

# **Оглавление**

## **Часть 1. Нефтетанкеры, газо- и химовозы**

|  |     |
|--|-----|
| Список сокращений.....   | 6   |
| Предисловие .....  | 9   |
| Введение.....  | 10  |
| 1. Наливные грузы и их характеристики.....   | 13  |
| 1.1. Виды наливных грузов.....   | 13  |
| 1.2. Свойства нефти и нефтепродуктов.....  | 15  |
| 1.3. Свойства сжиженных газов.....   | 19  |
| 1.4. Свойства жидких химических, технических и пищевых грузов.....                                     | 23  |
| 2. Архитектурно-конструктивные типы наливных судов.....  | 28  |
| 2.1. Классификация наливных судов.....   | 28  |
| 2.2. Нефтяные танкеры.....   | 37  |
| 2.3. Газовозы.....   | 43  |
| 2.4. Химовозы.....   | 56  |
| 2.5. Смешанные и комбинированные суда.....   | 61  |
| 2.6. Плавучие технические средства морских нефтегазовых промыслов.....                                 | 65  |
| 3. Технология перевозки наливных грузов морем.....   | 72  |
| 3.1. Транспортная система.....   | 72  |
| 3.2. Транспортировка нефти и нефтехимических продуктов.....  | 73  |
| 3.3. Подготовка комбинированных судов к смене груза.....   | 80  |
| 3.4. Технология перевозки сжиженных газов.....   | 81  |
| 3.5. Технологическое оборудование береговых терминалов.....  | 91  |
| 4. Пропульсивные установки наливных судов.....   | 97  |
| 4.1. Главные энергетические установки нефтетанкеров и химовозов.....                                   | 97  |
| 4.2. Движители наливных судов.....   | 101 |
| 4.3. Пропульсивный КПД гребных винтов.....   | 115 |
| 4.4. Схемы судовых энергетических установок.....   | 126 |
| 4.5. Движительные установки танкеров-газовозов.....  | 140 |
| 5. Теплоэнергетические установки наливных судов.....   | 142 |
| 5.1. Приемники и источники тепловой энергии на судне.....  | 142 |
| 5.2. Конструкция котлов и их элементов.....  | 146 |
| 5.3. Котельные установки с органическим теплоносителем.....  | 169 |
| 5.4. Конденсационные устройства котельной установки.....   | 172 |
| 5.5. Общие принципы автоматического управления паровыми котельными установками дизельных танкеров..... | 174 |
| 5.6. Совместная работа паровых котлов и система управления ею.....                                     | 188 |
| 5.7. Системы автоматического управления вспомогательными паровыми котлами на действующих танкерах..... | 192 |
| 6. Судовые устройства.....   | 204 |
| 6.1. Средства управления и маневрирования судна.....   | 204 |
| 6.2. Якорные устройства.....   | 214 |
| 6.3. Швартовные устройства.....  | 216 |
| 6.4. Грузо- и шлангоподъемные устройства.....  | 221 |
| 6.5. Кормовое и носовое швартовно-грузовые устройства.....   | 227 |
| 6.6. Системы противообледенения.....   | 228 |
| 6.7. Системы успокоения качки.....   | 231 |
| 6.8. Средства спасения людей.....  | 233 |
| <b>Часть 2. Специальные системы</b>  |     |
| 7. Специальные системы нефтетанкеров и химовозов.....  | 242 |
| 7.1. Грузовые, зачистные и балластные системы.....   | 242 |

## Оглавление

|  |     |
|--|-----|
| 7.2. Системы подогрева груза.....  | 274 |
| 7.3. Системы и технологии мойки и дегазации грузовых танков .....                        | 280 |
| 7.4. Газоотводные системы.....   | 296 |
| 7.5. Системы инертных газов.....   | 301 |
| 8. Специальные системы газовозов.....  | 332 |
| 8.1. Системы регулирования давления и газоотвода из грузовых танков.....                 | 332 |
| 8.2. Установки повторного сжижения газа.....   | 342 |
| 8.3. Грузовые и зачистные системы газовозов.....   | 357 |
| 8.4. Системы утилизации испаряющихся сжиженных газов.....                                | 369 |
| 8.5. Системы вентиляции производственных помещений.....                                  | 373 |
| 9. Противопожарная и противовзрывная защита.....   | 383 |
| 9.1. Сущность горения и классификация противопожарных защит.....                         | 383 |
| 9.2. Стационарные системы водяного пожаротушения.....                                    | 385 |
| 9.3. Система пенного пожаротушения (СППТ).....   | 401 |
| 9.4. Система углекислотного пожаротушения (СУПТ).....                                    | 410 |
| 9.5. Система порошкового тушения (СПТ) .....   | 415 |
| 9.6. Системы аэрозольного пожаротушения (САПТ).....                                      | 418 |
| 9.7. Системы предотвращения и подавления взрывов.....                                    | 419 |
| 10. Экологические аспекты эксплуатации наливных судов.....                               | 422 |
| 10.1. Источники загрязнения морской среды при эксплуатации судов.....                    | 422 |
| 10.2. Системы слива балластных и промывочных вод.....                                    | 424 |
| 10.3. Системы осушения и очистки льяльных вод.....                                       | 430 |
| 10.4. Контроль за сбросом нефтесодержащих вод с судов.....                               | 445 |
| 10.5. Сбор, очистка и обеззараживание бытовых сточных вод.....                           | 453 |
| 10.6. Системы удаления твердых и жидких отходов.....                                     | 460 |
| 10.7. Системы утилизации отмытых нефтепродуктов.....                                     | 464 |
| 10.8. Охрана атмосферы от загрязнения отработавшими газами энергетических установок..... | 467 |
| Список литературы.....   | 478 |

