

УДК 656.21.052

Костенко П.А.  
НУ «ОМА»

## ОСОБЕННОСТИ БУКСИРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВ И ОБЪЕКТОВ

### **Постановка проблемы в общем виде.**

В 21-м столетии роль буксировки судов повысилась с ростом морехозяйственной инфраструктуры вне портового назначения и поддержками в модернизации внутренней инфраструктуры морских и речных портов. Такое обстоятельство требует увеличения размеров, мощности, маневренности и адаптации буксирных устройств к действию в чрезвычайных и аварийных условиях.

К таким условиям следует отнести групповой стиль судовождения и ответственность капитана буксира в период буксировки: морские буксировки требуют первоочередной ответственности капитана/ов буксира/ов, внутри и около портовые буксировки – капитана буксируемого судна, при ледовых проводках – капитана проводимого судна, которое движется под внешним управлением капитана ледокола и обкалывается вспомогательным ледоколом или буксиром ледокольного типа.

Результаты расследования морских аварийных событий с участием буксиров указывают на недостаток опыта у руководителей буксировок эвристического и логического характера.

### **Анализ результатов предыдущих исследований.**

В практике морских буксировок особое место отводится рывкам буксирного троса вызванными: неравномерной работой пропульсивного комплекса буксировщика, рысканиями буксируемого судна, резком повороте буксировщика, страгиванием каравана, внезапно налетевшим шквалом, которые следует сводить до минимума при осуществлении перехода. Чрезмерные натяжения буксирного троса наблюдаются при плавании против волны, по волне и под углом к волне. Они вызваны орбитальным движением частиц воды у поверхности моря до значительных глубин, в следствие чего буксировка становится неравномерной из-за сближения и отдаления судов буксирной системы.

Поэтому капитанам судов при составлении грузовых планов и в процессе их реализации настоятельно рекомендуется обеспечить: одинаковые метацентрические высоты для обоих судов; не иметь

крена; обеспечить объекту буксировки дифферент на корму в  $0,6 \square 0,8$  м; наиболее тяжелые грузы размещать в средних трюмах, располагая их по длине трюма; после окончания грузовых операций следует обеспечить полную герметизацию грузовых трюмов и помещений [1].

Целью настоящего исследования является обзор результатов исследований по буксировке судов и объектов.

Так при выборе буксирного троса по методу академика А.Н. Крылова особое внимание уделяется его длине и диаметру: согласно которому длина буксирного троса должна быть кратной длине волны между судами и зависеть от водоизмещения буксируемого объекта, а диаметр троса определяется величиной мощности буксира и скоростью буксировки, колеблющейся в пределах  $3 \div 7$  узлов.

Запас прочности троса буксира –  $6 \div 10$  кратный, а длина буксирной линии должна обеспечить колебание расстояния между судами не более чем на величину высоты волны, что не позволит возникающим напряжениям в буксирном тросе превысить его прочность.

Минимальная длина буксирной линии не должна быть менее трех длин буксировщика. В противном случае продольная составляющая кильватерной струи будет оказывать влияние на мореходность буксируемого объекта.

Не допускается длина троса более половины величины запаса воды под буксирным тросом на мелководье, а величина отклонения судов каравана от линии пути не должна превышать длину безопасной волны.

Проблемы в управлении буксирным караваном возникают по мере приближения его к зоне штормовых условий, которые разделяют по направлению волн. Волнение с носовых румбов вынуждают снижать скорость каравана и изменять курсовой угол волнения, что уменьшает силу ударов волн в носовую часть, а также днище буксируемого объекта и буксировщика, снижает заливание палубы и повреждения палубных механизмов, обеспечивает равномерность работы двигателей судов, не допуская плавание буксируемого объекта при резонансной волне.

Особую опасность представляет буксировка объекта на попутном волнении из-за угрозы значительной потери остойчивости связанной с непрерывным изменением площади действующей ватерлинии. При попутном волнении, когда скорость буксирного каравана близка к скорости волнения, наблюдаются уменьшение в течение длительно-

го времени, а это может стать причиной опрокидывания и гибели буксируемого объекта.

Наиболее опасным является положение буксируемого объекта на гребне волны. Буксируемый объект медленно ложится на борт и медленно выпрямляется, принимая на палубу большую массу воды. Управление таким объектом осуществляется также снижением скорости и изменением направления движения каравана, не допуская постановки объекта лагом к волне. В шторм буксировщику следует избегать резких переключений руля.

Очень большие сложности в управлении караваном возникают при поворотах на другой курс, которые наблюдаются в виде усиления качки, зарывания судов в волну, заливания палубы, ударов о корпус, увеличения периода качки. Поворот против волны осуществляется судами за минимальный период нахождения в положении лагом к волне до подхода очередной серии высоких волн. При развороте каравана с попутной волны на курсы против волны ход буксируемого состава не форсируется для уклонения от ударов волн в носовую часть.

