### **КУРСОВАЯ РАБОТА**

ТЕМА: «**Расчет крепления палубного груза, буксировка судна в море и при снятии с мели**»

Введение

Управление современным крупнотоннажным судном, имеющим мощный двигатель и находящимся всегда под влиянием двух движущихся сред: воды и воздуха, – сложная задача. Чтобы правильно определить влияние на судно различных факторов, судоводитель должен иметь глубокие теоретические знания и владеть комплексом специфических навыков. В прошлом моряки учились управлять судном исключительно на практике, накапливая опыт. Однако этот процесс приобретения знаний был слишком длительным. По мере развития мореплавания коллективный опыт стал обобщаться, превращаясь постепенно в науку об управлении судном и его технической эксплуатации.

Основной задачей развития знаний в области управления судном является сближение науки и практики, теоретическое обоснование тех явлений в управлении судном, которые наблюдаются, но пока ещё теоретически не разработаны с достаточной степенью точности. Научные обобщения должны выдвинуть те новые требования к судам и судовым устройствам, удовлетворение которых позволило бы управлять судном с меньшей зависимостью от субъективной оценки обстановки судоводителем и от действия внешних факторов.

Профилирующая в комплексе знаний судоводителя дисциплина **«Управление судном и его техническая эксплуатация»** быстро развивается, и можно надеяться, что опыт управления современными судами, его научное обобщение совместно с теоретическими исследованиями уже в самом ближайшем будущем позволят добиться новых успехов этой науки.

**Исходные данные**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название величиы** | **Величина** | **Размерность** | **Значение** |
| Масса палубного груза | W | Т | 17,0 |
| Период бортовой качки | τ1 | С | 5 |
| Период килевой качки | τ2 | С | 6 |
| Центр тяжести судна | Zc | М | 3,4 |
| Центр тяжести груза | Zгр | М | 1,3 |
| Расстояние от мидель-шпангоута до Ц.Т. палубного груза | X | М | 15 |
| Расстояние от ДП до Ц.Т. палубного груза | Y | М | 3 |
| Метацентрическая высота судна | hc | М | 2,2 |
| Размеры шпации (расстояние между бимсами) | l1 | М | 1,0 |
| Длина полубимса | l2 | М | 3,25 |
| Номер профиля |  |  | 13/9 |
| Материал подпоры |  |  | Сосна |
| Ширина бока бруса | a | М | 0,2 |
| Высота волны | hв | М | 5,0 |
| Максимальный угол крена | Θmax | Град | 30 |
| Максимальный угол крена при  килевой качке | Ψmax | Град | 5 |
| Высота фальшборта, комингса крышек | hк | М | 1,0 |
| Количество поперечных найтовых | tп | Ед | 3 |
| Угол наклона поперечного найтова к вертикали | α | Град | 30 |
| Угол наклона поперечного найтова к плоскости шпангоута | b | Град | 60 |
| Количество продольных найтовых | tпр | Ед | 2 |
| Угол наклона продольного найтова к вертикали | c | Град | 30 |
| Угол наклона продольного найтова к ДП судна | d | Град | 60 |
| Коэффициент запаса прочности троса | k |  | 2 |

**1. Перевозка грузов на палубе**



**1.1 Характеристика перевозимых на палубе грузов**

Все палубные грузы могут быть подразделены на следующие группы:

* опасные, к которым относятся: взрывчатые вещества, сжатые и сжиженные газы, воспламеняющиеся твёрдые вещества и жидкости, окисляющие, отравляющие, радиоактивные и коррозионно-действующие вещества. Такие грузы, если их перевозят не на специальных судах и в ограниченных количествах, размещают на палубе, и к ним обеспечивают свободный доступ;
* выделяющие резкие запахи (пропитанные шпалы), которые могут испортить другие грузы;
* не боящиеся подмочки (железо, трубы);
* громоздкие: плавсредства, локомотивы, железнодорожные вагоны, крупные детали машин, котлы, автомобили, самолёты, цистерны и др.;
* лесные;
* живой скот и птица, которые перевозят в стойлах, загородках и клетках.

