

УДК 629.12.03

В.И. Истомин, д-р техн. наук, профессор; В.В. Капустин, д-р техн. наук, профессор;**М.В. Истомин, аспирант***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ДОПОЛНЕНИЯ В МЕЖДУНАРОДНУЮ КОНВЕНЦИЮ MARPOL 73/78
ПО ТЕРМИНОЛОГИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
СИСТЕМ ОЧИСТКИ СУДОВЫХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД**

Рассмотрены вопросы совершенствования терминологии Конвенции MARPOL 73/78 и предложены дополнения для определения рациональной пропускной способности систем очистки судовых нефтесодержащих вод.

Динамическое развитие морской индустрии ставит задачу по совершенствованию требований Международной Конвенции MARPOL 73/78 и других основных документов ИМО с целью удовлетворения новых нужд народного хозяйства и общества в целом. Также становится очевидным, что требования Конвенции MARPOL 73/78 должны быть адресованы не только к плавсоставу, но и к береговому персоналу, вовлеченному в системы управления морской безопасностью и защиты окружающей среды, для повышения их компетентности и профессиональной подготовки. На основании вышеизложенного и с целью удовлетворения новых требований морской индустрии, рассмотрим несколько аспектов по совершенствованию международной Конвенции по предотвращению загрязнения с судов MARPOL 73/78.

В соответствии с терминологией Конвенции MARPOL 73/78 оборудование для обработки судовых нефтесодержащих вод со степенью очистки 100 млн^{-1} называется сепарационным, оборудование со степенью очистки 15 млн^{-1} – фильтрующим [1]. Однако норма сброса до 100 млн^{-1} действовала до 1998 года, поэтому после указанного времени, как бы исчезает все сепарационное оборудование и относящаяся к нему терминология.

Для береговых предприятий, которые руководствуются не Конвенцией MARPOL 73/78, а другими нормативными документами термины «сепарация, сепарационное оборудование» широко применяются в технической литературе и документации и в настоящее время.

Другим аспектом, который требует всестороннего рассмотрения, является отсутствие в Конвенции MARPOL 73/78 информации и рекомендаций для определения рациональной пропускной способности оборудования и систем очистки судовых нефтесодержащих вод. В 1973 году, когда разрабатывалась и принималась Конвенция, это было оправдано, так как все усилия были в первую очередь направлены на достижение высокой степени очистки на уровне 15 млн^{-1} , а вопрос пропускной способности не стоял так остро. Однако в настоящее время для оптимизации процесса проектирования и повышения эффективности эксплуатации судовых систем очистки нефтесодержащих вод не менее важным является правильный выбор их пропускной способности. Фильтрующее оборудование с завышенной пропускной способностью используется не эффективно, имеет увеличенные массогабаритные характеристики и стоимость, а установки, имеющие заниженную пропускную способность, могут не обеспечить удаление и качественную очистку нефтесодержащих вод в случае аварийных протечек [2].

В связи с этим целью исследований является разработка дополнений в Международную Конвенцию MARPOL 73/78 по терминологии и определению рациональной пропускной способности систем очистки судовых нефтесодержащих вод.

Как показано выше наблюдается разночтение одних и тех же терминов в Конвенции MARPOL 73/78 и других нормативных документах. Поэтому на наш взгляд является нецелесообразным связывать название оборудования с его очистной способностью (100 млн^{-1} , 15 млн^{-1}). К тому же фильтрование является одним из способов очистки нефтесодержащих вод, а очистка менее 15 млн^{-1} может быть обеспечена, например, центрифугированием, коалесценцией, озонированием, адсорбцией, биохимическим методом и т.д. На наш взгляд не совсем корректно звучит «фильтрующее оборудование центробежного типа, фильтрующее оборудование биохимического типа» и т.п.

На основании вышеизложенного считаем, что для приведения терминологии Конвенции MARPOL 73/78 в соответствие с другими нормативными документами очистное оборудование необходимо называть «сепарационным» с обязательным указанием его степени очистки. Термин «фильтрующее оборудование» не является обобщенным, так как фильтрование является всего лишь одним из способов очистки нефтесодержащих вод.