## **ЧАСТЬ 1**

### **НЕФТЕТАНКЕРЫ, ГАЗО- И ХИМОВОЗЫ**



## Список сокращений

|   |   |
|---|---|
| А – альдегиды   | ВТП – выносной точечный причал  |
| АВВ – автоматический воздушный выключатель                            | ВТТ – выносной точечный терминал  |
| АВК – аварийный выключающий клапан                                    | ВТЭ – водотопливная эмульсия  |
| АВМД – азимутальный водометный движитель                              | ВФШ – винт фиксированного шага  |
| АВМРД – азимутальный водометно-рулевой движитель                      | ГА – генераторный агрегат   |
| АГГ – автономный газогенератор  | ГВ – гребной винт   |
| АДГ – аварийный дизель-генератор                                      | ГД – главный двигатель  |
| АДК – аэродинамический комплекс                                       | ГК – главный котел  |
| АДРК – азимутальный движительно-рулевой комплекс                      | ГНКО – грузовое насосно-компрессорное отделение                           |
| АКТ – архитектурно-конструктивный тип                                 | ГНО – грузовое насосное отделение   |
| АКЭД – асинхронный короткозамкнутый электродвигатель                  | ГО – грузовые операции  |
| АПГН – аварийный переносной грузовой насос                            | ГОА – генератор огнетушащего аэрозоля                                     |
| АПН – аварийный пожарный насос  | ГОС – газоотводная система  |
| АПС – аварийно-предупредительная сигнализация                         | ГПК – главный паровой котел   |
| АР – активный руль  | ГПН – грузовой погружной насос  |
| АРН – автоматический регулятор напряжения                             | ГРЩ – главный распределительный щит                                       |
| АРЩ – аварийный распределительный щит                                 | ГТГ – газотурбогенератор  |
| АСУ – автоматическая система управления, активное средство управления | ГТД – газотурбинный двигатель   |
| АТР – Азиатско-Тихоокеанский регион                                   | ГТЗА – главный турбозубчатый агрегат                                      |
| АЦП – аналого-цифровой преобразователь                                | ГТУ – газотурбинная установка   |
| АШЛ – автоматическая швартовная лебедка                               | ГЭД – гребной электрический двигатель                                     |
| БАМ – Байкало-Амурская магистраль                                     | ГЭС – гидроэнергетическая станция   |
| БАУ – блок автоматического управления                                 | ГЭУ – гребная электрическая установка                                     |
| ВАР – водометный активный руль  | ДАУ – дистанционное автоматизированное управление                         |
| ВВРК – выдвижная винторулевая колонка                                 | ДАУ ГО – дистанционное автоматизированное управление грузовыми операциями |
| ВГ – валогенератор, ветрогенератор                                    | ДБ – диспетчерский блок   |
| ВГУ – валогенераторная установка                                      | Д / В – давление / вакуум   |
| ВД – ветродвигатель   | ДВС – двигатель внутреннего сгорания                                      |
| ВЖВ – вредные жидкые вещества   | ДГ – дизель-генератор   |
| ВК – вспомогательный котел  | ДП – диаметральная плоскость, динамическое позиционирование               |
| ВКУ – вспомогательная котельная установка                             | ДРК – движительно-рулевая колонка   |
| ВМД – водометный движитель  | ДРУ – дизель-редукторная установка  |
| ВМП – воздушно-механическая пена                                      | ДСМ – дифференциальный сервомеханизм                                      |
| ВМТ – верхняя мертвая точка   | ДЭГУ – дизель-электрическая гребная установка                             |
| ВМУ – валомашинная установка  | дэ/х – дизель-электроход  |
| ВОД – высокооборотный двигатель                                       | ЕЭК – Европейская энергетическая комиссия                                 |
| ВПВ – верхний предел воспламенения                                    | ЖГО – журнал грузовых операций  |
| ВПВК – выдвижная полноповоротная винтовая колонка                     | ЖНО – журнал нефтяных операций  |
| ВПК – вспомогательный паровой котел                                   | ЗП – зубчатая передача  |
| ВПС – водопожарная система  | И – измеритель  |
| ВПТ – водопожарное тушение  | ИМ – исполнительный механизм  |
| ВПУ – водометное подруливающее устройство                             | ИО – исполнительный орган   |
| ВРШ – винт регулируемого шага   | КВТ – кнхт с врачающейся тумбой   |
|   | КЗ – короткое замыкание   |
|   | КИП – контрольно-измерительные приборы                                    |

## Список сокращений

|   |  |
|---|--|
| КПД – коэффициент полезного действия                                      | ПТС – плавучее транспортное средство                                       |
| КПУ – кормовое подруливающее устройство                                   | ПТУ – паротурбинная установка  |
| КС – комбинированное судно  | ПУ – пульт управления, подруливающее устройство                            |
| КСУ – контрольное сигнальное устройство                                   | ПХВ – противохимическая вентиляция   |
| КУ – котельная установка  | РБИ – регулирующий блок импульсный   |
| ЛСУ – локальная система управления  | РМРС – Российский Морской Регистр судоходства                              |
| МАРПОЛ – русская транскрипция выражения "Marine Pollution"                | РОГ – рекуперация отработавших газов                                       |
| МИГ – магистраль инертных газов   | РП – редукторная передача  |
| МКО – машинно-котельное отделение   | САЗРИУС – система автоматического замера, регистрации и управления сбросом |
| ММ – моечная машинка  | САПТ – система аэрозольного пожаротушения                                  |
| МО – машинное отделение   | САР – система автоматического регулирования                                |
| МОД – малооборотный двигатель   | САУ – система автоматического управления                                   |
| МОПОГ – морские перевозки опасных грузов                                  | СВО – система водяного орошения  |
| МП – микропроцессор   | СВР – система водяного распыления  |
| МПК – мембранный предохранительный клапан                                 | СГ – сжиженный газ   |
| МПНГ – морские перевозки наливных грузов                                  | СДП – система динамического позиционирования                               |
| МПС – микропроцессорная система   | СДУ – самоотвозная добывающая установка                                    |
| МПСГ – морские перевозки сжиженных газов                                  | СИГ – система инертных газов   |
| МПУ – мембранное предохранительное устройство                             | СКП – система контроля паров   |
| НВСУ – нефтеводяная сепарационная установка                               | СКПС – система контроля параметров парогазовоздушной смеси                 |
| НГ – нефтяные газы  | СНГ – сжиженный нефтяной газ   |
| НМП – Новороссийское морское пароходство                                  | СОД – среднеоборотный двигатель  |
| НМТ – нижняя мертвая точка  | СОИ – система отображения информации                                       |
| ННО – носовое насосное отделение  | СПВ – система подавления взрыва  |
| НПВ – нижний предел воспламенения   | СПГ – сжиженный природный газ  |
| НПУ – носовое подруливающее устройство                                    | СПО – система пневмообмыва   |
| ОГ – отработавшие газы  | СППТ – система пенного пожаротушения                                       |
| ОД – обшивка днища  | СПС – система пожарной сигнализации  |
| ОЗУ – оперативное запоминающее устройство                                 | СПТ – система порошкового тушения  |
| ООН – Организация Объединенных Наций                                      | СПЧ – статический преобразователь частоты                                  |
| ООСВ – очистка и обеззараживание сточных вод                              | ССПТ – стационарная система пожаротушения                                  |
| ОПН – основной пожарный насос   | СУ – система управления  |
| ОТ – отстойный танк   | СУИГ – система утилизации испаряющегося газа                               |
| ПБУ – плавучая буровая установка  | СУПТ – система углекислотного пожаротушения                                |
| ПВЗ – противовзрывная защита  | СФВ – система флегматизации взрыва   |
| ПГ – природный газ  | СФК – суперфосфорная кислота   |
| ПГЦ – пневмогидравлическая цистерна                                       | СЭС – судовая электростанция   |
| ПДК – предельно допустимая концентрация                                   | СЭУ – судовая энергетическая установка                                     |
| ПЗУ – постоянное запоминающее устройство                                  | СЭЭУ – судовая электроэнергетическая установка                             |
| ПК – паровой котел, предохранительный клапан                              | t/x – теплоход   |
| ПКУ – паровая котельная установка   | тб/х – турбоход  |
| ПМП – Приморское морское пароходство                                      | ТКС – турбокомпаундная система   |
| ПОД – двигатель с промежуточной частотой вращения (промежуточнооборотный) | ТНА – турбонаддувочный агрегат   |
| ППЗ – противопожарная защита  | ТМК – термомасляный котел  |
| ППЧВ – передача постоянной частоты вращения                               |  |
| ПСАР – подсистема автоматического регулирования                           |  |

