтных предприятиях. При этом двигатели после ремонта могут отработать до следующего капитального ремонта примерно 80 % времени, гарантируемого для нового двигателя, а стоимость такого ремонта составит всего около 30 % стоимости дизеля первой категории. При внедрении же поточной разборки и сборки стоимость ремонта может составить лишь 20 % стоимости нового двигателя.

Несмотря на явные преимущества ремонта двигателей в условиях ремонтного предприятия, на практике приходится довольно часто прибегать к ремонту непосредственно на месте установки двигателя. При этом крупные работы по расточке цилиндров, проточке шеек коленчатого вала могут производиться как на месте установки с помощью переносных приспособлений и станков, так и с доставкой некоторых деталей в цехи предприятия.

364. Каков порядок работы после получения задания на ремонт дизеля на месте его установки?

Получив задание на ремонт такого двигателя, необходимо ознакомиться с ремонтной ведомостью, содержанием формуляра двигателя, ТУ на ремонт; проверить наличие механического, сварочного и другого оборудования, измерительного инструмента и приспособлений, необходимых расходных материалов, боксов для снимаемых с двигателей деталей, мест для укладки деталей, тары для отправки на проверку КИП, вспомогательных материалов (заглушек, стеллажей и пр.), подъемных средств для громоздких деталей и

средств обеспечения (переносных ламп, тросов, баллонов со сжатым воздухом и т. п.). Если представляется возможным проверить двигатель в работе, то перед началом ремонта необходимо определить развиваемую мощность, дымность выпуска, устойчивость работы регулятора, состояние топливной аппаратуры и КИП; выявить наличие посторонних стуков, шумов и местных нагревов. После остановки двигателя рекомендуется также замерить деформацию коленчатого вала и проверить центровку двигателя с валом приводного механизма.

При выполнении ремонта двигателя на месте его установки необходимо иметь в виду, что трудоемкость ремонта, как правило, весьма значительна, а требуемое качество не всегда может быть обеспечено, так как переносные приспособления в ряде случаев не соответствуют по своим характеристикам специализированной технологической оснастке, применяемой в условиях предприятия.

9.3. ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ

365. В чем состоит задача дефектации?

Дефектация деталей является ответственным этапом технологического процесса ремонта ДВС. Задачи дефектации — проверить целостность деталей (выявить наружные и внутренние трещины и обломы и т. п.) и определить степень износа, деформации, нарушений взаимного расположения поверхностей и их частоты.

От того, как проведена дефектация, зависят качество и стоимость ремонта. При недостаточно внимательном контроле может снизиться качество дефектации, а чрезвычайно жесткий контроль может вызвать перерасход запасных деталей. При дефектации все детали можно разделить на три группы: 1) детали, имеющие допустимый износ, а также детали, прошедшие необходимые виды проверки; 2) детали, имеющие предельный износ и отклонения от геометрической формы поверхностей, но восстановление которых возможно; 3) детали, имеющие признаки окончательного брака и не пригодные к восстановлению.

366. Какие существуют методы дефектации?

При дефектации деталей вначале осуществляют внешний осмотр, а затем на специальных приборах выявляют не видимые глазом дефекты, проверяют герметичность; проверяют, нет ли отклонений от первоначальной геометрической формы. Чтобы обнаружить в деталях пороки, не видимые простым глазом, на предприятиях применяют магнитную дефектоскопию, просвечивание рентгеновскими и гамма-лучами, ультразвуковой и люминесцентный контроль.

367. Что собой представляет магнитная дефектоскопия?

При магнитной дефектоскопии для обнаружения на поверхности стальных деталей трещин проверяемую деталь намагничивают и затем опускают в ванну с магнитной суспензией. В некоторых случаях деталь поливают суспензией. В местах, где имеются трещины, суспензия образует бугорки или полосы, указывающие место и размер дефекта, что основано на явлении рассеяния магнитных силовых линий в местах дефекта. После обнаружения дефектов деталь размагничивают. Эффективность контроля зависит от силы тока намагничивания. При малой силе тока трещины могут оказаться невыявленными, а при большой — могут быть замечены даже волокнистость структуры металла, царапины и пр. Наиболее целесообразные режимы проверки устанавливают опытным путем.

368. Для чего применяют просвечивание рентгеновскими и гамма-лучами?

Просвечивание деталей рентгеновскими и гамма-лучами позволяет выявить в них внутренние пороки. На практике обычно используют действие этих лучей на фотоэмульсию, получая изображение дефекта на пленке. За последние годы освоен выпуск мощных рентгеновских установок промышленного назначения, позволяющих просвечивать детали на глубину до 150 мм.

369. В чем сущность люминесцентной дефектоскопии?

На ряде предприятий для обнаружения поверхностных дефектов успешно применяют люминесцентную дефектоскопию, основанную на способности некоторых органических соединений светиться под действием ультрафиолетовых лучей. Скрытые поверхностные дефекты определяют по свечению облученного раствора, проникающего в трещину или раковину металла. В качестве раствора может служить смесь керосина и кариола, дающая желто-зеленое свечение. На поверхности детали при наличии в ней дефектов появляются светлые полосы, показывающие картину расположения наружных пороков.

Этот метод аналогичен так называемой керосиновой пробе, когда поверхность детали, более доступную для обнаружения дефектов, покрывают водным раствором мела. После высыхания окрашенной поверхности ее обратную сторону смачивают керосином. При наличии в детали неплотностей керосин проникает сквозь них и образует на окрашенной поверхности пятна или линии. Можно также проверяемую поверхность сначала смочить керосином, потом насухо вытереть, а затем покрыть раствором мела. После высыхания мела трещины отчетливо выделяются на меловой поверхности.

370. С какой целью проводят гидравлические испытания деталей?

Некоторые ответственные детали двигателей, имеющие внутренние полости, в которых наиболее вероятно образование трещин, подвергают гидравлическому испытанию горячей водой под определенным давлением. На ремонтных предприятиях такую проверку делают на специальных стендах. При этом проверяемую деталь (головку блока, впускной коллектор и др.) с помощью трубцин крепят к раме стенда, а ее отверстия уплотняют резиновыми прокладками и через одно из них подводят воду. Затем создают нужное давление и производят осмотр детали.

371. Какие инструменты используют при дефектации деталей?

Инструменты и приборы, используемые для измерения деталей, имеют различную точность и обладают различной степенью погрешности. При дефектации годными считаются детали, у которых размеры

по показаниям инструментов лежат в пределах допустимых норм и не имеют других признаков брака; ГОСТы устанавливают допустимые отклонения истинных размеров за пределы допусков на размеры в результате погрешностей измерения. Эти данные и позволяют установить область применения тех или иных измерительных инструментов. Использование некоторых инструментов связано с заполнением специальных таблиц, позволяющих получить необходимые данные косвенным путем. Определенные группы деталей двигателя (в зависимости от степени их ответственности и точности изготовления) должны обмеряться соответствующими измерительными устройствами.

На специализированных предприятиях наряду с обычным инструментом широко применяют браковочные калибры и специальные измерительные приборы. Контроль с помощью калибров высокопроизводителен. Калибры бывают необходимы при проверке размеров труднодоступных поверхностей. Для определения размеров деталей прецизионных пар топливной аппаратуры внедряется пневматический метод измерений.

Пневматические приборы (ротаметры) отличаются высокой производительностью и большей точностью по сравнению с индикаторными.

Измеряя детали, пользуются определенной методикой, учитывающей конструктивные особенности и условия работы каждой детали. Диаметр цилиндрических поверхностей трения проверяют в нескольких поясах, определяя отклонения от цилиндрической формы по длине (конусность, бочкообразность, корсетность). Измерение диаметра (рис. 62) в нескольких взаимно перпендикулярных плоскостях позволяет определить овальность в поперечном сечении проверяемой цилиндрической детали. Записывая данные измерений в карту замеров и обра-

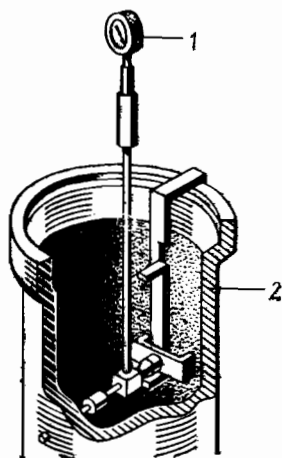


Рис. 62. Измерение диаметра цилиндра с помощью индикаторного нутромера

1 — индикатор; 2 — цилиндрическая втулка

бывая их, делают заключение о том, к какой группе по степени дефектности следует отнести данную деталь двигателя.

9.4. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ

372. Какими способами можно устранить износ деталей и восстановить характер их сопряжения?

Главные эксплуатационные характеристики двигателя — это мощность и частота вращения, снижение которых в процессе эксплуатации объясняется износом и изменением характера сопряжения деталей. Устранить указанные дефекты можно либо восстановлением посадки, либо восстановлением первоначальных размеров деталей.

373. Что понимают под восстановлением посадки?

Восстановление посадки весьма распространено в ремонтной практике. Его осуществляют, используя регулировку сопряжения или применяя детали ремонтных размеров (отличающихся от номинальных). Регулировку производят подтяжкой соединений с выемкой прокладок или торцовкой деталей. Эти способы, однако, нельзя применять для всех сопряжений. Используя детали ремонтных размеров, можно вернуть сопряжению начальный зазор и восстановить геометрическую форму деталей. В этом случае одну из деталей сопряжения заменяют деталью ремонтного размера, а другую оставляют при условии устранения искажений ее геометрической формы и подгонки размеров под новую деталь ремонтного размера.

374. Какими могут быть ремонтные размеры?

Различают два вида ремонтных размеров — установленные и не установленные. У деталей с установленными ремонтными размерами существуют определенные размеры (1-й ремонтный, 2-й ремонтный и т. д.), которые распространяются на детали всей серии двигателей. Детали изготавливают заранее, поэтому при их использовании не требуется дополнительной обработки.

Детали с неустановленными ремонтными размерами могут быть изготовлены заранее, но с припуском на обработку. Вопрос о том, какая из деталей сопряжения должна подлежать замене новой деталью с ремонтными размерами, решают, исходя из соображений технологического и экономического порядков. Например, выгоднее и технологически проще при ремонте сопряжения вал—подшипник заменить подшипник, восстановив геометрическую форму шеек вала.

Возможен также ремонт сопряжения с помощью дополнительных ремонтных деталей. В этом случае одну деталь заменяют деталью ремонтных размеров, а другую не заменяют, а реконструируют (например, путем установки переходных втулок, дополнительных кольцевых прокладок и т. п.) для возможности восстановления начальной посадки.

375. Что понимают под восстановлением размеров деталей?

Восстановление размеров деталей с последующим восстановлением посадки предусматривает восстановление размеров обеих деталей сопряжения при помощи электродуговой, ацетиленокислородной или виброконтантной наплавки, электролитического или химического никелирования, электролитического оставливания и ряда других способов. Так, например, в последнее время на ряде судоремонтных предприятий внедряют плазменную наплавку деталей.

Глава 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И РЕМОНТ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

10.1. РАЗБОРКА ДВИГАТЕЛЯ

376. Каковы основные требования к демонтажу и разборке двигателя?

Для ДВС всех типов можно установить ряд основных требований, служащих основой для типизации демонтажа и разборки. Эти требования сводятся к следующему. Перед началом демонтажа или разборки необходимо освободить все трубопроводы и полости

систем двигателя от масла, воды и топлива. Если предстоит отправка двигателя на ремонтное предприятие, то вал двигателя отсоединяют от вала приводного механизма, а трубопроводы систем двигателя — от трубопроводов системы МО. Свободные концы труб должны быть заглушены. Затем освобождают болты, крепящие двигатель на фундаменте, и производят подготовку к поднятию с фундамента и последующей транспортировке двигателя, если он подлежит доставке в цех предприятия.

377. В какой последовательности разбирают двигатель?

Последовательность разборки двигателей, имеющих в качестве основной детали корпуса фундаментную раму, примерно такова. Сначала снимают КИП, затем — электрооборудование, трубопроводы, тяги топливных насосов и регулятора частоты вращения; удаляют стойки с клапанными рычагами, толкатели и штанги клапанов, навесные агрегаты, кожух шестерен привода газораспределения; снимают шестерни, распределительный вал, крышки цилиндров; производят разъем нижних головок шатунов и, поворачивая коленчатый вал, последовательно поднимают поршни с шатунами и извлекают их из цилиндров. Затем выпрессовывают втулки цилиндров; отделяют цилиндры (блок цилиндров); снимают маховик; вскрывают рамовые подшипники; поднимают коленчатый вал и укладывают его на козлы. До выпрессовки втулок цилиндров зарубашечное пространство очищают от накипи и подвергают гидравлическому испытанию; выпрессовку втулок удобнее производить после демонтажа блоков цилиндров или отдельных цилиндров.

378. Каковы основные правила разборки?

Во время разборки любого двигателя рекомендуется соблюдать следующие общие правила: детали, трубы, приборы укладывать на заранее подготовленные места; разборку делать только специально предназначенными для этой цели инструментами и приспособлениями; при разборке не прикладывать чрезмерных усилий, а, если узел не поддается разборке, выяснять причины; все открытые полости закрывать специальными крышками (использование в качестве заглушек

пакли и ветоши воспрещается); концы трубок глушить деревянными пробками или специальными заглушками; если деталь крепится несколькими гайками, то сначала последовательно ослабить их, а потом отворачивать; гайки после разборки наворачивать обратно на болты или шпильки; если этого сделать нельзя, то гайки с каждого узла собирать на отдельную проволоку с биркой; обращать внимание на метки, имеющиеся на деталях и определяющие их взаимное положение, и, если они плохо видны, перед разборкой их восстановить.

Следующий этап разборки двигателя — поддетальная разборка, т. е. разборка узлов на отдельные детали, которые перед дефектацией необходимо обезжирить, очистить от нагара, накипи и коррозии.

379. Как осуществляют обезжиривание деталей?

Обезжиривание, т. е. удаление с деталей жировой пленки, состоящей из минеральных жиров, осуществляют промывкой деталей в горячей воде, а затем в керосине или бензине с применением волосяных щеток, а на предприятиях — специальных моечных машин. Хорошие результаты дает использование «керосинового контакта», очищающего детали в течение 10—15 мин. Эта жидкость обладает свойством расцеплять жиры, образуя с водой растворы с высокими моющими свойствами. Для предохранения деталей от коррозии в «контакт» добавляют 1 % хромпика. Если двигатель до ремонта подвергался консервации с использованием консистентных смазок, то детали обезжиривают в щелочных растворах.

380. Что такое накипь и как ее удаляют?

Накипь — это слой труднорастворимых и нерастворимых солей, выделяющихся из охлаждающей воды и оседающих на стенках полостей охлаждения двигателя. Причина их выделения — превращение растворимых солей в малорастворимые соединения и увеличение концентрации растворимых веществ при испарении воды. Различают следующие виды накипи: гипсовую — твердую и плотную, трудноотделимую от металлической поверхности; карбонатную, отлагающуюся в виде твердого осадка на поверхностях, у которых за-

медленно движение воды, а также в виде рыхлых осадков на поверхностях с интенсивным движением воды; силикатную — твердую и плотную, отлагающуюся на наиболее нагретых местах; смешанную, структура которой может быть различна. Силикатная накипь имеет очень низкую теплопроводимость и откладывается в самых теплонапряженных местах полостей охлаждаемых деталей.

Прежде чем приступить к удалению накипи, нужно сделать анализ ее состава и разработать рациональный способ ее удаления. С этой целью берут 1—2 г накипи, измельчают ее и обливают 20 см³ соляной кислоты, разбавленной водой в пропорции 1 : 2. Если сразу начинается бурное вскипание и выделение углекислого газа, то, значит, накипь карбонатная. В случае слабого выделения газа, без образования пены, накипь смешанная. Если же газ не выделяется и порошок не растворяется, то, следовательно, накипь гипсовая или силикатная.

Из-за трудности доступа в зарубашечные пространства механический способ очистки накипи не применяют.

Химические способы удаления накипи наиболее эффективны. Применяемые в этом случае растворы, взаимодействуя с накипью, полностью растворяют ее или настолько разрушают, что она удаляется под напором воды. Из химических способов очистки известны фосфатный, щелочной и кислотный в зависимости от вида накипи и марки металла, из которого изготовлена очищаемая деталь (чугун, силумин).

10.2. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ОСТОВА ДВИГАТЕЛЯ

381. Какие возможны дефекты фундаментных рам?

Фундаментные рамы МОД обладают значительной механической прочностью. Поэтому дефекты фундаментных рам как результат естественного износа наблюдаются редко и не являются характерными. Чаще встречаются трещины в различных местах рамы (особенно в ее поперечных перегородках), а также наклеп металла на верхней опорной поверхности из-за несоблюдения технических условий ремонта и монтажа

двигателя и деформации его фундамента. Деформация может сопровождаться искажением верхней опорной плоскости рамы, нарушением прямолинейности оси опор коленчатого вала, растрескиванием антифрикционного сплава вкладышей подшипников. Вследствие аварийных разрушений могут также наблюдаться сквозные проломы в различных местах рамы.

У ВОД уменьшение массы и запаса прочности деталей корпуса сопровождается уменьшением их общей жесткости; поэтому для такой детали, как верхний картер, являющейся основным элементом остова этих двигателей, характерны дефекты, вызванные недостатками конструкции и монтажа или неправильной эксплуатацией. К основным дефектам верхних картеров следует отнести трещины на плоскости разъема картеров и в гнездах подшипников, а также в лапах крепления двигателя; износ гнезд под вкладыши коренных подшипников и отверстий под стопоры вкладышей; повреждение резьбы в отверстиях.

382. Как ремонтируют фундаментные рамы?

Наиболее серьезными дефектами фундаментных рам являются трещины. Ремонт мест, имеющих трещины, можно выполнять следующими способами: с помощью электро- или газосварки без ввертышей или с постановкой вдоль трещин ряда ввертышей, перекрывающих друг друга; установкой ввертышей с расклепкой и чеканкой их хвостовиков с обеих сторон или с одной стороны; установкой накладок, стяжек, бандажей и других подкрепляющих деталей, выбираемых в зависимости от очертаний рамы в месте заделки; заливкой трещин пастами на основе эпоксидных смол. Выбор способа заделки трещин зависит от многих факторов: характера трещины; усилий, действующих в районе трещины; материала рамы; от причин, вызвавших появление трещин; от необходимости восстановления только герметичности или только прочности рамы.

