

УДК 629.5.058.44/77 : 656.61.052.4

Статистический анализ судовых курсограмм в цифровой форме

Д.П. Тёлушкин

Судомеханический факультет МА МГТУ, кафедра технической механики

Аннотация. Статья посвящена статистическим исследованиям данных судовых курсограмм с целью определения различных режимов динамической системы "судно – море". Особое внимание уделяется применению статистического анализа к обработке курсовых данных и выявления в них опасных режимов. Выводы подтверждаются большим количеством обработанных курсовых данных. Намечены направления дальнейших исследований.

Abstract. The work contains researches concerning statistic course recording data analysis for detection of different regimes in the dynamic "ship – sea" system, and plans directions of further investigations. The special attention has been paid to application of statistic analysis to course recording data processing and detection of unsafe regimes. The conclusions have been corroborated by a large amount of course recording data analyzed.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, статистический анализ, судовые курсограммы

Keywords: navigation safety, statistical analysis, course recording data

1. Введение

За последние 20 лет, по данным МАИБ (Marine Accident Investigation Branch) произошло увеличение общемирового тоннажа судов, более чем на 300 %, что усложнило решение задач обеспечения безопасности мореплавания (МАИБ, 2009). Динамика системы "судно – окружающая среда" сложна, но факторами, которые влияют на неё наиболее значительно, являются ветровое воздействие и волнение (Динамические..., 2001; Мартюк и др., 2004; Belenky, Falzarano, 2006). Основываясь на очевидном воздействии этих факторов на динамику показаний судового самописца-курсографа (угол рыскания), нами был проведен анализ судовых курсограмм. Целью эксперимента было установление возможности получения из них информации, которая может быть использована для анализа маневренности судна и предсказания опасных ситуаций, в том числе потери управляемости.

2. Статистический анализ судовых курсограмм и его результаты

Данные для анализа были получены из отчета цифровой навигационной системы NAVSTAR с использованием гирокомпаса "Гюйс-М", сопряженного по цифровому интерфейсу RS-232 с курсографом 23Ц-М и непосредственно с самой навигационной системой рыбопромыслового судна. Последнее имело следующие характеристики: водоизмещение порожнее 410 т, длина корпуса 38.9 м, ширина по мидель-шпангоуту 8.5 м. Для исследования были доступны данные за период 5 недель, в течение которых судно перемещалось в 20-мильной прибрежной зоне Норвежского и Баренцева морей.

Курсограмма движения судна в непосредственном виде представлена на рис. 1 и 2.

На рис. 1 представлен цифровой отчет курсографа за промежуток 5000 с с шагом в одну секунду, на рис. 2 – первые 200 с того же отчёта. Поскольку при рассмотрении отчётов мы часто наблюдали

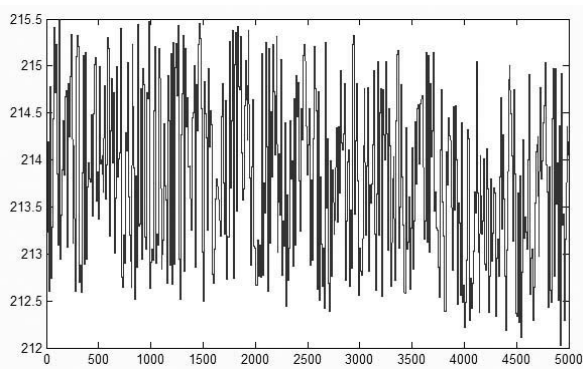


Рис. 1. График курсограммы в исходном виде

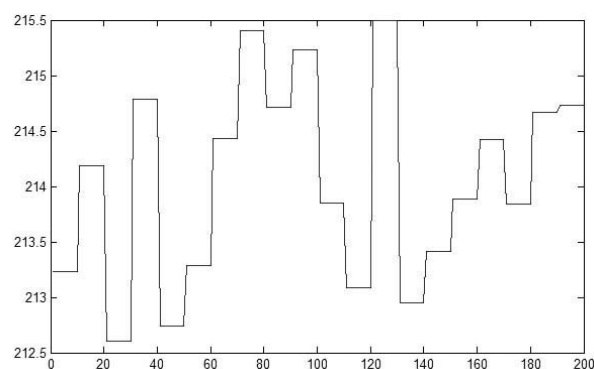


Рис. 2. График курсограммы в исходном виде
(крупный масштаб)

Таблица 1. Статистические параметры при разной силе ветра (ветер в борт)

Статистический параметр	Скорость ветра (3-5 м/с)	Скорость ветра (9-14 м/с)	Скорость ветра (18-20 м/с)
Коэффициент асимметрии	-0,025	-0,0169	0,0606
Стандартное отклонение, град.	0,587	0,874	0,563
Коэффициент эксцесса	1,802	1,803	1,838
Размах рыскания, град.	2,271	3,133	2,138
Пик-фактор	1,93	1,79	1,9

Таблица 2. Статистические параметры при разном направлении ветра относительно судна

Статистический параметр	Направление ветра (скорость 11-14 м/с)		
	Корма	Нос	Борт
Коэффициент асимметрии	0,0575	0,0251	-0,0169
Стандартное отклонение, град.	0,863	0,594	0,874
Коэффициент эксцесса	1,784	1,927	1,803
Размах рыскания, град.	3,089	2,487	3,133
Пик-фактор	1,79	2,093	1,79

незначительные отклонения курса по типу сноса, была применена интерполяция квадратичным сплайном, и в дальнейшем мы анализировали статистику отклонения от квадратичного сплайна, рассматривая его как динамическую часть сигнала.