## Список сокращений

|   |   |
|---|---|
| УПТ – утилизационная паровая турбина      | ХУ – холодильная установка  |
| ТС – техническое средство                 | ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь                                      |
| ТСА – техническое средство автоматизации  | ЦНИИМФ – Центральный научно-исследовательский институт морского флота       |
| ТУК – тепловой утилизационный комплекс    | ЦПГ – цилиндро-поршневая группа   |
| ТЧ – танкер-членок                        | ЦПП – центральный пожарный пост   |
| ТЭ – тепловая энергия                     | ЦПУ – центральный пост управления   |
| ТЭС – тепловая энергетическая система     | ЦПУ ГО – центральный пост управления грузовыми операциями                   |
| УВ – углеводород(ы)                       | ЦЧ – цетановое число  |
| УВК – утилизационный водогрейный котел    | ШГУ – швартовно-грузовое устройство   |
| УГТ – утилизационная газовая турбина      | ЭВМ – электронная вычислительная машина                                     |
| ТЗА – турбозубчатый агрегат               | ЭОМ – электрический однооборотный механизм                                  |
| УЗС – устройство звуковой сигнализации    | ЭРЩ – электрический распределительный щит                                   |
| УК – утилизационный котел                 | ЭУ – энергетическая установка   |
| УКП – установка комбинированной пены      | ЭТР – электротепловое реле  |
| УКУ – утилизационная котельная установка  | ЭЭС – электроэнергетическая система   |
| УЛ – усиленный ледовый (класс судна)      | ЯУ – якорное устройство   |
| УПК – утилизационный паровой котел        | ЯШЛ(У) – якорно-швартовная лебедка<br>(устройство)                          |
| УПЛ – устройство посадки людей            |   |
| УПСГ – установка повторного сжижения газа |   |
| УПТ – утилизационная паровая турбина      |   |
| УТГ – утилизационный турбогенератор       |   |
| УЦ – успокоительная цистерна              | IMO – International Marine Organization – Международная Морская организация |
| ФКУ – фильтро-вентиляционная установка    | PTI – power take in: подвод мощности  |
| ХВ – химическое вещество                  | PTO – power take off: отбор мощности  |
| ХГ – химический груз                      | RCF – Renk constant frequency: стабилизатор частоты фирмы Ренк              |
| ХОГ – химически опасный груз              |   |

## **Предисловие**

Из-за различных свойств перевозимых грузов транспортные суда разного назначения существенно отличаются технологиями транспортировки грузов. Это, в свою очередь, делает неподходящим конструктивное исполнение грузовых и специальных систем сухогрузных и наливных судов, а также вносит существенные различия в режимы их работы. Необходимо отметить постоянное возрастание требований к профессиональной компетентности и квалификации членов экипажей наливных судов. Несмотря на принятую IMO в 1973 г. конвенцию МАРПОЛ-73 по предотвращению загрязнения моря нефтью и вредными веществами и поправки к ней, принятые в 1978 г., аварии танкеров, сопровождающиеся *разливом нефти*, не прекращаются. Иногда причиной таких аварий и катастроф являются *взрывы* в танках смесей паров жидких грузов с воздухом, сопровождающиеся *механическими разрушениями, пожарами, отравлением атмосферы продуктами горения*. Анализ аварийной статистики на морском транспорте свидетельствует, что большинство чрезвычайных происшествий происходит по причине человеческого фактора, прежде всего от уровня подготовленности экипажей судов к выполнению своих профессиональных обязанностей. Обеспечение безопасности морских перевозок наливных грузов настоятельно диктует увеличение расходов на повышение квалификации экипажей судов и специалистов береговых терминалов, в том числе и через издание и переиздание специальной литературы с учетом темпов роста технического прогресса на наливном флоте.

В соответствии с международной конвенцией ПДМНВ-78/95 (Подготовка дипломирования моряков и несения вахты) старший и средний комсостав танкеров, перевозящих нефть, химические грузы и сжиженные газы, должен пройти подготовку по специальной программе для получения соответствующего сертификата. Порядок и программа подготовки кадров для танкеров и газовозов на международном уровне определяются рекомендациями, разработанными Комитетом по безопасности на море IMO. Эта подготовка включает два этапа:

- предварительный инструктаж на берегу или специально оборудованном учебными средствами судне, во время которого происходит ознакомление с основными принципами обращения с грузом и применением этих принципов при эксплуатации судна;
- дополнительная подготовка на тренажерах и практика на конкретном судне, во время которой приобретаются навыки применения изученных принципов в реальных условиях.

Национальные программы подготовки кадров должны учитывать положения Кодекса IMO по конструкции и оборудованию судов, перевозящих грузы наливом, и Руководства по безопасности танкеров и газовозов Международной палаты судоходства. Подготовка членов экипажей предусматривается на нескольких уровнях:

- а) для всей команды;
- б) для комсостава и рядовых членов команды, на которых возложены специфические обязанности и ответственность, связанные с грузом и грузовым оборудованием;
- в) для лиц комсостава, которые несут непосредственную ответственность за груз.