Штормование каравана в дрейфе аналогично штормованию судна лагом, которое угрожает параметрической качкой для судов. Особенно это относится к объектам в грузу с малым надводным бортом или имеющим большую остойчивость. Контролируется и угроза «сложения» буксирной линии за счет её провисания на глубокой воде.

На малых глубинах буксирный трос ложится на дно, выполняя роль якоря, поэтому создается опасность обрыва буксирной линии от зацепа за препятствие на грунте, а также полной потере управляемости буксировщика при разворачивании кормой к набегающей волне. Выбор способа штормования зависит от опыта капитана буксирующего судна, а весь процесс буксировки – от культуры буксировочного обеспечения перехода судов каравана.

Важнейшим фактором буксировки является буксировочное оборудование судов и крепление буксирной линии. Способ крепления буксирной линии на буксировщиках и буксируемых судах определяется Правилами Регистра судоходства Украины.

Для коротких переходов допускается крепление буксирного троса на носовых кнехтах буксируемого объекта, а для океанских переходов – с помощью глаголь-галка. Наиболее перспективной при морских буксировках остается автоматическая буксирная лебедка.

В процессе организации морской буксировки требуется обеспечить соответствие (гармонию) графо-аналитических логических и эвристических решений, которые включают выбор буксира, расчет буксирной линии и скорости буксировки с одной стороны, учесть рекомендации по управлению буксирным караваном с другой стороны и тщательно отработать действия экипажей судов в особых случаях буксировки перед переходом, а особенно перед началом морской операции.

Буксировки и буксирно-кантовочные операции в портовых водах отличает кратковременность, постоянная работа буксиров по управлению объектами не способными управляться самостоятельно, опасность навала судов друг на друга из-за короткой длины (30 ÷ 40 м) буксирной линии.

Для буксировки танкеров и балкеров предлагаются следующая эмпирическая зависимость тяги буксира  $F_{\delta}$  (т.с.) от дедвейта буксируемого судна  $D_c$  (т):

$$F_{\delta} = 65 + 6 \cdot 10^{-4} D_c, \quad (1)$$

а также количества буксиров для швартовки/от швартовки судна ( $n_{\delta}$ ):

$$n_{\delta} = 1,5 + 1,4 \cdot 10^{-5} D_c. \quad (2)$$

В последнем выражении  $n_{\delta}$  определяется с точностью до целого числа.

Дальнейшее получение статических и динамических характеристик буксирно-кантовочной системы осуществляется с использованием математической модели предложенной Ю.И. Бурименко [2], отражающей свойства, связи и отношения между буксировщиком и объектом при множестве способов проведения буксирно-кантовочных операций (БКО).

На основании модели БКО разрабатываются структурно-логические схемы (СЛС) для минимума периода операции, точности проводки по траектории, действию ветра и течения и др. Для дальнейшего использования СЛС требуется их практическая корректировка.

В последнее время В.В. Голиков [3], используя средства имитационного моделирования в виде тренажеров, объединил эти три этапа в сценарий БКО, визуализуя его в режиме реального времени. Опыт практического использования таких сценариев при лоцманских проводках указывает на перспективность визуализации операторской деятельности особенности на внутренних водных путях Украины.

Буксировка судов в ледовых условиях выше 44°СШ осуществляется ледоколом на коротком буксире (40 ÷ 50 м) или вплотную в кормовом вырезе ледокола.

Динамика буксируемой системы представлена графо-аналитически используя 2-й закон Ньютона, для поступательного движения каждого из судов. Особое внимание в структурно-логических схемах ледовой проводки уделяется сопротивлению судну во льдах, прочности его корпуса, льдопроходимости, околке судов и прокладке ледового канала.

Эвристическую часть буксировки судов во льдах представляет командный стиль управления караваном под руководством капитана ледокола в море и координатора ледовых проводок в порту, обычно капитана порта.

### **Выводы**

Буксировка судов и объектов требует использования трех способов управления: графо-аналитического, логического и эвристического.

Графо-аналитический способ используется при управлении системой на переходных процессах.

Логическим способом формируются алгоритмы задания ограничений во времени по пути движения каравана, а также правила, назначения и рекомендации декларативного типа.

Эвристическим способом составляются сценарии группового и командного управления буксирной системой.

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Репетей В.Д. Морские буксировки [текст]/ В.Д. Репетей. – Одесса: Укрморинформ, 2007. – 173 с.
2. Бурименко Ю.И. Портовая буксировка. Технология и безопасность [текст]/ Ю.И. Бурименко, Ю.Б. Попов. – М.: Транспорт, 1991. – 95 с.
3. Голиков В.В. Гарантированное безопасное управление эргатической системой на водном транспорте [текст] / В.В. Голиков – Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 25. – Одесса: «ИздатИнформ», 2015 – С. 30-39.