Для анализа, результаты которого представлены в табл. 1, были взяты данные сигнала курсографа при разной силе ветра, но при одинаковом его направлении: в борт судна. В табл. 2 представлены результаты статистического анализа данных, полученных при сходной скорости ветра, но с различным его направлением относительно корпуса судна (борт, корма, нос).

Как видно из таблиц 1 и 2, большинство из параметров системы не имеет явной зависимости от силы или направления ветра. Но все они в той либо иной степени способны характеризовать состояние системы "судно – окружающая среда".

Коэффициент асимметрии определяется влиянием присоединенных масс воды – инерционного влияния жидкости, определяющего параметры движения судна. Результаты анализа показывают, что асимметрия возрастает при попутной волне и при значительной силе ветра. Отличная от нуля величина коэффициента асимметрии является также доказательством наличия неоднородности по типу медленного дрейфа нуля в исходном сигнале курсографа. В частности, сравнение диаграмм плотности вероятности распределения амплитуд сигнала, представленных на рис. 3 (сигнал соответствует столбцу 4, табл. 1) и рис. 4 (сигнал соответствует столбцу 3, табл. 1), дает возможность наблюдать различный масштаб проявления асимметрии в сигнале курсографа. Достижение максимальных значений асимметрии при кормовой волне и значительной силе ветра может быть связано с проявлением эффектов брочинга.

Стандартное отклонение, являясь индикатором изменчивости сигнала, характеризует его энергетическую оценку. Данная величина возрастает при среднем ветре, а также при попутной и бортовой волне. Данный эффект обусловлен разным характером волнения, возникающим при различающихся направлениях и силе ветра. В частности, рассматриваемое явление может быть объяснено теорией волнения как эффект слемминга в результате ударов корпуса о крутую короткую волну.