Материал для учебного пособия подобран и изложен таким образом, что разделы, освещающие традиционные судовые установки и системы и достаточно подробно описанные в других книгах, в настоящее издание не включены. Исключением явились только те из них, которые на наливных судах имеют существенные отличия, в частности оборудование и автоматика котельных установок, так как котельное оборудование на танкерах и его назначение несколько отличаются от его аналогов на иных судах и плавсредствах. Материал для всех разделов отбирался и обобщался по современным наливным судам как отечественной, так и зарубежной постройки.

Книга предназначена для курсантов и студентов, изъявивших намерение посвятить себя работе на судах наливного флота. Учащиеся иных направлений специализации получат из нее полезные сведения по тем разделам, которые являются общими для всех судов, но освещены с иных позиций или более подробно, чем в других изданиях. Книга ориентирована также на слушателей курсов повышения квалификации и судовых специалистов эксплуатационных профилей – электромехаников и механиков, работающих с топливом на любых плавсредствах, но прежде всего на наливных судах. Содержание и объем материала книги соответствует программам подготовки членов экипажей наливных судов на уровнях "а" и "б" и частично "в".

Автор признателен рецензентам: докторам технических наук Подволовецкому Н. М. и Минаеву А. Н., а также кандидату технических наук Айкашеву Ф. И. за полезные замечания по рукописи книги. Автор не претендует на исчерпывающее изложение освещаемой темы и не исключает возможных отдельных изъянов. Поэтому он с благодарностью примет замечания, советы и предложения, которые следует направлять по адресу: 690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, кафедра ЭОС.

## Введение

Конец 90-х годов прошлого и начало текущего столетия характеризуются оживлением мировой экономической конъюнктуры, последовавшим за осенним 1998 г. (рис. В1) кризисом и обусловившим рост объема перевозок наливных грузов. На этот же период приходится списание значительного числа танкеров, построенных в большом количестве в 1970–80-е годы, в том числе и крупнотоннажных классов VLCC и ULCC (классификацию наливных судов см. в разд. 2.1), на долю которых приходится почти половина тоннажа мирового танкерного флота. Вывод из эксплуатации судов этой возрастной группы диктуется как их старением, так и несоответствием возросшим требованиям, прежде всего экологическим. Вследствие этого в ближайшие годы прогнозируется увеличение портфеля заказов на нефтеналивные суда, прежде всего крупнотоннажные. По данным [91], с 1996 по 2000 г. списано около 1,1 тыс. танкеров общим дедвейтом 89 млн т. Суммарный дедвейт ежегодно строящихся для их замены танкеров составляет примерно 18 млн т. Темпы замены танкеров в классах VLCC и ULCC в последнее десятилетие XX века приведены на рис. В2. Техническая оснащенность, энерговооруженность и степень автоматизации новых судов на порядок превышают их предшествующие аналоги. Это объясняется, во-первых, все возрастающими требованиями IMO к безопасности мореплавания и предотвращению загрязнения окружающей среды, а во-вторых, этого требует усиление конкуренции на рынке морских перевозок, побуждающей судовладельцев искать эффективные пути снижения расходов на содержание флота.

Расширение ассортимента грузов, перевозимых наливом, а также освоение морских нефтегазовых промыслов обусловливают пополнение наливного флота судами и плавучими техническими средствами (ПТС) новых классов, подклассов и назначения: танкерами-членками, транспортно-добывающими судами, стационарными и плавучими разведочными и эксплуатационными буровыми установками, плавучими и подводными нефтехранилищами, оборудованными точечными терминалами (буями): стационарными, плавучими, полупогруженными [57].

Новые и значительные перемены наблюдаются и в российском наливном флоте. За годы экономической реформы в России его численность и тоннаж сократились, а обновление замедлилось. В услови-

ях наметившейся угрозы потери флотом рынка транспортных услуг Правительством РФ в начале 1990 годов была принята федеральная программа возрождения торгового флота России [20], рассчитанная первоначально на период с 1993 по 2000 год. К сожалению, объективное экономическое положение страны отодвинуло реализацию этой программы на следующие десятилетия. Программа нацелена, прежде всего, на обеспечение потребностей страны в собственных каботажных и внешнеторговых грузоперевозках. Она предусматривает пополнение транспортного флота 580 судами, в том числе 118 наливными и шестью комбинированными.

Особое место в программе отводится строительству танкеров ледового и усиленного ледового (УЛ) классов для арктических перевозок. В последующие годы после принятия программы с учетом перспектив освоения нефтегазовых месторождений на шельфе северных и дальневосточных морей программа была скорректирована, а к ее реализации подключились акционерные компании, задействованные в топливном бизнесе. Так, известными ОАО "ЛУКойл" и РАО

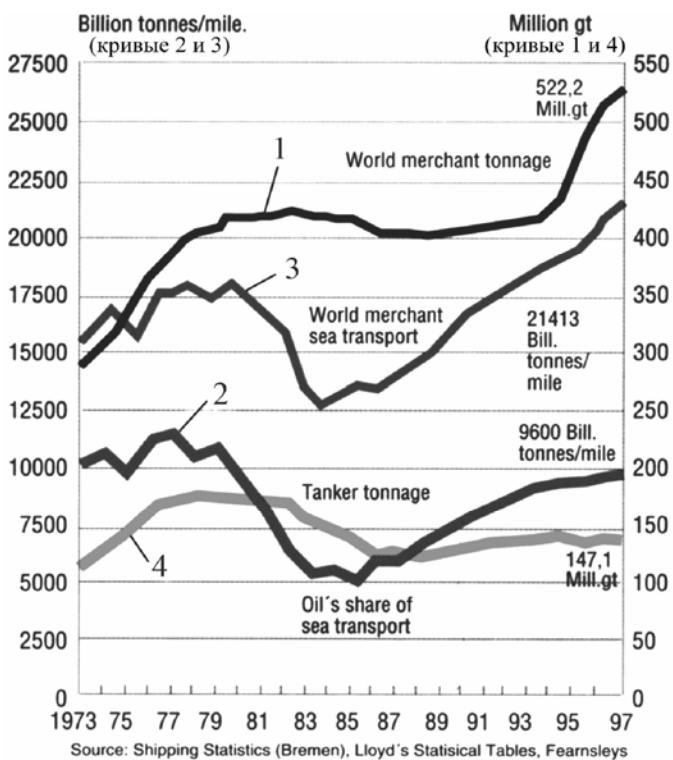


Рис. В1. Динамика общемировых грузоперевозок (1), включая наливные грузы (2), и тоннажа морского транспорта (3), в том числе танкерного флота (4)

