

УДК 629.129.359.1

Репетей В.Д., Костенко П.А.
ОНМА

ОСОБЕННОСТИ БУКСИРОВКИ СУДОВ В ПОРТОВЫХ ВОДАХ

Буксирная система «буксировщик – буксирная связь – буксируемый объект» представляет весьма сложную в управлении структуру. Не все этапы буксирной операции достаточно изучены, а потому требуют определённых уточнений. Известно, что характерной особенностью сложных буксирных операций является высокая вероятность потери ходкости и (или) управляемости буксирной системы, что, в свою очередь, может стать основной причиной аварий при выполнении буксировки [1].

Например, на одном из судов буксирной системы могут возникнуть непредвиденные обстоятельства: остановка главного двигателя (ГД), рулевого или якорного устройства; неправильное восприятие команды «на руль» или в «машину»; непрогнозируемый маневр; внезапное ухудшение видимости и т.д.

Поэтому необходимо всегда быть готовым к принятию быстрых и решительных мер по избежанию аварии, включая возможную опасность опрокидывания одного из судов. Так при кантовке больших судов наиболее опасным является положение буксирного троса в траверзном направлении относительно судов буксирной системы, что может привести к потере остойчивости при рывке. Резкое увеличение кренящего их момента наблюдается при: неравномерной работе ГД буксировщика, рыскании судов, страгивании с места буксируемого объекта в начале буксировки, резком повороте буксира, внезапно налетевшем шквале, т.е. в случаях импульсных и скачкообразных динамических нагрузок на буксирный трос [2].

Опыт морской практики подсказывает, что умелое управление буксирным караваном может исключить или свести до минимума действие неожиданного рывка.

К мерам предупреждения опрокидывания буксировщика относят: возможность немедленной отдачи буксирного троса; своевременное предупреждение капитана буксира о начале работы ГД или об изменении режима работы энергетической установки буксируемого судна и, наоборот; остановка буксируемого судна до момента, когда букси-

ровщик развернется в безопасное положение; остановка судна и отдача буксирного троса при возникновении на буксировщике крена во избежание его опрокидывания. Кроме того, при подаче команды «на руль» или «в машину» необходимо следить за правильным ее выполнением, обращая внимание на движение стрелки аксиометра при перекладке руля и на показания тахометра при работе ГД. Если команда «на руль» выполнена неправильно, то рекомендуется поставить руль «прямо», после чего дать нужную команду. Если команда в центральном посту управления машинного отделения (ЦПУ МО) принята неправильно, то следует остановить ГД, а затем подать нужную команду.

На буксировщике у буксирного гака должен быть инструмент для приведения в действие отдающего устройства, а на буксируемом судне – инструмент - позволяющий перерубить буксирный трос.

С уменьшением скорости буксировки управляемость буксирной системы ухудшается. Управляемость буксира тем хуже, чем больше натяжение буксирного троса и чем дальше точка его закрепления отнесена в корму от миделя. Расположение точки закрепления буксирного троса вблизи миделя значительно улучшает управляемость, но при боковом рывке буксирного троса возникает динамическое усилие, которое может привести к опрокидыванию буксира. Возможность закрепления буксирного троса вблизи миделя может быть обеспечена лишь при наличии на буксире чистой палубы в корму от миделя. Это обеспечит: свободное перемещение буксирного троса с борта на борт при перемене курса; более удобное размещение буксирного оборудования и уменьшение длины буксира, что важно для маневрирования в стеснённых условиях акватории порта.

