

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ

Учебно-методическое пособие

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 629.543.06(076.5)
ББК 39.425.1-04я73
С718

Р е ц е н з е н т :

К.В. Перепадя — канд. техн. наук, доцент

Составители: Т.Л. Чемакина, Н.Б. Опанащук

С718 Специальные судовые системы нефтеналивных судов: учебно-методическое пособие / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост. : Т.Л. Чемакина, Н.Б. Опанащук. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 40 с.: ил. – Текст : электронный.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для оказания методической помощи обучающимся по специальности 26.05.01 Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники при выполнении практических работ и организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Специальные судовые системы нефтеналивных судов».

УДК 629.543.06(076.5)
ББК 39.425.1-04я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроение» в качестве учебно-методического пособия к выполнению практических работ и для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Специальные судовые системы нефтеналивных судов» специальности 26.05.01 «Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники», протокол № 6 от 21 января 2022 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Теоретический раздел	4
Практическая работа № 1. Грузовая система танкера	6
Практическая работа № 2. Балластная система	13
Практическая работа № 3. Система подогрева груза	19
Практическая работа № 4. Система инертных газов	23
Практическая работа № 5. Расчет системы поверхностного пожаротушения пенами низкой и средней кратности	26
Вопросы для промежуточной аттестации	32
Библиографический список	34
Приложение А	35
Приложение Б	36
Приложение В	37
Приложение Г	38

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания могут быть использованы студентами дневной формы обучения направления 26.05.01 «Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники» в качестве руководства при выполнении практических заданий по дисциплинам "Специальные судовые системы нефтеналивных судов".

Работа должна быть содержательной, изложение – кратким, но исчерпывающим, с необходимыми графическими и расчетными пояснениями. При этом пересказывать текст учебника не следует.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение студентами теоретических основ и приобретения навыков в области проектирования и конструирования специальных грузовых и зачистных систем танкеров и газовозов, а также систем обеспечивающего комплекса: подогрева груза, мойки танков, газоотвода, орошения палуб.

Задачами работы является дать студентам знания:

- о транспортных характеристиках и свойствах наливных грузов;
- устройстве танкеров и систем их грузового комплекса;
- характеристики и способы перевозки сжиженных газов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Специализированные системы нефтеналивных судов предназначены для приема с берега, распределения по грузовым цистернам и выдачи за борт специального жидкого груза, а также для обеспечения его сохранности и нормальной эксплуатации грузовых систем. К ним относятся:

Грузовая система танкера – основная система на наливном судне. Предназначена для приема и выкачки груза в порту. Включает в себя грузовые насосы (обычно, центробежные), трубопроводы, компенсаторы, арматуру, приемные устройства в танках, распределительные устройства (манифольды). Насосы грузовой системы работают при выдаче груза, все остальное и при выдаче, и при приеме груза. Грузовые насосы могут также перекачивать груз внутри судна, участвовать в мойке танков.

Зачистная система. Дублирует почти полностью грузовую систему, но имеет диаметры труб и арматуры в 2-3 раза меньшего размера, насосы объемного типа. Понятие «зачистка» танка (не путать с мойкой и удалением твердых загрязнений) означает удаление остатков груза после «срыва» центробежного насоса из-за прихвата воздуха. У приемника насоса в танке

образуется воронка, через которую в грузовой трубопровод всасывается воздух. Производительность насоса сначала падает, а при содержании воздуха в жидкости около 10 % по объему он прекращает полностью подачу груза. Высота этой воронки достигает 0,8 м. Время полной зачистки составляет около 30 % общего времени выгрузки.

Балластная система – система изолированного от груза балласта, которым заполняются балластные танки, когда судно совершает рейс без груза. Наличие независимой системы не исключает прием забортной воды в чистые или грязные грузовые танки, если этого требует обстановка.

Газоотводная система предназначена для предотвращения повышения давления или вакуума в танке выше допустимого, так как это может привести к деформации или разрушению стенок грузовой емкости. Различают «большое дыхание» - возникновение в танке давления/вакуума при погрузочно-разгрузочных и балластных операциях, и «малое дыхание» - изменение давления газовой среды при температурных колебаниях наружного воздуха, которые чаще всего происходят при смене времени суток.

Система подогрева груза. Некоторые сорта жидких грузов имеют большую вязкость и температуру застывания и их невозможно или затруднительно выкачать из танков. Для некоторых грузов требуется поддержание определенного температурного режима во время транспортировки. Для этого на танкерах существуют трубные теплообменные системы, через которые прокачивается теплоноситель.

Система инертных газов используются на танкерах для вытеснения из грузовых и отстойных танков взрывоопасных газовойсмесей и поддержания в них атмосферы с низким содержанием кислорода, при котором исключено возникновение взрыва и пожара.

Система мойки танков служит для удаления из танков остатков груза и очистки их поверхности перед сменой груза, осмотром или ремонтом. Мойка танков требуется также перед приемкой в них чистого балласта.

Система вентиляции предназначена для подачи в танки чистого воздуха взамен любых газов, затрудняющих дыхание, опасных для здоровья людей или взрывоопасных.

Система орошения палубы служит для охлаждения палубы при нагреве ее солнцем с целью снижения потерь от испарения груза.

Практическая работа № 1

ГРУЗОВАЯ СИСТЕМА ТАНКЕРА

1.1. Цель работы

1. Изучить назначение и состав грузовой системы танкера.
2. Ознакомить студентов с порядком расчета номинальной подачи грузового насоса, скорости протекания жидкости при определенном диаметре трубопровода, потери напора по длине трубопровода.

1.2. Теоретический раздел

Грузовая система – основная система на наливном судне. Предназначена для приема и выкачки груза в порту. Включает в себя грузовые насосы (обычно, центробежные), трубопроводы, компенсаторы, арматуру, приемные устройства в танках, распределительные устройства (манифольды). Насосы грузовой системы работают при выдаче груза, все остальное – и при выдаче, и при приеме груза. Грузовые насосы могут также перекачивать груз внутри судна, участвовать в мойке танков. В состав грузовой системы входят: палубные приемники, к которым присоединяют перекинутые с берега гибкие шланги; днищевые магистрали с приемными отростками в танках; стояки, соединяющие палубные приемники с днищевыми магистралями.

В зависимости от принятой схемы днищевых магистральных трубопроводов различают три основных типа грузовых систем: кольцевую, линейную и систему с перепускными переборочными клинкетам. Кольцевая система применяется в основном на танкерах небольшого дедвейта с насосным отделением, расположенным в средней части судна между танками (рис.1.1). При такой системе по днищевому набору всех бортовых танков проходят две одинаковые магистрали, которые в крайних танках соединяются между собой, образуя замкнутое кольцо. От обеих магистралей отходят приемные отростки в каждый танк.