"Газпром" были созданы дочерние судоходные компании "ЛУКтранс Шиппинг", "ЛУКойл Арктик Танкер" и "Газфлот". В собственных программах фирм-судовладельцев предусмотрено пополнение их флотов танкерами класса УЛ дедвейтом 16000 т (типа т/х "Пермь"), 20000 т (т/х "Астрахань"), 40000 т (т/х река – море "Об-Мак" для круглогодичной навигации по реке Обь), 95000 т (т/х "Печора-танкер"), а также танкерами дедвейтом 105000 т (т/х типа "Приморье", "Москва", "Петропавловск" и др.) и 150000 т (типа т/х "СКФ Алтай" и др.). Проектные танкеры серии "Об-Макс" и "Печора-танкер", разработанные финской фирмой "Кваэрнер Маса Ярдс" (КМЯ), носят название танкеров двойного действия (Double Acting Tanker – DAT). В чистой воде они движутся носом вперед, во льдах – кормой вперед, чему способствует новый оригинальный тип электроприводного движительно-рулевого комплекса – "Азипод" [110]. Два танкера типа DAT дедвейтом 106000 т для круглогодичной эксплуатации в Северном и Балтийском бассейнах уже построены японской фирмой SHT для финской судоходной компании "Фортум Шиппинг". Некоторые из указанных серий танкеров спроектированы под эксплуатацию конкретных нефтегазовых промыслов: Приразломного в Печорской губе, Штокмановского в Баренцевом море, Харасавейского и Круzensштерновского на шельфе полуострова Ямал, Сахалинского в Охотском море.

Финские фирмы КМЯ, "Немарк Шиппинг" и другие совместно с российскими судоходными компаниями активно участвуют в реализации проекта круглогодичного использования Северного морского пути для доставки кратчайшим путем грузов из Европы в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). В обоснование концепции круглогодичной навигации северным путем в 1995 г. было создано совместное российско-финское ЗАО "Арктик Шиппинг Сервисис", в состав которого вошли российские ледоколы, два финских танкера типа DAT "Уикку" и "Лунни" дедвейтом 16000 т и сухогрузные снабженцы класса УЛ. Первая партия газового конденсата с восточного побережья полуострова Ямал в Европу была доставлена танкером "Уикку" в 1995 г. А в период с ноября 1998 г. по апрель 1999 г. "Уикку" дважды прошел по Северному морскому пути из Финляндии в порт Певек в наиболее сложный зимний период ледовой обстановки. Результаты плавания "Уикку" во всех отношениях положительны [110].

Во взаимодействии с ОАО "Газфлот" фирмой КМЯ разработано несколько проектов газовозов разной грузовместимости (от 20 до 185 тыс. м<sup>3</sup>) для транспортировки сжиженного природного газа (СПГ) с газоконденсатных месторождений шельфа полуострова Ямал в страны Европы и АТР. Заказ на эти проекты был вызван проведенным ОАО Ленморнипроект технико-экономическим обоснованием концепции морской перевозки СПГ в Европу из районов Крайнего Севера и шельфа арктических морей как альтернативы трубопроводному проекту. Транспортно-технологическая схема морской перевозки СПГ включает в себя завод сжижения и хранения СПГ, специализированные суда-газовозы типа DAT, соответствующие перегрузочные терминалы, ледокольный и портовый флот обеспечения. Показатели варианта морской транспортировки лучше по металлоемкости и потребляемой мощности в 2,7 и 1,8 раза соответственно, а по численности обслуживающего персонала – в 2,9 раза [50].

В дальневосточном секторе страны на Сахалинском шельфе открыто 62 месторождения: 20 нефтяных, 13 газовых, 17 газонефтяных, семь газоконденсатных и пять нефтегазоконденсатных [51]. Летом 1999 г. работы, проводимые по проектам "Сахалин-1" и "Сахалин-2", вступили в стадию промышленной добычи нефти. В материковой бухте Де Кастири построен плавучий точечный терминал производительностью 1 млн т/год с перспективой ее увеличения до 3,5 млн т/год. На очереди реализация проектов "Сахалин-3" – "Сахалин-6". Основной грузопоток с этих морских промыслов планируется в страны Северной Америки и азиатско-тихоокеанского региона.

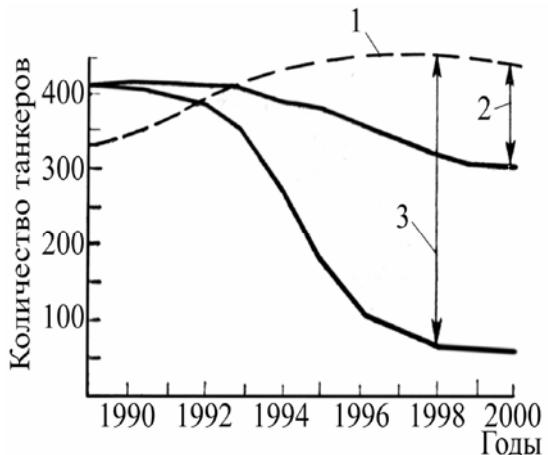


Рис. В.2. Развитие флота танкеров класса VLCC и ULCC по оценкам компании "Шелл": 1 – расчетная потребность; 2 – наиболее вероятный объем заказов на новые суда при условии сдачи на слом 20 % танкеров, имеющих возраст 20-25 лет; 3 – максимально возможный объем заказов, если 100 % танкеров, эксплуатировавшихся 20 лет, будут сданы на слом

## Введение

Другой маршрут переброски нефти, газа и химических продуктов – наземный – из сибирских регионов России в страны АТР включает транссибирскую магистраль, БАМ, нефтяной трубопровод (проектный) до порта Восточный и далее морским путем. В рамках этого проекта в порту Восточный запланирована и реализуется постройка крупного перевалочного комплекса под нефтехимические жидкие грузы [51]. Увеличение экспортных грузопотоков нефти и химической продукции через порты Приморья и непосредственно с Сахалинского шельфа в страны АТР и неизбежная активизация в перспективе каботажных перевозок в северо-восточном направлении диктуют развитие танкерного флота ОАО ПМП. В последние годы эта компания пополнилась и продолжает пополняться наливными судами новых серий дедвейтом 5, 7, 28, 45, 105 и 150 тыс. т. Основным партнером ОАО ПМП по строительству новых танкеров являются Южная Корея и Хорватия.