Устранение наклепа металла на верхней опорной поверхности рамы можно провести без ее демонтажа, непосредственно на месте установки. Если же рама была демонтирована, то до начала работ ее устанавливают на регулируемые опоры типа домкратов или отжимных болтов так, чтобы исключить возможность деформации от прогиба. Затем определяют глубину

выбоин в местах наклепа. Эту операцию можно выполнить при помощи индикатора, перемещая его стержень по всей поверхности рамы. Если глубина выбоин не превышает 0,2—0,3 мм, то исправление поверхности можно произвести опиливанием и шабрением; при большой глубине выбоин рационально применить скоростное фрезерование на продольно-строгальном станке с помощью фрезерной головки с последующей проверкой плоскостности по краске. Можно также использовать переносные шлифовальные приспособления с последующим опиливанием и шабрением поверхности. Во время обработки и по окончании ее производят проверку поверхности.

383. Как устраняют дефекты картеров?

Устранение дефектов картеров ВОД обычно включает следующие операции. Картер очищают от коррозии, наплавляют изношенные постели коренных подшипников, восстанавливают форму отверстий под детали привода отдельных агрегатов, навешиваемых на картер, и растачивают гнезда под вкладыши.

В некоторых случаях детали корпуса ВОД выполняют из алюминиевых сплавов, в большей степени, чем чугун, подвергающихся коррозии. В результате на отдельных участках поверхности таких деталей образуется белый налет, а металл в этих местах становится хрупким, особенно у кромок отверстий вокруг анкерных шпилек. Удаляют следы коррозии зенкованием кромок отверстий.

Наплавку поверхностей постелей под вкладыши коренных подшипников производят газосварочной горелкой, применяя присадочные стержни из силумина, или электродуговым способом в среде инертного газа (аргона).

Если необходима замена нижнего картера, который бракуют при наличии трещин, выходящих на поверхность, сопрягаемую с верхним картером, то сначала проверяют прилегание плоскостей разъема картера. Проверяют также соосность обоих картеров при помощи контрольных оправок.

Крышки (подвески) коренных подшипников заменяют при наличии трещин, вмятин и значительного наклепа. Новая крышка с соответствующим гнездом картера должна обеспечивать посадку с натягом для

сохранения общей жесткости корпуса. Прилегание поверхностей крышки проверяют по краске.

Постели под вкладыши при износе, большем допускаемого, или после наплавки подлежат обязательному растачиванию в сборе с крышками. Растачивание — ответственная операция, поэтому ее целесообразно вести на станке, позволяющем растачивать все постели одновременно. Для растачивания постелей можно применять горизонтальный универсальный станок, оборудовав его стойками для подшипников расточного вала и базирующих втулок, подъемниками и зажимами картера. Шпиндель станка соединяют с расточным валом шарнирно. Допускается использовать и более простое приспособление — борштангу, тщательно ориентированную по неизношенным отверстиям картера.

384. Какие встречаются дефекты вкладышей подшипников коленчатого вала и каковы причины их появления?

В настоящее время для заливки вкладышей подшипников чаще всего применяют баббиты различных марок и свинцовистые бронзы. Вкладыши, заливаемые баббитом, могут быть толстостенными и тонкостенными; основной показатель качества подшипника — его жесткость, т. е. отношение толщины тела вкладыша без заливки к наружному диаметру. Для толстостенных вкладышей она находится в пределах 0,065—0,10, а для тонкостенных — 0,025—0,045.

Характерными дефектами толстостенных вкладышей, заливаемых баббитом, являются износ рабочих и торцевых поверхностей — растрескивание, отставание, выкрашивание, задиры и выплавление баббита. Причины этих дефектов следующие: неудовлетворительная смазка (эксплуатация с понижением давления масла, пуск двигателя без предварительной прокачки маслом); загрязнение масла; применение несоответствующих сортов масел; плохое качество баббита или неудовлетворительная заливка его; неправильная пригонка и сборка подшипников в период предыдущего ремонта; перекося вкладышей; чрезмерные или недостаточные зазоры; нарушение режимов работы (например, значительная перегрузка, работа «вразнос», несоблюдение температурного режима масла и т. д.).

385. Как устраняют дефекты вкладышей подшипников и коленчатого вала?

Об износе рабочих поверхностей вкладышей при работе двигателя свидетельствуют появление ступов, падение давления масла и увеличение зазора в подшипнике.

Перезаливку вкладышей подшипников баббитом производят в тех случаях, когда износ баббита достиг 50 % начальной толщины; когда баббит отстал от тела вкладыша более чем на 10 % поверхности заливки, а также когда свыше 15 % поверхности заливки покрыто трещинами, а поверхность вкладыша оплавилась и имеет глубокие задиры.

При капитальном ремонте, как правило, перезаливают все толстостенные вкладыши. В тех случаях, когда постели вкладышей в раме исправляют, а старые вкладыши не могут быть использованы, их заменяют новыми.

Износ баббита на торцевых поверхностях вкладышей упорных подшипников допускается до увеличения осевого разбега вала в 3 раза по сравнению с нормальным разбегом. Если разбег вала достигает большей величины, а в перезаливке вкладыша нет необходимости, то на торцах вкладыша производят наплавку баббита.

Одиночные трещины на поверхности вкладыша не всегда вызывают необходимость его перезаливки. Если образование трещин не сопровождается отставанием баббита, иногда ограничиваются пропайкой их баббитом того же состава, что и основная заливка. Небольшие задиры и неглубокие риски могут быть исправлены гладилкой.

Перезаливку вкладышей обычно производят центробежным способом и редко — статическим. Центробежный способ имеет ряд преимуществ: структура слоя заливки получается мелкозернистой из-за лучших условий охлаждения и перемешивания баббита в момент образования кристаллических центров (отсутствует ликвация); в слое заливки не образуются поры и раковины, так как пузырьки газов выдавливаются металлом; экономится баббит за счет меньших припусков на обработку; уменьшается коэффициент трения в подшипнике (при статической заливке он равен 0,016, а при центробежной — 0,0033).

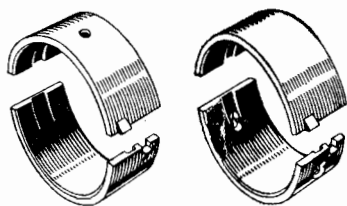


Рис. 63. Тонкостенные вкладыши подшипников

После контроля качества заливки на отсутствие отставания баббита, раковин и шлаковых включений производят растачивание вкладышей с учетом диаметра шеек вала и с припуском на подгонку по месту и шабровку.

Технология ремонта тонкостенных (рис. 63)

вкладышей, заливаемых баббитом, является сложной и требует специального оборудования, поэтому при ремонте тонкостенные вкладыши, имеющие износ, выкрашивание и отставание баббита, заменяют новыми, изготовленными на специализированных предприятиях. Опиливание стыков таких вкладышей запрещается.

Тонкостенные вкладыши подшипников ВОД, заливаемые свинцовистой бронзой, очень чувствительны к качеству и режиму смазки. В случае нарушения режима в дополнение к износу на поверхности вкладышей появляются кольцевые риски различной глубины, скопления черных пятен, переходящих в раковины, следы оплавления металла и др. При наличии таких дефектов вкладыши заменяются новыми. При необходимости замены хотя бы одного вкладыша заменяют весь комплект вкладышей, так как у ВОД точность подгонки подшипников должна быть очень высокой. Если у вкладышей, залитых баббитом, некоторая неточность подгонки может компенсироваться за счет приработки баббита к шейкам вала, то у вкладышей, залитых свинцовистой бронзой, этого не происходит ввиду большой твердости бронзы.

Замена вкладышей, заливаемых свинцовистой бронзой, всегда производится при снятом коленчатом вале. Изготовление новых вкладышей и заливка их свинцовистой бронзой производятся только на специализированных ремонтных предприятиях. Вкладыши для ремонтных целей выпускают нескольких ремонтных размеров как по внешнему, так и по внутреннему диаметрам. При сборке двигателя вкладыши не подвергают дополнительной подгонке или шабровке. Масляный зазор в подшипнике определяют как разность диаметров шейки вала и отверстия подшипника.

На некоторых предприятиях для подшипников, заливаемых свинцовистой бронзой и имеющих естественный износ рабочей поверхности, внедряется метод восстановления вкладышей способом вдавливания, заключающийся в том, что слой свинцовистой бронзы накатывают зубчатым роликом. При этом на поверхности заливки образуются ячейки, а металл между ними перемещается вверх. Ячейки заполняют баббитом и производят механическую обработку парных вкладышей растачиванием на станке. В результате образуется сетчатый подшипник, имеющий хорошую прирабатываемость к шейке вала и сохраняющий высокие механические свойства свинцовистой бронзы.

386. Какие дефекты могут иметь втулки рабочих цилиндров?

Втулки цилиндров бракуют при обнаружении следующих дефектов: раковин на наружной поверхности глубиной более 50 % толщины стенки; протечки воды внутрь цилиндра или в картер через эти раковины; протечки воды при испытании полостей охлаждения гидравлическим давлением; износа или следов задира, ликвидация которых вызывает увеличение внутреннего диаметра более чем на 2 % от номинального значения; сквозных и несквозных трещин.

Допустимое предельное увеличение диаметра втулки от износа в верхней ее части зависит от частоты вращения двигателя (D — внутренний диаметр втулки):

Частота вращения, мин ⁻¹	До 250	250—500	Свыше 500
Увеличение диаметра втулки	$D/150$	$D/200$	$D/500$

Независимо от частоты вращения двигателя овальность втулки не должна превышать $D/100$.

387. Как ремонтируют втулки цилиндров?

Изношенные втулки больших размеров лучше всего растачивать и шлифовать на расточном или токарном станке. При отсутствии подходящих станков допускается растачивание непосредственно на двигателе с использованием специальной борштанги с переносным электроприводом. Базой для установки борштанги является боковая поверхность опорного бурта втулки или верхняя неизношенная часть рабочей поверхности.

Для получения требуемого класса шероховатости поверхности втулки хонингуют. Окончательное поли-

рование обычно производят также на хонинговальном станке войлочными пластинами и пастами ГОИ. Расточенные поверхности проверяют микрометрическим нутромером, калибром или индикаторным нутромером в трех поясах по высоте втулки: «по ходу» и вдоль оси вала. Верхний пояс измерений находится на уровне верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ, нижний — на расстоянии 50—100 мм от нижней кромки втулки; промежуточные пояса находятся на равных расстояниях друг от друга. У двухтактных ДВС дополнительный пояс для измерений находится в районе продувочных и выпускных окон.

Исправить геометрическую форму внутренней поверхности втулок, а также устранить риски и наволакивание металла можно шлифованием, используя круги из электрокорунда. У ВОД, имеющих стальные тонкостенные втулки, шлифованию предшествуют правка втулок на гидравлическом прессе, наращивание наружной поверхности центрирующих поясков (если они имеют износ) хромированием или виброконтальной наплавкой и устранение неисправностей опорного фланца. Пояски после наращивания шлифуют под ремонтный размер.

Поверхности втулок, омываемые водой, иногда покрывают защитным слоем путем анодирования. В качестве покрытия можно применять цинк, хром, кадмий, никель, медь. Если при ремонте производится замена втулок, то новые втулки должны соответствовать чертежам и ТУ завода-изготовителя или специализированного предприятия. Если втулки изготовлены с припуском на обработку посадочных поясков и верхнего опорного бурта, то их обрабатывают в соответствии с размерами сопрягаемых поверхностей в блоке цилиндров, соблюдая требования вышеуказанных чертежей в отношении посадок и степени шероховатостей обрабатываемых поверхностей.

10.3. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ

388. Какие причины могут привести к поломке коленчатого вала?

К поломке коленчатого вала могут привести следующие причины: ненормальные условия эксплуатации, работа в зоне критической частоты вращения,

заклинивание поршня, гидравлический удар в цилиндре, обрыв шатунных болтов, неправильная укладка и центровка его с валом приводимого механизма, нарушения технологии при изготовлении или усталость металла, дефекты монтажа двигателя на фундаменте и чрезмерный износ или выплавление подшипников.

Поломки вала и его неравномерный износ наиболее характерны для ВОД, что вызвано резкими различиями в условиях работы отдельных шеек, быстрым нарастанием давления в цилиндре в период сгорания топлива, общей вибрацией двигателя, недостаточной жесткостью деталей корпуса и особенно верхнего картера или блок-картера. Места распределения зон наиболее активного разрушения валов этих ДВС располагаются крайне неравномерно. Чаще всего вал разрушается в тех местах, где шейки переходят в щеки.

389. Насколько опасна для вала его временная деформация в виде изгиба или прогиба?

Недостаточная жесткость корпуса двигателя приводит к тому, что вал во время работы подвергается непрерывным изгибам. Это вызывает усталость материала вала и появление трещин, приводящих к усталостному разрушению. Навешенные на фланец вала массы вызывают дополнительные циклические напряжения изгиба (влияние этих масс еще более усиливается, если имеется хотя бы небольшой дисбаланс).

При неправильной пригонке или неодинаковых износах рабочих поверхностей опор вал может подвергаться непрерывным изгибам то в одну, то в другую сторону. Поскольку вал обладает упругостью, то после снятия нагрузок он приобретает первоначальную форму (без остаточной деформации), однако непрерывное действие знакопеременных нагрузок может закончиться усталостным разрушением, особенно у ВОД.

390. Как определяют упругий прогиб вала?

Вал должен лежать равномерно на всех подшипниках. Если он лежит только на крайних точках опоры, то средняя часть его будет прогибаться и может касаться средних подшипников даже в том случае, если последние установлены ниже крайних. Следовательно, проверка прилегания вала к подшипнику еще не дает основания считать, что вал не имеет прогиба.

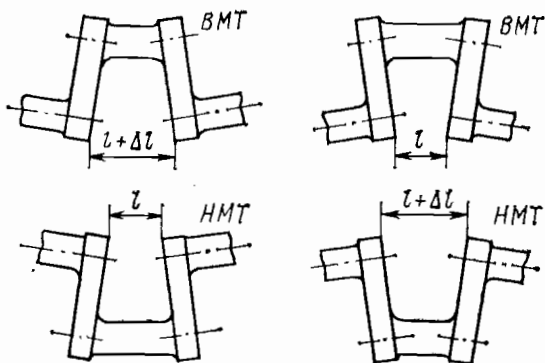


Рис. 64. Упругий прогиб коленчатого вала

Проверкой зазоров в подшипниках нельзя установить, какая доля этого зазора приходится на износ нижнего вкладыша и прогиб вала, поэтому упругий прогиб вала определяют по расхождению его щек (рис. 64).

Определение расхождения щек основано на измерении расстояния между щеками кривошипов при прогибе вала. При этом находят разницу в расстояниях между щеками в двух диаметрально противоположных положениях кривошипа, измеренных в точках, по возможности максимально удаленных от оси мотылевой шейки. Разность замеров указывает на то, что вал имеет прогиб. Если середина вала лежит ниже крайних подшипников, то при положении мотылевой шейки в ВМТ щеки разойдутся по сравнению с их положением в НМТ. Если концы вала лежат ниже средних подшипников, то щеки разойдутся при положении кривошипа в НМТ по сравнению с их положением в ВМТ. Следовательно, по расхождению щек можно судить о направлении деформации вала в районе данного кривошипа.

Расхождение щек проверяют микрометрическим нутромером или специальным приспособлением с индикатором (что гораздо удобнее). При измерениях это приспособление или нутромер устанавливают на расстоянии 10—15 мм от края щек. Если стрелку индикатора при положении кривошипа в НМТ совместить с нулем шкалы, то показание прибора после поворота кривошипа на 180° определит расхождение щек кривошипа в вертикальной плоскости. Если же стрелку индикатора

совместить с нулем шкалы после поворота кривошипа на 90° за НМТ, то показание индикатора после поворота кривошипа еще на 180° определит расхождение щек в горизонтальной плоскости.

Разницу замеров при положениях кривошипа в горизонтальной плоскости (правый борт — левый борт) называют горизонтальным расцепом, в вертикальной — вертикальным расцепом.

391. Устранимы ли трещины в коленчатых валах?

Наиболее серьезным дефектом вала являются трещины. Валы небольших размеров проверяют магнитным дефектоскопом. Наличие трещин, даже микроскопических, служит основанием для выбраковки коленчатых валов ВОД. Иначе решается этот вопрос для МОД. Для восстановления таких валов разрабатывают специальный технологический процесс. Он может включать: заварку трещин на шейках и щеках, постановку на щеки бандажей или хомутов, а также запрессовку в вал новых кривошипных колен, наварку шеек с применением необходимой термообработки.

392. Насколько опасно скручивание вала?

Скручивание вала — один из признаков его остаточной деформации. Для выявления скручивания вал устанавливают в центрах станка или на призмах и по одной из мотылевых шеек настраивают индикатор на нуль. Затем прибор передвигают к остальным шейкам, лежащим в той же плоскости. Скручивание вала (в градусах) на расстоянии между серединами замеренных шеек определится из выражения

$$\gamma = 360\delta/2\pi r = 57\delta/r,$$

где δ — разность показаний индикатора, мм; r — радиус кривошипа, мм.

Вал, имеющий скручивание более указанного в ТУ, ремонту не подлежит.

393. Устранимы ли следы задиров на шейках вала?

На шейках вала задиры могут наблюдаться в виде кольцевых рисок и бороздок. Решение о допуске таких валов к дальнейшей эксплуатации, а также

о необходимости ремонта принимают в соответствии с ТУ на ремонт двигателя данного типа. Как показывает опыт эксплуатации, почти всегда допускается работа валов с зачищенными и тщательно заглаженными неглубокими задирами шеек.

394. Как определяют и устраняют искажения формы шеек вала?