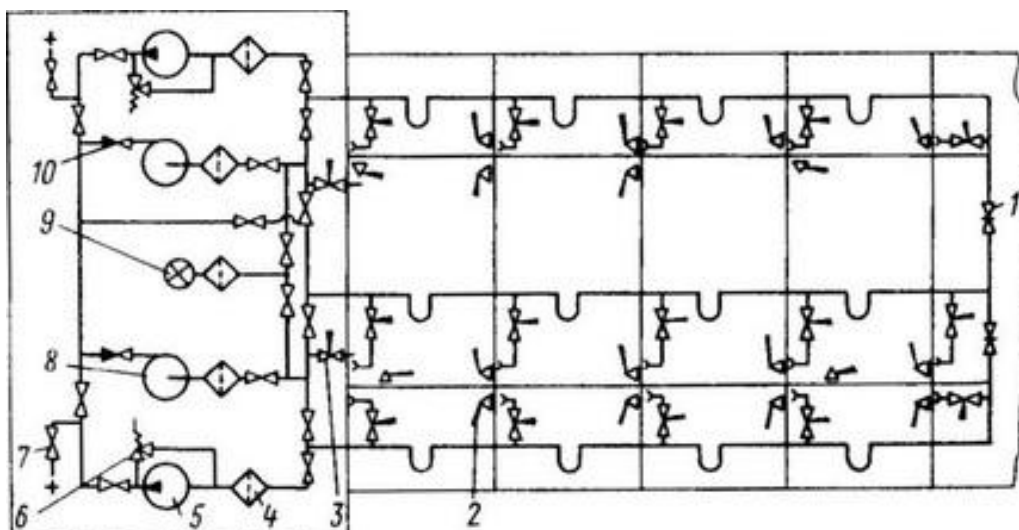


Рис. 1.1. Кольцевая система нефтеналивных судов

Такая система обладает высокой живучестью и маневренностью. Если выходит из строя магистраль одного борта, груз можно выкачать через магистраль другого борта. Зачистка танков производится по грузовому трубопроводу при помощи грузовых насосов через зачистные отростки меньшего диаметра [1].

подавляющее количество нефтетанкеров строится с линейной грузовой системой, которая проще и дешевле кольцевой, позволяет перевозить несколько сортов груза, удобна при кормовом расположении грузового насосного отделения и использовании центробежных насосов любой производительности (рис. 1.2). Однако живучесть этой системы ниже. Линейные системы позволяют объединять грузовые танки в 2-4 группы, каждая из которых соединена со своим грузовым насосом отдельной магистралью. От каждого грузового насоса отходит напорный трубопровод к самостоятельному палубному трубопроводу (манифольду). При этом предусматривается возможность соединения каждого из насосов с любой другой группой танков.

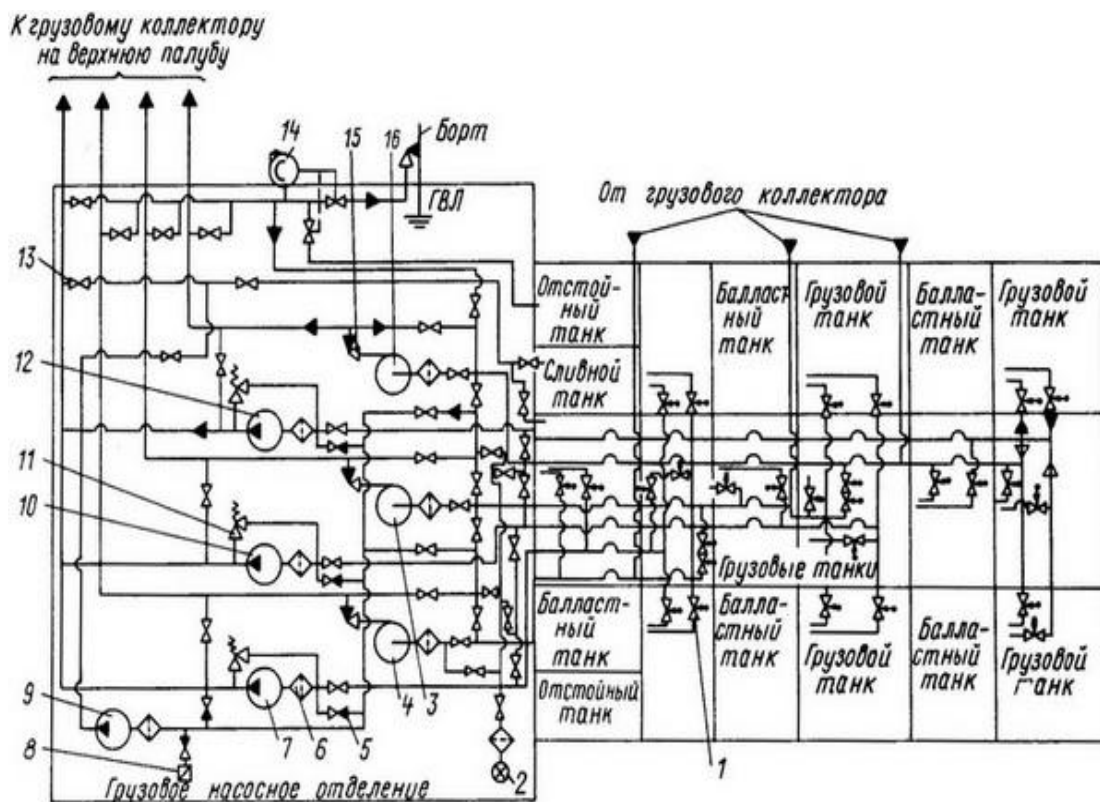


Рис. 1.2. Линейная схема грузовой и зачистной систем на нефтеналивном судне [3]

1.3. Порядок выполнения работы

Номинальная подача одного грузового насоса, м³/с, танкеров грузоподъемностью до 10000т определяется по формуле

$$Q = \frac{(0,03 + 4,2 \cdot 10^{-5} G_T)}{z k_v} \quad (1.1)$$

где G_T – грузоподъемность танкера, т;

z – число установленных насосов;

k_v – коэффициент, зависящий от типа насоса и вида перевозимого жидкого груза.

Скорость протекания жидкости при определенном диаметре трубопровода определяется по формуле

$$V_T = \frac{4Q}{\pi d_T^2} \quad (1.2)$$

Т а б л и ц а 1.1

**Коэффициент зависящий от типа насоса и вида перевозимого жидкого груза k_v ,
и коэффициент полезного действия η_n**

Тип насоса	Мазут, масла, парафинистая нефть		Бензин,керосин, дизельное топливо	
	k_v	η_n	k_v	η_n
Центробежный	0,5 ... 0,6	0,4 ... 0,45	1	0,75
Вихревой	не использ	-	1	0,45 .. 0,55
Винтовой	0.9 ... 1	0,65	не использ	-
Поршневой	0,65 ... 0,8	0,7	0,9 ... 1	0,75

Расчет проводится по следующей схеме:

- 1) задаемся скоростью $V_T = 2$ м/с.
- 2) Исходя из уравнения неразрывности $Q = SV_T$
определяем площадь сечения трубопровода

$$S = \frac{Q}{V_t} \quad (1.3)$$

- 3) Из формулы поперечного сечения $S = \frac{\pi d^2}{4}$ определяем диаметр

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (1.4)$$

Полученный диаметр является внутренним трубы бесшовные горячекатаные ГОСТ 8732-784) Округляем размер диаметра до большего стандартного значения по ГОСТ 8732-78 «Трубы бесшовные горячекатаные».

Выбираем наружный диаметр по ГОСТ 8732-78 и толщину стенки.

Из этого следует, что внутренний диаметр

$$d = D - 2s \quad (1.5)$$

Принимаем по ГОСТ 8732-78 D – наружный диаметр трубы и s толщину стенки трубы.

4) и снова определяем скорость по формуле

$$V_T = \frac{4Q}{\pi d_T^2} \quad (1.6)$$

Скорость должна быть меньше 2 м/с.