При выборе рациональной пропускной способности систем для очистки нефтесодержащих вод (НСВ) необходимо знать суточный объем накопления $V_{\text{сут}}$ нефтесодержащих вод СЭУ, который зависит от мощности главной энергетической установки и конструктивных особенностей судна. В настоящее

время $V_{\text{сут}}$ определяется согласно рекомендациям ОСТ 5.5064–83 «Суда морские Предотвращение загрязнения моря нефтью. Технические требования» (таблица 1).

Суточный объем накопления нефтесодержащих вод судовых энергетических установок $V_{\text{сут}}$ зависит от водоизмещения судна и мощности главной энергетической установки [2,3].

Таблица 1 – Суточное накопление нефтесодержащих вод согласно ОСТ 5.5064–83

Водоизмещение судна, т	Количество НСВ, м ³ /сут.
До 100	0,1
100 ... 250	0,1 ... 0,25
250 ... 500	0,25 ... 0,4
500 ... 750	0,4 ... 0,6
750 ... 1000	0,6 ... 0,8
1000 ... 1250	0,8 ... 1,0
1250 ... 1500	1,0 ... 2,0
1500 ... 4000	2,0 ... 4,0
4000 ... 10000	4,0 ... 7,0
10000 ... 25000	7,0 ... 12,0
25000 и выше	12,0 и выше

Однако при определении $V_{\text{сут}}$ необходимо учитывать тип и возраст судна. Существующие нормы для определения $V_{\text{сут}}$ (таблица 1) относятся к семидесятым годам прошлого столетия, поэтому требуют корректировки и уточнения, так как за последние 30 лет значительно изменились конструкции дейдвудных уплотнений, сальников насосов, арматуры трубопроводов судовых систем, других узлов и механизмов, позволившие существенно снизить утечки воды и нефтепродуктов в машинном отделении.

С целью определения реального, уточненного объема нефтесодержащих вод при полной нагрузке СЭУ были произведены многолетние наблюдения и масштабные эксплуатационные исследования на 73 судах базовых типов и различного водоизмещения. В объем нефтесодержащих вод $V_{\text{сут}}$ не входит шлам от топливных сепараторов, так как он не подлежит очистке, а сдается на берег.

Исходя из проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Существующие нормы для определения $V_{\text{сут}}$ существенно завышены. Применение более совершенных конструкций дейдвудных уплотнений и графитовых сальников в насосах на современных судах позволяет существенно снизить объем нефтесодержащих вод СЭУ.

На судах 70–80-х гг. в водяных насосах установлены сальники из хлопчатобумажной или искусственной набивки. Такие сальники, исходя из условий эксплуатации, должны пропускать воду для смазки и охлаждения (50...60 капель в минуту). На более новых судах (90-х годов настройки) в насосах применяются более современные графитовые сальники, практически исключая утечки воды и нефтепродуктов, что также снижает количество нефтесодержащих вод.

На судах, находящихся в эксплуатации более 20 лет, существенно увеличивается объем нефтесодержащих вод вследствие коррозии трубопроводов пара, забортной и пресной воды и более частых разборок и ремонтов механизмов, в результате которых образуются дополнительные утечки. На новых судах, находящихся в эксплуатации около 5 лет, механизмы, арматура и трубопроводы находятся в хорошем состоянии, не требуют частой разборки и ремонта, следовательно практически не имеют утечек воды и нефтепродуктов, поэтому объемы суточного накопления льяльных вод значительно меньше установленных норм.

Тип судна также оказывает существенное влияние на количество нефтесодержащих вод СЭУ. Минимальное количество нефтесодержащих вод будет накапливаться на различных транспортных судах, так как у них меньше насыщенность МКО различными механизмами, следовательно, и меньше протечек.

У транспортных рефрижераторов и промысловых судов будет накапливаться несколько больший объем нефтесодержащих вод, так как они оборудованы дополнительно мощной вспомогательной энергетической и рефрижераторной установками.

Танкера имеют два вида нефтесодержащих вод. Первый вид – это нефтесодержащие воды, образующиеся при эксплуатации судовой энергетической установки, а второй – нефтесодержащие воды, образующиеся вследствие перевозки груза нефти. Требования к очистке и условиям сброса этих двух видов нефтесодержащих вод согласно Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78 разные [1].

В данном случае мы рассматриваем требования к очистке и условия сброса нефтесодержащих вод, образующихся при эксплуатации судовой энергетической установки, а по объему этого вида нефтесодержащих вод танкера можно приравнять к транспортным рефрижераторам и промысловым судам, так как они имеют дополнительную мощную систему подогрева нефтяного груза и другое оборудование, расположенное в МКО.

