

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА КРИТЕРИЕВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМАХОВ В ИЗМЕРЕНИЯХ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Рассмотрено понятие «промах в измерениях навигационных параметров» в контексте современных условиях судовождения. Показано, что эти условия оставляют вахтенному помощнику капитана минимум времени для оценки адекватности измерений и выявления промаха, при том, что культура измерений, которая среди прочего лежит в основе безопасности плавания, не позволяет судоводителю игнорировать проверку результатов измерений на промах. Проведен краткий анализ соотношения двух способов выявления и исключения промахов: принятого в практике судовождения интуитивного цензурирования и способа, основанного на использовании специальных статистических критериев. Обоснована методика, позволяющая для любого критерия выявления промахов оценить одну из его статистических характеристик — мощность, и, сравнив критерии по этой характеристике, выбрать оптимальный. Представлены результаты применения обоснованной методики в отношении двух критериев, рекомендуемых для использования в судовождении: критерия трех сигм и критерия размаха. Методика предназначена для использования при построении различных автоматизированных систем, алгоритмы которых включают процедуру статистической обработки измерений, а также для ручной обработки измерений.

Ключевые слова: измерения, навигационные параметры, промах, критерии, мощность.

Введение

Основным критерием оптимальности судовождения, как и мореплавания в целом, является безопасность, которая обеспечивается среди прочего точностью различных измерений навигационных параметров, проводимых с целью решения задач судовождения. Крайне негативное влияние на точность измерений оказывают промахи [1], более того, принятие судоводителем решения на основе результатов измерений, являющихся промахами, может привести к катастрофическим последствиям, вплоть до аварии и гибели людей и судна.

Под промахом подразумевается измерение, результат которого для данных условий резко отличается от остальных результатов измерений этого ряда и с большой долей вероятности не принадлежит этому ряду, а также сам результат такого измерения, содержащий грубую погрешность [2]. Между тем, морская судоходная отрасль XXI в. — это постоянно растущие общий тоннаж флота, скорость и размеры судов, и, следовательно, плотность и интенсивность их движения в наиболее «популярных» акваториях Мирового океана, а также прогрессирующая автоматизация большинства технологических процессов, в том числе связанных с судовождением. При этом последняя инициировала тенденцию к сокращению численности экипажей судов, и, в частности, штурманской службы. Однако, значительно уменьшив долю ручного труда, используемый на судах комплекс различных автоматических и автоматизированных систем кроме функции контроля за их работой, возложил на судоводителя объемную функцию анализа огромного потока информации, непрерывно поступающей из множества источников.

В контексте подобных жестких условий современное судовождение, для которого характерны насыщенная, постоянная меняющаяся и подлежащая постоянному контролю навигационная ситуация, практически не оставляет судоводителю времени для осуществления объемной серии измерений или относительно продолжительного наблюдения за показаниями технического средства. В таком, порой запредельном для восприятия человеком, информационном потоке вахтенный помощник нередко ограничивается необходимым минимумом, т. е. одним измерением, и на его основе принимает решение. Подобный оперативный и псевдорациональный подход не дает возможности оценить адекватность результата измерения. Вместе с тем, например, взглянув на доли секунды на индикатор эхолота в момент скачка напряжения, судоводитель может принять за истину глубину, значительно отличающуюся от реальной и возможно небезопасной.

Априорно предотвратить появление промахов в процессе измерений навигационных параметров можно четкой организацией измерений, качественной подготовкой наблюдателей, настройкой, проверкой и тестированием технических средств и судовой системы электроснабжения, применением принципов и правил эргономики при разработке технических средств измерений. Однако все эти мероприятия даже в совокупности не дают 100 %-й гарантии отсутствия промахов. Даже тщательно подготовленные наблюдения и измерения могут дать неоднородные данные, хотя бы в силу возможной неконтролируемой изменчивости условий наблюдений.

Таким образом, основной подготовительной задачей статистической обработки измерений навигационного параметра является выявление и исключение промахов из серии измерений.

Обоснование актуальности методики

Для проверки измерений на промах разработаны специальные статистические критерии (статистики) [3] – [5], из множества которых в судовождении, как правило, рекомендуется к использованию два: критерий «трех сигм» и критерий размаха (критерий Диксона, Q -критерий, Q -статистика) [6]. Если критерий опровергает нулевую гипотезу о том, что «подозрительный» результат незначительно отличается от остальных (не является промахом), то наблюдатель должен исключить промах из выборки (из ряда измерений). Однако возможно, что причина отклонения состоит в появлении нового физического процесса. Тогда статистическое установление значимости промаха должно привлечь внимание наблюдателя к этому процессу.

Принятое в практике судовождения интуитивное цензурирование результатов измерений основано на знании судоводителем текущих условий плавания и их динамики и на использовании следующего принципа: *«такого результата измерений не может быть, так как его не может быть при настоящих условиях плавания»*. Однако интуитивное цензурирование, ни в коей мере, не отменяет самого института статистических критериев выявления промахов. Так, оптимальное с точки зрения самоконтроля построение автоматических и автоматизированных навигационных систем должно предусматривать в своем алгоритме один или несколько критериев, а любое техническое и методологическое новшество судовождения должно пройти процедуру испытаний и апробирования, сопровождающуюся проведением измерений и обработкой их результатов, включающую проверку на промах.