В противоположном, западном, направлении растут грузопотоки нефти и газа через российские балтийские и черноморские нефтепорты. В связи с этим отмечается активное омоложение наливного флота ОАО "Новошип" и "Совкомфлот" и их дочерних компаний. В состав первого к 2000 г. вошли шесть крупнотоннажных нефтяных танкеров типа т/х "Москва" и "Кубань" дедвейтом 106500 тыс. т (построены в Японии), 12 многоцелевых танкеров типа т/х "Трогир" (Хорватия) дедвейтом 40000 тыс. т, четыре химовоза типа т/х "Альтаир" (Хорватия) дедвейтом 17500 т с продлением контракта еще на 10 таких химовозов и ряд других.

ОАО "Совкомфлот", в частности, пополнился нефтехимовозами дедвейтом 47400 т типа т/х "Баренцевое море" (Хорватия) и т/х "Арбат" (Южная Корея) по восемь единиц каждый, несколькими нефтеузами дедвейтом 105000 и 150000 т и нефтенавалочниками дедвейтом 72000 т, построенными в Японии и Южной Корее, шестью газовозами из ФРГ типа т/х "Сигулда" грузовместимостью 18575 м<sup>3</sup> для транспортировки сжиженных нефтяных газов (СНГ) и аммиака. Танкеры и комбинированные суда составляют 76,7 % от общего тоннажа ОАО «Совкомфлот».

На рынок транспортных услуг под перевозку грузов наливом стремятся выйти новые судоходные компании. Кроме указанных выше следует также выделить СП "Новоклав" и др. Российско-норвежское СП "Новоклав", специализирующееся на перевозках нефти и сыпучих грузов, насчитывает в своем составе 12 нефтенавалочников: шесть норвежских и шесть российских, в том числе и суда типа "Борис Бутома" дедвейтом 132600 т.

Наливное судно в силу специфических свойств перевозимых им грузов является потенциально более опасным транспортным средством по сравнению с сухогрузными судами. Естественно, требования к подготовке экипажей наливных судов должны быть более жесткими, а программы обучения и обеспечивающая их учебно-методическая литература должны учитывать специфику этой группы судов и ПТС. Свойства наливных грузов обусловливают особую технологию грузовых операций и особую конструкцию грузовой системы наливного судна, определяющую в конечном итоге и его архитектурно-конструктивный тип (АКТ). Специфические режимы танкеров влияют на схемные и конструктивные решения их энергетических комплексов и предъявляют особые требования к палубным механизмам, традиционным и специальным судовым устройствам, системам и установкам. Общей и главной отличительной особенностью судов указанной категории является их повышенная опасность, обусловленная *токсичностью, пожаро- и взрывоуязвимостью* перевозимых ими углеводородных и химических продуктов. Естественно, степень этой опасности является определяющим фактором по сравнению с другими эксплуатационными показателями наливных судов. По степени безопасности для судна и экипажа следует, прежде всего, оценивать любые решения, связанные с проектированием, конструированием и эксплуатацией оборудования нефте-, газо- и химовозов.

Наряду со взрывами, пожарами и отравлениями серьезную угрозу представляют для окружающей среды разливы нефтехимических продуктов. УстраниТЬ разливы груза в период проведения грузовых операций призваны повсеместно применяемые на современных танкерах и газовозах системы дистанционного автоматизированного управления (ДАУ) грузобалластными операциями, системы дистанционного измерения и контроля параметров груза и атмосферы в танках и газоопасных помещениях, системы контроля технического состояния и диагностики оборудования грузобалластных и других специальных систем. Знание устройства и технических характеристик этих систем, умение грамотно их использовать и обслуживать есть надежная гарантия предотвращения пожаров, взрывов, отравлений и катастроф с экологическими последствиями.

## 1. Наливные грузы и их характеристики

### 1.1. Виды наливных грузов

В структуре мировых грузовых перевозок жидкие грузы являются преобладающим видом груза и составляют более половины общего ее грузопотока. Представление о соотношении потоков грузов различных видов в динамике по годам дает табл. 1.1 [86].

Таблица 1.1

Динамика структуры морских перевозок и мирового торгового флота  
во второй половине XX века

| Год  | Общий объем мировой торговли, % | Вид грузов, % |            |             | Общий тоннаж мирового торгового флота, % | Типы судов, % |         |           |
|------|---------------------------------|---------------|------------|-------------|--|---------------|---------|-----------|
|      |                                 | Жидкие        | Навалочные | Генеральные |  | Танкеры       | Балкеры | Сухогрузы |
| 1950 | 100                             | 40            | 42         | 18          | 100                                      | 25            | 3       | 72        |
| 1960 | 100                             | 50            | 24         | 26          | 100                                      | 40            | 7       | 53        |
| 1970 | 100                             | 55            | 22         | 23          | 100                                      | 43            | 21      | 36        |
| 1980 | 100                             | 58-63         | 28-25      | 13-12       | 100                                      | 52            | 30      | 19        |
| 1990 | 100                             | 58-59         | 31-31      | 11-10       | 100                                      | 53            | 29      | 18        |

Основная доля жидких грузов приходится на *нефть, нефтепродукты и горючие газы*. Нефть и газ в экономике государств играют исключительно важную роль как основной вид топлива и сырья для бурно развивающихся энергетических и нефтехимических отраслей промышленности. Однако основные месторождения нефти и газа значительно удалены от районов их переработки и потребления. Несмотря на интенсивное развитие трубопроводного транспорта половина добываемых во всем мире объемов нефти и газа транспортируются наливным флотом. В последние 30–35 лет значительное развитие получили нефтегазовые промыслы на континентальном шельфе, в том числе в России и странах ближнего зарубежья: на Каспии, в Баренцевом, Черном, Карском и Охотском морях. По оценкам отечественных ученых, к началу XXI века доля морских нефтепромыслов достигла 40–50 % всей мировой добычи нефти.

В перевозках *сырой нефти* заняты в основном крупнотоннажные танкеры и супертанкеры дедвейтом более 100 тыс. т, на долю которых в 1980 г. приходилось до 80 % мирового тоннажа танкерного флота. В структуре нефтеперевозок в последние годы происходят изменения в сторону все возрастающей доли транспортировки *продуктов нефтепереработки*. Если в середине 1970-х годов соотношение нефти и ее продуктов составляло 85:15 %, то в 2000 г. – 60:40 % [90, 92].

