

УДК 656.61.052.4 : 656.61.052.7

## Основные закономерности в характере движения судна, стоящего на якоре

Ю.И. Юдин, С.О. Петров, С.Н. Холичев

*Морская академия МГТУ, кафедра судовождения*

**Аннотация.** Решение ряда задач, связанных с обеспечением безопасной якорной стоянки судна, а также безопасным выполнением грузовых и других операций с судном, стоящим на якоре, зависит от ряда факторов. Авторы предлагают рассмотреть основные закономерности в характере движения судна, стоящего на якоре.

**Abstract.** The solution of a number of challenges related to ensuring safe anchorage and safe cargo and other operations with the vessel at anchor depends on a number of factors. The authors have considered major regularities in the nature of an anchored vessel's motion.

**Ключевые слова:** безопасная швартовка; судно, стоящее на якоре; способы швартовки; швартовные маневры; подход к борту судна

**Key words:** safe mooring, vessel at anchor, mooring methods, mooring maneuvers, approach to vessel

### 1. Введение

Судно, стоящее на якоре, при воздействии на него ветра, течения и волнения моря находится в состоянии постоянного движения и непрерывно изменяет свое положение относительно линии отданного якоря (линии ветра, условно проведённой через место расположения якоря на грунте). Особенности движения судна, стоящего на якоре, другими словами, характер его рыскания, зависит от целого ряда факторов, наиболее значимыми из которых являются следующие:

- главные размерения корпуса судна, водоизмещение;
- архитектурные особенности надводной части корпуса судна, надстроек и рубок, в частности, место расположения большей надстройки относительно плоскости мидель-шпангоута;
- текущее состояние загрузки судна, определяющее посадку (осадка, дифферент) корпуса в воде;
- координаты точки крепления якорной цепи;
- количество отданной якорной цепи;
- глубина места якорной стоянки и её соотношение с количеством отданной якорной цепи;
- характер грунта в месте якорной стоянки;
- держащая сила якорной системы (якорь и якорная цепь);
- гидрометеорологические условия в районе места якорной стоянки;
- соотношения между основными параметрами (направление, скорость) ветра, течения и волнения.

Характер движения судна, стоящего на якоре, может быть изменён любым дополнительным внешним воздействием или в результате изменения параметров, определяющих ветровую нагрузку. В этом случае судоводителю швартуящегося судна необходимо быть предельно внимательным при определении параметров ветра и особенностей в поведении судна, к которому необходимо швартоваться. Это весьма сложная задача, решению которой и будет посвящена настоящая работа.

### 2. Основные закономерности

Необходимо отметить, что динамика рыскания судна, стоящего на якоре, до настоящего времени практически не исследована, что вызывает определённые сложности при разработке безопасных способов маневрирования судов, выполняющих швартовные операции к борту судна, стоящего на якоре. При принятии решения о выполнении или не выполнении швартовной операции судоводители руководствуются исключительно собственным практическим опытом, а при его отсутствии отказываются от выполнения швартовной операции к борту судна, стоящего на якоре. Следствием этого, как правило, является неоправданная потеря времени и другие эксплуатационные потери.

На первой стадии изучения характера рыскания судна, стоящего на якоре, ограничимся выяснением основных закономерностей, определяющих общую динамику его движения, не рассматривая особенности влияния тех или иных факторов из перечисленных выше.

Анализируя общий характер динамики движения судна, стоящего на якоре, можно сделать вывод, что оно осуществляет сложные незатухающие аperiodические колебания, сопровождающиеся изменениями его положения в пространстве относительно места постановки якоря. При этом наблюдается некоторая симметрия в указанных положениях относительно некоторой средней линии (линии симметрии) положения, проходящей через линию натяжения якорной цепи.

Как установлено в результате многочисленных наблюдений за поведением судна, стоящего на якоре, указанные установившиеся аperiodические колебания приводят к изменениям курса судна в пределах  $\pm 10 \div 30^\circ$ . Диапазон колебаний курса судна и величина отклонения его от линии симметрии зависят от величины соотношения между основными параметрами ветра и течения (скорость и направление). В частности, при отсутствии относительно большого по скорости течения в месте якорной стоянки колебания курса будут значительными, как, впрочем, и амплитуда перемещений судна относительно условной линии симметрии. Ситуация ухудшается, если в указанных условиях присутствует сильный ветер, в особенности если его направление существенно отличается от направления течения (Юдин, 2007).

Характер колебательных движений судна, стоящего на якоре, в общем случае можно сравнить с характером колебательных движений твердого тела, подвешенного на тонкой нити, где в качестве нити выступает якорная цепь, а масса маятника равна массе судна. Среда, в которой происходят колебания, создаёт некоторые особенности силового воздействия на судно, совершающее колебательные движения. Определённое сочетание аэродинамических, гидродинамических усилий, а также усилий, образующихся в гибкой связи, формирует характер движения судна, который имеет ряд отличий от характера колебательных движений маятника. Колебательные процессы при рыскании судна, стоящего на якоре, протекают в более сложной форме. Попробуем установить основные фазы этого процесса, чтобы адекватно оценивать результаты дальнейших научных исследований.