**1.2 Расчет разрывной прочности найтовых**

W = 17000 кг = 17000 \* 9,8 = 166600 H =166,6 кН

Суммарные силы действующие по осям ОY и ОZ при бортовой качке:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | где W – вес палубного груза, кН; g – 9,81 м/с2; τ1 – период бортовой качки судна, с; Θmах – 30 град; Z – расстояние от ц.т. судна до ц.т. палубного груза, м; r – половина высоты волны, м (r = hв / 2 = 2,5) | |
|  | Z= hб – Zc + hк + Zгр, м,  Где hб – высота борта судна (hб =6,0 м); Zc – центр тяжести судна (Zc = 3,4 м); hк – высота комингса (hк = 1 м); Zгр – центр тяжести груза (Zгр = 1,3)  Z = 6,0 – 3,4 + 1 + 1,3 = 4,9 м, | |
|  | **Ру = 182,4 (кН)** | |
|  |  | |
| 2. | где W – вес палубного груза, кН; g – 9,81 м/с2; τ1 – период бортовой качки судна, с; Θmах – 30 град; Y – расстояние от ДП до ц.т. палубного груза, м; r – половина высоты волны, м. | |
|  |  | |
|  | **P1z = 242,5 (кН)** | |
|  |  | |
| Суммарные силы действующие по осям ОХ и ОZ при килевой качке: | | |
| 3. | где W – вес палубного груза, кН; g – 9,81 м/с2; τ2 – период килевой качки судна, с; Ψmах – 5 град; Z – расстояние от ц.т. судна до ц.т. палубного груза, м; r – половина высоты волны, м. | |
|  |  | |
|  | **Px = 26,5 (кН)** | |
| 4. | где W – вес палубного груза, кН; g – 9,81 м/с2; τ1 – период бортовой качки судна, с; Θmах – 30 град; Х – расстояние от мидель-шпангоута до ц.т. палубного груза, м; r – половина высоты волны, м. | |
|  | **P2z = 236,6 (кН)** | |
| Сила ветра, действующего на палубные грузы: | | |
|  | 5.  где pv – величина равная 1,5 кПа; Аv x – площадь парусности палубного груза в поперечном направлении по отношению к судну, м2.  Avx = aг\*hг,  Где аг – ширина груза (аг = 3 м); hг – высота груза (hг = 3 м);  Аvx = 3\*3 = 9 | |
|  |  | |
|  | **Pвет х =13.5 (кН)** | |
|  |  | |
| 6. | где pv – величина равная 1,5 кПа; Аv у – площадь парусности палубного груза в продольном направлении по отношению к судну, м2. | |
|  | Avy = bг\*hг,  Где bг – длина груза (bг = 4 м); hг – высота груза (hг = 3 м);  Аvy = 4\*3 = 12 | |
|  | **Pвет у =18 (кН)** | |
|  |  | |
| Сила удара волны: | | |
| **7.** | где pволн – величина равная 1 кПа; А’v x – площадь поверхности палубного груза в поперечном направлении по отношению к судну над фальшбортом, м2; hв – высота волны, м; hс – отстояние ц.т. этой площади от ватерлинии, м. | |
|  | А’v x = Avx, т. к. высота комингса равна высоте фальшборта,  hc = hб – hос + hк + Zгр, м,  где hб – высота борта (hб = 6,0 м); hос – осадка судна в грузу (hос = 4,0 м); hк – высота комингса (hк = 1,0 м); Zгр – центр тяжести груза (Zгр = 1,3 м);  hc = 6,0 – 4,0 + 1,0 + 1,3 = 4,3 м | |
|  | **Pвол x = 28,8 (кН)** | |
|  |  | |
| 8. | где pволн – величина равная 1 кПа; А’v у – площадь поверхности палубного груза в продольном направлении по отношению к судну над фальшбортом, м2; hв – высота волны, м; hс – отстояние ц.т. этой площади от ватерлинии, м.  А’v y= Avy, т. к. высота комингса равна высоте фальшборта, | |
|  |  | |
|  | **Pвол у = 38,4 (кН)** | |
|  |  | |
| Реакция найтовов от усилий, направленных в плоскости шпангоута: | | |
| 9. | где tп – число поперечных найтовов; a – угол наклона поперечного найтова к вертикали, град; b – угол наклона поперечного найтова к плоскости шпангоута, град. | |
|  |  | |
|  | **Ry = 318,4 (кН)** | |
|  |  | |
| Реакция найтовов от усилий в диаметральной плоскости: | | |
|  |  | |
| 10. | где tпр – число продольных найтовов; c – угол наклона продольного найтова к вертикали, град; d – угол наклона продольного найтова к диаметральной плоскости, град. | |
|  |  | |
|  | **Rх = 137,6 (кН)** | |
|  |  | |
| Размеры найтовов определяют по возникающим в них реакциях. Разрывное усилие троса для найтова: | | |
| 11. | где k – коэффициент запаса прочности при расчёте усилий в найтовах, крепящих груз, равный 2; R – реакция найтова от усилий в плоскости шпангоута или в диаметральной плоскости, Н. | |
|  |  | |
|  | **Rу разр = 636,8 (кН)** | **Rх разр = 275,2 (кН)** |
|  | **Длина груза L=4 м; ширина – 3 м; высота – 3 м** | |

По разрывному усилию в найтове выбирают размеры тросов, талрепов и скоб для них по таблицам прочности государственных стандартов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диаметр (мм) | | Рассчетная  масса 1 м  каната, кг | Рассчетная разрывная прочность каната, Н |
| Каната | Троса |
| 22,5 | 12,0 | 1,665 | 216801 |
| 24,5 | 13,0 | 1,955 | 254569 |
| 26,0 | 14,0 | 2,265 | 295281 |
| 28,0 | 15,0 | 2,59 | 337954 |
| 30,0 | 16,0 | 2,955 | 386023 |
| 32,0 | 17,0 | 3,34 | 436054 |
| 33,5 | 18,0 | 3,735 | 487557 |
| 37,5 | 20,0 | 4,62 | 602824 |
| 41,0 | 22,0 | 5,59 | 729864 |