5) Выбираем размеры и материал трубы. Например,

$$\text{Труба } \frac{299 \times 8 \text{ ГОСТ } 8732-78}{B 40 \times \text{ГОСТ } 8731-74}$$

Зачистные насосы используются для подбора стекающих остатков после «прохвата» грузовых насосов. Номинальная подача зачистного насоса 0,04 ... 0,07 м³/с. Если расчётная подача грузового насоса близка к этим значениям, то специальный зачистной насос устанавливать нецелесообразно.

Мощность грузового насоса, кВт определяется по формуле

$$N = \frac{Q_H P}{\eta_H} \quad (1.7)$$

где P – давление: для грузового насоса, $P = 500 \dots 600$ кПа. Принимаем $P = 500$ кПа;

$\eta_H = 0,5$ – коэффициент полезного действия насоса.

Коэффициент трения λ — зависит от режима движения потока в трубопроводе и характеризуется числом Рейнольдса:

$$Re = v_T \frac{d_r}{\nu} \quad (1.8)$$

Переходной режим, где $\nu = 0,031$ м/с (для легкой нефти) — коэффициент кинетической вязкости жидкости в см²/с или м²/с.

Для ламинарного режима потока:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1.9)$$

Формула для расчета производительности трубы:

$$Q = \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \cdot V, \quad (1.10)$$

где Q – расход перекачиваемой жидкости;

d – диаметр трубопровода;

v – скорость потока.

Отсюда получаем формулу для расчета оптимального диаметра трубы

$$d_o = \sqrt{((4Q)/(\pi \cdot v_o))}, \quad (1.11)$$

где Q – заданный расход перекачиваемой жидкости;

d – оптимальный диаметр трубопровода;

v – оптимальная скорость потока.

P – давление: для грузового насоса $P = 500 \dots 600$ кПа, для зачистного насоса $P = 300 \dots 400$ кПа;

η_n – коэффициент полезного действия насоса (табл.1.1).

Потери напора по длине трубопровода определяются по формуле

$$\Delta H = \frac{\lambda L}{d_T} \cdot \frac{v_T^2}{2g}, \quad (1.12)$$

где λ – коэффициент трения жидкости (вязкость);

L – длина трубопровода, м;

G – ускорение свободного падения.

Коэффициент трения « λ » — зависит от режима движения потока в трубопроводе и характеризуется числом Рейнольдса:

$$Re = v_T \cdot \frac{d_r}{\nu}, \quad (1.13)$$

где ν – коэффициент кинетической вязкости жидкости в $\text{см}^2/\text{с}$ или $\text{м}^2/\text{с}$. Он определяется:

– для ламинарного режима потока при $Re \sim 2030$, $\lambda = 64/Re$;

– для переходного режима ($2030 < Re < 2800$) и турбулентного по формуле

$$\lambda = a Re,$$

где a, n – коэффициенты, изменяющиеся в зависимости от шероховатости трубопровода, вязкости жидкости и числа Рейнольдса [3].

1.3. Контрольные вопросы

1. Где на танкере (в каких танках) располагают изолированный балласт?
2. Каковы преимущества гофрированных переборок перед гладкостенными?
3. Отличие и сходство грузовой и зачистной систем.
Требования к грузовой и зачистной системам.
4. Функциональные возможности грузовой и зачистной систем.
5. Кольцевая грузовая система.
6. Линейная грузовая система.
7. Система с переборочными клинкетам.
8. Туннельная система.
9. Раздельная грузовая система.

Практическая работа № 2

БАЛЛАСТНАЯ СИСТЕМА

2.1. Цель работы

1. Изучить назначение и состав балластной системы
2. Ознакомить студентов с порядком расчета балластной системы

2.2. Теоретический раздел

Балластная система предназначена для приема водяного балласта в цистерны (отсеки) и последующей перекачки и удаления его за борт. Морские суда принимают водяной балласт для получения осадки, обеспечивающей надлежащие мореходные качества в порожнем – балластном – переходе, для создания правильной посадки судна на ровный киль или с небольшим – не более 0,025– 0,030 L – дифферентом на корму по мере расходования судовых запасов. Для приема водяного балласта на судах используют отсеки двойного дна, пики и диптанки. На танкерах балласт принимают в грузовые и специальные балластные танки, на танкерах количество водяного балласта достигает 35 – 50 % водоизмещения судна [4].

В соответствии с МАРПОЛ 73/78 на танкере может быть чистый балласт – принятый в чистые грузовые танки, и грязный балласт – принятый в грязные грузовые танки

Чистый балласт – это забортная вода, принятая в изолированные балластные танки или тщательно вымытые грузовые танки, выкачиваемая за борт через общую балластную систему общими балластными насосами, вне особых районов, на ходу, за 12-мильной зоной, при сбросе на спокойной воде не вызывает появление следов нефти на поверхности воды.

Изолированный балласт – это забортная вода, принятая в изолированные балластные танки, имеющие автономную систему выкачки и отдельные, только для этой цели насосы. Изолированный балласт сбрасывается за борт без ограничения.

Грязный балласт – это нефтеводная смесь, которая образуется в неочищенных от нефти судовых танках после приема в них водяного балласта. Но в связи с необходимостью практического решения экологических задач по предотвращению загрязнения акваторий грязный балласт принимают в исключительных случаях, обычно при ухудшении гидрометеорологических условий в рейсе [2].

Балластная система современного танкера – это система изолированного балласта.

Балластная система танкера включает в себя танки изолированного балласта, балластные насосы, магистральные трубопроводы и приемные патрубки, фильтры, кингстоны для приема заборной воды, отливные трубы.

Балластный трубопровод прокладывают, как правило, в двойном дне. Наиболее удобен для этой цели коридор, образуемый на некоторых судах в междудонном пространстве, обычно вдоль вертикального киля. Балластные насосы, располагаемые в насосном отделении, объединяют кольцевой магистралью, от которой через распределительные коробки с запорными клапанами в каждую балластную цистерну отводят отдельный трубопровод (рис. 2.1). Трубопровод, идущий в форпик, должен иметь расположенный в форпике разобщительный клапан, управляемый дистанционно с поста, находящегося выше палубы переборок.

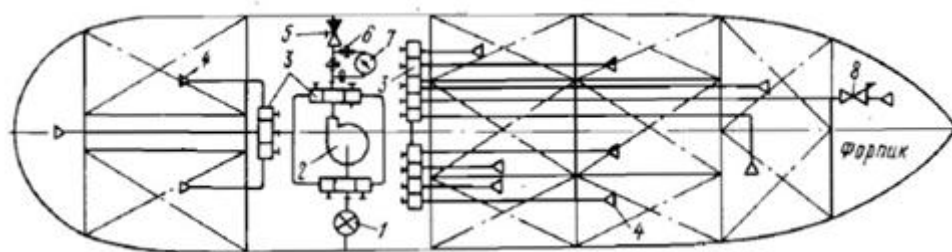


Рис. 2.1 – Балластный трубопровод:

- 1 – приемный кингстон; 2 – балластный насос; 3 – распределительная коробка с запорными клапанами; 4 – приемник; 5 – невозвратно-запорный клапан;
6 – клинкет; 7 – сепаратор трюмных вод; 8 – запорный клапан с дистанционным управлением

2.3. Порядок выполнения работы

Проектировочный расчет балластных систем выполняется с целью определения минимально необходимых характеристик систем в соответствии с формулами, установленными «Правилами классификации и постройки морских судов» Российского морского регистра судоходства [1], а также «Правил по предотвращению загрязнения с судов, эксплуатирующихся в морских районах и внутренних водных путях Российской Федерации» [5].