Овальность и конусность шеек вала могут быть обнаружены с помощью микрометрической скобы или индикатора, закрепленного на суппорте станка, если вал установлен в центрах станка. Диаметр шеек обычно измеряют в трех сечениях и в двух плоскостях. Первой плоскостью для всех рамовых шеек считают плоскость, проходящую через их общую ось и ось мотылевой шейки первого цилиндра; первой плоскостью для каждой мотылевой шейки считают плоскость, проходящую через ось данной шейки и ось рамовых подшипников. Второй плоскостью для измерений считают плоскость, перпендикулярную первой. Овальность вычисляют как разность наибольшего и наименьшего диаметров, замеренных в одной плоскости. Для дизеля, находящегося в эксплуатации, допускаются овальность и конусность шеек вала не более $0,001d_{\text{ном}} + 0,05$ мм, где $d_{\text{ном}}$ — номинальный диаметр шеек.

В результате исправления геометрической формы шеек вала (если допустимое уменьшение их диаметра не более 3 % от номинального значения) овальность и конусность не должны превышать значений, приведенных ниже.

Номинальный диаметр шеек, мм	Овальность и конусность шеек, мм:	
	рамовых	мотылевых
До 180	0,02	0,03
180—260	0,03	0,04
260—360	0,04	0,05
360—500	0,05	0,06
Свыше 500	0,06	0,07

Основным и самым распространенным способом восстановления формы шеек валов ВОД небольшой мощности является обработка их под ремонтный размер за счет уменьшения диаметра. К обработке допускаются валы, имеющие допустимый прогиб. Восстановление шеек вала до номинального размера выполняют способами наплавки, металлизации, хромирования. После наплавки шейки протачивают до номинального размера.

Обработку шеек валов под ремонтный размер осуществляют шлифованием на токарных или специальных станках с последующей полировкой. Протачивание шеек не всегда рекомендуется, так как при этом снимается слишком большой слой металла. Перед шлифованием устанавливают ремонтный размер, до которого необходимо шлифовать шейки (по наименьшему диаметру с учетом припуска на шлифовку). Обычно задаются одним ремонтным размером, так как применение неустановленных ремонтных размеров для шеек одного и того же вала усложняет ремонт. Шлифование производят на станке в центрах или при помощи приспособления для крепления вала. Установку вала нужно производить с максимальной точностью, чтобы не нарушить соосность рамовых шеек. Во избежание прогиба вала к промежуточным рамовым шейкам подводят кулачки люнетов. Для шлифования мотылевых шеек вал устанавливают рамовыми шейками на призмы кронштейнов центросмесителей, совмещая последовательно оси мотылевых шеек с осью станка. Заключительной операцией является полирование.

Протачивание шеек и фланцев крупных валов можно выполнять на больших токарных станках. Мотылевые шейки протачивают на люнетных станках с вращающимся суппортом. Рамовые шейки можно проточить непосредственно в раме двигателя, но с несколько меньшей точностью и большей затратой времени. Для этого используют станину токарного станка без ножек и бабок, устанавливают ее строго параллельно оси вала и укрепляют на фундаментной раме двигателя. Подачу суппорта производят обычно ходовым винтом с приводом от какой-либо части вала трещоткой, установленной на месте шестерни ходового винта. Вал получает вращение от электродвигателя через редуктор или ременную передачу. При обработке шеек вала учитывают толщину термически обработанного слоя и предельный размер шеек по условиям прочности.

395. В каких случаях производят замену поршней?

Замену поршней производят в случаях, когда при ремонте растачивались втулки цилиндров и когда неравномерность износа поршней превосходит в направляющей (тронковой) части $0,01D$ (D — диаметр

цилиндра). Поршень также подлежит обязательной замене при наличии трещин и оплавлении днища; при увеличении ширины канавок для поршневых колец, когда толщина перемычек между канавками уменьшается на 20 % по сравнению с нормальным значением; при наличии следов задира, удаление которых сокращает поверхность тронка «по ходу» более чем на 15 %. Если поршень имеет съемную головку, то при наличии у нее вышеуказанных дефектов и отсутствии необходимости в замене тронка ограничиваются лишь заменой головки.

396. Возможен ли ремонт поршней?

Поршни, бывшие в употреблении и имеющие увеличенный диаметр по сравнению с нормальным из-за растачивания втулок цилиндров при предыдущем ремонте, можно использовать при установке втулок с нормальным диаметром. Это допускается при условии, что у поршней нет трещин и оплавления, а износ отверстий бобышек для поршневого пальца таков, что после ремонта поршня можно получить требуемую посадку поршневого пальца в бобышках и если толщина перемычек между канавками для поршневых колец после проточки уменьшится менее чем на 20 % ее нормального значения. Такие поршни протачивают и шлифуют по наружному диаметру, затем протачивают канавки для колец и исправляют развертыванием, шабрением или растачиванием отверстия в бобышках, имеющих овальность сверх допустимых пределов или наклеп.

В качестве базы для установки поршня на станке чаще всего используют нижнюю торцовую поверхность, которая должна быть проверена на плите.

Обычно при капитальном ремонте вместе с цилиндрыми втулками заменяют и поршни, поставляемые комплектно с поршневыми пальцами и кольцами.

При использовании втулок цилиндров, находившихся в эксплуатации и растачиваемых на месте ремонта двигателя, применяют поршни увеличенного диаметра с припуском на обработку, окончательно обрабатывая их в период ремонта под диаметр обработанных втулок цилиндров. При обработке таких поршней и поршней увеличенного диаметра, находившихся в эксплуатации и предназначенных для использования с новыми втулками нормального диаметра, руковод-

ствуются чертежами и ТУ завода-изготовителя или специализированного предприятия.

Требования этих документов обычно таковы. Обработка чугунных поршней должна обеспечить диаметральный монтажный зазор между головкой поршня и цилиндром для четырехтактного дизеля в пределах $(0,0065—0,0100) D$, а для двухтактного — $(0,0008—0,0125) D$. Диаметральный зазор между тронком и цилиндром для четырехтактного дизеля должен составлять $(0,001—0,0013) D$, а для двухтактного — $(0,0012—0,0017) D$, причем меньшие цифры относятся к большим диаметрам цилиндров, а большие — к меньшим диаметрам.

Канавки для колец по высоте обрабатывают под один номинальный размер высоты кольца, чтобы устанавливать кольца без индивидуальной пригонки. Если маслосъемные кольца имеют большую высоту, то для их канавок устанавливают свой номинальный размер. Высота канавок должна соответствовать номинальной высоте кольца плюс наименьший допустимый монтажный зазор по высоте между кольцом и стенкой канавки с допуском $+0,02$ мм для колец высотой до 10 мм и $+0,03$ мм для колец большей высоты. Биение торцов канавок относительно оси поршня должно быть не более 0,05 мм на 100 мм диаметра поршня.

Для капитального ремонта ВОД специализированные предприятия выпускают окончательно обработанные поршни нескольких установленных ремонтных размеров, которые в обработке и каких-либо контрольных операциях на месте ремонта не нуждаются.

397. Как ремонтируют поршневые кольца?

Поршневые кольца заменяют новыми, если износ превышает предельно допустимый. При износе наружной поверхности кольца зазор в замке увеличивается, и по нему можно судить о предельном износе кольца. Для этого кольцо устанавливают в кольцевой калибр, а зазор в замке измеряют щупом. Об износе маслосъемного кольца можно судить по изменению его рабочей части. Кольца, у которых высота этой поверхности увеличилась в 2 раза, подлежат замене.

Кольца, имеющие задиры и следы пропусков газов (почернение), также должны быть заменены новыми.

Если при ремонте двигателя заменяют поршни, то вместе с ними заменяют все кольца. Если же поршни не нуждаются в замене, то кольца заменяют при зазоре в замке, в 1,5 раза большем нормального монтажного зазора.

Зазор в замке кольца, поставленного в цилиндр у четырехтактного ДВС для двух верхних колец, допускают в пределах $(0,005—0,007) D$; для остальных колец этот зазор должен быть на 15—20 % меньше. Для двухтактных ДВС все зазоры принимают на 25 % больше, чем для четырехтактных.

Свой функции кольцо может выполнять только в случае, если оно обладает надлежащей упругостью. Недостаточно упругие кольца плохо прилегают к поверхности втулки, а излишне упругие вызывают ее повышенный износ. Кольца, не выдержавшие проверку на упругость, бракуют. Кольцо бракуют также, если при разведении концов кольца на 20 % его наружного диаметра с последующим освобождением остаточная деформация будет превышать 10 %.

Трещины на наружной или внутренней поверхности поршневого кольца, выкрашивание цементированного слоя и глубокая коррозия являются основанием к замене кольца.

398. Как проверяют и ремонтируют поршневые пальцы?

Наиболее надежный способ обнаружения трещин в пальцах — магнитная дефектоскопия и рентгено-скопия. Величину и характер износа пальцев определяют промерами, производимыми в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и трех поясках по длине пальцев.

При ослаблении пальца в бобышках поршня за счет увеличения зазора более чем в 1,5 раза и при отсутствии других дефектов, являющихся основанием для замены, палец можно восстановить хромированием или проточкой на 3—4 мм по диаметру и наплавкой с последующей проточкой и шлифованием для получения требуемой посадки. В качестве номинального диаметра для каждого конца пальца принимают диаметр отверстия соответствующей бобышки после исправления ее геометрической формы.

При замене поршней заменяют и поршневые пальцы.

Посадка плавающего пальца в бобышках поршня зависит от материала и тепловой нагрузки поршня; ее устанавливает завод-изготовитель двигателя, по этому палец должен быть обработан так, чтобы сопряжение его с бобышками поршня соответствовало заводским требованиям. Овальность и конусность наружной поверхности пальца не должны превышать 50 % допуска на диаметр.

399. Как ремонтируют штоки поршней у крейцкопфных дизелей?

Для штоков крейцкопфных ДВС наиболее характерен износ из-за трения в сальниковом уплотнении цилиндра. В редких случаях шток может получить продольный изгиб, тогда его необходимо править. Правку можно вести в центрах токарного станка, подогревая места правки. Если размеры штока позволяют, то исправление цилиндрической части производят резцом на токарном станке или абразивом на круглошлифовальном станке. При большом местном износе штока для восстановления его размера целесообразно наплавить изношенную часть, после чего шток подлежит чистой проточке или проточке и шлифовке.

400. Какие операции включает ремонт шатунов?

Ремонт шатуна обычно связан с перезаливкой или заменой изношенных вкладышей нижней головки, сменой втулки верхней головки, устранением наклепа металла на постелях подшипников и сопрягаемых поверхностях. Прогиб стержня шатуна устраняют правкой в холодном состоянии, а также с подогревом после выпрессовки втулки головного подшипника и выемки вкладышей мотылевого подшипника. После правки шатун проверяют на отсутствие трещин, непараллельности и перекрещивания осей верхней и нижней головок. Обнаружение трещин с наибольшей достоверностью можно произвести магнитным дефектоскопом. Трещины наравне с большой остаточной деформацией стержня служат основанием к выбраковке шатуна.

Дефекты вкладышей мотылевых подшипников аналогичны дефектам вкладышей рамовых подшипников, причины их возникновения также одинаковы. Толсто-стенные вкладыши, заливаемые баббитом, перезаливают

при предельном износе слоя баббита или его повреждении. При наличии трещин или наклепа вкладыши подлежат замене.

Втулки головных подшипников ремонтируют или заменяют, если зазор в подшипниках превышает двойной монтажный зазор, а посадка втулки ослаблена. Втулки бракуют при наличии на них трещин. При ослаблении посадки диаметр втулки головного подшипника увеличивают омеднением или хромированием поверхности втулки; при чрезмерном увеличении зазора в подшипнике бронзовую втулку можно расточить или расшабрить под новый палец большего диаметра. При капитальном ремонте втулки головных подшипников обычно заменяют, а вкладыши мотылевых подшипников перезаливают. Новые втулки должны соответствовать чертежам завода-изготовителя.

У крупногабаритных дизелей расточку втулок головного подшипника и вкладышей мотылевого подшипника обычно производят до установки их в шатун с последующей пригонкой. Если имеется возможность расточить втулку головного подшипника и вкладыши мотылевого подшипника в сборе с шатуном, то это позволяет избежать последующей пригонки. Так и поступают на специализированных предприятиях, ремонтирующих ВОД с тонкостенными вкладышами. При этом для сохранения соосности отверстий втулки головного подшипника и вкладышей нижней головки шатуна расточку отверстий ведут на двухшпиндельном алмазно-расточном станке. Вновь запрессованную втулку головного подшипника и вкладыши нижней головки шатуна растачивают одновременно, применяя специальные приспособления, закрепляющие шатун и базирующие его относительно оси шпинделя и стола станка. Базами для установки шатуна могут служить торцы нижней головки, поэтому их шлифуют для устранения рисков и следов износа. Растачивание подшипников производят в зависимости от ремонтных размеров или в соответствии с замеренными диаметрами шейки коленчатого вала и поршневого пальца с допуском для сборки.

401. Как проверяют шатунные болты?

Основанием для замены шатунных болтов могут служить такие дефекты: повреждение резьбы, забоины и надрезы, местные натир, трещины, скручивание,

ослабление гайки на резьбе, слабая посадка в отверстиях головки и остаточная деформация. Трещины в шатунных болтах могут быть выявлены методом магнитной дефектоскопии. На некоторых ремонтных предприятиях во время переборок двигателей проводят полное освидетельствование всех болтов, а материал одного из болтов подвергают механическим испытаниям при статической и динамической нагрузках. При капитальном ремонте испытаниям подвергают два болта; если хотя бы один болт не выдерживает этих испытаний, то принимают решение о замене всех болтов. Резьбу болта проверяют резьбомером или калибром; она должна быть такой, чтобы гайка туго наворачивалась вручную.

На некоторых дизелях большой мощности остаточное удлинение болтов проверяют через каждые 2,5—3 тыс. ч работы и сравнивают полученные значения с первоначальными данными. Может быть допущено остаточное удлинение болта до 0,003 его начальной длины.

10.4. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

402. В чем заключаются особенности ремонта топливной аппаратуры?

Высокая точность изготовления топливной аппаратуры современных дизелей не позволяет организовать производство сменно-запасных деталей на обычных ремонтных предприятиях и в мастерских. Техническая эксплуатация топливной аппаратуры обычно строится на разграничении операций — текущих (профилактических), ремонтно-регулирующих и восстановительных. Текущие операции (наблюдение и уход за топливной аппаратурой во время работы двигателя) ограничиваются небольшим объемом работ. Это в основном наружная чистка деталей, соблюдение мер, предохраняющих топливо от засорения, очистка и промывка топливных фильтров и устранение неплотностей в топливопроводах. К числу работ, проводимых на месте установки двигателя, иногда также относят и периодическую проверку основных элементов топливной аппаратуры или замену их запасными элементами.

Контроль и регулирование топливной аппаратуры могут выполнять только квалифицированные специалисты; необходимы применение инструмента и приспособлений и специально подготовленное рабочее место. Для создания этих условий организуют специальные контрольно-ремонтные пункты или базы, куда доставляют снятую с двигателей топливную аппаратуру.

403. Как ремонтируют детали ТНВД?

Задиры, царапины, искажения формы на цилиндрических внутренних поверхностях корпуса ТНВД устраняют шлифованием или тонкой расточкой. Для восстановления первоначальных размеров отверстий в корпусе рабочие поверхности можно покрывать сталью.

Пружины, утратившие упругость, в ряде случаев не бракуют, а восстанавливают путем растягивания и последующей термообработки. Восстанавливать первоначальные размеры и формы шеек распределительных кулачковых валиков насосов можно хромирова-

нием. При больших износах применяют виброконтактную наплавку. Прогиб валиков устраняют горячей правкой, так как холодная правка на прессе обычно не дает эффекта. Рабочие поверхности кулачков и шеек валика шлифуют.

Износы и повреждения венцов поворотных втулок плунжерных пар ТНВД (рис. 65) устраняют различными способами. Первоначальные размеры зубцов венцов можно восстановить стальным покрытием их поверхностей с последующей обработкой дисковой фрезой. Внедряются также более совершенные способы. Один из них состоит в том, что восстанавливаемую деталь нагревают и после этого осаживают в специальном штампе; при этом вос-

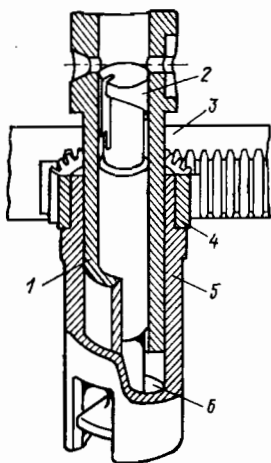


Рис. 65. Плунжерная пара ТНВД

1 — втулка пары; 2 — плунжер; 3 — зубчатая рейка; 4 — зубчатый сектор; 5 — поворотная втулка; 6 — крестовина плунжера

становливаются форма и размер зубцов. Затем втулку медленно охлаждают, после чего подвергают термообработке.

Неисправности зубчатых реек насосов устраняют правкой их на призмах и соответствующей механической обработкой. Размер шеек реек можно восстановить хромированием или оставлением с последующим шлифованием.

404. Как ремонтируют втулки и плунжеры ТНВД?

Плунжеры и втулки плунжеров ремонтируют способами перекомплектовки, наращивания, а также путем применения ремонтных размеров. Перекомплектовка заключается в том, что изношенные втулки и плунжеры после обработки притирами и сортировки на группы комплектуют и взаимно притирают друг к другу. Так удается восстановить не более 15—20 % плунжерных пар ремонтного фонда, а остальные приходится заменять новыми. Поэтому данный способ нельзя считать полноценным.

Полного использования деталей ремонтного фонда достигают при наращивании их рабочих поверхностей или при применении деталей ремонтного размера, что экономически более выгодно. В процессе перекомплектовки и сортировки деталей по группам остаются втулки, имеющие большие отверстия и плунжеры малых диаметров. Эти детали используют после наращивания поверхностей плунжеров хромированием или химическим никелированием до определенного диаметра.

Контроль деталей плунжерных пар включает осмотр поверхностей деталей и испытание пар на плотность. Особое внимание обращают на выявление следов коррозии. Плунжерные пары, плотность которых ниже нормы, раскомплектовывают, детали направляют в ремонт.