Кроме протечек воды и нефтепродуктов, имеющих место при нормальной эксплуатации СЭУ, возможны утечки при ремонте оборудования, авариях систем и трубопроводов, что, в целом, увеличивает объем нефтесодержащих вод. Чем больше возраст судна, тем больше аварийных протечек.

Исходя из вышеизложенного и результатов эксплуатационных исследований суточного накопления нефтесодержащих вод на различных судах, предлагаются новые нормы (таблица 2) для определения среднестатистического суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ, в зависимости от водоизмещения судна и мощности главной энергетической установки (ГЭУ).

Таблица 2 – Нормы суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ

Водоизмещение D , тыс. тонн	Мощность ГЭУ N_e , тыс. кВт	Суточное накопление НСВ $V_{сут}$, м ³
0,4...2	0,2...1,5	0,1...0,2
2...5	1,5...3	0,2...0,4
5...10	3...5	0,4...0,6
10...15	5...7,5	0,6...0,8
15...20	7,5...10	0,8...1,0
20...30	10...12,5	1,0...1,4
30...40	12,5...15	1,4...1,8
40...50	15...17,5	1,8...2,2
50...60	17,5...20	2,2...2,6
60...70	20...22,5	2,6...3,0
70...80	22,5...25	3,0...3,4
80...90	25...27,5	3,4...3,8
90...100	27,5...30	3,8...4,2
100...150	30...35	4,2...4,6
более 150	более 35	4,6...5,0

На основе результатов эксплуатационных исследований и среднестатистических данных, приведенных в таблице 2, построена графическая зависимость суточного объема накопления НСВ от водоизмещения судна, изображенная на рисунке 1.

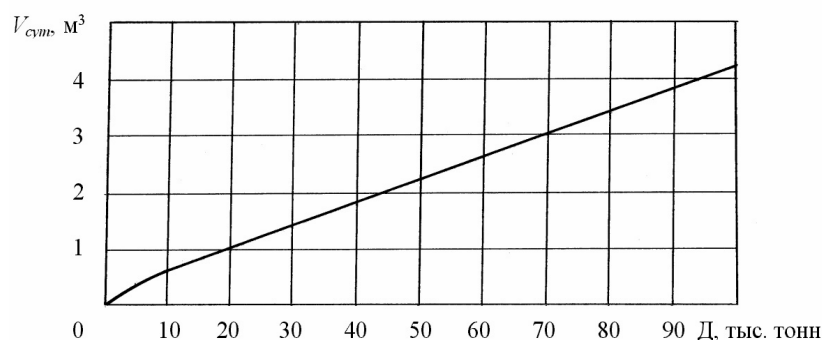


Рисунок 1 – Графическая зависимость суточного объема накопления нефтесодержащих вод от водоизмещения судна

Используя таблицу 2 и зависимость рисунка 1, после обработки данных эксплуатационных исследований на ЭВМ с помощью программы Mathcad 2000, получены следующие формулы для определения суточного объема накопления НСВ $V_{сут}$ в зависимости от водоизмещения судна:

для судов водоизмещения до 10 тыс. тонн

$$V_{сут} = 0,138 \cdot D^{0,634}, \quad (1)$$

для судов водоизмещением свыше 10 тыс. тонн

$$V_{сут} = V_{10} + 0,04(D - 10), \quad (2)$$

где $V_{10} = 0,6$ м³ – суточный объем накопления НСВ на судах водоизмещением 10 тыс. тонн.

На базе данных таблицы 2 также построена графическая зависимость суточного накопления НСВ от мощности главной энергетической установки, которая изображена на рисунке 2.