Порядок выполнения проектировочного расчёта:

1. Внутренний диаметр отростков балластных трубопроводов d_0 для отдельных цистерн должен определяться по формуле 8.2.1 Правил РМРС [1]:

$$d_B = 18\sqrt[3]{V}, \quad (2.1)$$

где V – объём наибольшей по объёму балластной цистерны, м^3 .

2. Диаметр магистрали балластной системы должен быть не менее диаметра наибольшего отростка.

Балластная система должна обслуживаться хотя бы одним насосом [1].

3. Балластная система должна обслуживаться хотя бы одним насосом. Балластный насос должен иметь подачу, определяемую из условия, что расчётная скорость воды в приёмной балластной магистрали, диаметр которой вычислен по формуле 8.2.1 Правил РМРС, в нормальных эксплуатационных условиях должна быть не менее 2 м/с: [1 п. 8.1.1]

$$Q = 5,65 \cdot 10^{-3} \cdot d^2, \text{м}^3 / \text{ч} \quad (2.2)$$

4. Исходя из полученного значения, выбирается центробежный самовсасывающий насос с ближайшей большей номинальной подачей.

5. Проверка обеспечения требуемого времени балластных операций.

$$t = \frac{V}{n \cdot Q} \text{ ч}, \quad (2.3)$$

где V – суммарный объём балласта, м^3 ; n – количество насосов, Q – подача выбранного в предыдущем пункте балластного насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Балластные операции производятся параллельно с грузовыми (погрузка груза сопровождается откачкой балласта и наоборот), соответственно, для сокращения времени стоянки время балластных операций не должно превышать время грузовых операций. Это время задаётся в техническом задании на проектирование конкретного судна, каких-то общих требований для всех судов на этот счёт не существует. Согласно требованиям АСИМФ, время погрузочно-разгрузочных операций для танкеров не должно превышать 10 ч (для крупнотоннажных танкеров допускается до 12 ч). Ориентировочно, можно для всех судов принять время балластных операций 12 ч, при превышении этой величины вопрос следует согласовать с преподавателем.

Также следует проверить время откачки/заполнения наибольшей балластной цистерны:

$$t = \frac{V_{\max}}{Q}, \text{ ч}, \quad (2.4)$$

где $V_{\max}$ – объём наибольшей балластной цистерны, м^3 ; Q – подача балластного насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Это время не должно превышать 4 часа. При превышении этого времени следует обеспечить возможность работы на данную цистерну одновременно двух насосов – подвести к цистерне отростки от магистралей обоих насосов.

6. Для защиты от эрозии судовых трубопроводов забортной воды, средняя проектная скорость потока воды в стальных трубопроводах балластной системы должна быть не более 3,25 м/с [1] и подтверждена расчётом по формуле:

$$v = 354 \cdot Q / d^2, \text{ м/с}, \quad (2.5)$$

где Q – максимальный расход на расчётном участке, $\text{м}^3/\text{ч}$,

d – внутренний диаметр трубопровода, мм.

7. Мероприятия по предотвращению загрязнения морской среды.

7.1. На судне должна быть предусмотрена цистерна для сбора и хранения нефтесодержащих (ляляльных) вод. [Пр. 12 Приложения I к МАР-ПОЛ]. Ёмкость цистерны сбора и хранения нефтесодержащих вод определяется по Правилам по предотвращению загрязнения с судов [5], по табл. 2.1:

Т а б л и ц а 2.1

Вместимость цистерны

Мощность главного двигателя P , кВт	Вместимость цистерны V , м^3
менее 1000	4,0
от 1000 до 20000	$P/250$
более 20000	$40+P/500$

7.2. На судне должна быть предусмотрена фильтрующая установка (сепаратор) для очистки нефтесодержащих (ляльных) вод при сбросе их за борт, [6].

Рекомендуемая производительность сепаратора может быть принята по табл. 2.2 [7]:

Т а б л и ц а 2.2

Производительность сепаратора

Водоизмещение судна, т	Производительность сепаратора, м ³ /ч
менее 1500	до 1,6
от 1500 до 4000	1,6 – 2,5
от 4000 до 10000	2,5 – 4,0
от 10000 до 25000	4,0 – 6,3
от 25000 до 100000	6,3 – 10,0
более 100000	16,0 – 25,0

7.3. На судне должна быть предусмотрена цистерна для сбора нефтяных остатков (шлама), таких как утечки нефтепродуктов в МО и отходы сепарации. [Пр. 17 Приложения I к МАРПОЛ].

Цистерна нефтеостатков должна иметь вместительность не менее определённой по формуле [6]:

$$V_1 = k_1 \cdot C \cdot D, \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

где k_1 – коэффициент, равный 0,01 для судов, на которых тяжёлое топливо подвергается пурификации перед употреблением, и равный 0,005 для судов, на которых топливо не требует пурификации;

C – суточное потребление топлива, м³;

D – максимальная продолжительность рейса между портами, где можно сдать нефтеостатки, сут. При неизвестной продолжительности рейса принимать $D = 30$ суток.

7.4. В составе балластной системы должна быть предусмотрена установка обезвреживания балластных вод, удовлетворяющая требованиям «Международной конвенции о контроле балластных вод и осадков и управлению ими» 2004 года.

Пропускная способность установки обезвреживания балластных вод должна быть не менее номинальной подачи балластных насосов.

На основании определённых характеристик производится выбор основного оборудования систем (типа насосов и их количества, труб по сортаментам).

2.4. Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Исходные данные.
2. Расчетную часть.
3. Библиографический список.

Отчет выполняется на листах формата А4 с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ Р 2.105-2019 Требования к оформлению текстовой документации).

2.5. Контрольные вопросы

1. Что такое чистый балласт?
2. Что такое грязный балласт?
3. Что такое изолированный балласт?
4. Сколько насосов должны обслуживать балластную систему?
5. Продолжительность времени погрузочно-разгрузочных операций для танкеров?
6. Максимальная продолжительность рейса между портами, где можно сдать нефтеостатки?

Практическая работа № 3

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ГРУЗА

3.1. Цель работы

1. Изучить назначение и состав системы подогрева груза.
2. Ознакомить студентов с порядком расчета системы подогрева груза.

3.2. Теоретический раздел

Система подогрева нефтепродуктов предназначена для подвода теплоты к вязким нефтепродуктам с целью придания им подвижности и уменьшения «мёртвых остатков» при выгрузке.

В качестве греющей среды для подогрева груза в танках допускается применение пара, горячей воды и органических теплоносителей [1].

Система подогрева груза должна быть оборудована средствами регулирования температуры груза в танках. Должны обеспечиваться контроль температуры в танках, а также световая и звуковая сигнализация о превышении максимально допустимой температуры груза или падения скорости потока груза при прокачке через подогреватели. [1].