Из таблицы выбран трос для крепления палубного груза в **поперечном направлении** диаметром: **канат –41,0 мм; трос – 22,0 мм.**

Из таблицы выбран трос для крепления палубного груза в **продольном направлении** диаметром: **канат – 26 мм; трос – 14 мм.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 12. | **1.3 Расчет местной стойкости верхней палубы при перевозках палубного груза.**  **Наибольшее значение** вертикальной составляющей р авно:  **P2z = 242,5 (кН)** | |
| Нагрузка на один бимс: | | |
| 13. | где Р2z - ьаксимальное значение вертикальной составляющей действия всех сил. Н; n – количество бимсов, на которые распределяется нагрузка от тяжеловеса. Определяется по формуле:, где L – длина тяжеловеса, м; l1 – расстояние между бимсами, м. | |
|  | **n = 4 / 1 = 4 (шт.)** | **P = 60,6 (кН)** |
| Изгибающий момент: | | |
| 14. | где l2 – длина полубимса, м. (3,25 м) | |
|  |  | |
|  | **М = 24,6 (кНм)** | |
|  | Принимая бимс из неравнобокого угольника за двухтавровую балку, считаем, что полка, которая он приварен к палубе, являеться стенкой, свободная полка – меньше пояском, часть палубного настила шириной 600 мм, примыкающего к угольнику – большим пояском расчитываем **момент сопротивления полубимса** поприближенной формуле: | |
|  | | |
| 15. | где h1 – высота балки, измеренная между серединами высоты её поясков, м; S1, S2, S3, – площади поперечного сечесния соответственно меньшего пояска, стенки балки, большего пояска, м2. При расчёте использован профиль №13/9. | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер профиля | Высота полки  h1, м | Ширина  полки  b, м | Толщина  профиля  t, м | Толщина  пояска, м  t1, м |
| 10/7 | 100/10 ³ | 75/10 ³ | 8/10 ³ | 10/10 ³ |
| 12/8 | 120/10 ³ | 80/10 ³ | 8/10 ³ | 10/10 ³ |
| **13/9** | **130/10 ³** | **90/10 ³** | **8/10 ³** | **10/10 ³** |
| 15/10 | 150/10 ³ | 100/10 ³ | 10/10 ³ | 15/10 ³ |

|  |  |
| --- | --- |
|  | S1 = b\*t, м2  Где b – ширина полки; t – толщина профиля;  S1 = 0,09\*0.008 = 7.2\*10-4 м2  S2 = h1\*t, м2  Где h1 – высота балки;  S2 = 0,13\*0,008 = 1,04\*10-3, м2  S3 = с\*d, м2  Где с – ширина палубного настила; d – толщина пояска;  S3 = 0,6\*0,01 =6\*10-3, м2  Подставим вычисленные площади и найдем: |
|  | **V = 1,087\*10- 4 (м3)** |
| Нормальное напряжение в бимсе: | |
| 16. | М – в кНм, σн – не должно превышать допустимого для судостроительной стали напряжения при изгибе равного σдоп = 117,7\*103(кПа). Если σн > σдоп, то производят перераспределение нагрузки набольшее количество бимсов или установливают подпорки, проверяя последнии на сжатие. |
|  |  |
|  | **σн = 226\*10 3 (кПа)** |
|  | **σн > σдоп** ⇒ устанавливаем подпорки и проверяем их на сжатие |
| Максимальная нагрузка Рсж, которую можно дать брусу: | |
| 17. | где σсж – допустимое напряжение на сжатие, принимаемое **для сосны** – 5,89\*103кПа; S – площадь поперечного сечения бруса, м2. |
|  | S = a 2,  Где а – ширина бока бруса (а = 0,2 м)  S = 0,2 2 = 0,04 (м 2), |
|  | **Рсж = 235,6 (кН)** |
| Для уменьшения напряжения в бимсе до нормального значения необходимо установить подпорок. | |

**1.4 Организация работ при приеме палубных грузов**

Для палубных грузов требуется тщательная подготовка верхней палубы к их приему. Перед погрузкой палубного груза необходимо произвести следующие работы:

1. Тщательно подмести палубу, убрать мусор, который мог бы препятствовать свободному протеканию забортной и дождевой воды к шпигатам и штормовым портикам.
2. Очистить шпигаты и штормовые портики от грязи и проверить их действие.
3. Перед приемом груза на палубу или на грузовые люки уложить доски или бревна, грубо пригнанные к палубному настилу, а также подкладки под отдельные части грузовых мест, имеющих фигурную форму. Подкладочный материал распределяет нагрузку по всей опорной поверхности, обеспечивает сток воды к шпигатам и штормовым портикам.
4. Балластные танки запрессовать или полностью осушить. Проверить расчетом остойчивость судна на момент окончания приема палубных грузов и на момент предполагаемого прихода в порт назначения.
5. В зависимости от характера предполагаемого палубного груза проверить наличие и прочность рымов и обухов для крепления найтовах. При предполагаемой перевозке особо тяжелых грузовых мест (локомотивы, железнодорожные вагоны), если требуется, заранее установить добавочные обухи для креплений. В таких случаях необходимо проверить прочность палубы. Если требуется добавочное ее подкрепление, его необходимо сделать (с привлечением конструкторских бюро).
6. Проверить состояние и подготовить к работе тяжелые и легкие грузовые стрелы, грузовые лебедки, канивас-блоки, найтовые, талрепы и другие детали такелажного оборудования.
7. Обеспечить надежную защиту от повреждения грузов трубопроводов, идущих по верхней палубе.
8. При укладке палубного груза необходимо следить за тем, чтобы не загромождались места и устройства к которым всегда должен быть обеспечен свободный доступ:

* трубки для измерения высоты воды в льялах, танках двойного дна, диптанках, форпиках и ахтерпиках;
* воздушные трубки, идущие в трюмы и танки; отростки пожарной магистрали;
* маховики или рукоятки клапанов магистралей паро- или газотушением;
* вентиляторы жилых, служебных и хозяйственных помещений, а также грузовых трюмов, если они необходимы во время плавания;
* рукоятки или головки приводов для закрывания водонепроницаемых дверей, клапанов трубопроводов и др.;
* кнехты и направляющие ролики, а также вьюшки со швартовными тросами;
* запасные якоря и запасные лопасти винта;
* приборы для передачи сигналов;
* спасательные шлюпки, спасательные приборы и плоты;
* брашпиль, швартовные и грузовые лебедки, если последние могут потребоваться в плавании;
* приборы механического и ручного управления рулем;
* двери в жилые, служебные и хозяйственные помещения, которыми пользуются в плавании;
* проходы для команды во все места, необходимые для нормального управления судном;
* место между грузом и фальшбортом, достаточное для того, чтобы попавшая из-за борта вода могла свободно уходить через штормовые портики и шпигаты.

1. Устроить безопасные переходы для экипажа по грузу, если проход среди сложенного на палубе груза сделать нельзя.
2. Предусмотреть на корме судна в местах расположения переходов и проходов надлежащее освещение. а в передней части судна, где такое освещение нежелательно по условиям судовождения, – нанесение полос белой краской.
3. Предусмотреть, чтобы палубный груз ни в коем случае не создавал помех судовождению и несению нормальной вахты в море; для этого ограничить высоту палубного груза впереди мостика.
4. При расположении груза в несколько ярусов устроить прочные конструкции, обеспечивающие его поддержание. **Основная цель подготовки палубы для приема того или иного груза заключается в том, чтобы при помощи подкладок (досок, брусьев) перейти от сосредоточенных нагрузок к распределенным, не превышающим норм, установленных Правилами Регистра для данного судна.**

**2. Буксировка судов морем**

**Исходные данные:**

A/Ad = 0,6 – дисковое отношение;

Dв =1.7 – диаметр винта, м;

Hв = 1,9 – шаг винта, м,

n = 5 об/c

Коэф. Трения f = 0,142;

Плотность морской воды – 1016 кг/м3;

Плотноть воздуха 1,25 кг/м3;

Скорость встречного ветра – 5 м/с;

Коєф. волнения – 0,0003;

Средняя высота крепления буксирного троса на буксировочном судне – 3,0 м.;

1=300 м – длина буксирной линии; d=0,032 м. – диаметр троса.

**2.1 Расчёт скорости буксировки и прочности буксирной линии**

Расчёт производится по методике, предложенной в книге (1):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сопротивление буксирующего судна: | | |
| 1. |  | |
|  |  | |
| Сопротивление буксируемого судна: | | |
| 2. |  | |
|  |  | |
| Сопротивление воды: | | |
| 3. | **Буксирующее судно:**    где f – коэффициент трения (f = 0,142); ρ – плотность морской воды 1016 кг/м3; Ω – площадь смоченной поверхности судна, определяемая по формуле (, где L – длина корпуса судна, м; d – средняя осадка судна, м; δ – коэффициент полноты водоизмещения судна; В-ширина судна, м; V – скорость судна, м/с (1 – 6 м/с). | **Буксируемое судно:**    где f – коэффициент трения (f = 0.142); ρ – плотность морской воды 1016 кг/м3; Ω – площадь смоченной поверхности судна, определяемая по формуле (, где L – длина корпуса судна, м; d – средняя осадка судна, м; δ – коэффициент полноты водоизмещения судна; В-ширина судна, м; V – скорость судна, м/с (1 –6 м/с). |
| Остаточное сопротивление: | | |
| 4. | где Δ – водоизмещение судна, т. | где Δ – водоизмещение судна, т. |
| Воздушное сопротивление: | | |
| 5. | , где ρ – плотность воздуха (1,25 кг/ м2), Ан – проекция надводной поверхности судна на плоскость мидель-шпангоута (принимая во внимание, что Hнадв для данного судна равна Hнадв = hс – Т = 15,6 – 4,0 = 11,6 м⇒ Ан= B\*Hнадв=16,0\*11,6 =185,6 м2), м2; U – скорость встречного ветра, м. | где ρ – плотность воздуха (1,25 кг/ м2), Ан – проекция надводной поверхности судна на плоскость мидель-шпангоута (принимая во внимание, что Hнадв для данного судна равна Hнадв = hс – Т = 15,7 – 3,2 = 12,5 м⇒ Ан= В\*Hнадв=15,0\*12,5= 187,5 м2), м2; U – скорость встречного ветра, м. |
| Сопротивление судна на волнении: | | |
| 6. | где kволн – коэффициент дополнительного сопротивления (зависит от бальности волнения в данном случае равен 0,0003)[[1]](#footnote-1). | где kволн – коэффициент дополнительного сопротивления (зависит от бальности волнения в данном случае равен 0,0003). |
| Сопротивление гребного винта: (рассчитывается **только для буксируемого судна**) | | |
| 7. | Застопоренные винты (2 шт.): , где A/Ad – дисковое отношение; Dв – диаметр винта, м, ρ – плотность воды т/ м3; | |