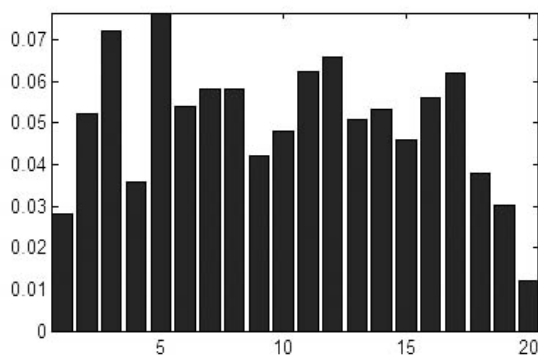


Рис. 3. Диаграмма плотности вероятности распределения амплитуд

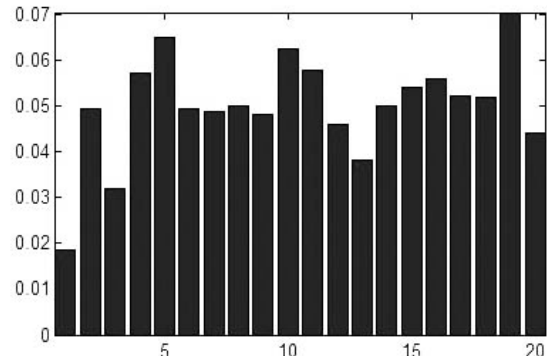


Рис. 4. Диаграмма плотности вероятности распределения амплитуд

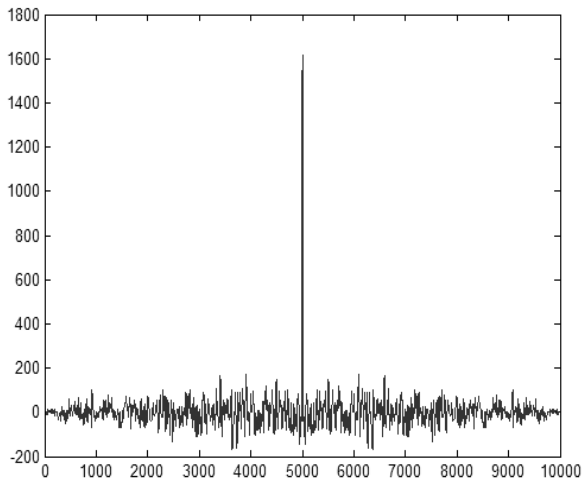


Рис. 5. Полный график функции автокорреляции

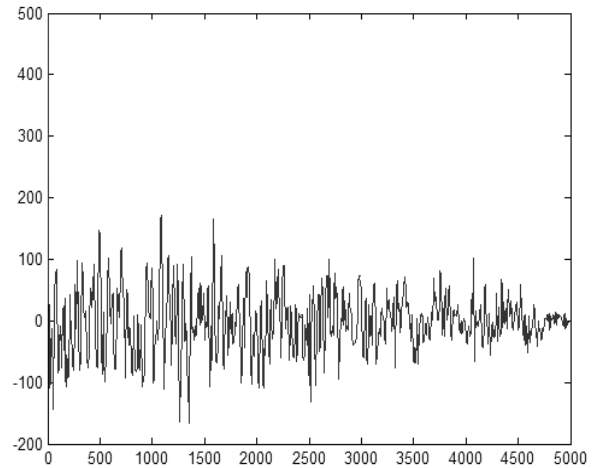


Рис. 6. График функции автокорреляции (правая часть)

Экссесс является мерой полимодальности закона распределения, обусловленной проявлением гармоник в процессе. Наибольшее значение рассматриваемый параметр имеет при направлении ветра навстречу судну, это обусловлено проявлением гармонической (регулярной) качки в сигнале рыскания при таком направлении ветра.

Размах рыскания, улавливая крайние отклонения, характеризует абсолютную величину рыскания в исследуемом сигнале курсографа. Достижение этим параметром максимальных значений в случае направления ветра в корму и борт, то есть на попутной и бортовой волне, также позволяет надеяться на использование его для поиска проявлений эффектов брочинга.

Пик-фактор в нашем случае характеризует импульсную динамику взаимодействия судна с окружающей средой. Учитывая, что для гармонических сигналов значение пик-фактора должно быть близко к значению 1,414, данный статистический параметр указывает на импульсные неоднородности в исходном сигнале.

На рис. 5 и 6 представлен график автокорреляции (коррелограмма) анализируемого временного ряда (сигнал соответствует столбцу 4, табл. 2). Автокорреляция использовалась нами для проверки, являются ли рассматриваемые данные случайными или существует скрытая осциллирующая зависимость. Поскольку значения автокорреляционной функции значительно отличаются от нуля, то проверка на хаотичность пройдена, и сигнал нашей выборки не является случайным, а содержит некоторые скрытые зависимости. Кроме того, успешная проверка на хаотичность по данным функции автокорреляции подтверждает законность наших предыдущих статистических заключений.

Представленный на рис. 5 полный график функции автокорреляции позволяет сделать вывод о наличии в анализируемом сигнале "белого шума". Очевидным является факт, что автокорреляционная функция достигает максимума в нуле, но в рассматриваемом случае максимум превосходит остальные значения функции в 8 и более раз, что позволяет сказать о наличии в рассматриваемой системе "белого шума".

На рис. 6 представлена только правая часть полной коррелограммы, из него мы можем сделать следующий вывод: график демонстрирует знакопеременную последовательность положительных и отрицательных локальных экстремумов, постепенно затухающих во времени. Такой вид автокорреляционной функции соответствует периодическому исходному сигналу. Оценка периода функции автокорреляции в правой части графика близка к 500 отсчетам (2500 с или около 40 минут).

3. Заключение

В работе показано, что при обработке данных судовых курсограмм статистические методы применимы и позволяют, при наличии достаточного объема исходных данных, косвенно судить о проявлении режимов волнения в управляемости судна. В частности, они могут частично характеризовать процессы, происходящие в системе управления судном, включая потенциально опасные, особенно для малотоннажных судов, проявления брочинга. Но, с другой стороны, обычный спектральный анализ недостаточно эффективен к выявлению возможных периодов, на которые косвенно указывает автокорреляция. По этой причине в дальнейших работах планируется использовать динамический подход к анализу судовых курсограмм, позволяющий выявить закономерности изменения текущей

курсовой динамики во времени. Использование методов динамического анализа, возможно, позволит более оперативно выявлять потенциально опасные режимы, которые могут приводить к частичной или полной потере управляемости судном.

Литература

Belenky V., Falzarano J. Rating-based maneuverability standards. *USA, Florida. SNAME Annual Meeting Conference*, p.227-246, 2006.

Marine Accident Investigation Branch (MAIB) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maib.gov.uk>, (дата обращения: 20.09.2009).

Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. *Сб. статей. Отв. ред. Г.В. Шевченко. Южно-Сахалинск, Институт морской геологии и геофизики Сахалинского научного центра ДВО РАН*, 214 с., 2001.

Мартюк Г.И., Юдин Ю.И., Юдин А.Ю. Учет ветра в математической модели судна с целью оценки его влияния на маневренные характеристики. *Вестник МГТУ*, т.7, вып. 3, с.375-380, 2004.