В результате анализа целого ряда работ, посвященных исследованию поведения судна, стоящего на якоре, можно отметить наиболее, на наш взгляд, точное описание характера его движения, представленное в работе В.П. Тихомирова (1963). По утверждению автора, переменный характер силы внешнего воздействия порождает такой же переменный характер движения судна, стоящего на якоре. Выбор места якорной стоянки, определённого сочетания внешних факторов не гарантирует такого положения, при котором были бы взаимно компенсированы все силы, воздействующие на судно, и оно находилось бы в состоянии устойчивого равновесия. Очевидно, что переменный характер силового воздействия на судно будет способствовать постоянному изменению характера его движения.

Практика показывает, что при определённом сочетании воздействий со стороны ветра и течения, а именно при слабом ветре и сильном течении, колебательный процесс движения судна будет более устойчив, и траектория движения судна будет меняться только при изменении скорости и направления течения. Например, при стоянке судна в условиях чередующихся приливов и отливов оно плавно будет менять положение устойчивого равновесия при изменении направления течения. В данном случае следует обратить внимание на повышенную опасность при проведении швартовных операций в период изменения направления течения. При определённом постоянстве ветровой нагрузки, т.е. при слабом постоянном ветре, рыскание судна незначительно и имеет установившуюся периодичность колебательных движений; при постоянном течении рыскание и амплитуда перемещений судна относительно линии симметрии будут минимальны.

В этой связи представляется необходимым более детально исследовать процесс движения судна, стоящего на якоре, в условиях больших ветровых нагрузок. Потому рассмотрим характерные особенности в перемещениях судна при воздействии сильного ветра, преобладающего по величине силового воздействия над течением. В дальнейшем этот случай, с точки зрения безопасности проведения швартовной операции, будем рассматривать в качестве основного, определяя безопасный способ маневрирования швартовящегося судна в процессе выполнения им швартовки к борту судна, стоящего на якоре.

В условиях сильного ветрового воздействия в момент выхода на якорную цепь судно под воздействием аэродинамической силы и её момента смещается в сторону от линии ветра (см. рис.), при этом направление смещения зависит от положения центра парусности судна относительно плоскости мидель-шпангоута. В дальнейшем постепенно под воздействием силы натяжения якорной цепи гасится инерция поступательного движения судна и одновременно прекращается его вращательное движение. В момент мгновенной остановки судна (положение 1) натяжение якорной цепи достигает максимального значения, равновесие сил, приложенных к судну, нарушается, в основном, за счёт избыточной нагрузки, образующейся в якорной цепи. Указанная избыточная нагрузка вызывает разворот судна на ветер с мгновенным изменением положения точки приложения аэродинамической силы. В результате совместного действия на судно продольной составляющей силы натяжения якорной цепи и действия

аэродинамического момента судно смещается в положение 2 по относительно пологой траектории, двигаясь одновременно поступательно в сторону якоря и вращательно, изменяя курс в сторону места положения якоря.

В момент нахождения судна на курсе, строго противоположно направлению ветра, площадь проекции надводной части судна в направлении, перпендикулярном линии ветра, становится минимальной, что позволяет судну перейти линию ветра за счёт инерции вращательного движения. Натяжение якорной цепи существенно снижается, и судно под воздействием аэродинамического момента, противоположного первоначальному, начинает из положения 2 уваливаться под ветер. Поскольку курсовой угол ветра при этом увеличивается, возрастает площадь парусности в проекции перпендикулярно направлению ветра и, как следствие, возрастает величина аэродинамической силы и аэродинамического момента (положение 3). Из положения 3 судно движется с ускорением вправо от направления линии ветра в положение 4, а затем и в положение 5. Судно пересекает относительную линию симметрии в основном за счёт аэродинамического воздействия. По мере приближения судна к положению 5 натяжение в якорной цепи растёт, достигая максимального значения в положении 5, при этом уже появляется тенденция продольного движения судна в сторону якоря, гасится инерция приобретённого поперечного и вращательного движения вправо и разворота. Достигнув максимального значения, сила натяжения в якорной цепи создаёт вращательный момент, по величине превосходящий аэродинамический момент, и за счёт этого судно начинает вращение влево, частично перемещаясь поступательно в сторону якоря под воздействием продольной составляющей силы натяжения якорной цепи. По мере движения судна в противоположном направлении аэродинамическая нагрузка возрастает, и судно смещается в сторону, противоположную расположению якоря. Указанная условная симметрия отклонений судна от линии симметрии (линия, проходящая через место установки якоря по направлению ветра) будет определяться значением координаты точки крепления якорной цепи на судне, а также наличием течения в районе места якорной стоянки.