Для придания рабочей поверхности плунжера правильной геометрической формы и для удаления с нее царапин и рисок производят предварительную и чистовую притирки. Предварительную притирку осуществляют чугунным притиром на специальной доводочной бабке или на токарном станке. Обработываемую

деталь зажимают в цангу бабки. На поверхность плунжера наносят слой средней пасты и ведут притирку разрезным чугунным притиром. По мере обработки детали болт притира постепенно подтягивают стяжкой. Притир совершает движение вдоль вращающегося плунжера. Чистовую притирку рекомендуется вести на специальных притирочных станках между двумя взаимно притертыми чугунными дисками.

Для обработки плунжеры сортируют по группам (с разностью диаметров обычно в 2 мкм). После обработки поверхность плунжера должна быть гладкой, зеркально блестящей, а отсечная кромка и кромка торца должны быть острыми. При контроле плунжеры снова сортируют по группам, что облегчает их подбор для наращивания химическим никелированием. Поверхности, прошедшие никелирование, должны быть ровными, чистыми и блестящими. Затем плунжеры подвергают нормализации в электропечи.

Восстановленные плунжеры подвергают механической обработке для придания им правильной геометрической формы притиром с тонкой пастой ГОИ. После этого плунжеры снова сортируют по размерам диаметров. Окончательными операциями являются подбор, соединение с втулкой и взаимная притирка.

Обработка втулок включает предварительную и чистовую притирки отверстий, притирку верхних торцевых поверхностей, контроль и сортировку по группам. В процессе предварительной доводки отверстия нужно получить правильную форму и обеспечить перпендикулярность оси отверстия к притертой торцевой поверхности. Для этого применяют станок с самоцентрирующей обоймой головки для крепления втулки. Шпиндель станка имеет вращательное и возвратно-поступательное движение. Притир, закрепляемый на шпинделе станка с помощью конической оправки, имеет вид разрезного стержня. Во время предварительной притирки со средней пастой ГОИ устраняют местный износ и риски на рабочих поверхностях втулок. Чистовую притирку ведут с тонкой пастой из окиси алюминия притиром, слегка прикасающимся к поверхности втулки.

Торцевую поверхность притирают на плите вручную или на специальном станке при наличии на этой поверх-

ности риск или следов коррозии. После обработки втулки измеряют по внутренним диаметрам и сортируют по группам (с разностью диаметров обычно в 2 мкм). Измерение ведут на пневматическом приборе, дающем возможность разделить детали на большое количество групп с разностью диаметров в 1 мкм.

После сортировки плунжеры подбирают по втулкам так, чтобы плунжер входил в отверстие втулки примерно на 0,2 длины. Такие пары взаимно притирают на доводочной бабке с тонкой пастой ГОИ или окисью алюминия. Качество притирки определяют осмотром и проверкой плавности перемещения плунжера во втулке, чтобы не допустить местных прихватываний.

405. Как ремонтируют форсунки?

Ремонт распылителей форсунки предусматривает контроль их деталей, механическую обработку игл, наращивание их цилиндрической поверхности, механическую обработку корпусов, притирку торцевых поверхностей, комплектовку и взаимную притирку деталей. В процессе контроля проверяют состояние направляющих и конусных поверхностей, которые должны быть гладкими и чистыми. Состояние сопловых отверстий корпуса или соплового наконечника проверяют при помощи лупы или по расходу воздуха на ротаметре. Детали с чрезмерным износом кромок отверстий бракуют.

В результате контроля распылители делят на две группы. К первой группе относят детали, требующие только притирки, а ко второй — механической обработки или перекомплектовки. Механическую обработку игл начинают с предварительной притирки цилиндрических поверхностей; ее ведут чугуном разрезным притиром, закрепляемым на шпинделе доводочной бабки, с помощью тонкой пасты. Среднюю пасту применяют при наличии глубоких рисок и царапин. Обработанную поверхность иглы используют в качестве базы при обработке конуса, который шлифуют на специальном станке шлифовальным кругом. Угол конуса можно проверить оптическим проектором, измерительным микроскопом или шаблоном. Чистовую обработку цилиндрической поверхности в ряде случаев произ-

водят обкаткой. После обработки иглы сортируют по диаметру по группам (обычно с разностью диаметров в 2 мкм). Наращивание цилиндрической поверхности игл часто производят электролитическим хромированием или химическим никелированием.

Обработку корпуса распылителя начинают с притирки направляющего отверстия чугуном разрезным притиром. Притир насаживают на конусную оправку, зажимаемую в цанге доводочной бабки. Конусную фаску корпуса притирают также чугуном притиром в форме наконечника. Кроме вращения оправки притира производят перемещение корпуса вдоль оправки. Для обеспечения малого зазора между корпусом распылителя и оправкой применяют набор оправок с диаметрами от 0,01 до 0,002 мм.

Корпуса распылителей обычно притирают по иглам. Для упрощения и ускорения подбора детали предварительно сортируют по возрастающим размерам. Взаимную притирку ведут с пастой из окиси алюминия. Притирку цилиндрических поверхностей производят до тех пор, пока игла не будет плавно перемещаться в корпусе. Затем притирают конусы, для чего поверхность конуса иглы смазывают тонкой пастой, а цилиндрическую поверхность — маслом. Когда на конусной поверхности иглы образуется поясok шириной до 0,4—0,5 мм, притирка считается законченной.

Герметичность конуса распылителя проверяют на стенде, применяемом для испытания форсунок. При этом не допускается протекание топлива в сопловые отверстия при равномерном повышении давления в системе стенда до определенного значения. Чтобы определить плотность направляющих поверхностей, пружину форсунки затягивают с расчетом на давление, в два раза превышающее давление подъема иглы, и отсчитывают время падения давления. Если оно меньше требуемого, то пару направляют на перекомплектовку.

Распылители форсунок разделяют на несколько групп в зависимости от расхода воздуха через них при испытании на ротаметре. На один дизель ставят форсунки с распылителями только одной группы.

СБОРКА ДИЗЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА. ОБКАТКА ДИЗЕЛЕЙ

11.1. СБОРКА ДИЗЕЛЕЙ

406. Какие виды сборки применяют в настоящее время?

Сборка дизелей может быть массовой, серийной или индивидуальной.

При *массовой* сборке предприятие выпускает из ремонта большие партии одного или одновременно несколько типов двигателей, что обуславливает устойчивую организационную схему сборочных работ.

При *серийной* сборке собирают крупные, средние и мелкие партии двигателей различных типов, что требует частой перестройки организационной схемы предприятия и затрудняет применение специального высокопроизводительного оборудования.

Индивидуальную сборку обычно применяют при ремонте крупногабаритных ДВС большой мощности, часто непосредственно на месте установки. Независимо от вида сборки практикой установлено, что наиболее рациональным приемом при сборке является выделение сборочных единиц. Суть этого приема состоит в том, что в собираемом двигателе выделяют элементы, сборку которых можно осуществить независимо от других элементов двигателя. Это позволяет широко рационализировать сборочный процесс, так как в двигателе выделяют ряд сборочных единиц, каждая из которых собирается в отдельности и в собранном виде монтируется на основную несущую конструкцию двигателя при окончательной сборке.

407. Как комплектуют сборочные единицы из деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ)?

Детали КШМ можно комплектовать в сборочные единицы различным образом в зависимости от типа двигателя и конструкции КШМ. Например, у обычных тронковых ДВС часто выделяют три узла: коленчатый вал, шатун и поршень, т. е. сначала собирают и уклады-

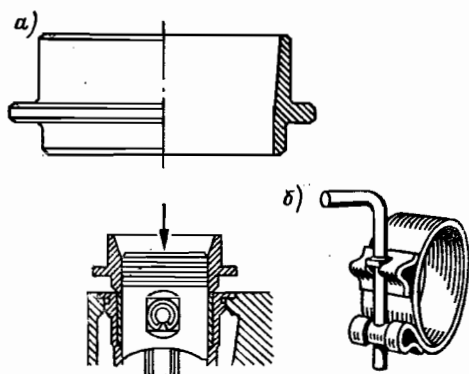


Рис. 66. Приспособление для установки поршня с кольцами в цилиндр: *а* — оправка в форме конуса; *б* — ленточная оправка

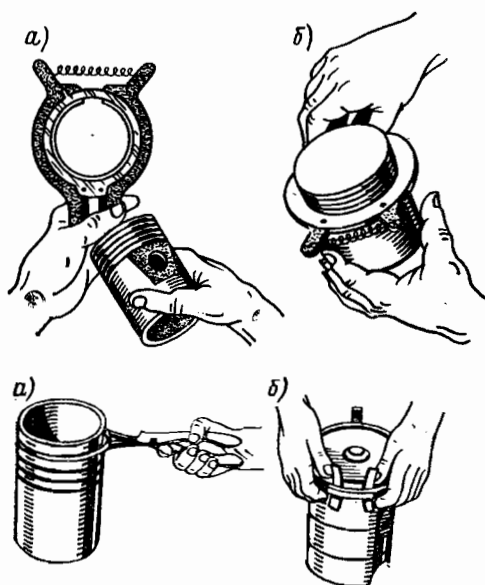


Рис. 67. Приспособление для установки и снятия поршневых колец: *а* — положение перед установкой кольца; *б* — надевание кольца

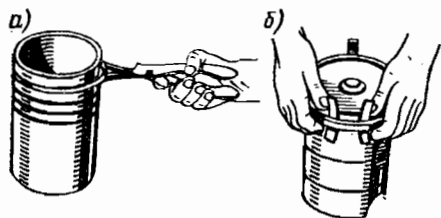


Рис. 68. Снятие и установка поршневых колец: *а* — щипцами; *б* — с помощью металлических (медных) пластин

вают коленчатый вал, затем отдельно комплектуют поршни и шатуны, соединяют их между собой и опускают в отверстия блока цилиндров для соединения шатунов с шейками коленчатого вала, применяя при этом различные приспособления (рис. 66). Одевают кольца на поршни также при помощи различных приспособлений (рис. 67, 68). Перед установкой колец проверяют зазор между ними и канавками поршня

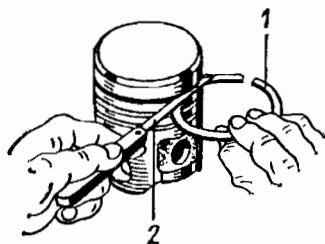


Рис. 69. Проверка зазора между кольцом и канавкой поршня
1 — поршневое кольцо; 2 — щуп

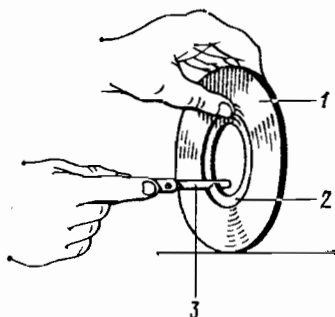


Рис. 70. Проверка зазора в замке поршневого кольца с помощью калибра
1 — калибр; 2 — кольцо; 3 — щуп

(рис. 69). Зазор в замке кольца можно проверить в кольцевом калибре (рис. 70) или при положении поршня в ВМТ (рис. 71). У ВОД обычно комплектуют только один узел, соединяя коленчатый вал с шатунами и поршнями. Поэтому блок цилиндров устанавливают, направляя поршни в отверстие втулок цилиндров снизу и опуская блок на верхний картер.

У крейцкопфных ДВС обычно комплектуют две сборочные единицы в следующих сочетаниях. В одном случае поршень, шток и крейцкопф составляют одну сборочную единицу, а коленчатый вал с шатуном — вторую. В другом случае в первую единицу входят поршень, шток и шатун с крейцкопфом, а во вторую — только коленчатый вал.

При сборке и монтаже деталей КШМ ремонтируемого двигателя возникает необходимость в проверке перекосов оси шатуна по отношению к оси поршня, а у собранного КШМ — оси поршня по отношению к оси цилиндра, а также во взаимной пригонке дета-

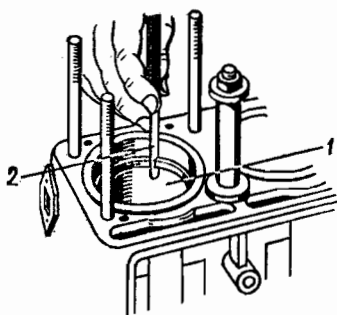


Рис. 71. Проверка зазора в замке поршневого кольца при положении поршня в ВМТ
1 — кольцо; 2 — щуп

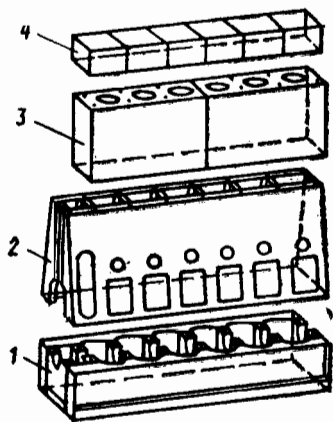


Рис. 72. Последовательность сборки корпусных деталей дизелей большой мощности

лей (привалке) для устранения перекосов, если они превышают допустимые. Проверка и пригонка необходимы из-за суммирования отклонений взаимного расположения осей деталей КШМ и корпуса двигателя, даже если эти отклонения на предыдущих этапах ремонта и сборки были в допустимых пределах. При сборке КШМ нового двигателя необходимости в такой проверке и пригонке нет, так как эти работы выполняют во время узловой и общей сборки двигателя на заводе-изготовителе.

408. Какова последовательность сборки корпусных конструкций дизелей?

Последовательность сборки деталей корпуса зависит от компоновки и способов взаимного соединения деталей. У МОД большой мощности она обычно такая, как показана на рис. 72. В свою очередь, колонны обычно выполняют составными из отдельных частей (рис. 73).

409. Каковы особенности сборки ВОД?

Блоки цилиндров ВОД имеют некоторые конструктивные особенности. У них, например, втулки цилиндров (гильзы) могут быть стальными тонкостенными, поэтому они могут легко деформироваться. При сборке необходимо обеспечить герметичность соединения блока цилиндров с головкой и гильз с блоком, а также точность цилиндрической формы внутренней поверхности гильз.

Сборку ВОД часто выполняют на специальных тележках с поворотным столом (рис. 74). Для сохранения динамической уравновешенности коленчатого вала осуществляют подбор деталей в шатунно-поршневой группе с соблюдением допуска по массе. Полный комплекс деталей этой группы не должен отличаться

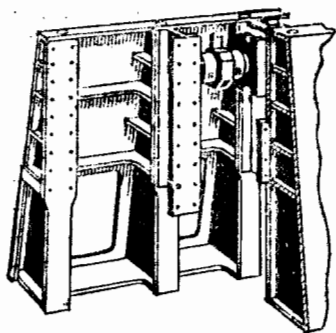


Рис. 73. Составные части сборной колонны

1 — фундаментная рама; 2 — колонны (станина); 3 — блок (рубашка цилиндров); 4 — крышки цилиндров

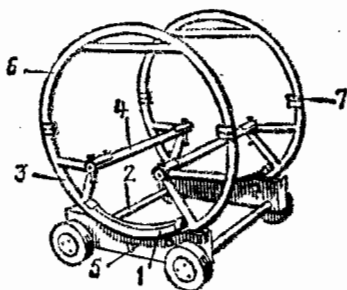


Рис. 74. Тележка с поворотным столом

1 — малая дуга; 2 — ось; 3 — сектор; 4 — продольная труба; 5 — штифт; 6 — большая дуга; 7 — откидной болт

от любого аналогичного комплекта в одном двигателе более чем на 30—50 г.

Коленчатый вал в сборе с шатунами, шестернями и другими деталями образует узел, направляемый на узловую сборку верхнего картера и составляющий вместе с ним базовую группу, с которой начинают общую сборку двигателя в следующем порядке. Сначала устанавливают на тележку верхний картер в сборе и присоединяют к шатунам поршни. Для этого их разогревают до 373—383 К, вынимают поршневые пальцы, заводят головки шатунов и вновь вставляют пальцы. Для сжатия поршневых колец применяют специальные хомуты из двух полуколец, соединенных крючками и стягивающихся застежками с откидным упором. Затем опускают на место блоки цилиндров, одновременно направляя все поршни в отверстия цилиндров. При установке каждого блока многорядных ДВС поворотную часть тележки с картером вращают вокруг продольной оси так, чтобы блок опускался на поршни в вертикальном положении.

11.2. ОБКАТКА ДИЗЕЛЕЙ

410. Для чего нужна обкатка дизеля?

Работоспособность ДВС зависит от режима первых часов его работы. Если собранному двигателю в начале его работы дать полную нагрузку, то неизбе-

жен преждевременный износ поверхностей трения с появлением на них задиров из-за наличия следов механической обработки. Вследствие этого на поверхностях трения возникают значительные удельные нагрузки. Для уменьшения этих нагрузок необходима взаимная приработка поверхностей деталей. Подготовку двигателя к работе на полной нагрузке производят его предварительной обкаткой, в процессе которой на сопрягаемые детали по мере их взаимной приработки постепенно увеличивают нагрузки. Для всех вновь изготовленных или собранных после ремонта ДВС обкатка является первой обязательной технологической операцией. Как показывают исследования, полная приработка деталей продолжается длительное время, измеряемое иногда десятками часов. Но этот процесс идет неравномерно. Основная приработка происходит в первые часы работы двигателя.

Обкатка двигателя также имеет целью проверку правильности сборки и монтажа отдельных узлов и двигателя в целом, своевременное устранение обнаруженных дефектов до испытания и пуска двигателя в эксплуатацию. Обкатку ведут по специальной программе, учитывающей характер произведенного ремонта, прирабатываемость антифрикционного сплава подшипников и способ нагружения двигателя.

Обкатку производят не только для отремонтированных, но и для вновь смонтированных двигателей, если их сборка производилась на месте установки.

411. Как производят обкатку судовых дизелей?

Судовые дизели проходят обкатку на стенде дизелестроительного завода, а затем контрольные испытания. После установки на судно главные дизели подвергают швартовным и ходовым испытаниям.