Система подогрева состоит из трубчатых подогревателей, укладываемых выше днища танкера на 100...200 мм, по которым проходит пар давлением 0,3...0,5 МПа [2]. Пар в систему подводится от парогенераторов танкера. В зависимости от вида труб и их расположения относительно ДП танкера существует несколько разновидностей систем подогрева. Подогревательные трубы могут быть выполнены в виде секций или змеевиков, размещаемых вдоль или поперек судна. Исходя из этого на морских танкерах применяются следующие системы подогрева: продольно-секционная, поперечно-секционная, продольно-змеевиковая и поперечно-змеевиковая.

Продольно-секционная система состоит из продольных секций прямых труб, расположенных вдоль судна по всей длине каждого грузового танка. С целью сокращения времени подогрева груза до 6 -10 ч могут быть применены двухрядные продольно-секционные системы, в которых к нижнему ряду секций добавляется еще верхний, размещаемый выше днищевого набора танкера. Для надежного стока конденсата продольные подогревательные секции устанавливают в танках с уклоном в корму.

Поперечно-секционная система имеет поперечные секции труб, укладываемые в грузовых танках между флорными шпангоутами, соединительные трубы между которыми проходят поверх днищевого набора. Для обеспечения надежного стока конденсата из поперечных подогревательных секций их укладывают с уклоном в сторону одного из бортов судна, а при разгрузке создают искусственный крен в том же направлении. При использовании поперечно-секционной системы не надо устраивать вырезы в наборе корпуса судна.

3.3. Порядок выполнения работы

3.3.1. Расход греющего пара $D_{\text{п}}$, кг/ч, определяется по эмпирической зависимости:

$$D_{\text{п}} = 200 + 0,36 G_{\text{т}}, \quad (3.1)$$

где $G_{\text{т}}$ – грузоподъемность танкера, т

3.3.2. Площадь поверхности трубчатых подогревателей, м^2 :

$$F_{\text{п}} = (0,045 \div 0,08) * G_{\text{т}} \quad (3.2)$$

где $G_{\text{т}}$ – грузоподъемность танкера, т.

Для подогрева нефтепродуктов в танках танкеров обычно применяют специальный паровой котел.

3.3.3. Потребный поток теплоты $Q_{\text{пт}}$ кВт, для подогрева высоковязких нефтепродуктов в танках определяется по выражению

$$Q_{\text{пт}} = Q_{\text{гр}} / \eta_{\text{т}} \quad (3.3)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – поток теплоты при охлаждении нефтепродукта на судне во время рейса, кВт;

$\eta_{\text{т}}$ – КПД транспортировки теплоты, равный отношению теплоты, подведенной к нефтепродукту, к теплоте, израсходованной на эти цели:

$\eta_{\text{т}} = 0,75 \dots 0,82$ при паровом подогреве без возврата конденсата;

$\eta_{\text{т}} = 0,90 \dots 0,92$ – с возвратом конденсата;

$\eta_{\text{т}} = 0,95$ – для электроподогревателей. Поток теплоты $Q_{\text{гр}}$ определяется по формуле

$$Q_{\text{гр}} = k_{\text{в}} F_{\text{в}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) + k_{\text{в}} F_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{в}}) \quad (3.4)$$

где $k_{\text{в}}, k_{\text{в}}$ – коэффициенты теплопередачи соответственно от нефтепродукта к воде и окружающему воздуху, кВт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$);

t_w, t_b – температуры окружающей среды (соответственно воды и воздуха), как и ранее, она принимается минимальной в условиях эксплуатации данного судна, С;

t_H – температура груза (Приложение Б, таблица Б1).

F_w, F_b – площади поверхностей охлаждения, граничащие соответственно с водой и воздухом, м².

Т а б л и ц а 3.1

Коэффициенты k_w, k_b

Тип обшивки бортов и днища	k_w	k_b
	кВт/м ² К	кВт/м ² К
Одинарная	0,0062	0,0036
Двойная	0,0024	0,0035

Т а б л и ц а 3.2

Минимальная температура t_w и t_b

№ п/п	Район плавания	Температура воды и воздуха	
		t_w	t_b
1	Тихий океан	13,4	11,4
2	Атлантический океан	7,3	11,8
3	Индийский океан	11,0	14,0
4	Северный ледовитый океан	1,0	-40

Площади поверхностей охлаждения в м² принимаются пропорционально грузоподъемности судна: $F_w = (0,30...0,35)G$ и $F_b = (0,25...0,30)G$, где G – грузоподъемность танкера, т.

3.4. Содержание отчета о практическом занятии

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Исходные данные
2. Расчетную часть.
3. Библиографический список.

Отчет выполняется на листах формата А4 с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ Р 2.105-2019 Требования к оформлению текстовой документации).

3.5. Контрольные вопросы

1. Определить, при какой температуре целесообразно выгружать мазут флотский Ф- 5? М100? М40В?
2. На что расходуется теплота при подогреве груза?
3. Теплоносители, их достоинства и недостатки.
4. Охарактеризовать трубчатые подогреватели, их достоинства и недостатки.
5. Материалы для изготовления трубчатых подогревателей.
6. Циркуляционный способ подогрева груза, достоинства и недостатки.
7. Циркуляционный способ подогрева груза с использованием погружного грузового насоса.

Практическая работа № 4

СИСТЕМА ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

4.1. Цель работы

1. Изучить назначение и состав системы инертных газов.
2. Ознакомить студентов с порядком расчета системы инертных газов.

4.2. Теоретический раздел

Назначением системы инертных газов (СИГ) является защита грузовых танков от пожара и взрыва. Пожар или взрыв могут произойти при наличии трех условий – содержании углеводорода выше НПВ и ниже ВПВ, источника воспламенения и содержании кислорода выше 11 %. Углеводороды в грузовом танке есть практически всегда, от неожиданного появления источника воспламенения нет гарантии даже при соблюдении противопожарных требований. Если же газозоодушную смесь разбавить нейтральным газом, то можно понизить концентрацию кислорода до значений ниже 11 % по объему, и тогда взрыв и пожар будут исключены. В качестве инертных газов чаще всего используются отработанные газы двигателей внутреннего сгорания или котлов, которые предварительно охлаждаются в скруббере-очистителе.

Согласно требованиям Конвенции SOLAS-74, система инертных газов является обязательной для танкеров дедвейтом 20000 рег.т и более. Она должна поддерживать в любой части грузового танка атмосферу с содержанием кислорода не более 8 % по объему и избыточного давления, препятствующего поступлению воздуха (как правило, это давление не превышает 20 кПа). Согласно Правилам Регистра, в грузовые танки должен подаваться инертный газ с содержанием кислорода не более 5 % по объему.

Температура газа, поступающего в защищаемое помещение, должна быть не более 65 °С для грузовых танков и не более 50 °С для сухогрузных трюмов. Система обеспечивает подачу инертного газа в грузовые танки в количестве 125 % максимальной производительности разгрузки судна. Таким образом осуществляется заполнение освобождающихся объемов танков с учетом возможности улетучивания некоторого объема инертного газа. В качестве инертного газа могут использоваться прошедшие обработку дымовые газы от главных или вспомогательных котлов.