|  |  |
| --- | --- |
| Сила упора винта буксирующего судна на швартовых (максимальное сопротивление винтов): | |
| 9. | где Hв – шаг гребного винта (в данном случае ≈ 1,9 м); Рв – мощность, потребляемая гребным винтом, кВт; Dв – диаметр гребного винта, м (1,7 м); n – частота вращения гребного винта, с-1. |

Результаты расчётов по формулам, приведенным выше, сведём в таблицу 1:

## Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Скорость судна в м/с | Сопротивления, кН | | |
| Ro | R1 | Rs |
| **0** | 0 | 0 | 0 |
| **1** | 6,91 | 8,56 | 15,47 |
| **2** | 17,93 | 24,32 | 42,25 |
| **3** | 35,47 | 50,14 | 85,61 |
| **4** | 64,98 | 87,45 | 152,43 |
| **5** | 107,2 | 138,6 | 245,8 |
| **6** | 167,9 | 206,5 | 374,4 |

По табличным значениям строим график зависимости сопротивления судов от скорости буксировки (см. на следующей странице).

**2.2 Расчёт параметров буксирной линии**

Из графика видно, что максимальная скорость буксировщика без буксира на спокойной воде равна:

Vбукс.max = 5,39 м/с,

Скорость буксирования равна:

Vб. = 3,68 м/с,

Тяга на гаке равна:

Fг = 75 кН

|  |  |
| --- | --- |
| Необходимая длина буксирной линии: | |
| 10. | где Fг – тяка на гаке, кН; hв – высота волны, м; ki – коэффициент игры буксирного троса, определяемый по таблице, в данном случае для Fг = 55,5 кН ki =0,06 |
|  | **l = 417 (м)** |
|  | Разрывная прочность троса: |
| 11. | , кН  где k = 2 коэффициент запаса прочности троса  Fг – тяка на гаке, кН |

**Rразр.= 150 (кН),⇒**

# Диаметр троса равен 0,01 м

|  |  |
| --- | --- |
| Провес буксирного троса: | |
| 12. | где q – линейная плотность буксирного троса (для 0,01 м q = 1,155 кг/м (с учетом веса в воде q = 1,155\* 0,87 = 1,005)  l – длина буксирного троса, м  Fг – тяга на гаке, кН |
|  |  |
|  | **f = 5,59 (м)** |

**2.3 Управление буксирующими и буксируемыми судами**

Буксирный канат закреплен на буксирующем и буксируемом судах, и они начинают двигаться. Этот момент является ответственным, т. к. при движении со значительным ускорением в буксирной линии может возникнуть чрезмерное напряжение. Когда буксирный канат начинает натягиваться, необходимо машину застопорить и в дальнейшем увеличивать скорость понемногу. Полную длину буксирного каната устанавливают по выходе на достаточную глубину. Изменять курс следует плавно, без крутых поворотов даже в том случае, если судно развило постоянную скорость.

По достижении судами полной скорости буксировки буксирное устройство необходимо осмотреть. Нагрузка, приложенная к деталям и конструкциям, которые служат для крепления буксирного каната, не должна превышать допустимой. Если буксировка осуществляется на нескольких канатах, необходимо выровнять их натяжение.

У места, где возможна отдача буксирного троса, должен быть инструмент, позволяющий или перерубить буксирный трос, или привести в действие отдающее устройство. Может быть предусмотрительно перенесение нагрузки на страховочный трос в случае обрыва основного буксирного троса. На корме буксирующего и на носу буксируемого судов должна быть установлена вахта для наблюдения за работой буксирного устройства.

Во время буксировки в шторм курс необходимо располагать так, чтобы орбитальное движение обоих судов оставалось в пределах, допустимых данной буксирной линией. Наибольшее влияние орбитального движения обоих судов на усилие в буксирном канате, наблюдается при их следовании против волны или по волне. При плавании курсами, параллельными волнам (лагом к волне), это влияние будет минимальным.

Большое значение имеет соотношение длины волны и расстояния между судами. Рекомендуется иметь такую длину буксирного троса, чтобы и буксируемое, и буксирующее суда одновременно всходили на волну и спускались с нее; при этом разность фаз орбитального движения судов сводится к минимуму.