Для СОД, работающих на гребной винт, не предусматривается дополнительная обкатка в первый период эксплуатации судна. После стендовой обкатки их подвергают различным испытаниям общей продолжительностью 17—44 ч, во время которых мощность неоднократно повышается до 100 и даже 110 % номинальной. На режимах номинальной мощности дизели работают 9—30 ч, на режимах перегрузки — 1,5—2 ч. Если сравнить эти показатели с необходимой для приработки продолжительностью обкатки, можно

заклучить, что времени должно быть достаточно, но быстрый выход на режим полной нагрузки все же опасен. Только при достаточно высокой точности изготовления и монтажа деталей дизеля при таких режимах обкатки может быть достигнута качественная приработка. Окончательная приработка завершается на режиме полной нагрузки через десятки часов, поэтому в первый период эксплуатации необходимо более тщательно, чем обычно, наблюдать за работой дизеля, не допуская его перегрузок, нарушений в работе систем охлаждения, смазки, топливоподачи и т. п.

В отличие от СОД мощные МОД, проходящие после постройки также стендовую обкатку и испытания на судне, обязательно подвергают дополнительной обкатке в первый период эксплуатации судна.

Стендовая обкатка новых мощных МОД начинается с пробных пусков, после которых продолжается работа на холостом ходу. Затем, постепенно увеличивая частоту вращения и мощность, доводят эти параметры в конце обкатки, как правило, до номинальных значений. После каждого режима дизель останавливают и осматривают основные узлы. В процессе обкатки производят регулировку дизеля для того, чтобы после ее окончания параметры рабочего процесса соответствовали техническим требованиям. Продолжительность обкатки на стенде составляет 30—50 ч. После окончания обкатки дизель в течение 10—20 ч подвергают контрольным испытаниям, в конце которых он должен в течение часа работать на режиме 10 %-й перегрузки по мощности.

На судостроительном заводе испытания собранного на судне дизеля начинают со швартовых испытаний продолжительностью 6—8 ч. За этот промежуток времени достигается 100 %-я нагрузка (по крутящему моменту), на которой дизель должен работать в течение 0,5 ч. Затем дизель испытывают на ходовых режимах в течение 12—24 ч. За это время, ступенчато увеличивая частоту вращения, вводят дизель в режим номинальной мощности. Дизель должен работать с перегрузкой при $n = 1,03n_{\text{ном}}$ 1 ч, что соответствует $P_e = 1,1P_{e \text{ ном}}$. После отработки всех указанных режимов дизель допускают к эксплуатации, но назначают его дополнительную обкатку в процессе эксплуатации, продолжительность которой значительно больше продолжитель-

ности всех режимов стендовой обкатки и разных испытаний вместе взятых. Таким образом, приработка деталей дизеля протекает в сложных условиях, не исключающих возможности задира, интенсивного изнашивания ЦПГ, преждевременного разрушения подшипников и. т. п., что иногда обнаруживаются как во время обкаток и испытаний, так и в начале эксплуатации судна.

Этого можно избежать, если составлена рациональная программа обкаточно-испытательного цикла, когда испытания, следующие за обкаткой, являются продолжением обкаточных режимов. Например, стендовую обкатку можно закончить режимом 75 %-й нагрузки, испытания ОТК и Регистра СССР — 100 %-й. Аналогично строят программы работы дизеля на судне. Такие программы позволяют сократить продолжительность стендовой обкатки и в конце ее получить хорошо приработанный дизель. Это дает возможность значительно сократить обкатку на судне и отказаться полностью от дополнительной обкатки в первый период эксплуатации судна, повысив одновременно надежность дизеля и экономические показатели работы судна.

412. В чем заключаются особенности обкатки ДВС после ремонта?

Приработка деталей ДВС после ремонта существенно отличается от условий, в которых начинает работать новый ДВС. Во время ремонта ДВС некоторые детали заменяют новыми, другие ремонтируют, третьи, размеры которых находятся в допустимых пределах, оставляют. В результате бывшие в работе детали, но еще годные (например, втулки цилиндров), работают в паре с новыми запасными (например, поршневыми кольцами). В оставленных для дальнейшей работы базовых деталей в результате изнашивания могут быть смещены оси по отношению к тому положению, которое они занимали в новом двигателе; их поверхности трения приобретают новую геометрию, а поверхностный слой может быть изменен. Кроме того, точность изготовления и степень шероховатости поверхностей восстановленных или вновь изготовленных на ремонтном предприятии деталей нередко хуже, чем на предприятии-изготовителе двигателя. Если к тому же сборка и пригонка деталей выполнены недоброкачественно, то усло-

вия обкатки двигателя ухудшаются. Это приводит к необходимости более длительной обкатки отремонтированных ДВС по сравнению с новыми.

Глава 12

ОСНОВНЫЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПОСЛЕ РЕМОНТА И В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

12.1. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

413. Что понимают под термином «регулирование»?

Под регулированием понимают комплекс таких технологических мероприятий, которые обеспечивают номинальную мощность дизеля при его экономичности и надежности. Эту задачу решают путем четкого выполнения правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций и обеспечения правильности проверки и регулирования объема камеры сжатия, фаз газораспределения и всех параметров топливоподачи.

414. Что понимают под предварительным и окончательным регулированием дизелей?

Регулирование дизелей подразделяется на предварительное (статическое) и окончательное (динамическое).

Под *предварительным* регулированием понимают регулирование неработающего дизеля по данным завода-изготовителя. Оно состоит из проверки и регулирования фаз газораспределения, объема камеры сжатия и степени сжатия, проверки качества работы ТНВД и форсунок, системы смазки цилиндров, индикаторных приводов.

Под *окончательным* регулированием понимают поддержание на дизеле в пределах, установленных заводом-изготовителем, параметров его работы p_{\max} , p_c и p_{mi} , а также температур выпускных газов в цилиндрах, параметров работы систем ГТН.

415. При каких условиях разрешается начинать проверку окончательного регулирования дизеля?

Проверку окончательного регулирования дизеля можно начинать только при установившемся тепловом режиме дизеля и мощности, не менее 50 % номинальной. При работе на данном режиме разница температур T_g выпускных газов по отдельным цилиндрам в пределах 285—290 К допустима, и регулирования по этому признаку не требуется. Если значения p_{\max} и p_{mi} в отдельных цилиндрах находятся в пределах, указанных в инструкции завода-изготовителя для данного режима, то нагрузку на дизель можно постепенно увеличивать. Заканчивают окончательное регулирование при номинальных или близких к ним значениях мощности дизеля и частоты его вращения.

415. Какова периодичность проверки регулируемых параметров?

Значения p_{me} , p_{\max} и p_{mi} надо проверять (если это допускает конструкция дизеля): через каждые 100—150 ч работы дизеля, но не реже 1 раза за рейс; при обнаружении каких-либо ненормальностей в работе одного или нескольких цилиндров (например, при изменении T_g , давления продувочного воздуха и др.); после регулирования топливной аппаратуры; после замены форсунки или ТНВД; после переборки или замены деталей ЦПГ. Температуру выпускных газов по цилиндрам и среднюю температуру газов за выпускным коллектором измеряют каждые 2 ч.

417. Какова последовательность операций при окончательном регулировании дизеля?

Операции по окончательному регулированию дизеля выполняют в следующем порядке: устанавливают требуемую частоту вращения дизеля; определяют значения p_{me} , p_{mi} , p_{mt} , p_c , T_g и равномерность их распределения по цилиндрам и сравнивают полученные данные с рекомендованными; проверяют правильность установки камер сжатия; производят анализ фаз газораспределения, качество выпуска и продувки; по часовому и удельному расходу цилиндровой смазки на каждый цилиндр и на весь дизель определяют правиль-

ность ее дозировки и равномерность подачи; при неудовлетворительных результатах и отклонениях в параметрах работы дизеля от рекомендованных значений выясняют их причины и вносят соответствующие изменения в регулирование дизеля до полного устранения всех ненормальностей в работе.

Окончательное регулирование дизеля зависит от сорта применяемого топлива, от технического состояния деталей ЦПГ, топливной аппаратуры, трубопроводов, воздушного и выпускного трактов и воздухоохладителей, от гидравлических характеристик топливной аппаратуры, гидрометеорологических условий, от соответствия дизеля комплексу гребной винт — корпус судна и т. д. Только при совместном рассмотрении и анализе этих факторов можно принять правильное решение по регулированию дизеля.

418. Какие пределы отклонений основных параметров работы дизеля допускаются при его регулировании?

Согласно Правилам технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций отклонения значений следующих параметров (от их средних значений) для всех цилиндров дизеля при номинальной мощности не должны превышать (%): p_{mi} и p_{me} 2,5; $p_{max} \pm 5$; $p_c \pm 3$; $p_{mi} \pm 3,5$; $T_g \pm 6$.

419. Какими способами регулируют судовые дизели?

Судовые дизели регулируют различными способами. Выбор способа регулирования дизеля определяется прежде всего его конструкцией. Так, на МОД установлены индикаторные краны (клапаны), индикаторные приводы и термодары для измерения температур выпускных газов. Индикатором можно снять индикаторные диаграммы и по их форме судить о протекании рабочего цикла, а также определить индикаторную мощность как отдельных цилиндров, так и всего дизеля. СОД обычно не имеют индикаторных приводов, так как их не представляется возможным установить на двигателе, но их можно отрегулировать при помощи индикаторных клапанов и термодар.

Качество регулирования большинства ВОД обычно определяется состоянием ТНВД, так как они не имеют

ни индикаторных клапанов, ни термопар. Поясним это на примере. Допустим, на дизеле установлен ТНВД, точно отрегулированный на специальном стенде в режиме полной подачи. Каждую секцию такого насоса, обычно блочного, регулируют на стенде на нулевую подачу, а угол опережения подачи топлива проверяют при установке насоса на двигатель. Кроме того, обязательно регулируют каждую насосную секцию со штатной трубкой высокого давления и форсункой, чем достигаются относительно равные гидравлические показатели комплекса насосная секция — трубка высокого давления — форсунка. Очевидно, что после такого регулирования все цилиндры будут нагружены одинаково, и дизель должен работать удовлетворительно.

При регулировании дизелей с индикаторными кранами и клапанами пользуются пиметром, который позволяет достаточно точно определять давление p_{mi} в каждом цилиндре, а также быстрее выполнять все операции регулирования. Нет необходимости снимать индикаторные диаграммы, если контроль по p_{max} (если пользуются максиметром) или p_{mi} (если пользуются пиметром) свидетельствует о нарушениях распределения нагрузки по цилиндрам.

420. В чем заключаются особенности регулирования МОД с наддувом?

При регулировании МОД с наддувом сначала определяют значения p_{mi} и температуры отработавших газов T_g . Если дизель оборудован турбокомпрессорами постоянного давления, то определяют значения T_g в каждом цилиндре. В дизелях с импульсными турбокомпрессорами благодаря различной длине выпускных патрубков и взаимным влияниям газовых потоков значения T_g в отдельных цилиндрах неодинаковы, поэтому в таких дизелях значения T_g нельзя считать полностью достоверными. В целом же, если известны значения T_g в патрубках на режимах полной нагрузки, то они являются важными показателями для правильного регулирования дизеля. Если измерения показали низкие значения p_{mi} и T_g в одном из цилиндров по сравнению с другими цилиндрами, то данный цилиндр нуждается в увеличении цикловой подачи топлива.

При высоком значении p_{mi} и низком T_g необходимо уменьшить угол опережения подачи топлива. При

высоких p_{mi} и T_g следует уменьшить цикловую подачу топлива, так как цилиндр перегружен. При низком значении p_{mi} и высоком значении T_g нужно увеличить угол опережения подачи топлива.

Регулирование МОД заканчивается получением и обработкой индикаторных диаграмм.

Таким же образом регулируется СОД, но при этом отсутствует заключительный этап контроля — съемка индикаторных диаграмм.

421. В чем сущность регулирования дизеля методом последовательного выключения цилиндров?

Распределение мощности по отдельным цилиндрам ВОД обусловлено качеством регулирования ТНВД. При обнаружении ненормальности в работе ТНВД надежным методом контроля является способ выключения цилиндров.

Если в многоцилиндровом дизеле, работающем с постоянной нагрузкой, выключить подачу топлива в один из цилиндров, а связь ТНВД с регулятором частоты вращения нарушить, то частота вращения дизеля уменьшится. При этом уменьшение частоты вращения покажет относительную долю мощности отключенного цилиндра в общей мощности дизеля. Если частота вращения не уменьшилась, значит, отключенный цилиндр не работал. Если же частота вращения уменьшилась ниже того значения, какое получалось при отключении остальных цилиндров, то значит, что данный цилиндр работал с перенагрузкой. Регулированием цикловой подачи (считая, что угол опережения подачи топлива во всех цилиндрах соответствует норме) можно добиться одинакового снижения частоты вращения при последовательном отключении всех цилиндров.

12.2. ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА КАМЕРЫ СЖАТИЯ И ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

422. Как определяют и регулируют степень сжатия?

В эксплуатации судовых многоцилиндровых дизелей в целях обеспечения идентичности рабочего процесса и равномерности распределения мощности по цилиндрам к их регулированию предъявляют требова-

ния, обеспечивающие примерно одинаковые значения давления в конце сжатия.

При регулировании дизелей (головных образцов или после ремонта деталей движения) объем камеры сжатия определяют путем заливки в нее предварительно замеренного количества жидкости (например, масла).

Широко распространенным способом периодического контроля степени сжатия ϵ_c в эксплуатации судовых дизелей является изменение зазора между крышкой цилиндра и периферийной кромкой поршня при его положении в ВМТ. Зазор определяют с помощью выжимки свинца.

Изменения ϵ_c у многих типов судовых дизелей достигают путем соответствующего изменения толщины прокладки между кривошипным подшипником и пяткой шатуна. У некоторых типов дизелей возможность изменения ϵ_c конструкцией не предусматривается, и необходимое значение ϵ_c обеспечивается точностью изготовления деталей движения.

423. Что является критерием правильности регулирования и хорошего состояния органов газораспределения?

Критерием правильности регулирования и исправного действия органов газораспределения является получение номинальной мощности и соответствующего ей удельного расхода топлива b_e , а также вид индикаторных диаграмм. При правильных фазах газораспределения и исправном техническом состоянии его органов нормальная индикаторная диаграмма имеет наибольшую площадь и по виду приближается к диаграмме расчетного цикла. При несвоевременном открытии и закрытии клапанов или окон в стенках цилиндров площадь нормальной диаграммы уменьшится, следовательно, уменьшится и мощность дизеля, а вид диаграммы на участках впуска и выпуска (или выпуска и продувки) исказится.

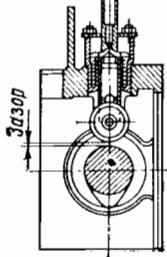
424. В чем заключается суть операций по проверке и регулированию газораспределения?

При регулировании газораспределения проверяют и приводят в соответствие с диаграммой газораспределения значения углов открытия и закрытия



← Рис. 75. Проверка зазора между кулачной шайбой и роликом толкателя

Рис. 76. Проверка зазора между бойком ударника и стержнем клапана



клапанов. Кроме того, проверяют и регулируют зазоры в клапанах. Занесенные в формуляр дизеля значения углов открытия и закрытия клапанов относительно мертвых точек поршня должны выдерживаться

в течение всего времени работы дизеля. Разрегулирование приводит к ухудшению условий протекания рабочего процесса. Например, запаздывание открытия впускного клапана приводит к тому, что заряд свежего воздуха, поступающего в цилиндр, уменьшается, и это

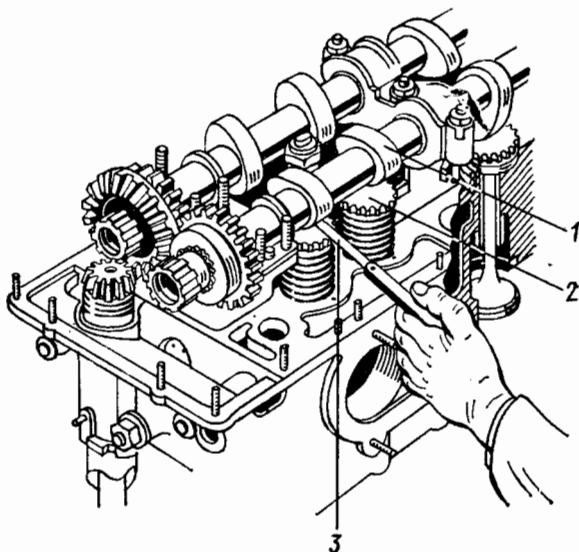


Рис. 77. Проверка зазоров у ВВД

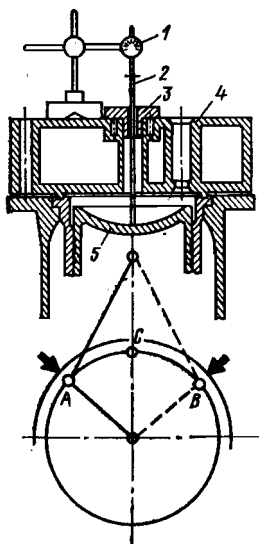


Рис. 78. Определение положения ВМТ

1 — индикатор; 2 — стержень; 3 — направляющая втулка; 4 — крышка цилиндра; 5 — поршень

сказывается на уменьшении мощности дизеля. Несвоевременные открытие и закрытие выпускного клапана ухудшают условия очистки цилиндров, что приводит к тем же результатам.

В меньшей степени, чем точность соблюдения фаз газораспределения, качество протекания рабочего процесса зависит от того, насколько правильно отрегулирован на холодном дизеле зазор между кулачковыми шайбами и роликами толкателей клапанов (рис. 75) или же между бойком ударника и верхним концом стержня клапана (рис. 76). Проверку зазоров у ВОД осуществляют непосредственно между кулачковыми шайбами 1 и верхними тарелками 2 клапанов щупом 3 (рис. 77).

Важно также при проверке и регулировании зазора обращать внимание на одновременность открытия и закрытия парных клапанов. Если на каждом цилиндре дизеля установлено по два выпускных и впускных клапана, то необходимо, чтобы оба одноименных клапана открывались и закрывались одновременно.

В ряде случаев перед проверкой и регулированием газораспределения необходимо убедиться в правильности взаимного положения коленчатого и распределительного валов. Например, у дизелей фирмы «Бурмейстер и Вайн» для этого используют специальные контрольные штихмассы. В некоторых случаях для уточнения фаз газораспределения приходится определять положение ВМТ поршня.