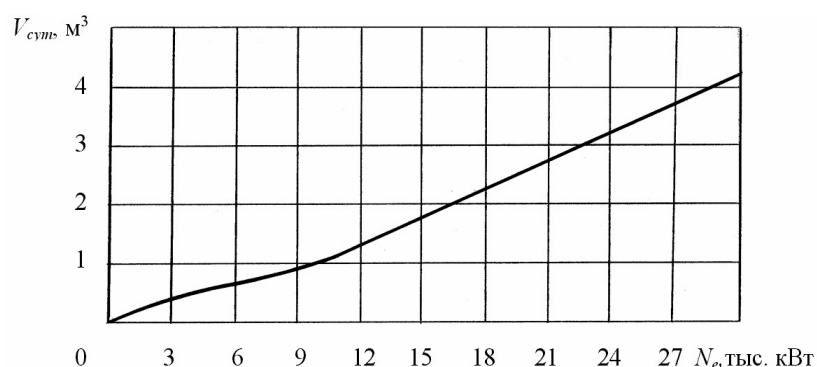


Рисунок 2 – Графическая зависимость суточного объема накопления нефтесодержащих вод от мощности главной энергетической установки судна

После обработки данных таблицы 2 и рисунка 2 с применением программы Mathcad 2000 получены следующие выражения для определения $V_{сут}$ в зависимости от мощности ГЭУ:

для судов мощностью ГЭУ до 7,5 тыс. кВт

$$V_{сут} = 0,153 \cdot Ne^{0,812}, \quad (3)$$

для судов мощностью ГЭУ свыше 7,5 тыс. кВт

$$V_{сут} = V_{7,5} + 0,151(Ne - 7,5), \quad (4)$$

где $V_{7,5} = 0,8 \text{ м}^3$ – суточный объем накопления НСВ на судах с мощностью ГЭУ более 7,5 тыс. кВт.

Также, сравнивая данные по судам одного типа и примерно одинакового водоизмещения, можно установить зависимость объема суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ от срока эксплуатации судна. Для учета этого влияния введем коэффициент K_1 , зависимость которого от возраста судна представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость коэффициента K_1 от возраста судна

K_1	Возраст судна, лет
1,0	менее 5
1,1	5...10
1,2	10...15
1,4	15...20
1,8	более 20

По данным таблицы 3 с помощью программы Mathcad 2000 получено выражение для определения K_1 в зависимости от срока эксплуатации судна

$$K_1 = 1 + 0,0028 \cdot T^{1,76}, \quad (5)$$

где T – возраст судна, лет.

Для учета влияния типа судна на объем суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ, введем коэффициент K_2 , значения которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость коэффициента K_2 от типа судна

K_2	Тип судна
1,0	Сухогрузы, балкеры, ролкеры, транспортные
1,2	Спец. суда, пассажирские
1,4	Рыболовные, рефрижераторы, танкеры

Тогда общий объем суточного накопления нефтесодержащих вод с учетом возраста и типа судна определяется следующим образом:

$$V_{сут}^* = V_{сут} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6)$$

где $V_{сут}$ – суточный объем накопления нефтесодержащих вод, определяемый по таблице 2 или формулам (1-4); K_1 – коэффициент, учитывающий возраст судна, определяется по таблице 3 или формуле (5); K_2 – коэффициент, учитывающий тип судна, определяется по таблице 4.

Анализируя данные таблиц 1 и 2, можно прийти к выводу, что нормативные объемы суточного накопления нефтесодержащих вод, определяемые по таблице 1, существенно завышены, так как не

учитывают прогрессивных конструктивных изменений действующих уплотнений, сальников насосов, арматуры и других механизмов, которые позволили существенно снизить протечки воды и нефтепродуктов в машинно-котельном отделении. На основании табл. 2 можно сделать заключение о том, что пропускная способность систем для очистки нефтесодержащих вод современных судов может быть существенно снижена.

На основе проведенных исследований суточного объема накопления нефтесодержащих вод СЭУ можно выбирать рациональную пропускную способность системы для очистки нефтесодержащих вод с учетом возраста и типа судна, конструктивных особенностей судовой энергетической установки.

Выбор рациональной пропускной способности рекомендуется производить следующим образом. Согласно требованиям РД 5.5270–85 «Системы трюмные и балластные судовые. Правила проектирования» прием пропускную способность системы очистки нефтесодержащих вод такой, чтобы удалять из МКО скопившиеся за сутки нефтесодержащие воды в течение одного часа работы фильтрующего оборудования.

На базе проведенных исследований разработан Отраслевой стандарт СОУ МПП 47.020–65:2005 «Суда морские. Предотвращение загрязнения моря нефтью. Нормы суточного накопления нефтесодержащих вод машинных помещений судов и методика расчета пропускной способности систем очистки» [4], в котором даны рекомендации для определения рациональной пропускной способности систем очистки нефтесодержащих вод в зависимости от типа, возраста, водоизмещения судна и мощности главной энергетической установки (ГЭУ), представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Рациональная пропускная способность системы для очистки нефтесодержащих вод в зависимости от водоизмещения судна и мощности ГЭУ.