Все суда, когда они идут на буксире, рыскливы. При буксировке вплотную рыскливости нет, но по мере увеличения расстояния между судами путем удлинения буксирного каната начинается рыскание, которое увеличивается до тех пор, пока буксирный канат не войдет в воду. С этого момента рыскание замедляется. Предотвратить при помощи руля возможно лишь в том случае, если скорость рыскания позволяет рулевому удерживать судно на курсе. Необходимо помнить следующее: чем больше скорость буксировки, тем больше рыскает буксируемое судно; чем корче буксирный трос, тем порывистее рыскание; чем длиннее буксирный трос, тем дальше отходит буксируемое судно от курса, но рыскание теряет свою порывистость и позволяет рулевому держать судно на курсе.

Увеличение расхождения до требуемого значения может быть осуществлено уменьшением скорости буксировки. Однако такое уменьшение лимитируется управляемостью обоих судов, т. к. их управляемость будет падать с уменьшением скорости движения.

Поворот на некоторый угол относительно направления бега волн приводит иногда к увеличению бортовой качки, которая может стать нежелательной, например из-за риска потерять палубный груз, но уменьшать скорость не всегда можно, т. к. это грозит потеряй управляемости. Поэтому иногда приходиться одновременно применять оба способа маневрирования, т.е. изменять курс относительно бега волн и вместе с тем уменьшать скорость.

В пути следования необходимо идти по кильватерной струе буксирующего судна, а при изменении курса следует держаться ее наружной кромки. При этом нужно избегать резких поворотов.

Вахта на буксируемом судне должна внимательно следить за действиями буксирующего судна, т. к. может возникнуть необходимость в остановке буксирующего судна, движение его задним ходом, отдаче буксирного каната. В случае остановки буксирующего судна на буксируемом судне рулем надо править так, чтобы исключить возможность навала. При движении в районе прибрежных вод в случае большого провеса длинной буксирной линии может возникнуть необходимость в уменьшении ее длины, чтобы тросы не цеплялись за грунт.

Укорачивание буксирной линии в общем случае – работа трудоемкая. Крепление за якорную цепь до некоторой степени облегчает эту каботу на буксируемом судне. Работа на корме буксирующего судна сильно затрудняется тем, что там зачастую не имеется достаточно мощных подъемных механизмов.

При временных остановках на большой глубине необходимо иметь ввиду, что при длинном и тяжелом буксирном канате возможны сближения судов под действием веса буксирной линии. Вынужденная остановка на больших глубинах почти всегда заставляет отдавать буксирный трос на буксире или буксируемом судне. В таком случае возникают трудности по выбиранию буксирного троса. Иногда их нельзя преодолеть, и приходиться жертвовать буксиром. Вообще масса буксирной линии должна быть такой, чтобы ее можно было выбрать имеющимися судовыми средствами. Все рассмотренные вопросы легко и просто разрешаются при наличии на судне автоматической буксирной лебедки регулируемого натяжения.

Во время буксировки судов большое значение имеет поддержание связи между ними. Связь эта может быть осуществлена по радио, радиотелефону, при помощи света, семафором и флагами МСС.

**Отдача буксирного каната.** Подходя к месту отдачи буксирного троса, оба судна постепенно сбавляет скорость. Отдача может быть осуществлена как буксирующим так и буксируемым судном в зависимости от того, кому из этих судов удобнее выбирать буксирный канат.

Обычно отдача каната происходит там, где глубина позволяет буксирному тросу лечь на грунт. В этих случаях отдача буксирной линии вполне безопасна, т. к. трос находится на грунте и выбрать его нетрудно.

Если буксирный трос приходится отдавать на больших глубинах, эту операцию следует осуществлять на ходу во избежание опасного сближения судов из-за провисания буксирного троса. В этом случае отдают трос на буксирующем судне, чтобы он не оказался намотанным на гребные винты.

**3. Снятие судна с мели**

**3.1 Расчёт снятия судна с мели несколькими способами**

Таблица 6 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Величины | Значение | № п/п | Величины | Значение |
|  | Тн до посадки на мель, м | Прил. 2  (с грузом) | 8. | Сила тяги лебёдки, кН | 80 |
|  | Тк до посадки на мель, м | Прил. 2  (с грузом) | 9. | Коеф. держащей силы якоря | Табл.7 |
|  | ∆Тн после посадки на мель, м | 0,2 | 10. | Кол-во шкивов в гинях, шт. | 6 |
|  | ∆Тк после посадки на мель, м | 0,1 | 11. | Мощность буксиров (суден), кВт | Прил. 2 |
|  | Плотность воды, т/м3 | 1,016 | 12. | Скорость буксиров при снятии  судна с мели. | 3 узл |
| 6. | Количество тонн на 1 см осадки, т/см | Прил. 2 | 13. | Объем влитой воды, м3 | 0 |
| 7. | Коеф. трения | Табл. 7 |  |  |  |