При отсутствии градуировки маховика дизеля ВМТ можно найти несколькими способами. Простейший из них заключается в следующем (рис. 78):

1) поршень дизеля не доводят до ВМТ примерно на $30-40^\circ$;

2) на маховике против неподвижно закрепленной стрелки делают отметку (точка А). Через отверстие

форсунки вводят металлический стержень, который одним концом упирают в днище поршня. В верхней части стержня сделан вырез, в который закладывают металлическую пластинку (если имеется индикатор, то его использование предпочтительнее);

3) проворачивая вал, следят за положением стержня. После прохождения через ВМТ поршень, а следовательно, и стержень будут опускаться. Коленчатый вал нужно повернуть по часовой стрелке несколько дальше 40° от ВМТ, а затем осторожно поворачивать назад. Когда пластинка займет свое прежнее положение, относительно крышки цилиндра или корпуса форсунки, на маховике наносят другую отметку (точка *B*). Шатун и колено вала при этом займут положение, показанное пунктиром;

4) разделив дугу *AB* пополам (точка *C*) и подведя маховик точкой *C* до неподвижно закрепленной стрелки, определяют положение поршня в ВМТ.

12.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОПЛИВОПОДАЧИ

425. Что понимают под регулированием ТНВД?

Под регулированием ТНВД понимают метод изменения цикловой подачи топлива, фаз его подачи и комплекс работ, связанных с установкой их оптимальных значений.

426. В чем заключается проверка ТНВД?

Проверка ТНВД заключается в определении плотности рабочей полости насосных секций, правильности установки нулевой подачи и фаз подачи топлива, в определении цикловой подачи топлива и ее равномерности по цилиндрам, в проверке технического состояния всех деталей насоса.

427. Какие ТНВД применяют в современных дизелях?

В современных дизелях в большинстве случаев применяют ТНВД с постоянным ходом плунжера. В них регулируется количество подаваемого топлива изменением момента перепуска части топлива через окна во втулке насосной секции путем поворота плунжера, снабженного специальным фигурным пазом с кося отсечной кромкой, на некоторый угол (бесклапанное

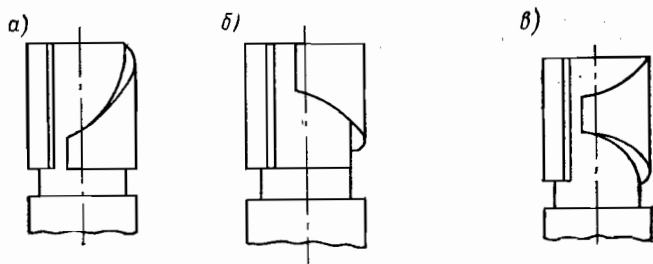


Рис. 79. Плунжеры ТНВД золотникового типа: а — с регулированием по концу подачи; б — с регулированием по началу подачи; в — со смешанным регулированием

регулирование); изменением момента перепуска отсечными, перепускными или всасывающими клапанами (клапанное регулирование).

Количество топлива, подаваемого ТНВД с постоянным ходом плунжера, регулируют изменением продолжительности нагнетания: чем она больше, тем больше топлива поступает в цилиндр, и наоборот.

428. Какими достоинствами обладают ТНВД золотникового типа?

ТНВД золотникового типа обладают простотой конструкции, регулирования и эксплуатации, высокой надежностью. Они позволяют легко осуществлять все три способа (рис. 79) регулирования количества подаваемого топлива путем изменения положения косых регулировочных кромок на плунжере (по концу подачи, по началу подачи, по концу и началу подачи). В настоящее время дизелестроительные предприятия изготавливают ТНВД со всеми тремя способами регулирования. Это объясняется тем, что все способы регулирования количества подаваемого топлива по-разному влияют на характер процесса сгорания и экономичность работы дизеля и основном при переходе на долевые нагрузки.

429. Какова сравнительная оценка способов регулирования количества топлива, подаваемого золотниковыми ТНВД?

Преимуществом способа регулирования по концу подачи является четкий конец процесса впрыскивания топлива, что обеспечивает его качественное

распыливание и сгорание. Недостаток этого способа — «жесткая» работа дизеля на долевых нагрузках.

Преимущество способа регулирования по началу подачи — «мягкая» работа дизеля на долевых нагрузках, а недостаток — вялый конец впрыскивания топлива, что ухудшает процесс его сгорания.

Казалось бы, при смешанном способе регулирования (по концу и началу подачи) должны достигаться четкий конец подачи топлива и автоматическое регулирование подачи опережения на различных режимах работы. Однако у ТНВД золотникового типа со смешанным регулированием невозможно раздельное регулирование начала и конца подачи, так как при регулировании одновременно изменяются оба момента подачи топлива. Например, при увеличении количественной подачи топлива угол опережения подачи уменьшается, но конец подачи становится более поздним и наоборот. От этого недостатка избавлены современные ТВНД золотникового типа, установленные на ряде ВОВ и снабженные автоматическим регулятором угла опережения подачи топлива.

430. Как регулируют равномерность подачи топлива по цилиндрам?

Равномерность подачи топлива отдельными насосными секциями ТНВД можно проверить и отрегулировать различными способами. На неработающем дизеле это можно осуществить путем сбора топлива в мерительную мензурку, а на работающем — по показаниям давлений подачи с помощью манометров или максиметров, устанавливаемых на нагнетательных полостях насосных секций.

Окончательное регулирование равномерности подачи производят на работающем дизеле на номинальной или близкой к ней нагрузке путем выравнивания мощности по цилиндрам с учетом значений p_{mi} , p_{max} , p_c и T_g , снятия и анализа индикаторных диаграмм. Правильное регулирование дизеля можно выполнить только на исправной топливной аппаратуре.

431. Что такое степень неравномерности подачи?

Степенью неравномерности подачи называется отношение разности максимальной и минимальной масс топлива, подаваемого в разные цилиндры за один

Таблица 26. Неравномерность подачи топлива секциями блочных ТНВД, %

Число секций	Режим работы ТНВД				Число секций	Режим работы ТНВД			
	номинальный		холостого хода			номинальный		холостого хода	
	при регулировании	при проверке				при регулировании	при проверке		
2	3	6	20	20	8	3	40	40	50
3	3	6	25	30	10	3	6	45	60
4	3	6	30	35	12 и	4	8	55	75
6	3	6	35	40	более				

цикл подачи, к минимальной подаваемой массе. Степень неравномерности подачи выражают в процентах. Если индексы ТНВД одинаковы у золотниковых насосов или равны между собой ходы толкателей всасывающих или отсечных клапанов в клапанных насосах, а цикловая подача у них различная, то это является следствием разной плотности насосов. Допускаемые отклонения в подаче всех насосных секций одного дизеля (степень неравномерности подачи) показаны в табл. 26.

432. Что понимают под углом опережения подачи топлива?

Прежде всего следует обратить внимание на различие понятий «геометрический угол опережения» и «фактический угол опережения».

Геометрический угол опережения подачи топлива соответствует моменту закрытия приемного окна плунжером во втулке золотникового насоса или моменту закрытия всасывающего (перепускного) канала в клапанных насосах.

Фактический угол опережения подачи топлива соответствует только моменту начала подъема иглы фор-

сунки. Геометрический и фактический углы подачи топлива не равны между собой: фактический угол меньше геометрического на $5\text{--}15^\circ$. Это различие объясняется тем, что топливо, как и всякую другую жидкость, мы привыкли считать несжимаемым; в действительности же при таких высоких давлениях, которые создаются в ТНВД, топливо заметно сжимается. На величину действительного угла опережения подачи влияют также скорости увеличения давления на участке от ТНВД до форсунки, затяжка пружины иглы форсунки, масса движущихся частей форсунки, длина трубки высокого давления и остаточное давление топлива в ней, плотность ТНВД. Если геометрический угол опережения подачи можно легко определить в условиях эксплуатации дизеля, то фактический угол опережения определяют только в результате стендовых испытаний дизеля на заводе-изготовителе при помощи электрических индикаторов; они позволяют получить так называемые развернутые по углу поворота коленчатого вала диаграммы. Геометрический угол опережения подачи топлива зависит от системы топливоподачи и частоты вращения дизеля, и он тем больше, чем больше частота вращения дизеля.

433. Как влияет на работу дизеля отклонение угла опережения подачи топлива от его оптимального значения?

Любое изменение угла опережения подачи топлива по сравнению с оптимальным значением нежелательно, так как приводит к повышению динамической и тепловой напряженности дизеля, к ухудшению экономических показателей его работы. Поскольку оптимальное значение угла опережения устанавливают для режима номинальной мощности, то становится очевидным, как важно иметь автоматический регулятор угла опережения для дизелей, работающих в широком диапазоне частот вращения. Независимо от того, снабжен дизель таким регулятором или нет, в случае изменения параметров его работы в процессе эксплуатации сверх пределов, указанных в Правилах технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций, следует проверить, а при необходимости и отрегулировать угол опережения подачи топлива.

434. В каких случаях кроме изменения параметров работы дизеля возникает необходимость в проверке угла опережения подачи топлива?

Необходимость в проверке угла опережения возникает также при смещении кулачной шайбы ТНВД или ее замене, после ремонта распределительного вала или изменения натяжения цепи привода этого вала, при использовании топлива, отличающегося по своим физико-химическим характеристикам от рекомендованного, а также во всех случаях, когда появились сомнения в исправности действия механизма привода распределительного вала.

435. Когда возникает необходимость в изменении угла опережения подачи топлива?

В процессе эксплуатации дизеля состояние его топливной аппаратуры ухудшается в результате естественного изнашивания деталей ТНВД и форсунок; уменьшается плотность их прецизионных пар. Это приводит к тому, что при соблюдении рекомендованного геометрического угла опережения может уменьшаться действительный угол опережения, а это вызывает изменение параметров работы дизеля, его тепловой напряженности. В этом случае у некоторых дизелей возникает необходимость в увеличении геометрического угла опережения подачи.

436. Как осуществляют проверку и регулирование угла опережения подачи топлива?

Наиболее широкое применение получил способ определения начала (или конца) подачи топлива с помощью моментоскопа (рис. 80). Данный способ применим и на насосах, снабженных нагнетательным клапаном, а также на ТНВД, у которых плунжерные пары не изношены. В противном случае из-за больших утечек топлива фактический геометрический угол опережения будет отличаться от замеренного. Начало (или конец) подачи с помощью моментоскопа проверяют в следующем порядке: реверсивное устройство ставят на передний ход, а топливную рукоятку поста управления — на номинальную подачу. Затем от про-

веряемого ТНВД отсоединяют трубку высокого давления, прокачивают насос вручную до полного удаления из него воздуха. Моментоскоп устанавливают на штуцер 2 нагнетательного клапана насоса. В стеклянной трубке 1 моментоскопа уровень топлива устанавливают примерно на ее середине и фиксируют этот уровень. Затем проворачивают дизель на передний ход до момента начала подъема уровня (мениска) топлива в стеклянной трубке, который и определит момент начала подачи топлива в цилиндр. Угол начала подачи топлива, соответствующий моменту начала движения мениска, определяют по меткам на маховике дизеля. Если возникает необходимость определить угол конца подачи топлива, то продолжают вращать коленчатый вал до момента, когда прекратится вытекание топлива из трубки моментоскопа.

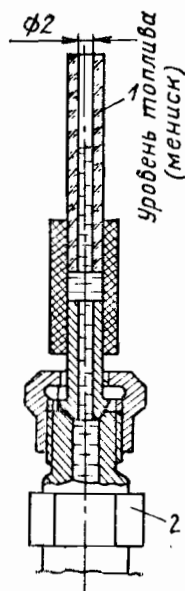


Рис. 80. Моментоскоп

Определение угла начала (или конца) подачи топлива на каждом индивидуальном ТНВД необходимо произвести не менее 3 раз, чтобы результаты проверки не отличались более чем на $0-0,5^\circ$. Чтобы увеличить геометрический угол начала подачи топлива, кулачковую шайбу смещают в направлении вращения распределительного вала на передний ход, а чтобы уменьшить этот угол, — в обратном направлении. Перестановку кулачковой шайбы и ее фиксацию выполняют различными способами в зависимости от типа ее крепления на валу.

437. Что понимают под регулированием нулевой подачи ТНВД и как его осуществляют?

Под регулированием нулевой подачи ТНВД понимают доведение их до такого технического состояния, когда при положении «Стоп» топливной рукоятки происходит одновременное выключение всех насосов данного дизеля. Кроме того, установка нулевого положения насосов обеспечивает и равномерность распре-

деления подачи топлива по цилиндрам. Проверку нулевой подачи производят в зависимости от конструкции ТНВД и способа ее регулирования.

Обычно регулирование нулевой подачи ТНВД выполняют в такой последовательности. Сначала рукоятку управления подачей ставят в положение «Стоп», а коленчатый вал — в такое положение, в котором ролик толкателя проверяемого насоса сходит на ее затылочную часть. После этого с проверяемого насоса снимают трубку высокого давления, а насос прокачивают вручную, наблюдая за признаками появления топлива. Если эти признаки отсутствуют, установка насоса на нулевую подачу выполнена правильно. В противном случае регулирование насоса является обязательным.

Для гарантированной остановки дизеля ТНВД регулируют так, чтобы подача топлива прекращалась не при нулевом положении рукоятки подачи топлива и указателей положения насосов, а на два—четыре деления раньше нулевого положения. Чтобы проверить, на каком делении указателя положения насоса происходит прекращение подачи топлива, прокачивают насос вручную, начиная с нулевого деления и постепенно увеличивая подачу топлива; при этом воздействуют индивидуально на каждый насос. Момент, когда произойдет повышение давления в насосе и появится топливо в нагнетательном штуцере, будет началом нулевой подачи топлива. Можно действовать и в обратном порядке, постепенно уменьшая подачу топлива и прокачивая насос вручную до момента срыва давления топлива и прекращения его вытекания из нагнетательного штуцера, что также соответствует нулевой подаче топлива.

Устанавливают нулевую подачу теми же способами и воздействием на те же органы ТНВД, что и при регулировании цикловой подачи топлива. Разница заключается в том, что рукоятку управления подачей топлива устанавливают в положение «Стоп», а указатели положения ТНВД — на второе—четвертое деления. При этом следует помнить, что способы регулирования количества подаваемого топлива у индивидуальных ТНВД и у ТНВД блочного типа различны. В частности, у блочных ТНВД для этого имеется специальная поворотная втулка.

ИСПЫТАНИЯ СДУ

13.1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СДУ

438. Какими приборами пользуются при испытаниях и эксплуатации СДУ?

Номенклатура измерительных приборов разнообразна и зависит от типа судна, его водоизмещения и установленного оборудования СДУ.

Параметры работы оборудования определяют прямым и косвенным путем. В первом случае показания приборов являются результатом непосредственного измерения параметра, например, манометр показывает давление среды, пиметр — среднее давление газов по времени. Во втором случае необходимые параметры вычисляют с помощью подстановки показаний приборов в известные зависимости. Примером может служить определение мощности ДВС по расходу топлива.

Приборы подразделяют на рабочие и образцовые. Рабочие приборы служат для контроля параметров работы оборудования в процессе эксплуатации (термометры, манометры, газоанализаторы и т. д.), образцовые — для проверки показаний рабочих приборов и для производства контрольных измерений (контрольные манометры).

439. По каким приборам определяют мощность двигателя?

Эффективная мощность ГД, являющаяся одним из основных показателей его работы, наиболее точно определяется с помощью торсиометра. Этот метод весьма удобен и позволяет измерять мощность в течение нескольких минут с точностью до $\pm 2\%$.

Крутящий момент определяют по углу скручивания ϕ промежуточного вала валопровода с помощью торсиометра. Частоту вращения вала измеряют тахометром, хронометрическим тахоскопом, а также суммарным счетчиком и секундомером. Мощность при этом можно получить, пользуясь следующим выраже-

расхода топлива B к частоте вращения вала n от среднего эффективного давления p_{me} . В процессе испытаний на судне замеряют B и n , находят отношение B/n и по графику определяют p_{me} (рис. 82). Эффективную мощность подсчитывают по формуле

$$P_e = K p_{me} \cdot n,$$

где K — постоянная двигателя.

441. Какие индикаторы применяют для индицирования дизелей?

Индицирование дизеля, т. е. последовательное снятие диаграммы со всех его цилиндров, можно произвести при помощи индикаторов различной конструкции при постоянной нагрузке дизеля и на установившемся режиме (обычно после 6-часовой работы).

В настоящее время наиболее распространены индикаторы с цилиндрической пружиной типов 30 и 50 и со стержневой пружиной. Индикаторы типа 50 применяют для индицирования дизелей с частотой вращения до 300 мин⁻¹; индикатором типа 30 можно снимать диаграмму с дизелей с частотой вращения до 500 мин⁻¹, со стержневой пружиной — свыше 500 мин⁻¹.

На рис. 83 показана схема установки индикатора с цилиндрической пружиной и рычажным приводом на дизеле. Кран прибора подсоединяют к индикаторному крану дизеля. Тросик, идущий от барабана индикатора, соединен с ходоуменьшителем привода, состоящего из тяги и рычага. Плечи рычага подобраны так, чтобы за один ход поршня двигателя барабан поворачивался примерно на 300°. При индицировании барабан поворачивается в одну сторону под действием хода поршня, а в другую — под действием пружины, находящейся внутри барабана. Карандаш прибора вычерчивает на бумажной ленте, закрепленной на барабане, замкнутую кривую, которая и является индикаторной диаграммой.

Применение стержневых пружин позволяет повысить частоты свободных колебаний индикаторов и уменьшить инерционность действия его частей.

Среднее индикаторное давление p_{mi} , кПа, можно узнать, измерив площадь индикаторной диаграммы и разделив полученное значение на длину основания диаграммы.