Недостаточная устойчивость буксируемого судна на курсе приводит к сильному зарыскиванию, затрудняющему буксировку. Так при повороте судна точка приложения равнодействующей сил сопротивления воды, лежащая в носовой части корпуса, смещается в сторону поворота от курса буксировки. Это создаёт момент, вращающий судно в сторону начавшегося поворота. Отклонению судна от курса препятствуют натяжение буксирного троса и величина момента от перекладки руля, который незначителен вследствие малой скорости буксировки. При этом руль у буксируемого судна может бездействовать. Противодействие буксирного троса рыскливости тем сильнее, чем короче буксирный трос и чем ближе к форштевню буксируемого судна он закреплен. При креплении буксирного троса

вдали от форштевня для уменьшения рыскливости его следует выводить через носовой центральный клюз или раскреплять в поперечном направлении вблизи форштевня. Крепление буксирного троса на буксируемом судне в стороне от диаметральной плоскости (ДП) или вывод его через бортовой клюз приводит к тому, что буксируемое судно будет идти с некоторым постоянным дрейфом. В следствие этого буксировочное сопротивление буксируемого судна увеличится, а рыскливость резко уменьшится. Такой же эффект будет при переключке руля буксируемого судна на борт и закреплении его в этом положении. К уменьшению рыскливости судна приводит также создание дифферента на его корму.

Целью исследования, изложенного в настоящей статье, является повышение безопасности буксировки судов портовыми буксирами при выполнении буксирно-швартовных операций.

В задачи исследования входили: анализ нетипичных причин опрокидывания портового буксира; разработка сценария опрокидывания и затопления буксира, а также мероприятий по обеспечению безопасности буксировки.

Изложение основного материала исследования состоит в том, что портовые буксиры транспортно-маневрового назначения – суда с малыми размерами корпуса, минимальной величиной надводного борта и высокими маневренными качествами. Их конструктивные особенности обусловлены свободой маневрирования между судами, судами и причалами, проходом под натянутыми швартовными концами, под кормовыми подзорами транспортных судов, т.е. работать в сложной обстановке, характерной для стеснённых портовых акваторий.



Рис.1. Схема буксирной системы.

Объектом исследования стала буксирная система (рис. 1), включающая портовый буксир типа РБТ-300 – однопалубный двухвинтовой ледокольный малогабаритный буксир-толкач с жилыми и слу-

жебными помещениями в корпусе и ходовой рубкой на палубе предназначенный для портовых и рейдовых работ, буксировки несамостоятельных судов в речных и морских портах, на реках, озерах и водохранилищах. Удаление от места укрытия не более 20 км, при силе ветра не более 8 баллов. Буксир приспособлен для преодоления непрерывным ходом ледяных полей толщиной 20-25 см и форсирования льдин толщиной до 40-50 см. Основной деталью буксирного устройства является буксирный гак, который крепится катающимся роликом к буксирной дуге, расположенной позади миделя за рубкой, вблизи точки, через которую проходит ось вращения буксира на циркуляции. Радиус кривизны буксирной дуги равен расстоянию от неё до центра тяжести буксира. Для наилучшей управляемости буксира гак перемещается с борта на борт относительно ДП по буксирной дуге. Для повышения безопасности буксирная дуга закреплена в шарнирах. Отдача гака осуществляется из рубки механическим способом. В случае натяжения буксирного троса, когда из рубки отдать гак невозможно, отдача гака осуществляется ударом лома или кувалды в месте его установки.

Основные размерения и характеристики буксировщика типа РБТ-300 (рис. 2): длина – 13,5м; ширина – 3,7м; осадка – 1,6м; высота борта – 2,3м; надводный борт – 0,8м, масса буксира – 32 т; максимальная скорость – до 10 узл.; полная мощность 2-х ГД – 225 кВт. Реверс-редуктор несоосный с фрикционной двухдисковой муфтой и шестерёнчатый одноступенчатый редуктором.

При небольших размерениях и малом водоизмещении энергооборужённость буксировщика составляет около 5 кВт/т с тягой на гаке около 31кН. В результате этого РБТ-300 обладает высокими маневренными качествами, и в отличие от обычных буксиров, повороты, остановки при перемене хода и набор им скорости при трогании с места происходит гораздо быстрее.