4.3. Порядок выполнения работы

4.3.1. Производительность системы инертных газов по правилам пожарной безопасности должна быть на 25 % выше суммарной подачи всех грузовых насосов:

$$m_{иг} \geq 1,25 Q_{гн} \rho_{г}, \quad (4.1)$$

где $m_{иг}$ – массовый расход инертных газов, образовавшихся при сгорании топлива, кг/с, $\rho_{г}$ – плотность газов, кг/м³.

$$m_{иг} = B_{т}(1 + \alpha L_0), \quad (4.2)$$

где $B_{т}$ – часовой расход топлива, кг/с;

L_0 – масса воздуха, теоретически необходимого для сжигания 1 кг топлива: для мазута $L_0 = 13,6$ кг/кг, для дизельных и моторных топлив.

$$L_0 = 14,4 \text{ кг/кг.}$$

4.3.2. Температура холодных газов должна быть $T_{хг} \leq 313 \text{ К}$, при этом плотность газов составит $\rho_{г} = 1,3 \cdot 273 / T_{хг}$, кг/м³.

4.3.3. Подача насоса холодной воды для охлаждения газов в скруббере, м³/с, определяется по формуле

$$Q_{х.в} = m_{иг} c_p (T_{г.г} - T_{х.г}) / \rho_{в} \Delta t_{в} c_{в}, \quad (4.3)$$

где $T_{г.г}$ – температура газов на выходе из котла или двигателя, К;

$T_{х.г}$ – температура охлажденных газов, К;

c_p – теплоемкость газов при постоянном давлении,

$c_p = 1,1$ кДж/кг·К; $c_{в}$ – теплоемкость воды,

$c_{в} = 4,19$ кДж/кг·К;

$\Delta t_{в}$ – приrost температуры воды при прохождении скруббера,

$\Delta t_{в} = 10 \dots 15 \text{ К}$.

4.3.4. Мощность насоса скруббера, кВт,

$$N_{н.с} = Q_{н.с} P_{н.с} / \eta_{н.с}, \quad (4.4)$$

где $P_{н.с}$ – давление, развиваемое насосом скруббера, $P_{н.с} = 200 \div 250$ кПа.

4.4. Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Исходные данные.
2. Расчетную часть.
3. Библиографический список.

Отчет выполняется на листах формата А4 с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ Р 2.105-2019 Требования к оформлению текстовой документации).

4.5. Контрольные вопросы

1. Пояснить диаграмму образования взрывоопасных газовоздушных смесей.
2. Какие концентрации углеводородов считаются опасными, критическими и безопасными?
3. Назначение систем инертных газов.
4. В каких случаях наличие на судне системы инертных газов обязательно?
5. Какие дополнительные преимущества создает СИГ?
6. Классификация СИГ по способу получения.
7. Классификация СИГ по способу очистки.
8. Состав инертного газа, полученного из котла.
9. Структурная схема СИГ.
10. Контактно-прямоточный газоочиститель и каплеотделитель.
11. Принцип действия жидкостного прерывателя давления/вакуума.
12. Основные отличия СИГ типа А, Б и В.
13. Основные отличия СИГ Г, Д, и Е.

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПЕНАМИ НИЗКОЙ И СРЕДНЕЙ КРАТНОСТИ

5.1. Цель работы

1. Изучить назначение и состав системы пожаротушения
2. Ознакомить студентов с порядком расчета системы поверхностного пожаротушения пенами низкой и средней кратности.

5.2. Теоретический раздел

5.2.1. Система пенного пожаротушения

Система применяется для тушения пожаров пеной в следующих помещениях:

- грузовых наливных отсеках, предназначенных для перевозки нефти и нефтепродуктов, в том числе в сливных цистернах:

- машинных отделениях, в которых расположены главные двигатели внутреннего сгорания или газотурбинные установки, в том числе приводящие в движение главные электрические генераторы, вспомогательные двигатели внутреннего сгорания или газовые турбины, механизмы и оборудование систем жидкого топлива, насосных отделениях:

- котельных отделениях, в которых расположены котлы, работающие на жидком топливе; грузовых насосных отделениях на нефтеналивных судах, а также отделениях для перекачки и раздачи воспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки ниже 333 К (60 °С) на других судах;

- кладовых легковоспламеняющихся материалов и веществ, фонарных для пиронафтовых фонарей, малярных, кладовых воспламеняющихся жидкостей, а также воспламеняющихся сжиженных и сжатых газов;

- закрытых грузовых палубах паромов и трейлерных судов для перевозки автотранспорта и подвижной техники с топливом в баках, ангарах для летательных аппаратов, закрытых гаражах и т.д.; помещениях для сухих грузов, не относящихся к судовым запасам; постах управления, помещениях для аварийных источников энергии и пожарных насосов; на взлетно-посадочных площадках [7].

5.2.2. Состав системы

Система пенотушения, в общей случае, состоит из следующих элементов:

- насосов для подачи раствора пенообразователя (может использоваться пожарный насос системы водяного пожаротушения);
- насосов для подачи пенообразователя;
- цистерн для хранения пенообразователя;
- дозирующих устройств для получения раствора пенообразователя;
- лафетных комбинированных стволов;
- воздушно-пенных стволов;
- генераторов среднекратной пены;
- генераторов высокократной пены [7].
- трубопроводов: от насоса или пожарной магистрали, в станциях пенотушения, на открытых палубах и в защищаемых помещениях;
- трубопроводов для подвода воздуха к генераторам пены (воздуховоды) и для подвода пены в защищаемое помещение (пеноводы);
- труб-удлинителей;
- баллонов с воздухом;
- запорной арматуры;
- контрольно-измерительных приборов;
- пожарных рукавов.

5.3. Порядок выполнения работы

По чертежам судна устанавливаются размеры защищаемых отсеков, помещений, платформ и палуб. Защищаемые помещения группируются по назначению в соответствии с табл. 5.1 стандарта.

В соответствии с требованиями п. 2.1 стандарта определяется расчетная площадь (m^2) наибольшего (по площади) защищаемого отсека, цистерны, помещения или палубы по следующим формулам:

Для наибольшего защищаемого отсека, цистерны или помещения:

$$S_1 = l b. \quad (5.1)$$

Для грузовой палубы танкера:

$$S = LB. \quad (5.2)$$

Для площади, защищаемой одним лафетным стволом:

$$S_3 = 0,75 R B. \quad (5.3)$$

По табл. 5.1 стандарта в зависимости от назначения защищаемого помещения, расчетная площадь равна:

Т а б л и ц а 5.1

Расчетная площадь помещения

Расчетная площадь, м ²	Интенсивность подачи раствора, дм ³ /(с·м ²)	Производительность системы по раствору, м ³ /с	
S ₁	0,10	Q ₂ =	0,1 · S ₁ · 10 ⁻³
S ₂	0,01		0,01 · S ₂ · 10 ⁻³
S ₃	0,05		0,05 · S ₃ · 10 ⁻³

Для танкеров, оборудованных пенными лафетными стволами и генераторами пены средней кратности, запас пенообразователя должен быть не менее, определенной по формуле

$$V > 6 (q_1 * C_b + p_2 * q_2 * C_b) * 10^3 \quad (5.4)$$

Производительность лафетного пенного ствола по раствору для судов, строящихся по Правилам Регистра, должна приниматься не менее большей из двух величин:

$$\begin{aligned} q_1 &\geq [0,5 * 0,10 * S_1 \\ q_1 &\geq [0,5 * 0,01 * S_2 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Производительность генераторов пены средней кратности (q₂) для судов, строящихся по Правилам Регистра, должна приниматься не менее 6 дм³/с.