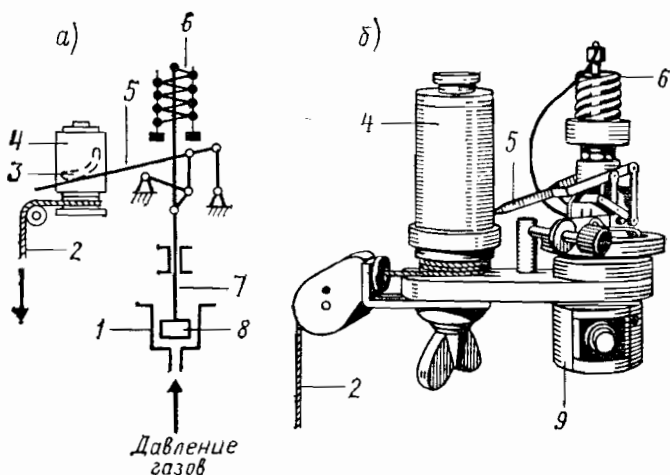


Рис. 83. Механический индикатор: *a* — схема действия; *б* — общий вид

1 — цилиндр индикатора; 2 — тросик; 3 — индикаторная диаграмма; 4 — барабан; 5 — ходоуменьшитель; 6 — пружина индикатора; 7 — шток; 8 — поршень индикатора; 9 — накидная гайка

Индикаторная мощность, кВт,

$$P_i = p_{mi} F S n z / 60 k,$$

где F — площадь поршня, м^2 ; S — ход поршня, м ; n — частота вращения, мин^{-1} ; z — число цилиндров; k — коэффициент тактности (для двухтактного дизеля $k = 1$, для четырехтактного $k = 2$). Эффективная мощность, кВт,

$$P_e = P_i \eta_m,$$

где η_m — механический КПД.

Приняв $F = \pi d^2 / 4$, среднюю скорость поршня, м/с , $v_m = S n / 30$, получим

$$P_e = 0,393 d^2 p_{mi} v_m / k \eta_m.$$

Значения F , S , z , k для каждого конкретного двигателя являются постоянными, поэтому можно написать

$$P_e = C p_{mi} n \eta_m,$$

где $C = F S z / 60 k$ — постоянная двигателя.

Если двигатель приводит в действие генератор электрического тока, то P_e можно определить по приборам, регистрирующим мощность генератора.

Мощность P_e дизеля можно определить по некоторым современным бесконтактным измерительным системам, причем наиболее целесообразны цифровые системы.

442. Как действуют цифровые бесконтактные системы?

Цифровые системы позволяют определить не только частоту вращения вала ГД, но и крутящий момент, а следовательно, и мощность ГД.

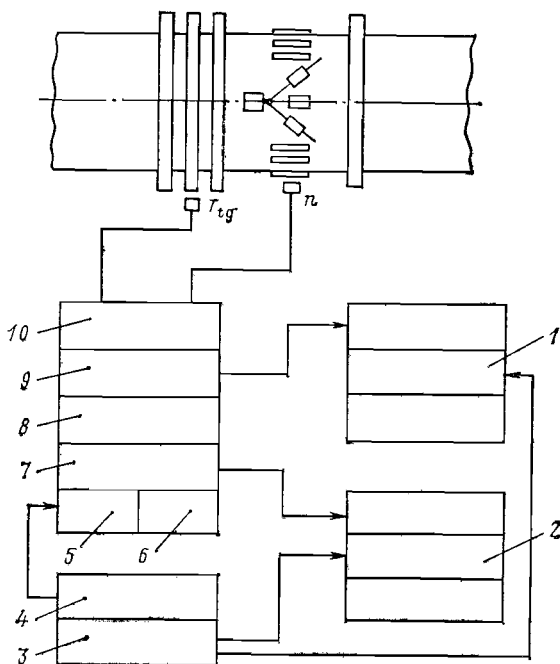


Рис. 84. Схема бесконтактного измерителя частоты вращения, крутящего момента (T_{tg}) и мощности на гребном валу

1 — блок памяти и индикации T_{tg} ; 2 — блок памяти и индикации частоты вращения; 3 — блок контроля; 4 — кварцевые часы; 5 — блок времени; 6 — блок проверки нулей; 7 — блок частоты вращения; 8 — блок мощности; 9 — блок T_{tg} ; 10 — блок входов

Схема одной из современных цифровых систем измерения частоты вращения, крутящего момента и мощности на гребном валу приведена на рис. 84. В этой системе АСЕА (Швеция) частота вращения гребного вала измеряется цифровым бесконтактным способом; подсчитывается число индуктивных импульсов от пластинок, укрепленных по окружности гребного вала. Частота вращения вала указывается на цифровом табло с точностью до 0,1 об/мин. После включения множительного устройства производится усреднение серии импульсов. Сигналы обнаруживаются частотно-импульсным методом. Потеря отдельных импульсов не отражается на точности измерения. Имеется цепь цифрового демодулятора с несколькими делителями средних частот, которые отделяют частоты переключения от несущей частоты. Точность измерений обеспечена даже в случае влияния на гребной вал сложной системы колебаний в штормовую погоду.

13.2. ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ НА ЗАВОДАХ-ИЗГОТОВИТЕЛЯХ

443. Каким видам испытаний подвергают судовые двигатели на заводах-изготовителях?

На заводах-изготовителях судовые дизели подвергают приемосдаточным и периодическим испытаниям. Программу для каждого вида испытаний разрабатывает предприятие-изготовитель дизеля, согласуя ее с заказчиком и органами государственного технического надзора (Регистр СССР и др.).

444. Какова цель приемосдаточных испытаний?

Приемосдаточным испытаниям должен подвергаться каждый судовой дизель с целью проверки качества изготовления, сборки, регулировки и контроля основных параметров, установленных техническими условиями. В ряде случаев можно проводить эти испытания выборочно от партии однотипных дизелей. К приемосдаточным испытаниям допускаются дизели, прошедшие обкатку и регулировку.

445. Одинаковы ли объем и перечень измеряемых параметров при приемосдаточных испытаниях для дизелей всех типов?

Объем и перечень измерений при проведении этих испытаний зависят от конструктивных особенностей дизелей. В соответствии с этим дизели разделены на пять групп: I — дизели с неконтролируемым в условиях эксплуатации рабочим режимом с частотой

вращения более 1800 мин^{-1} ; II — дизели без наддува с частотой вращения от 1500 мин^{-1} и более; III — дизели с наддувом с частотой вращения 1500 мин^{-1} и более; IV — дизели с частотой вращения от 250 до 1500 мин^{-1} ; V — дизели с частотой вращения менее 250 мин^{-1} . Чем выше группа, к которой относится дизель, тем больше объем и перечень измеряемых параметров. Например, у дизелей группы V измерению подлежат 32 параметра, а у дизелей группы I — только 9.

446. Что включают в себя приемосдаточные испытания дизеля?

Приемосдаточные испытания должны включать: измерение параметров дизеля (в зависимости от его группы), определение отклонений от среднего значения температуры газов T_g на выпуске и p_{\max} ; проверку (при наличии на дизеле) защиты по предельной частоте вращения; проверку САРС, систем АПС защиты и ДАУ, систем пуска и реверса; проверку устройств, исключающих перегрузку при различных режимах работы.

Для дизелей со стабильными результатами испытаний допускается проводить сокращенные приемосдаточные испытания.

447. С какой целью проводят периодические испытания?

Периодическим испытаниям подвергают отдельные образцы дизелей с целью контроля соответствия их основных параметров требованиям ТУ, стабильности качества их изготовления.

В периодические испытания включены измерения и проверки, предусмотренные программой приемосдаточных испытаний для дизелей группы V, снятие характеристик, определение расхода смазочного масла и воздуха, потребляемого дизелем. В процессе этих испытаний также проверяют работоспособность дизелей при температуре воды на входе у внешнего контура охлаждения 305 К и системы автоматического регулирования температуры воды и масла (при наличии ее на дизеле); дизель испытывают при переключении топливной системы с одного вида топлива на другое (при работе дизеля на различных видах топлива, если это предусмотрено конструкцией).

13.3. ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ПОСЛЕ МОНТАЖА НА СУДНЕ, ПОСЛЕ РЕМОНТА И В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

448. Каковы основные положения методики и организации проведения этих испытаний?

Правильные организация и методика проведения испытаний являются необходимым условием получения надежных и ценных практических результатов. Для этого заранее составляют программу, соответствующую цели испытаний, выбирают наиболее подходящие для данных условий измерительные приборы, правильно их устанавливают.

Любые испытания проводят по заранее разработанной программе. В ней указывают: цель испытаний и их продолжительность; режимы работы ГД судна; порядок и условия выполнения испытаний; объекты наблюдений; измеряемые величины; используемые приборы и схему их расстановки; методику обработки результатов измерений и форму их представлений.

До начала испытаний все механизмы СДУ должны быть проверены, отрегулированы и приведены в надлежащее техническое состояние.

Испытания следует проводить в дневное время, на прямых участках акваторий или рек (для речных судов).

Перед ходовыми испытаниями крен судна сводят к нулю, а дифферент — к спецификационному значению, соответствующему водоизмещению судна при испытании. Независимо от метода измерения скорости судна испытания проводят в районе, максимальная глубина которого достаточна для того, чтобы исключить влияние мелководья на сопротивление воды движению судна, а следовательно, на его скорость. Практически влияние мелководья на сопротивление движению морского судна отсутствует при глубине моря, соответствующей наибольшему из значений $h = 4 \sqrt{BT}$; $h = 0,35v_s^2$, где B — ширина судна, м; T — наибольшая осадка судна, м; v_s — наибольшая возможная скорость судна, м/с. Для судов внутреннего плавания глубина фарватера в районе испытаний должна быть не менее 6—8 осадок для грузовых и пассажирских судов и не менее 5—6 осадок для буксиров и толкателей. Ходовые испытания морского судна проводят при следующих допустимых значениях ветровой нагрузки: для судов

водоизмещением от 1 до 20 тыс. т — 3 балла (по шкале Бофорта), а при водоизмещении свыше 20 тыс. т — 4 балла. Допустимое значение интенсивности волнения определяют для каждого случая в зависимости от длины и полноты обводов судна; испытания судов внутреннего плавания следует выполнять при скорости ветра не более 5 м/с и волнения не более 1 балла. Испытания необходимо проводить на топливе и масле, предусмотренных для данной СДУ. Все измерительные приборы до начала испытаний должны быть проверены и на них должны быть выданы паспорта.

При температуре воздуха в МО выше 25 °С и барометрическом давлении выше 103 или ниже 100 кПа необходимо производить корректировку мощности на нормальные метеорологические условия.

Все испытания, кроме специальных испытаний пуска двигателя, реверсирования, разгона судна и т. п., проводят при установившемся режиме, который характеризуется не только постоянством эффективной мощности и частоты вращения вала, но и постоянством теплового состояния ГД и ВД.

449. Какие виды испытаний СДУ предусмотрены после монтажа дизеля на судне?

Для изделий и СДУ в целом после монтажа на судне предусмотрены следующие виды испытаний: швартовные, ходовые, имитационные и контрольные.

450. Что собой представляют швартовные испытания?

При швартовных испытаниях испытывают в действии механическое и другое оборудование на судне, находящемся у причала завода. В процессе испытаний проверяют правильность и качество монтажа, предварительное регулирование и надежность действия и взаимодействия главных и вспомогательных механизмов, устройств, систем и другого оборудования, которые затем проверяют в ходовых условиях. Окончательно испытывают в действии и сдают представителям заказчика и Регистра СССР оборудование, работа которого не зависит от ходовых условий, а также механизмы, проверку которых осуществляют методом, имитирующим ходовые условия их работы.

Перед испытаниями составляется акт о готовности судна к испытаниям и наличии запасов топлива, масла и воды и пр. На основании этого акта издается приказ о начале швартовных испытаний на судне и одновременно утверждается план и график их проведения.

Последовательность проведения швартовных испытаний зависит в первую очередь от типа судна, ГД и степени готовности их к испытаниям. Общий порядок испытаний механического оборудования для всех судов примерно одинаков. Вначале производят регулирование и испытание механизмов и систем, обеспечивающих судну непотопляемость и пожарную безопасность. Одновременно выполняют наладку, а затем и испытания ГД с обслуживающими их механизмами, системами и валопроводами, а также проводят наладку и испытания механического оборудования, не зависящего от работы ГД.

При испытаниях двигателя выполняют следующие основные работы: подготовку к действию в соответствии с инструкцией (прокачивание маслом, проворачивание вручную или валоповоротной машиной, открытие клапанов и т. д.); наладку в действии, доведение технических характеристик до регламентируемых и устранение обнаруженных дефектов; проверку оборудования в режимах, предусмотренных программой испытаний, и сдачу представителям заказчика и Регистра СССР; устранение обнаруженных дефектов и приведение механизмов, устройств и систем в исходное состояние.

Объем швартовных испытаний регламентируется программой, а их последовательность — планом и графиком. Испытания некоторых элементов оборудования СДУ в целях экономии их ресурса проводят от береговых источников питания.

451. Каков порядок ходовых испытаний?

Ходовые испытания СДУ проводят после устранения дефектов и замечаний, выявленных в период швартовных испытаний и оформления технической документации (таблиц замеров, протоколов испытаний, швартовных удостоверений, формуляров и др.).

При ходовых испытаниях ГД проверяют их надежность и определяют основные эксплуатационные характеристики (мощность, частоту вращения вала, рас-

ход топлива, температуру выпускных газов и др.) на режимах, указанных в программе испытаний. Проводят испытание на реверсирование двигателей, при этом замеряют время реверсирования и длину выбега судна.

В процессе ходовых испытаний выполняют окончательную проверку и испытание всех вспомогательных механизмов, устройств и систем (вспомогательных механизмов и систем, обслуживающих главные двигатели, вспомогательные автономные и утилизационные котлы).

По окончании ходовых испытаний вскрывают и осматривают основные механизмы и узлы установки, а также те механизмы и узлы, в которых были обнаружены неисправности.

После окончания ревизии механизмов и устранения всех выявленных во время испытаний неисправностей проводят контрольный выход судна в рейс продолжительностью 1—2 ч при работе установки на полную мощность. При удовлетворительных результатах работы установки комиссия составляет акт о приемке судна в эксплуатацию.

452. Какую цель преследуют имитационные испытания?

Имитационные испытания предусматривают воспроизведение при неподвижном судне с помощью методов имитации ходовых условий работы СДУ. К имитационным испытаниям допускают дизели, винтовая характеристика которых, проходящая через режим максимальной длительной мощности при номинальных частотах вращения, может быть воспроизведена при неподвижном судне.

При имитационных испытаниях проверяют качество выполнения сборочно-монтажных и регулировочно-наладочных работ, основные показатели работы СДУ и соответствие их утвержденной технической документации. Проведение имитационных испытаний избавляет от необходимости выполнения швартовых и ходовых испытаний СДУ.

До начала имитационных испытаний СДУ должно быть смонтировано нагрузочное устройство, обеспечивающее получение винтовой характеристики, или проверена возможность создания такой осадки судна, при которой дизель работает по винтовой характеристике.

Это позволяет сократить расход ресурса механизмов, исключить переходы в море, производить регулировочно-наладочные работы независимо от погоды и времени года, устранять выявленные дефекты в процессе испытаний в заводских условиях, улучшить ритмичность работы завода при постройке судов и сократить длительность испытаний механизмов на судне.

При регулировочно-наладочных работах и испытаниях судов на швартовах в ходовых режимах параметры их работы должны быть аналогичны полученным во время ходовых испытаний головного судна при спецификационных осадках.

Дизель перед имитационным испытанием должен быть обкатан, отрегулирован и опробован в действии совместно с обслуживающими механизмами в течение 1—2 ч.

Режимы нагрузок ГД на швартовах в период имитационных испытаний указаны в соответствующей программе испытаний.

453. Какие методы применяют для воспроизведения на швартовах ходовых режимов ГД?

При погруженных гребных винтах при одной и той же мощности ГД частота вращения гребного винта будет меньше на швартовах, чем на ходу судна, так как поглощаемая винтом мощность при этом больше. Для воспроизведения на швартовах номинальных нагрузок ГД и обеспечения спецификационной частоты вращения уменьшают активную площадь диска винта, устанавливают взамен гребного винта приспособление, создающее при работе ГД крутящий момент, равный моменту на ходу судна, создают условия работы винта, аналогичные ходовым и др. Это достигается изменением осадки кормы судна, изменением шага лопастей ВРШ, использованием устройств типов «щиток», «колпак», воздухоподводящего и кольцевого устройств, циркуляционного устройства и потоконаправляющей камеры.

454. С какой целью проводят контрольные испытания?

Контрольные испытания проводят после завершения ходовых или имитационных испытаний, выполнения ревизии механизмов СДУ и устранения выяв-

ленных в процессе испытаний и ревизий дефектов. Проводят эти испытания СДУ на ходу судна или с применением имитационных методов. Цель испытаний — проверка качества сборки и регулирования элементов СДУ, а также их состояния после ревизии, проверка соответствия показателей СДУ требованиям технической документации и данным, полученным на ходовых или имитационных испытаниях.

455. Какова цель эксплуатационных испытаний?

Основная цель эксплуатационных испытаний — проверка технического состояния СДУ и выяснение возможности улучшения основных характеристик ГД. Кроме того, эти испытания дают возможность установить наивыгоднейшие режимы работы СДУ, а также выбрать пути улучшения ее технико-экономических показателей. Эксплуатационные испытания подразделяют на контрольно-регулирующие, наладочные и паспортные.

456. Как проводят контрольно-регулирующие испытания?

Контрольно-регулирующие испытания проводят в сокращенном объеме для оценки технического состояния судна, содержания СДУ, выявления и устранения недостатков работы основного оборудования. При этом теплотехническому контролю подвергают все серийные теплоходы с ГД частотой вращения не более 750 мин^{-1} , имеющими индикаторные краны. Испытание выполняет теплотехническая партия пароходства не реже 1 раза в 2—3 навигации. На остальных судах контроль проводят только по необходимости.

До начала этих испытаний проверяют и при необходимости регулируют ГД и топливную аппаратуру. Контрольно-регулирующие испытания судов должны проводиться: пассажирских — при ходе с пассажирами и грузом на среднеэксплуатационной осадке; грузовых — при ходе с грузом, полной грузовой осадке или близкой к ней в пределах $\pm 10 \%$; буксирных — при ходе с грузовыми составами, при котором обеспечи-

вается расчетная скорость или близкая к ней в пределах $\pm 10\%$.

Режим работы ГД при испытаниях должен соответствовать номинальной частоте вращения; в случае перегрузки ГД испытания проводят при частоте вращения, соответствующей допустимым значениям температуры выпускных газов и $p_{те}$.