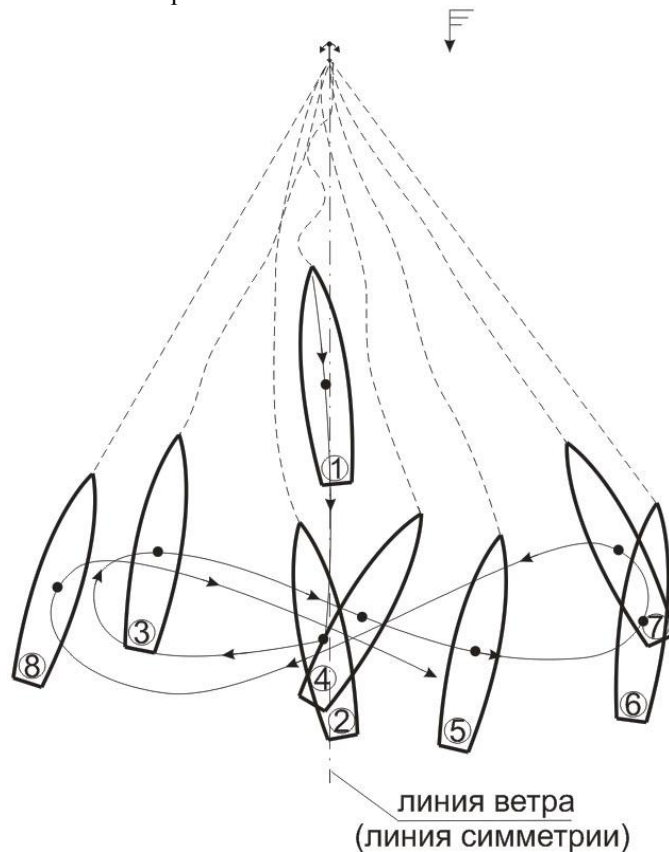


Рис. Траектория движения судна при стоянке на якорю в условиях ветрового воздействия

Контролируя поведение судна, стоящего на якорю, необходимо иметь в виду, что ошибка в определении количества вытравленной якорной цепи может привести не только к определённым особенностям в характере рыскания судна, но и к отрыву якоря от грунта в момент нахождения судна в крайних точках траектории его перемещения. Отрыв якоря от грунта и изменение его положения

возможны в том случае, когда усилие в якорной цепи достаточно для подъёма той её части, которая лежит на грунте. В связи с этим следует избегать подхода к борту судна, стоящего на якоре, в моменты выхода его в крайние точки траектории рыскания, т.к. в указанные моменты возможен отрыв якоря от грунта и, как следствие, непредсказуемое поведение швартуемого судна.

Судоводителю швартуемого судна также следует учитывать ещё весьма распространённую особенность поведения судна, стоящего на якоре: чем больше амплитуда рыскания и асимметрия носовой и кормовой надводных частей судна, тем чаще в период движения из одной крайней точки траектории в другую происходит некоторое уменьшение скорости движения, а затем резкое её нарастание в сочетании с вращательным движением. Уменьшение скорости движения судна и уваливание его под ветер происходят в период роста усилия в якорной цепи, но как только судно достигнет крайней точки траектории движения с последующим спрямлением его положения на участке "клиз – блуждающая точка касания грунта якорной цепью", под воздействием максимального усилия в якорной цепи судно будет пытаться изменить знак курсового угла к ветру. Подобные "попытки" к перемене знака курсового угла к ветру будут повторяться до тех пор, пока очередное обтягивание якорной цепи при более значительном угле между линией симметрии и направлением якорной цепи не сообщит судну инерцию, достаточную для перемены наветренного борта. Скорость движения судна по траектории рыскания постоянно меняется, она максимальна в момент пересечения судном линии симметрии и минимальна в момент выхода судна в крайние точки траектории (Юдин и др., 2009).

Суда с развитыми носовыми надстройками в большей степени подвержены рыскливости. Рыскливость снижается, а следовательно, исключаются и сильные нагрузки на якорную цепь, если стоящее на якоре судно не имеет возможности к свободному перемещению, это достигается, например, работой машины самым малым задним ходом. При этом необходимо постоянно следить за положением якорной цепи, не допуская её выпрямления. Стабилизация положения судна при стоянке на якоре может успешно использоваться как для уменьшения вероятности срыва якоря с грунта (для повышения устойчивости якорной стоянки в целом), так и для содействия швартовке судна, подходящего к борту.

### 3. Заключение

При принятии решения о выполнении или не выполнении швартовной операции судоводители руководствуются исключительно собственным практическим опытом, а при его отсутствии отказываются от выполнения швартовной операции к борту судна, стоящего на якоре. Следствием этого, как правило, является неоправданная потеря времени и другие эксплуатационные потери. Принятие во внимание рассмотренных выше закономерностей характера движения судна на якоре поможет избежать неоправданных эксплуатационных рисков и повысить эффективность выполнения грузовых и других операций с судами на якоре.

### Литература

- Тихомиров В.П. Управление маневрами корабля. М., Воениздат, 340 с., 1963.  
Юдин Ю.И. Синтез моделей механизма предвидения для экспертных систем, обеспечивающих безопасную эксплуатацию судна. Мурманск, МГТУ, 198 с., 2007.  
Юдин Ю.И., Пашенцев С.В., Мартюк Г.И., Юдин А.Ю. Теоретические основы безопасных способов маневрирования при выполнении точечной швартовки. Мурманск, МГТУ, 152 с., 2009.