Водоизмещение, тыс. тонн	Мощности ГЭУ, тыс. кВт	Суточное накопление НСВ, м ³	Пропускная способность системы, м ³ /ч
0,4 ... 10	0,2 ... 5	0,1 ... 0,6	0,6
10 ... 20	5 ... 10	0,6 ... 1,0	1,0
20 ... 50	10 ... 17,5	1,0 ... 2,2	2,0
50 ... 70	17,5 ... 22,5	2,2 ... 3,0	3,0
70 ... 100	22,5 ... 30	3,0 ... 4,2	4,0
более 100	более 30	4,2 ... 5,0	5,0

Для определения пропускной способности фильтрующего оборудования с учетом возраста и типа судна по таблице 2 или формулам (1-4) определяем $V_{\text{сут}}$, по таблицам 3 и 4 находим поправочные коэффициенты K_1 и K_2 , а затем по формуле (6) рассчитываем общий объем суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ с учетом возраста и типа судна $V_{\text{сут}}^*$. Далее по значению $V_{\text{сут}}^*$ находим уточненную рациональную пропускную способность систем для очистки нефтесодержащих вод.

Анализ результатов проведенных эксплуатационных исследований суточного объема накопления нефтесодержащих вод СЭУ показывает, что рациональная пропускная способность систем для очистки нефтесодержащих вод может быть существенно уменьшена (примерно в 2...4 раза). В свою очередь, уменьшение пропускной способности фильтрующего оборудования позволяет значительно снизить энергопотребление и повысить степень очистки нефтесодержащих вод, а также уменьшить стоимость, габариты и вес очистного оборудования, что является одним из рациональных и перспективных способов повышения эффективности капитальных затрат на внедрение и использование средств предотвращения загрязнения моря.

Пропускная способность отечественных установок для очистки нефтесодержащих вод выбирается согласно следующему рекомендованному типоразмерному ряду: 0,6; 1,6; 2,5; 4,0; 10; м³/ч [3]. С учетом результатов проведенных эксплуатационных исследований суточного объема накопления нефтесодержащих вод можно предложить новый типоразмерный ряд установок для очистки НСВ: 0,6; 1,0; 2,5; 4,0 м³/ч. Причем для судов водоизмещением до 20 тыс. тонн, к которым относятся большинство судов мирового флота, вполне достаточно установки с пропускной способностью 1,0 м³/ч.

Следовательно, проведенные эксплуатационные исследования объемов суточного накопления нефтесодержащих вод СЭУ современных судов доказывают возможность уменьшения пропускной способности систем для очистки нефтесодержащих вод, что способствует повышению качества очистки, уменьшению стоимости, габаритов и веса фильтрующего оборудования и является одним из простых и перспективных способов повышения эффективности капитальных затрат на внедрение и использование средств предотвращения загрязнения моря.

Вывод. Таким образом, с целью совершенствования терминологии и Конвенции MARPOL 73/78 в целом предлагается следующее: судовое оборудование для очистки нефтесодержащих вод называть «сепарационным» с обязательным указанием степени очистки; внести в Конвенцию дополнения для определения рациональной пропускной способности систем очистки судовых нефтесодержащих вод.

В перспективе предлагается дальнейшее уточнение пропускной способности систем очистки нефтесодержащих вод различных типов судов и определения объема сборных танков.

Библиографический список

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и Протокол 1978 года. — М.: Изд-во ЦРИА «Морфлот», 1980. — 364 с.
2. Зубрилов С.П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С.П. Зубрилов. — Л.: Судостроение, 1989. — 256 с.
3. Нунупаров С.М. Предотвращение загрязнения моря судами / С.М. Нунупаров. — М.: Транспорт, 1979. — 336 с.
4. Отраслевой стандарт Украины СОУ МПП 47.020–65:2005 «Суда морские. Предотвращение загрязнения моря нефтью. Нормы суточного накопления нефтесодержащих вод машинных помещений судов и методика расчета пропускной способности систем очистки» / В.И. Истомин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. — 15 с.

Поступила в редакцию 6.02.2009 г.