Некоторое снижение доли перевозок сырой нефти, наблюдающееся в последние десятилетия, объясняется еще и тем, что в мире расширяется использование более экологичного топлива – природного газа (ПГ), а также атомной энергии. Углеводородные горючие газы имеют высокую теплотворную способность. Она выше по сравнению с нефтью и каменным углем соответственно в 1,2 и 1,6 раза, а кроме того, 1 т газа примерно в 1,5 раза дешевле 1 т сырой нефти. Горючие газы составляют одну треть мировых запасов углеводородов. Ожидается, что доля газа как первичного источника энергии поднимется с 18 % в 1975 г. до 25–30 % в 2007 г. В начале 90-х годов объем продаж ПГ составлял 65 млрд м<sup>3</sup>, а количество крупных газовозов вместимостью более 20000 м<sup>3</sup> насчитывало 69 единиц. К 2000 г. объем продаж ПГ возрос до 120 млрд м<sup>3</sup>, а флот новых газовозов к этому периоду увеличился на 30 единиц вместимостью 135000 м<sup>3</sup> каждая. Основные поставщики ПГ – это страны Северной Африки, Аравийского

## 1. Наливные грузы и их характеристики

полуострова, Индонезия. Более половины добываемого в мире газа идет в страны АТР: Японию, Южную Корею, Тайвань, а в последнее время и в Китай. Одна только Япония потребляет около 90 % поступающего в АТР газа. Другая часть мировой добычи ПГ направляется в страны Европы и США. Значительными запасами природного газа располагает также Россия и страны СНГ средне-азиатского региона. В их топливном балансе около 35 % приходится на долю только природных газов. По мере освоения арктического и сахалинского газоносных шельфов к южным маршрутам транспортировки ПГ в страны АТР и Америки должны добавиться северные. Углеводородные газы транспортируются морем в сжиженном состоянии на специальных судах-газовозах. Наибольшие грузопотоки *сжиженных газов* (СГ) приходятся на природные и нефтяные газы. Природный газ можно перевозить и на обычных танкерах, но только после переработки метана, составляющего основную часть природного газа, в *метанол*. Рост мировой потребности в метаноле каждые 10 лет составляет 20–25 %. Почти третья от общего грузопотока метанола идет в Японию.

В последние десятилетия в индустриально развитых странах наблюдается бурный рост химических отраслей промышленности. Это обуславливает рост перевозок морем различных жидкых *химических грузов* (ХГ) из стран с развитыми химическими отраслями в регионы, где они развиты слабо. Перечень этой группы жидких продуктов довольно обширен и включает растворители, краски, красители, лаки, технические спирты, промышленные клеи, кислоты и другие (всего около 300 видов). Номенклатура и объем химикалий, перевозимых морем, непрерывно растет. В 90-х годах XX века ежегодный рост объема перевозок химических продуктов составлял около 6 %. Структура химических наливных грузов выглядит следующим образом: 37 % приходится на органические вещества, 19 % – на неорганические химикалии, 23 % – на пищевые продукты. В отличие от нефтепродуктов, жидкие химикалии предъявляются к перевозке небольшими коносаментными партиями и, как правило, различными грузоотправителями. Эти особенности серьезно влияют на архитектурно-конструктивный тип химовозов (см. разд. 2.4). Традиционно устойчивыми являются грузопотоки жидкых *пищевых* и *технических грузов* растительного и животного происхождения. К этой группе грузов относятся растительные масла, животные жиры, медицинский спирт, спиртные напитки, вина, пиво, фруктовые соки, пресная вода, молочные продукты, патока, латекс и др.

Классификация жидкых грузов и знание их свойств способствуют пониманию конструктивных особенностей разных классов наливных судов, осмыслению степени ответственности и правил поведения, которым должны следовать все члены экипажей судов в процессе их эксплуатации. Правила морских перевозок опасных грузов (МОПОГ) делят все опасные грузы на девять классов *в зависимости от степени и характера их опасности*.

**Класс 1.** Взрывчатые вещества и предметы, ими снаряженные, способные при соответствующем воздействии на них дать взрыв. К этому классу относятся детонаторы, боеприпасы, взрывчатка и взрывчатые вещества промышленного назначения.

**Класс 2.** Газы, перевозимые под давлением в специальных сосудах, рассчитанных на это давление. Различают газы сжатые, сжиженные или растворенные под давлением.

**Класс 3.** Легковоспламеняющиеся жидкости, смеси жидкостей или жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии (краски, лаки), за исключением веществ, которые по своим свойствам отнесены к другим классам. Вещества с температурой вспышки более 334 К (61 °C) в закрытых сосудах и 338 К (65 °C) и более в открытых сосудах к этому классу не относятся.

**Класс 4.** Вещества, которые способны во время перевозки возгораться в результате трения, поглощения влаги, самопроизвольных химических превращений, а также в результате нагревания от внешних источников тепла; сюда же относятся вещества, которые могут легко воспламеняться и гореть. Взрывчатые вещества в этот класс не включаются.

**Класс 5.** Вещества, легко выделяющие кислород, что способствует горению и увеличению интенсивности пожара.

**Класс 6.** Ядовитые вещества, которые в результате неосторожного обращения с ними в процессе перевозки и грузовых операций могут явиться причиной отравления или заражения людей и животных.

**Класс 7.** Радиоактивные вещества с удельной радиоактивностью 002 МКИ/г, а также любые изделия, содержащие эти вещества.

**Класс 8.** Едкие и коррозионные вещества, которые могут вызвать повреждения кожи, слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Эти вещества могут вызвать коррозию металлических сосудов и явиться причиной пожара при взаимодействии с некоторыми материалами. Пары, пыль и газы многих

## 1.2. Свойства нефти и нефтепродуктов

веществ этого класса обладают ядовитыми свойствами и могут вызвать отравление при попадании внутрь организма.

*Класс 9.* Вещества, не включенные ни в один из предыдущих классов, но которые имеют другие опасные свойства, обусловленные применением к ним правил МОПОГ.

По этой классификации нефть и нефтепродукты относятся к третьему и шестому классам, сжиженный газ – второму, третьему и шестому классам, химические вещества – третьему, пятому, шестому и восьмому классам. Помимо этого, в соответствии с конвенцией МАРПОЛ-73/78 все наливные грузы *по степени экологического воздействия* на природу разделены на три группы:

- нефть и нефтепродукты (НП);
- вредные жидкые вещества, которые, будучиброшены в море, способны создать опасность для здоровья людей, причинить ущерб живым ресурсам, морской фауне и флоре, ухудшить условия отдыха или помешать другому правомерному использованию моря (более подробно см. разд. 1.4);
- другие жидкые вещества.

Химические вещества в основном попадают во вторую группу этой классификации, а растительного и животного происхождения – в третью группу.