Согласно «Информации об остойчивости для капитана» при управлении буксиром на ходу порожнем и при буксировке в нормальных эксплуатационных условиях, включая и случаи съёмки судов с мели, остойчивость буксира достаточна. В стеснённых условиях, когда РБТ-300 теряет свободу перемещения в случае посадки на мель или при навале на буксируемое судно, остойчивость может оказаться недостаточной, и буксир, лишённый возможности вывернуться кормой в направлении натяжения буксирного троса, может получить опасный крен, при котором произойдёт заливание и опрокиды-

вание буксира. Остойчивость может также оказаться недостаточной в результате неправильного выполнения манёвра, когда буксирный трос окажется под корпусом судна и получит при этом натяжение. Реакцией на такие ситуации является немедленная отдача гака.



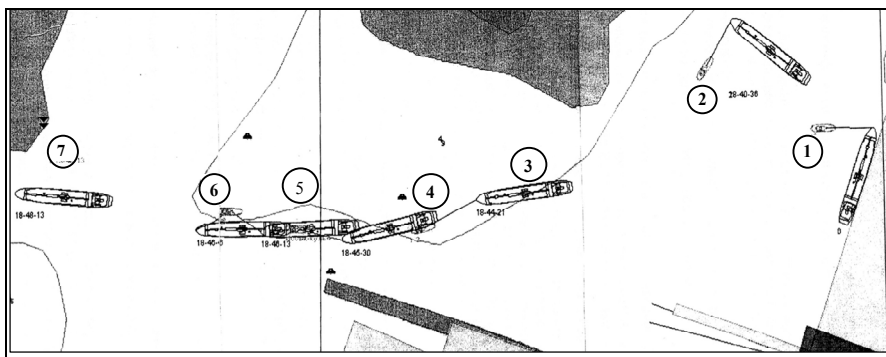
Рис.2. Общий вид буксира типа РБТ-300

Обычно длина буксирного троса должна составлять не менее 50 м, но при буксировке на коротком буксире следует соблюдать особую осторожность: внимательно следить за направлением буксирного троса, не допуская зарыскивания и отклонения буксирного троса от ДП буксира более чем на 40° ; угол опрокидывания буксира составляет $40^\circ \div 47^\circ$; угол заливаемости – $43^\circ \div 48^\circ$; угол входа палубы в воду – $13^\circ \div 19^\circ$; угол крена от поперечного рывка буксирного троса – до $37,5^\circ$; буксирный трос следует всегда держать в диаметральной плоскости, дверь левого борта – закрытой, так как при крене на левый борт заливание буксира через люки машинного отделения и кубрика может произойти значительно ранее, чем при крене на правый борт.

Буксируемое судно смешанного плавания типа Волго-балт 1971 года постройки: длина – 107,35 м, ширина – 13,0 м, высота борта – 5,5 м, осадка носом – 2,17 м, осадка кормой – 2,69 м, два ГД мощностью – 1030 кВт, т.е. в 4,5 раза мощнее буксировщика.

Положение судов от начала буксировки до затопления буксировщика представлено на рис.3. Буксировка в порядке осуществлялась

с помощью синтетического буксирного троса длиной около 40 метров окружностью 180 мм, заведённого с буксирного гака РБТ-300 на кнехты правого борта буксируемого судна через его центральный носовой клюз при благоприятных погодных условиях: ветер южный $4 \div 9$ м/с; без осадков; видимость до 12 км; температура воздуха около $+4,3^{\circ}\text{C}$; температура воды $+1,4^{\circ}\text{C}$.



	Буксируемое судно		Буксировщик		Скоростной градиент (узл)	
	Время (ч:м:с)	Курс (град)	Скорость (узл)	Курс (град)		Скорость (узл)
1.	<u>Отшвартовка от причала</u>					
2.	18:40:36	308	2,2	213	2,2	0,0
3.	18:44:21	263	3,7	259	3,6	- 0,1
4.	18:45:30	256	4,2	270	4,0	- 0,4
5.	18:46:13	270	4,6	272	3,9	- 0,7
6.	18:46:59	277	4,6	291	2,2	- 2,4
7.	18:48:13	Следует на «якорь»				

Рис. 3. Результаты счисления пути судов буксирной системы по данным БРЛС.