Производительность воздушно-пенных стволов по раствору (дм³/с) для судов, строящихся по Правилам Регистра, должна приниматься не менее:

- для судовых помещений

$$q_5 \geq 3,35 \text{ дм}^3/\text{с}$$

- для грузовых палуб нефтеналивных судов

$$q_6 \geq 6,7 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Количество пенных лафетных стволов на грузовой палубе танкера для судов, строящихся по Правилам Регистра

$$n_1 = \frac{L}{0,75R} + 1. \quad (5.6)$$

Полученный результат округляется до ближайшего большего целого числа.

Расчетное количество генераторов пены средней кратности:

- для жилых и служебных помещений на судах, строящихся по Правилам Регистра, не менее 1 генератора среднекратной пены на каждые 150 м² защищаемой площади.

Для грузовых наливных отсеков нефтеналивных судов, строящихся по Правилам Регистра

$$n_4 = \frac{Q_2}{q_2}. \quad (5.7)$$

Полученный результат округляется до ближайшего большего целого числа.

Количество воздушно-пенных стволов для топливных цистерн на судах, строящихся по Правилам Регистра

$$n_8 = \frac{Q_1}{q_6} 10^3. \quad (5.8)$$

Полученный результат округляется до ближайшего большего целого числа.

Для грузовой палубы танкера, строящегося по Правилам Регистра

$$n_{10} = 2n_1. \quad (5.9)$$

5.3.1. Определение структурно-физических параметров пены

Огнетушащая эффективность системы пенотушения определяется кратностью, устойчивостью и дисперсностью используемой в ней пены. В связи с этим при испытании системы и проверке качества пенообразователя необходимо контролировать эти три параметра [6].

Под кратностью понимается отношение объема пены к объему раствора пенообразователя, из которого она получена. Кратность пены зависит от принципа действия генератора пены, концентрации пенообразовате-

ля в растворе и количества эжектируемого или нагнетаемого вентилятором воздуха в генератор.

Кратность пены может быть определена весовым или объемным методом. При объемном методе требуется измерять либо объем отобранной пены $V_{п}$ и объем раствора $V_{р}$, из которого получена пена, либо расходы пены $Q_{п}$ и раствора $Q_{р}$. При весовом методе требуется измерять объем отобранной пены $V_{п}$ и ее массу $M_{п}$. Кратность пены определяется из выражений:

$$K = \frac{V_{п}}{V_{р}}; K = \frac{Q_{п}}{Q_{р}}; K = \frac{V_{п}}{M_{п}} \rho_{п} . \quad (5.10)$$

Устойчивость пены характеризуется способностью сохранять во времени свою структуру, объем и массу. Зависит устойчивость от большого количества факторов, но в условиях тушения пожара в первую очередь определяется температурой окружающей среды.

Оценивается устойчивость пены по коэффициенту устойчивости θ , который является величиной, обратной скорости разрушения пены, и определяется по отношению времени, в течение которого разрушился определенный объем пены, т.е.

$$\theta = \frac{\Delta \tau}{\Delta V_{р}^n} \quad (5.11)$$

где θ – коэффициент устойчивости, мин/дм ;

$\Delta \tau$ – время разрушения части объема пены, мин;

$\Delta V_{р}$ – объем разрушившейся пены за время $\Delta \tau$ в интервале от 5 до 90 % от первоначального объема пены.

Замер производится в следующей последовательности. Берется слой пены высотой 0,5 м, и через некоторое время (после разрушения более 5 % первоначальной высоты) начинается отсчет времени разрушения. Отсчет должен заканчиваться до момента разрушения 90% первоначальной высоты пенного слоя. После этого подсчитывается объем разрушившейся пены и определяется коэффициент устойчивости пены по формуле (5.11).

Дисперсность пены главным образом зависит от размера ячеек сеток в генераторах пены и в меньшей степени от скорости воздушного потока, т.е. определяется конструкцией пенообразующей аппаратуры. Для существующей пенообразующей аппаратуры (генераторы среднекратной пены – по ОСТ 5.5172-74 и генераторы высокократной пены) дисперсность пены является величиной постоянной. Проверку дисперсности пены следует производить в случае использования нестандартного пенного оборудования. Средний диаметр пузырьков пены, используемой в системе пенотушения, приведен в табл. 5.2

Т а б л и ц а 5.2

Средний диаметр пузырьков пены

Пена	Кратность	Средний диаметр пузырьков пены, мм
Низкократная	6 – 12	Не регламентируется
Среднекратная	70 – 100	1,5 – 2,5
Высокократная	950 – 1000	2,5 – 3,5

5.4. Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Исходные данные.
2. Расчетную часть.
3. Библиографический список.

Отчет выполняется на листах формата А4 с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ Р 2.105-2019). Требования к оформлению текстовой документации).

5.5. Контрольные вопросы

1. Состав системы пенотушения
2. Чем определяется огнетушащая эффективность системы пенотушения?
3. Что такое кратность?
4. Что такое устойчивость пены?
5. Что такое дисперсность пены?
6. Виды кратности пены и в каких пределах они лежат?
7. В каких помещениях применяется система для тушения пожаров пеной?

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Классификация танкеров по степени универсальности, по роду перевозимого груза, дедвейту, по проходимости каналов,
2. Насосы: назначение, типы, расположение на судне.
3. Устройство грузовой и зачистной системы танкера
4. Типы газоотводных систем. Требования к ним.
5. Устройство групповой газоотводной системы.
6. Автономная газоотводная система.
7. Общие меры безопасности при мойке танков.
8. Мойка танков по разомкнутому циклу.
9. Мойка танков по замкнутому циклу.
10. Основные параметры насосов и их изменение в зависимости от дедвейта танкера.
11. Преимущества и недостатки центробежных, поршневых и винтовых насосов.
12. Преимущества и недостатки горизонтального и вертикального расположения грузовых насосов.
13. Подогреватели жидкого груза на нефтенавалочниках.
14. Циркуляционный способ подогрева груза, достоинства и недостатки.
15. Циркуляционный способ подогрева груза с использованием погружного грузового насоса.
16. Классификация СГ. Способы сжижения газа.
17. Способы перевозки СГ. Опасные свойства СГ.
18. Классификация газовозов по способу транспортировки и опасности груза
19. Классификация грузовых танков газовозов.
20. Особенности грузовых систем напорных газовозов.
21. Грузовая система газовозов полурефрижераторного типа.
22. Захолаживание танков.
23. Зачистка грузовых танков способом выпаривания.
24. Аварийная выгрузка груза. Газлифтная система аварийной выгрузки.
25. Газоопасные зоны на газовозе. Газоопасные и газобезопасные помещения на газовозе.
26. Требования к системам вентиляции на газовозе.
27. Требования к конструкции вентилятора на газовозе.
28. Система противохимической вентиляции.
29. Системы орошения на танкерах.
30. Система орошения на газовозе.
31. Конструктивные противопожарные меры защиты.

- 32. Противопожарное оборудование и системы.
- 33. Водопожарная система и требования к ней.
- 34. Система пенотушения. Система углекислотного тушения.
- 35. Системы пожарной сигнализации.
- 36. Виды пожаров на танкере и способы борьбы с ними.
- 37. Какими документами регламентируется перевозка химических грузов.

Деление грузов по химическому составу?