Таблица 7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Характер грунта | Значение f | Глубина места  Якоря, м | Nі – мощность двигателей судна,  л.с |
| 1. | Редкая глина, ил. | 0,3 | 8 | 1700 |
| 2. | Глина, глина с песком | 0,35 | 10 | 1320 |
| 3. | Песок мелкий | 0,4 | 6 | 1380 |
| 4. | Песок крупный, галька | 0,45 | 11 | 1400 |
| 5. | Галька | 0,5 | 9 | 1160 |
| 6. | Глина с песком | 0,4 | 21 | 1320 |
| 7. | Песок мелкий | 0,35 | 16 | 880 |
| 8. | Ил | 0,3 | 14 | 1700 |
| 9. | Песок крупный | 0,4 | 8 | 1160 |
| 0. | Ракушняк | 0,4 | 7 | 1700 |

|  |  |
| --- | --- |
| Потерянное водоизмещение при посадке судна на мель | |
| 1. | где Q – потерянное водоизмещение, т; q – количество тонн на 1 см осадки, т/см; ΔТн=Т1н-Т2н, м; ΔТк=Т1к-Т2к, м; ρ – плотность воды 1,016 т/м3; V – объём влившейся воды, м3. (в данном случае равно 0 т. к. судно пробоину не получило) |
|  |  |
|  | **Q = 237 (т)** |
| Усилие, требуемое для снятия судна с мели: | |
| 2. | где f – коэффициент трения корпуса судна о грунт (для грунта – мелкий песок f =0,35 Значение выбирается из таблицы 7; g – ускорение свободного падения 9,81 м/с2. |
|  |  |
|  | **F = 930 (кН)** |
| Упор винта собственного судна на заднем ходу: | |
| 3. | где Ni – мощность двигателя л.с. |
|  |  |
|  | **Тш.з.х.= 136 (кН)** |
| Силы упора винта на заднем ходу явно недостаточно для снятия судна с мели, поэтому попробуем использовать способ заводки якорей. | |
| Тяговое усилие, которое может быть создано с помощью гиней: | |
| 4. | где Fлеб – максимальное тяговое усилие используемой лебёдки, кН; n – количество шкивов в гинях. |
|  |  |
|  | **FГИН = 350 (кН)** |
| Сумма тягового усилия гиний и упора винтов равна **486кН**. Этого недостаточно для того, чтобы снять судно с мели. Можно сделать вывод, что судно без посторонней помощи сняться с мели не может.  На помощь пришел буксир-спасатель. Определяем его общее тяговое усилие с помощью выражения: | |
|  | где Vб – максимальная скорость хода буксира-спасателя, узл. (3 уз.), N – мощность судна л. с. Считаем. что судно-буксир однотипно с данным. |
|  |  |
|  | **837,4 (кН)** |
| Сумма упора винтов собственного судна, а также тягового усилия судна-спасателея равна **973,4 кН**. Сравнивая эту силу с необходимым усилием видим, что ее вполне достаточно для снятия судна с мели. | |

**3.2 Способы снятия судна с мели**

При выборе способов снятия судна с мели необходимо учитывать:

* степень грозящей судну опасности: уже начавшийся шторм или штормовой прогноз, отлив, образование или подвижку льда и т.п.;
* размеры повреждений, площадь соприкосновения корпуса с мелью, давление судна на грунт;
* возможность получения быстрой помощи от находящихся поблизости транспортных судов или специальных судов-спасателей; помощь рекомендуется запрашивать всегда, чтобы не подвергать судно риску длительного нахождения на мели, особенно в незащищённом от ветра и волнения районе;
* наличие на судне средств и возможностей для самостоятельного спасения.

Судно снимают с мели:

* работой своих машин;
* дифферентованием и кренованием;
* заделкой пробоины и откачкой воды из затопленных отсеков;
* разгрузкой;
* завозом становых якорей и верпов;
* буксировкой другими судами;
* размыванием грунта под корпусом;
* промыванием канала в грунте для подхода судов-спасателей;
* использованием подъёмных приспособлений.

Обычно применяют одновременно несколько способов. Например, производят дифферентование и одновременно разгрузку судна, затем с целью увеличения тяги винта завозят якоря. Буксировке судна другими судами часто предшествует заделка пробоин и откачка влившейся воды, дифферентование, кренование и разгрузка судна.

Если для самостоятельного снятия судна с мели необходима его разгрузка, предусматривают возможность сохранения выгруженного груза.

**3.3 Действия экипажа судна при снятии с мели**

В случае посадки судна на мель экипаж обязан предпринять ряд экстренных мер, последовательность которых с небольшими изменениями в зависимости от обстановки может быть следующей.