Анализ процесса буксировки осуществлялся хронологически по данным береговой системы АИС (таблица 1).

В результате анализа установлено, что до 18ч.46м.32с. буксировка происходила в штатном запланированном режиме (позиции 1÷6 табл.1) при синхронной скорости буксировки судов от 1,6 до 4,6 узла и изменении направлении движения от 249° до 273° .

Начиная с позиции 6 (18ч.46м.32с.) скорость буксира резко уменьшилась в два раза: с 4,3узлов до 2,2узлов (позиция 7).

Таблица 1. Хронология движения анализируемой буксирной системы

№ п/п	Время (час:мин:сек)	Буксируемое судно		РБТ-300		Скоростной градент (узл)
		Курс (град)	Скорость (узл)	Курс (град)	Скорость (узл)	
1.	18:40:36	308	2,2	249	1,6	- 0,6
2.	18:40:42	308	2,2	215	2,2	0,0
3.	18:41:10	308	2,2	233	2,2	0,0
4.	18:44:21	262	3,5	258	3,6	+ 0,1
5.	18:45:30	257	4,2	271	4,2	0,0
6.	18:46:32	265	4,6	273	4,3	- 0,3
7.	18:46:59	277	4,6	291	2,2	- 2,4
8.	18:47:02	282	4,5	Буксир перевернулся и затонул		

В позиции 7 (18ч.46м.59с.) направление поступательного движения обоих судов оставалось почти однонаправленным с разностью в 14° . При этом минимальная скорость движения РБТ-300 составила 2,2 узла, а буксируемого судна – около 4,6 узла.

В период полуминуты, с 18ч.46м.32с до 18ч.47м.02с, скорость буксируемого судна была достаточной, чтобы настичь буксировщик.

Буксир ударился кормой левого борта в правый борт буксируемого судна, получил резкий динамический рывок буксирного троса, опрокинулся через правый борт и затонул. После подъёма РБТ-300 было установлено положение его органов управления на момент затопления.

Ручка машинного телеграфа левого двигателя находилась в положении работы левого ГД «полный вперёд», а правого ГД в положении – «стоп» (рис.4).

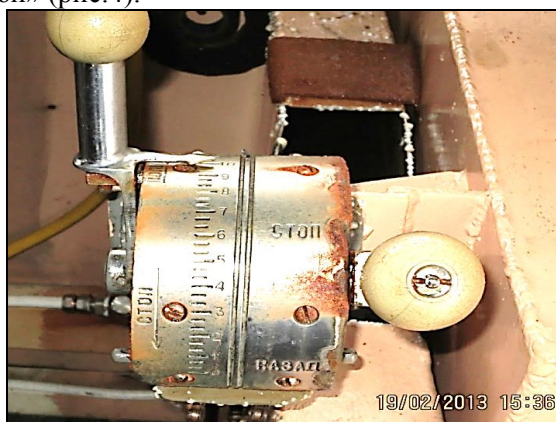


Рис.4. Положение ручек машинного телеграфа перед опрокидыванием буксира.

Аксиометр положения пера руля находился в положении «лево на борт» (рис.5).



Рис.5. Положение руля зафиксировано на аксиометре - «лево на борт».

Буксирный гак и буксирный синтетический трос находились на левом борту, буксирная дуга значительно деформирована (рис.6) с разрывом ограничителя левого борта приваренного к палубе (рис.7).



Рис.6. Буксирный гак и буксирный трос на левом борту, деформированная буксирная дуга.



Рис. 7. Ограничитель левого борта разорван, что свидетельствует о значительной динамической нагрузке на буксирное устройство, приведшее к перевороту буксировщика и его затоплению.

На рисунке 8 представлено развитие ситуации, приведшее к аварии – перевороту с последующим затоплением буксировщика, из которого следует, что буксир взял слишком круто вправо (позиция 1), а буксируемое судно, двигаясь с постоянной скоростью движения вперёд, стало его догонять и обгонять.