### 1.2. Свойства нефти и нефтепродуктов

Физические свойства сырой нефти и ее продуктов характеризуются следующими параметрами, оказывающими непосредственное влияние на организацию транспортного процесса: плотность, вязкость, теплоемкость, теплопроводность, способность к электризации, испаряемость и упругость паров.

*Плотностью* называется масса вещества (в данном случае – нефти), заключенная в единице объема. Она зависит от температуры нефтепродукта. Плотность нефти и ее производных по стандарту определяется при температуре 293 К (20 °C), а при других ее значениях находится с учетом поправок [37]. Плотность нефтегруза влияет на грузоподъемность судна при заданной грузовместимости. С изменением температуры в грузовых отсеках одна и та же масса груза занимает разный объем. Поэтому при приеме груза грузовые отсеки недоливают, если в период рейса ожидается повышение температуры груза, в том числе и с учетом его подогрева. Во избежание вытеснения груза из танков через газодыхательные клапаны в течение всего рейса производится контроль уровня и температуры груза в грузовых отсеках. Плотность нефтепродукта влияет на все остальные его свойства, поэтому ее можно рассматривать как универсальную характеристику этого вида груза.

Значения плотности наиболее распространенных нефтегрузов находятся в следующих пределах (в г/см<sup>3</sup>):

- бензины – 0,70-0,76;
- керосины – 0,77-0,82;
- дизельные топлива – 0,83-0,87;
- смазочные масла и моторные топлива – 0,89-0,93;
- мазуты – 0,92-0,99;
- сырая нефть (в зависимости от состава) – 0,8-0,9 (иногда более).

*Вязкостью* называется свойство жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению частиц под действием приложенной к ним силы. Вязкость нефтепродукта влияет на гидравлическое сопротивление трубопроводов. От этого параметра зависит работа насосных установок, а также стекание остатков нефтепродукта с деталей набора грузовых танков к приемникам-храпкам грузовой магистрали, влияющее на объем остатка груза в конце выгрузки. Вязкость оказывает существенное влияние на скорость перемещения жидких грузов при грузовых операциях и длительность последних. Вязкость нефтепродукта зависит от его температуры. С понижением температуры вязкость нефтепродуктов увеличивается, и они теряют подвижность. Загустение нефтепродукта происходит не в одной точке, а постепенно во всей массе груза. С целью ускорения выгрузки нефтепродуктов грузовые отсеки нефтеналивных судов оборудуются системами подогрева.

*Теплоемкость* характеризует количество теплоты, которое необходимо затратить на нагревание единицы массы на 1 К (1 °C). Этот параметр определяет количество энергии, необходимой для разогрева нефтепродукта в грузовом отсеке судна до заданной температуры.

## 1. Наливные грузы и их характеристики

*Теплопроводность* нефтепродукта определяет скорость распространения теплоты от нагретых слоев груза к холодным и время разогрева жидкости в грузовом отсеке до заданной температуры. Преждевременный разогрев нежелателен по причине лишних затрат энергии на поддержание температуры груза на заданном уровне, а поздний – из-за простоя судна в ожидании, пока температура груза не поднимется до требуемого значения. Теплоемкость и теплопроводность жидкого груза определяют в конечном счете мощность и другие характеристики системы обогрева наливного судна.

*Испаряемость, или летучесть*, – способность жидкого нефтепродукта обращаться в парообразное состояние. Она оказывает существенное влияние на потери нефтепродукта во время его транспортировки, режим работы насосных установок, условия пожаро- и взрывобезопасности судна, а также биологически безопасные условия труда экипажа. Интенсивность испарения нефтепродукта определяется *упругостью насыщенных паров*. По степени летучести нефть и нефтепродукты делятся на:

- нелетучие нефтепродукты, температура вспышки которых составляет 333 К (60 °C) или более;
- летучие нефтепродукты, имеющие температуру вспышки менее 333 К (60 °C).

Совокупность ряда свойств характеризует *пожаро(огне)опасность* нефтепродукта. Последняя определяется температурами вспышки, воспламенения и самовоспламенения.

*Температурой вспышки* называется то ее значение, при котором смесь нефтепродукта с воздухом вспыхивает при поднесении к ней пламени. По этому параметру различают четыре разряда нефтепродуктов (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Классификация нефти и нефтепродуктов по степени пожароопасности

| Раз-ряд | Температура вспышки, К (°C) | Нефтепродукты  |
|---------|-----------------------------|--|
| I       | Ниже 301 (28)               | Бензин, сырая нефть  |
| II      | От 301 (28) до 318 (45)     | Керосин, некоторые сорта дизельного топлива и др.                          |
| III     | От 318 (45) до 393 (120)    | Некоторые сорта дизельного топлива, моторное топливо, флотский мазут и др. |
| IV      | Свыше 393 (120)             | Мазуты, битума, гудрон, масла и др.  |

*Температура воспламенения* – это то ее значение, при котором нефтепродукт, вспыхнув, продолжает устойчиво гореть. Значение этой температуры несколько выше температуры вспышки. При воспламенении горит не сама нефть, а газы, постепенно выделяющиеся из нее, в смеси с воздухом. Количество этих газов зависит от летучести (упругости) нефтепродукта и выражается в единицах давления.

Если нефтяных газов слишком мало или слишком много, то смесь гореть не может. Ограничительные пределы в % от объема изменяются в зависимости от компонентов, содержащихся в нефтяном газе.

Доля газовых смесей, образующихся над нефтепродуктами при обычных условиях эксплуатации танкера, составляет от 1 до 10 % от содержания воздуха (по объему). При нагревании жидкого нефтепродукта испаряемость летучих компонентов возрастает и концентрация газов в воздухе увеличивается. Температура жидкости, при которой данная концентрация достигает нижнего предела воспламенения (при наличии открытого огня), и называется температурой вспышки.

*Температура самовоспламенения* характеризует способность нефтепродуктов к самовозгоранию в присутствии атмосферного кислорода, но без воздействия открытого огня. При атмосферном давлении она составляет для дизельного топлива 573-603 К (300-330 °C), для керосина 563-700 К (290-430 °C), для бензина 783-803 К (510-530 °C).

*Взрывоопасность* – способность смеси паров нефтепродуктов с воздухом взрываться при возникновении открытого огня (разд. 9.1). Взрывоопасные концентрации насыщенных паров нефтепродуктов с воздухом при температуре 293 К (20 °C) приведены в табл. 1.3.

При общем давлении, близком к атмосферному, взрывоопасные концентрации возникают у бензинов при температурах 228–269 К ( $-45 \div -4$  °C), у керосинов тракторных – при 298–203 К

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)