- 38. Как делятся суда по степени опасности?
- 39. Каковы требования конструктивной безопасности к химовозам?
- 40. Принцип размещения грузовых емкостей на многоцелевом химовозе.
- 41. Два типа грузовых емкостей химовоза и их устройство.
- 42. Материалы для изготовления и покрытия грузовых танков химовоза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VIII Системы и трубопроводы. Российский Морской Регистр Судоходства. – СП-б, 2018г. – 116 с.
2. Геец В. М. Специальные системы наливных судов. Курс лекций [Текст] : учеб. пособие / В. М. Геец. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2012. – 185 с.
3. Чемакина Т.Л., Сотникова Е.А. Грузовая система нефтеналивных судов // Научно-технический журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». № 3(323), май–июнь 2017, с. 51– 54.
4. <https://mirmarine.net/sudovoditel/ustrojstvo-sudna/1139-ballastnye-sistemy-21> января 2022 г.
5. НД 2-020101-080 Правила по предотвращению загрязнения с судов, эксплуатирующихся в морских районах и внутренних водных путях Российской Федерации
6. Сафронов В.В. Выбор и расчет параметров установок пожаротушения и сигнализации. Учебное пособие / В.В. Сафронов, Е.В. Аксенова. – Орел: ОрелГТУ, 2004.– 57 с.
7. Михрин Л.М. Судовое оборудование: справочник. - СПб.: МОР-САР, 2010.
8. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. ППБ 01-03. Москва 2003.
9. РД 5Р.5481-80 Система пенного пожаротушения.

Информационные ресурсы

1. Электронный курс «Конструкция корпуса судов» (Конструкция корпуса кораблей, судов и объектов океанотехники) – часть 3. <https://do.sevsu.ru/course/view.php?id=3135>
2. Электронный курс (Специальные судовые системы) <https://do.sevsu.ru/course/view.php?id=3139>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Т а б л и ц а А.1

Исходные данные. Основные характеристики судов

№ варианта	Наименование судна	Дедвейт Танкера, т	Вместимость грузовых танков, м ³	Количество танков	Число установленных насосов	Тип перевозимого груза
1	Танкер проект 630	5704	3089	12	4	растительное масло
2	Танкер проект 1577	4800	5575	8	4	Бензин
3	Танкер проект 20070	20000	22 950	16	4	Сырая нефть
4	Механик Чеботарев	4849	5418	8	2	Керосин
5	Танкер	7100	7974	6	6	Дизельное топливо
6	Танкер проект RST11	6586	7042	8	2	Сырая нефть
7	Танкер проект 256	6593	7062	8	2	Льняное масло
8	Танкер проект RST27	6980	7828	6	6	Машинное масло
9	Танкер проект 19614	5530	1278	12	2	мазут
10	Танкер проект RST54	5589	5653	12	2	Дизельное топливо
11	Танкер проект 587	3140	3640	8	2	бензин
12	Танкер проект 550А	4640	5672	8	2	керосин

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Т а б л и ц а Б.1

Кинематическая вязкость нефтепродуктов

Жидкость	Температура	Кинематическая вязкость, сСт
Анилин	20	4,3
Бензин	15	0,65
Бензол	20	0,07
Глицерин 50% водный раствор	20	6
Глицерин 86% водный раствор	20	105
Глицерин безводный	20	870
Керосин	15	2,7
Нефть легкая	18	25
Нефть тяжелая	18	140
Скипидар	16	1,83
Спирт этиловый	20	2,54
Дизельное топливо (ГОСТ 305-82)	20	18 – 60
Масло авиационное МС, МК (ГОСТ 21743–76)	100	14 – 22
Масло веретенное АУ (ГОСТ 1642– 75)	20	49
Масло индустриальное (ГОСТ 20799– 75):		
И– 5А	50	4
И– 8А	50	7
И– 12А	50	12
И– 25А	50	25
И– 30А	50	30
И– 40А	50	40
И– 70А	50	70
И– 100А	50	100
Касторовое масло	20	1002
Турбинное масло (ГОСТ 32– 74, ГОСТ 9972– 74)		
ТП– 30	50	30
ТП– 46	50	46

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Т а б л и ц а В.1

Плотности некоторых жидкостей
(при норм. атм. давл., $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Жидкость	ρ , кг/м ³	ρ , г/м ³	Жидкость	ρ , кг/м ³	ρ , г/м ³
Ртуть	13 600	13,60	Керосин	2700	2,7
Серная кислота	1800	1,80	Спирт	2500	2,5
Мед	1350	1,35	Нефть	2300	2,3
Вода морская	1030	1,03	Ацетон	2300	2,3
Молоко цельное	1030	1,03	Эфир	1800	1,8
Вода чистая	1000	1,00	Бензин	1600	1,6
Масло подсолнечное	930	0,93	Жидкое олово (при $t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1200	1,2
Масло машинное	900	0,90	Жидкий воздух (при $t = -194\text{ }^{\circ}\text{C}$)	920	0,92

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Классификация нефтеналивных грузов

В общем объеме перевозок наливных грузов нефть и нефтепродукты занимают около 90 %. Номенклатура нефтепродуктов насчитывает несколько сотен наименований.

По транспортным характеристикам их подразделяют на группы:

- сырая нефть – все нефти различных месторождений и разных физико-химических свойств;
- светлые нефтепродукты – бензин, керосин, дизельное топливо всех марок, реактивное топливо, пиролизное сырье, дистиллаты;
- темные нефтепродукты – мазут, моторное топливо, сырая нефть, осевое масло, гудрон, битум, зеленое масло;
- масла – моторные (автотракторные, авиационные и дизельные) и смазочные (для турбин, компрессоров, паровых машин);
- прочие – растворители, парафины, битумы, нафталин, нефтяные кислоты (являются сырьем для химической и нефтехимической промышленности).

При доставке нефтепродуктов от поставщиков к потребителям используют различные виды транспорта. Наиболее эффективный – трубопроводный транспорт.

Сырая нефть (далее нефть) – горючая маслянистая жидкость со специфическим запахом, темного или светлого цвета со множеством оттенков.

Разделить ее можно по нескольким параметрам:

- по содержанию серы:
 - малосернистая – до 0,5 %;
 - сернистая – 0,5 – 2,0 %;
 - высокосернистая – более 2,0 %;
- по плотности:
 - легкая – 0,65 – 0,87 г/см³;
 - средняя – 0,871 – 0,91 г/см³;
 - тяжелая – 0,911 – 1,05 г/см³.

Чем ниже плотность нефти, тем больше в ее составе легких светлых фракций и лучше качество. Элементный состав нефти не зависит от месторождения:

- содержание углерода – 79,5 – 87,5 %;
- водорода – 11 – 14,5 %;
- сернистого газа и азота – 0,5 – 0,8 %;
- остальное – примеси.

Характеристикой нефти, определяющей ее воздействие на водную среду, является температура текучести (для разных сортов — от -31,7 до +7 °С).

Нефть в сыром виде служит для получения ценных продуктов.

Нефтепродуктами называются смеси углеводородов и некоторых их производных, а также индивидуальные химические соединения, полученные из нефти и нефтяных газов.

Нефть является одним из самых важных промышленных грузов. Ее теплота сгорания в 1,5 раза превосходит теплоту сгорания лучших сортов каменного угля. Себестоимость нефти (в месте добычи) в 8 - 10 раз меньше, чем угля.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАЛИВНЫХ СУДОВ

Учебно-методическое пособие

Составители: **Чемакина** Тамара Львовна,
Опанашук Наталья Борисовна

В авторской редакции

Изд. № 57/2022. Объем 2,5 п.л. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,45.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»