Анализ результатов испытаний осуществляют путем сравнения фактических показателей работы СДУ и судна с его нормативными эксплуатационно-техническими характеристиками.

Все обнаруженные недостатки должны быть устранены.

457. Какова цель наладочных испытаний?

Наладочные испытания дают возможность определить наивыгоднейшие режимы работы СДУ. Их проводит теплотехническая партия при участии экипажа. По результатам испытаний составляют инструкцию по эксплуатации СДУ.

458. С какой целью проводят паспортные испытания?

Паспортные испытания проводят для определения технических показателей работы нового судна (или прошедшего модернизацию) силами теплотехнической партии. В результате паспортных испытаний получают следующие характеристики: зависимости мощности, тяги (упора), температуры выпускных газов и часового расхода топлива от скорости судна для буксиров и толкачей; зависимости мощности, температуры выпускных газов, часового расхода топлива и скорости судна от частоты вращения вала ГД для грузовых и пассажирских судов; нагрузочные характеристики вспомогательных двигателей; расход топлива на вспомогательные автономные котлы при различных расходах пара для паровых и воды для водогрейных котлов.

Чтобы получить данные, необходимые для построения паспортных характеристик, испытания судов проводят на разных режимах работы. Буксиры и толкачи испытывают на швартовах, при ходе с тяжелым и легким составами и на режиме свободного хода, а грузовые и пассажирские суда — при полной грузовой

осадке и осадке порожнем. При спецификационных условиях плавания ГД испытывают на режимах, соответствующих 50, 75, 100 и 110 %-й номинальной мощности. Частоту вращения вала двигателей на указанных режимах определяют по винтовой характеристике

$$n_i = n_{\text{ном}} \sqrt[3]{P_{ei}/P_{e \text{ ном}}},$$

где n_i , $n_{\text{ном}}$ — частоты вращения вала главных двигателей на i -м и номинальном режимах работы, мин⁻¹; P_{ei} , $P_{e \text{ ном}}$ — мощности главных двигателей на i -м и номинальном режимах работы, кВт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоголовцев Е. Н. Судовые вспомогательные механизмы маломерных судов. М.: Агропромиздат, 1986. 270 с.
- Багрянцев Б. И., Решетов П. И. Учись морскому делу. М.: ДОСААФ СССР, 1986. 174 с.
- Васильев Б. В., Кофман Д. И., Эренбург С. Г. Диагностирование технического состояния судовых дизелей. М.: Транспорт, 1982. 143 с.
- Вешкельский С. А., Лукьяненко Б. С. Техническая эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. Л.: Машиностроение, 1986. 136 с.
- Вешкельский С. А. Справочник моториста установок с ДВС. Л.: Машиностроение, 1985. 270 с.
- Королев Н. И. Регулирование судовых дизелей. М.: Транспорт, 1983. 144 с.
- Гогин А. Ф., Богданов А. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. М.: Транспорт, 1983. 276 с.
- Иванов Б. Н., Пэнсмаренко В. М. Эксплуатация судовых дизельных установок. М.: Транспорт, 1982. 223 с.
- Конаков Г. А., Васильев В. В. Судовые энергоустановки и техническая эксплуатация флота. М.: Транспорт, 1980. 416 с.
- Никифоров О. А., Данилова Е. В. Рациональное использование моторных масел в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1986. 93 с.
- Овсянников М. К., Петухов В. А. Дизели в пропульсивном комплексе морских судов. Л.: Судостроение, 1987. 255 с.
- Селиверстов В. М., Иванов И. А., Водопьянов И. А. Очистка топлива на речном флоте. М.: Транспорт, 1986. 223 с.
- Солов В. А. Проблемы экономии топлива на водном транспорте. Л.: Судостроение, 1983. 96 с.
- Судареза Е. А., Ржепецкий К. Л. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Л.: Судостроение, 1984. 267 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

В указатель включены основные технические термины, нашедшие отражение в справочнике. Понятия сгруппированы в рубрики по родственному техническому признаку. В порядке исключения в отдельные рубрики выделены часто встречающиеся термины, начинающиеся со слов: коэффициент, режим, система, характеристика и некоторые другие.

Все понятия расположены по алфавиту, с применением, где это целесообразно, приема инверсии, т. е. рубрика начинается со слова, на которое падает смысловой акцент, например, «Баланс тепловой», «Дизель среднеоборотный»; знаки тире заменяют повторяющиеся начальные слова, а цифры означают порядковые номера вопросов и ответов на них.

Аварии, связанные с взрывом паров масла в картере 349

— с неисправностями регулятора частоты вращения 111, 348

Аварийные повреждения дизелей 347

— случаи в практике эксплуатации СДУ 346

— расследование 345

— учет 344

Автоматизированное управление 96—98, 161, 104, 109, 110, 116

— газовыпуском 94

— пуском и реверсом 200, 201

— частотой вращения вала дизеля 97, 99—101

— перечень выполняемых операций 105

— устройства для выполнения 106—108

Агрегатирование 360, 361

Баланс тепловой

— анализ 72

— понятие 71

— при утилизации тепла 72

Баллоны воздушные 91, 317, 319, 320, 321

Безотказность 328

Бункеровка судов 241, 268, 274

Валопровод 38—42, 193

Валогенератор 61

Вибрация дизелей 86

Водоизмещение судна 13, 15

Глушитель 94

Гомогенизация топлив 260, 261

Гребной винт регулируемого шага 43—46, 48

— — фиксированного шага 45, 46, 168, 171

— — «легкий» и «тяжелый» 167, 171

— — поступь, скольжение 45

Двигатель вспомогательный 51, 100, 101

— главный 50, 72, 94, 97, 102

Дефектация 372, 373

Диагностирование технического состояния двигателей 127, 128

Дизель—редукторные установки 58

Дизели малооборотные, двухтактные, крейцкопфные

— средняя скорость поршня, степень сжатия 65, 68

— область применения 80, 81, 83

— удельный расход масла, топлива 70, 73, 93

Дизели среднеоборотные и высокооборотные

— средняя скорость поршня 65

— степень сжатия 68

— область применения 83

— удельный расход масла, топлива 70, 73, 93

— передача мощности 58

Дизель—электрические установки 59, 60

Долговечность 330

Допуски 350, 352

Затраты на содержание СДУ 173

Защита автоматическая 106—110

Измерители технические 141

Изнашивание втулок рабочих цилиндров 340, 385

— коленчатого вала 344, 382

— поршней и поршневых пальцев 341, 393

— поршневых колец 342, 396

Износ нормативный 337

— предельный 336

— фактический 338, 339

Искрогаситель 99, 100

Испытание двигателей 441—445

— судов 446—458

Качества мореходные судна 15—20

Классификация судов 1—9

— СДУ 52—55

Коленчатый вал 77, 85, 86

Корпус судна 22—29

Коэффициент избытка воздуха

209, 216

— использования мощности 297

— неравномерности подачи топлива 429

КПД

— механический 63

— эффективный 70—72

Крутящий момент 184, 437

Масла

— антикоррозионные для охлаждающей воды 309

— браковочные показатели 301, 325

— вспенивание 277

— вязкость 262, 282, 283, 284

— кратность циркуляции 275

— операции при смене 305

— отбор проб 283, 299, 300

— отстаивание 288

— очистка 191

— промывание водой 291

— присадки 264

— регенерирование 277

— сепарирование 288, 289

— срок службы, старение 324

— сорта 268—271, 273, 274

— цилиндрические 266, 269

— фильтрация 293

— щелочность 264

Маркирование дизелей 78

Механическая напряженность 179

— меры предупреждения 180, 181

— показатели 179

Мощность

— индикаторная 63

— максимальная длительная эксплуатационная, номинальная 64

— паспортная расчетная 64

— требования 87

— формулы определения 141, 439, 460

— эффективная 63, 64

Муфта реверсивная 88

Наддув

— влияние эксплуатационных факторов 211, 214, 217, 225

— двухступенчатый 223

— деление на группы 221

— показатели 226

— степень 213, 214

— схемы 215, 216, 220, 222

Надежность 93, 327

Непотопляемость судов 17

Обкатка дизеля

— методы 410

— после ремонта дизеля 411

— цель 409

Остойчивость судна 16

Отчет по теплоиспользованию
137

Охлаждающая вода

— обработка химическими пре-
паратами 311

— водородный показатель 308

— жесткость 305

— накипь 312

— солесодержание общее 304

— температура 315—317

— характеристики 302, 303

— хлориды 306

— щелочность 307

Очистка топлива

— отстаивание 247

— сепарирование 249—251

— фильтрация 247

Плавучесть судна 15

Пластинчатые теплообменники
298

Помпаж компрессора 227—229

Посадки 352, 353

Присадки к охлаждающей воде
300—302

Программы управления 184

Прямая передача на винт 57, 76

Пуск дизелей

— меры обеспечения 90

— осуществление 190, 202, 203

— продолжительность 88

— прогрев после пуска 192,
193

— способы 188

— техническое обслуживание
204

— требования 89, 91

Размерения судна главные 11

Реверсивно-пусковые системы
195, 233

Рабочий процесс

Давление наддува 212—214

— сжатия 69

— сгорания 69

— требования ПТЭ по отклонению

параметров 92, 93

Реверсирование

— непосредственное 196

— методы 197

— способы 198, 199

— сигналы входные и выходные

— требования 89

Регистр СССР

— график предъявления объек-
тов 119

— документация 136

— орган технадзора и класси-
фикация судов 1

— регламентация степени ав-
томатизации СДУ 101, 104

— требования к мощности ГД
СДУ 87

— требования к системам пус-
ка 91

Регулирование

— газораспределения 423

— критерии правильности 422

— окончательное 413—415

— методом последовательного
выключения цилиндров 420

— МОД с наддувом 319

— периодичность 415

— понятие 412

— предварительное 414

— способы 417

— степени сжатия 421

Режимы работы дизелей

— аварийный 188

— выбор 162

— буксировочный 161

— минимально устойчивых обо-
ротов 162

— неуставившийся 145

— понятие 141, 146

— при аварийном состоянии

турбокомпрессора 170, 171

— волнении 159

— выключении цилиндров 169

— плавании на мелководе 158

— травлении 159, 160

— ходе с балластом 153

— установившийся 145

— швартовый 155, 156

— циркуляционный 157

Ремонт

— виды 121—126

— виды сборки 405, 406

— втулок рабочих цилиндров
387, 388

— документация 364

- коленчатых валов 388
- операции 377
- организация 119, 120
- подшипников 363, 370—372
- поршней 394, 395
- поршневых колец 396
- — пальцев 397
- — штоков 398
- последовательность сборки 407, 408
- разборка 378, 379
- размеры ремонтные 376
- способы восстановления деталей 374, 375
- ТНВД 399—403
- форсунок 404
- фундаментных рам 383, 384
- шатунов, шатунных болтов 398, 399

Рентабельность СДУ 172—174

Ресурс дизеля 78

Системы судовые

- общесудовые 35
- понятие 34, 37
- специальные 36
- судовых энергоустановок 38

Система охлаждения

- дизелей 312
- подготовка пресной воды 309
- операции 314
- правила Регистра СССР 313
- расширительная цистерна 314
- температурный режим 317

Система сжатого воздуха

- газы в трубах системы 323, 324
- очистка труб 317
- проверка правильности сборки РПУ 204
- — — действия золотникового воздухораспределителя 205
- — — дискового воздухораспределителя 206

Система смазки

- источники загрязнения 283
- предпусковое прокачивание маслом 297
- расход масла 299

Тепловая напряженность дизелей

- определяющие факторы 179
- показатели 177, 178
- понятие 176

— условие возникновения перегрузки 180

Танки циркуляционного масла 275, 276, 281, 282

ТНВД

- конструкция 424
- нулевая подача топлива 438
- операции по проверке 424
- проверка равномерности подачи топлива 419, 430
- сравнительная оценка способов регулирования количества подаваемого топлива 427
- угол опережения подачи топлива 431—435

Топлива

- вязкость 235
- запас на судне 243, 242
- особенности использования тяжелых топлив 255
- особенности использования газотурбинных топлив 256—258
- отстаивание 247
- присадки 237
- система подачи 253—256
- сорта 238
- сепарирование 249—252
- смеси 239
- требования Регистра СССР 246
- уровень в расходной цистерне 247
- фильтрация 249
- характеристики 233, 234, 239
- цетановое число 236

Характеристики дизелей

- виды 148
- винтовая 150, 152, 153
- внешняя 154
- нагрузочная 151
- ограничительная 163—167
- понятие 147

Эксплуатация техническая

- выполнение функций 110—117
- документация 130—142
- обеспечение сменно-запасными частями 122
- основы 119
- прогрессивные методы 122, 123
- периодичность 119, 120
- содержание операции 125

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Основные условные обозначения	5
Глава 1. Современное судно как инженерное сооружение . .	6
1.1. Классификация судов по Правилам Регистра СССР. Символы класса судна	6
1.2. Основы теории судна	10
1.3. Корпус судна и элементы его набора	24
1.4. Судовые рулевые устройства	27
1.5. Судовые системы	31
1.6. Валопроводы и движители	32
Глава 2. Состав судовых дизельных установок (СДУ). Основные параметры и марки судовых дизелей . . .	39
2.1. Основные элементы СДУ	39
2.2. Способы передачи мощности и крутящего момента от ГД к движителю	42
2.3. Конструктивные и эксплуатационные параметры судовых дизелей	47
2.4. Маркировка судовых дизелей	71
2.5. Конструктивные особенности некоторых дизелей и перспективы их развития	73
Глава 3. Технические требования, предъявляемые к судовым дизелям	81
3.1. Требования, предъявляемые к изготовлению дизелей, их мощности, неравномерности вращения и уравновешенности	81
3.2. Требования, предъявляемые к пусковым и реверсивным устройствам	85
3.3. Требования, предъявляемые к распределению нагрузки по цилиндрам, расходу топлива, надежности работы, безопасности обслуживания	87
3.4. Требования, предъявляемые к автоматизации СДУ	94
Глава 4. Техническая эксплуатация СДУ. Режимы работы судовых дизелей и их характеристики . . .	105
4.1. Организация технической эксплуатации СДУ	105

4.2. Задачи и методы технической эксплуатации СДУ	106
4.3. Документация по технической эксплуатации СДУ	120
4.4. Режимы работы судовых дизелей и их характеристики	127
4.5. Влияние условий эксплуатации на эффективность использования СДУ	146
4.6. Показатели тепловой и динамической напряженности дизелей	149
4.7. Работа ГД на винт регулируемого шага.	154
4.8. Пуск и реверсирование судовых дизелей.	160
4.9. Влияние метеорологических условий на работу дизеля	177
4.10. Особенности эксплуатации дизелей с наддувом	180
Глава 5. Топлива и смазочные масла для судовых дизелей	190
5.1. Нефть как сырье для получения топлив и масел. Способы ее переработки	190
5.2. Характеристики и сорта топлив	192
5.3. Эксплуатация топливных систем	199
5.4. Масла, применяемые в судовых дизелях.	214
5.5. Эксплуатация систем смазки	226
Глава 6. Эксплуатация систем охлаждения и сжатого воздуха	243
6.1. Характеристики охлаждающей воды	243
6.2. Эксплуатация систем охлаждения.	247
6.3. Эксплуатация систем сжатого воздуха	252
Глава 7. Обеспечение экономичности и эксплуатационной надежности СДУ	256
7.1. Рациональное использование топлив и масел. Меры по их экономии	256
7.2. Повышение надежности СДУ	261
7.3. Нормирование и анализ износов деталей оборудования СДУ	263
7.4. Характер изнашивания основных деталей дизеля	266
7.5. Аварийные повреждения судовых дизелей	270
Глава 8. Допуски и посадки. Технические измерения деталей ДВС при эксплуатации и ремонте	274
8.1. Допуски и посадки. Терминология и основные определения.	274
8.2. Основы технических измерений	278
8.3. Стандартизация и контроль качества изготовления и ремонта деталей дизелей	279
Глава 9. Технический надзор за судами, организация и планирование судоремонта	282
9.1. Технический надзор за судами	282
9.2. Организация судоремонта	283
9.3. Дефектация деталей дизелей при ремонте.	287
9.4. Способы восстановления деталей дизелей при ремонте	291

Глава 10. Определение неисправностей и ремонт судовых дизелей	292
10.1. Разборка двигателя	292
10.2. Ремонт основных деталей остова двигателя	295
10.3. Ремонт основных деталей движения	302
10.4. Ремонт основных элементов топливной аппаратуры	313
Глава 11. Сборка дизелей после ремонта. Обкатка дизелей	319
11.1. Сборка дизелей	319
11.2. Обкатка дизелей	323
Глава 12. Основные регулировочные работы, выполняемые после ремонта и в процессе эксплуатации судовых дизелей	327
12.1. Способы регулирования судовых дизелей	327
12.2. Проверка и регулирование объема камеры сжатия и фаз газораспределения	331
12.3. Регулирование параметров топливоподачи	335
Глава 13. Испытания СДУ	343
13.1. Измерительные приборы, применяемые при испытаниях и эксплуатации СДУ	343
13.2. Испытания дизелей на заводах—изготовителях	348
13.3. Испытания дизелей после монтажа на судне, после ремонта и в процессе эксплуатации	350
Список литературы	358
Предметный указатель	359

Справочное издание

Вешкельский Сергей Алексеевич

**СПРАВОЧНИК
СУДОВОГО
ДИЗЕЛИСТА**

Вопросы и ответы

Заведующий редакцией *Ю. И. Смирнов*

Редактор *Т. Н. Альбова*

Художник переплета *В. В. Семенов*

Художественный редактор *Е. Я. Радомысльский*

Технические редакторы *Р. К. Чистякова* и *Т. Н. Павлюк*

Корректор *Т. С. Александрова*

ИБ № 1547

Сдано в набор 10.02.89. Подписано в печать 08.06.89. М-26982. Формат 84 X 108^{1/32}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 19,32. Уч.-изд. л. 19,4. Усл. кр.-отт. 19,32. Тираж 34 800 экз. Заказ 704. Изд. № 4366—88. Цена 1 р. 30 к.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени издательства «Машиностроение» при Государственном комитете СССР по печати, 193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.