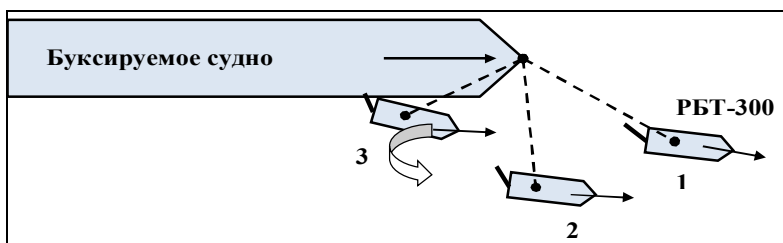


Рис.8. Этапы развития аварийной ситуации затопления буксира РБТ-300.

В этой ситуации буксир уже не смог лечь на курс параллельный судну. Из-за короткого буксирного троса буксировщик был не в состоянии выйти из положения 2 без отдачи буксирного троса. В противном случае буксировщик будет двигаться по окружности радиусом 40 м с центром у носового клюза буксируемого судна и обязательно ударится о его борт либо своей кормой, либо своим левым

бортом (в данной ситуации) и перевернётся, что и привело к его опрокидыванию и затоплению (позиция 3).

Анализ результатов развития аварийной ситуации и опрокидывания портового буксира типа РБТ-300 указывает на то, что: опасным является динамическое наклонение от рывка короткого буксирного троса, при котором буксировщик испытывает действие, подобное удару, а натяжение буксирного троса может во много раз превзойти величину тяги буксира при движении с постоянной скоростью даже на прямом курсе: особенно опасен для буксира поперечный рывок, когда буксирный трос выходит на угол под 90° к ДП буксировщика, а кренящий момент при рывке настолько велик по сравнению с восстанавливающим, что неминуемо приводит к потере остойчивости и опрокидыванию буксира; невыполнение капитаном буксировщика требований «Информации об остойчивости для капитана» и пренебрежения обычной морской практикой при буксировках создало аварийную ситуацию с потерей остойчивости буксира и его затоплением в акватории порта.

Для повышения безопасности буксировок следует: на всех портовых буксирах, особенно типа РБТ-300, согласовать с классификационным обществом установку ограничителей движения буксирного гака до 40° по буксирной дуге (рис. 9 и 10);

буксирную дугу не фиксировать от её движения по вертикали как это было сделано в рассматриваемой аварийной ситуации; предварительно согласовать технологию буксировки между судами с учётом их технических характеристик, остойчивости и ходкости; избегать рывков буксирного троса в поперечном или близком к 90° направлениях.

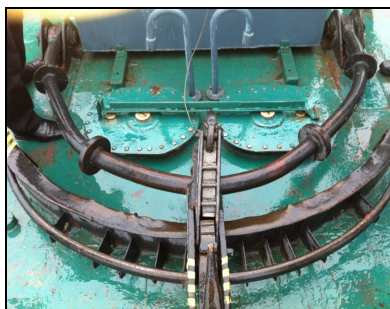


Рис.9. Схема установки ограничителей на буксирной дуге безопасного движения гака.



Рис.10. Схема установки ограничителей на буксирной дуге безопасного движения гака.

Заключение

Безопасная буксировка судов требует равномерного движения буксирной системы соблюдения требуемой классификационным обществом минимальной длины буксирного троса и обеспечения буксира надёжным буксирным оборудованием с ограничениями поперечного перемещения троса и его быстрой отдачи в случае крайней необходимости.

Дальнейшее исследования в области морских буксировок планируется осуществлять по разработке сценариев ситуаций, гарантирующих безопасность судов при выполнении буксирно-кантовочных операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репетей В.Д. Морские буксировки [Текст] / В.Д. Репетей. – Одесса: Укрморинформ, 2007. – 173 с.
2. Справочник по судовым устройствам. В 2-х т. Т. 2. Буксирные, спасательные и грузовые устройства. – Л.: Судостроение, 1975.- 328 с.