1. Объявляют общесудовую тревогу и поднимают сигнал, предписанный МППСС-72 для судна, стоящего на мели.
2. Замечают курс и скорость, на которых судно коснулось мели (если это произошло в шторм, курс и скорость должны быть замечены сразу после посадки).
3. Определяют координаты места посадки.
4. Тщательно замеряют уровни воды в междудонных отсеках и льялах. Для этой цели выделяют 2-х матросов, хорошо знающих расположение мерительных трубок. Замер ведут одновременно с носа и кормы, записывая полученное значение и время замера. В воду с смоченной части футштока определяют на вкус (соленая или пресная). Шум выходящего воздуха, при отвертывании пробки мерительной трубки свидетельствует о наличии пробоины в данном отсеке и поступлении в него воды. В этом случае немедленно приступают к заделке пробоины и откачке воды из поврежденного отсека. Замерять уровень воды в отсеках нужно в течении всего времени нахождения судна на мели и некоторое время после снятия с мели (чаще чем в обычных условиях).
5. Замеряют глубину ручным лотом вокруг корпуса судна и определяют характер грунта. Эту работу выполняют помощник капитана и опытный матрос (вначале с верхней палубы). При наличии волнения следует несколько раз измерить глубину в одном месте при прохождении гребня и подошвы волны, затем сумму отсчетов поделить на их число и средний отсчет принять за истинный.

Частота промеров зависит от крутизны подъема дна; во всяком случае надо выполнять промеры не реже чем через 10 м. Глубины и род грунта наносят на схематический план судна, на котором, кроме того, должно быть указано расположение водонепроницаемых переборок, МКО, грузовых люков.

1. Если позволяет погода, на воду спускают шлюпку под командованием одного из помощников капитана. Со шлюпки как можно точнее замечают осадку судна штевнями, что понадобится для расчетов по снятию судна с мели. Затем на схематическом плане судна вычерчивают линию осадок. Сравнивая осадку и глубину, измеренную в определенных точках по обоим бортам судна можно более уверено судить о границах района касания грунта.

После этого от борта по радиальным галсам производят промер окружающих глубин. Направление галсов выдерживают по шлюпочному компасу или, где это возможно, по береговым ориентирам, а расстояния между точками промера на данном галсе – по мерному линю. Результаты промера полезносвести в заранее составленную таблицу.

Полученный, таким образом планшет глубин позволит определить сторону, в которую нужно сдвигать судно, и укажет безопасные глубины для подхода судов-спасателей, если они понадобятся. Планшет вычерчивают в масштабе на обычной бумаге с указанием направления меридиана либо на крупномасштабной карте.

7. Устанавливают радиосвязь с находящимися поблизости судами, позиции которых наносят на генеральную карту.

8. В случае посадки судна на мель в штормовую погоду принимают меры по его закреплению судна на мели путем затопления отсеков. Если ожидается ухудшение погоды, такие меры должны быть приняты заранее, причем дополнительно следует завести якоря.

9. В ближайшую службу погоды или капитану ближайшего порта посылают запрос о прогнозе погоды на текущие и несколько последующих суток. Если прогноз неблагоприятен, нужно вести тщательное наблюдение за погодой и показанием метеоприборов и ежечасно фиксировать изменения метеоданных в судовом журнале.

10. Рассчитывают среднюю осадку судна, которую оно имело на плаву к моменту посадки на мель.

11. Определяют: стадию прилива или отлива, соответствующую моменту посадки на мель, во время ближайших полной и малой вод, величину прилива, направление и скорость приливно-отливного течения. Если данных для определения указанных величин нет, в определенном месте у борта судна устанавливают водомерный пост. Измеряя глубины (через каждые полчаса), можно получит характеристику приливо-отливных явлений.

12. С момента посадки на мель в судовом журнале ведут последовательные, подробные и точные записи всех мероприятий и событий на судне.

13. Если МКО не получило повреждений при посадке на мель, туда подают указания поддерживать в полной готовности все судовые механизмы.

**Заключение**

Основной задачей развития знаний в области управления судном является сближение науки и практики, теоретическое обоснование тех явлений в управлении судном, которые наблюдаются. Теоретическое решение основных задач судовождения позволяет вникнуть в сам процесс той или иной операции и более глубоко разобраться в решении основных задач с целью дальнейшего применения этих навыков на практике. Одним из ярких примеров теоретического решения основных задач по буксировке, креплению груза и снятию судна с мели является данный курсовой проект. В данной курсовой работе выполнено закрепление теоретического материала дисциплины «Управление судном», изучаемой на 4 курсе, и проведена работа по решению инженерных задач связанных с управлением судна и его технической эксплуатацией.

#### Во время выполнения данного курсового проекта был выполнен расчет по трем разделам, связанных с эксплуатацией судна в различных условиях:

* Расчет крепления палубного груза и сил, действующих на груз и стойкость верхней палубы;
* Расчет буксировки судна морем и элементов буксирной линии;
* Расчет снятия судна с мели и определение необходимого кол-ва буксиров.

**Литература**

1. Методические указания на выполнение курсовой работи по дисциплине «Управления судном» по теме «Расчет крепления палубного груза, буксировка судна в море и снятие с мели» К.:КГАВТ 2006 г.

2. Управление судном и его техническая эксплуатация (под ред. А.И. Щетининой) М. «Транспорт» 1993 г.

3. Справочник капитана дальнего плавания под ред. Г.Г. Ермолаева, Москва «Транспорт», 1988 г.

1. 4 Под ред. А.И.Щетининой «Управление судном и его техническая эксплуатация». М.:Транспорт, 1983. С.486. [↑](#footnote-ref-1)