Природа навигационных измерений такова, что судоводитель не может знать ни саму генеральную совокупность, ни ее характеристики, однако генеральная совокупность существует, хотя и носит некоторый виртуальный характер. Действительно, пусть судоводитель измеряет при помощи оптического пеленгатора пеленг, осуществляя серию наблюдений. Каков бы ни был объем этой серии, последняя все равно является выборкой по отношению к той самой виртуальной генеральной совокупности, объем которой стремится к бесконечности (здесь можно даже применить некорректное сочетание «равен бесконечности»). То же самое можно отнести и к измерениям, которые осуществляются (обрабатываются) различными автоматизированными навигационными системами.

По-другому обстоит дело, например, при проверке качества какой-либо выпускаемой на заводе детали, когда из известной генеральной совокупности в тысячу единиц делают выборку из десяти деталей. Поэтому судоводитель, исследователь или автоматическая система никак не могут оценить реальное распределение генеральной совокупности, принимая для определенности и на основании предельной теоремы Ляпунова, что случайные погрешности результатов навигационных измерений (а, значит, и непосредственно результаты) распределены нормально. Иными словами, при исследовании случайных погрешностей различных навигационных параметров априори принимается нормальное распределение [7], [8] генеральной совокупности как самих погрешностей, так и результатов измерений.

Однако распределение результатов измерений, составляющих серию (распределение выборки), в общем случае отлично от нормального. Это имеет место, в первую очередь, из-за малого

объема серии, а не из-за ошибочности предположения о нормальном распределении генеральной совокупности и бесконечного объема последней. Действительно, никакой судоводитель не будет измерять подряд десятки (а автоматизированная система — сотни и тысячи) отсчетов навигационного параметра. В лучшем случае он ограничится выполнением трех – пяти отсчетов (а в редких случаях немного большим их количеством). При этом точечные оценки характеристик генеральной совокупности (математического ожидания и дисперсии), вычисленные по серии (выборке) малого объема, будут, определенным образом, отличаться (иметь сдвиг) относительно самих характеристик. Очевидно, что это различие будет уменьшаться при увеличении объема выборки, что в практике судовождения осуществить невозможно.

Вместе с тем обоснование критериев выявления промахов приводится в предположении строго нормального распределения случайных величин (результатов измерений или их погрешностей). Исходя из этого предположения, определяются и соотношения критических значений статистик и функций мощности (уровня значимости, доверительной вероятности и непосредственно мощности). Таким образом, функции мощности, численные значения которых задаются при использовании критериев, имеют теоретический характер. Кроме того, алгоритмы использования критериев, как правило, включают в себя только уровень значимости или доверительную вероятность (т. е. вероятность совершения или не совершения ошибки первого рода), при этом игнорируются численные значения вероятности совершения ошибки второго рода (или, точнее, обратная вероятность, т. е. непосредственно мощность критерия). Однако достаточно очевидно, что отвергнуть правильную гипотезу, т. е. признать промахом измерение, которое таковым не является, и при этом совершить ошибку первого рода менее опасно, чем принять ошибочную нулевую гипотезу, т. е. «пропустить» промах в серию измерений.

Таким образом, большое значение в числе прочего для выбора критерия выявления промаха в серии измерений конкретного объема имеют результаты эмпирической оценки мощности различных критериев на разных уровнях теоретической доверительной вероятности применительно к выборкам различного, но относительно малого, объема. Тем более, что исследование и оценка мощности различных статистических критериев являются неотъемлемым условием развития прикладных математических методов [9], [10].

Описание методики

Приведем поэтапное описание методики, предлагаемой для эмпирической оценки мощности критериев выявления промахов, и некоторые результаты применения этой методики в отношении критерия «трех сигм» и критерия Диксона для двух доверительных вероятностей: 0,95 и 0,995. В основу методики положено моделирование измерений при игнорировании экспериментальных данных. Подобный подход объясняется той же гипотезой о нормальном распределении генеральной совокупности случайных погрешностей результатов навигационных измерений, а, точнее, предназначением критериев для работы именно с нормально распределенными совокупностями. Действительно, если в основу методики положить большую совокупность экспериментальных данных, распределение которой, в общем случае, будет отличаться от строго нормального, то по отношению к этой совокупности и выборкам, из нее осуществленным, практически невозможно определить «эталон», по сравнению с которым и будет приниматься решение о том, правильно ли «отработал» критерий или нет. Кроме того, моделирование измерений является традиционным методом для подобного рода исследований, который применялся, например, Диксоном.

Оценка мощности проводится для выборок различного объема (в приведенных далее вычислениях используются выборки из 5, 10, 15 и 25 измерений) и различных доверительных вероятностей (если такое различие предусмотрено критерием). На первом этапе формируется (моделируется) генеральная совокупность большого объема (много больше объема выборок), эле-

менты которой распределены строго по нормальному закону (т. е. закон распределения можно считать нормальным с доверительной вероятностью, равной единице). Например, на рис. 1 приведена гистограмма такого распределения с математическим ожиданием $a = 5$ и стандартом $\sigma = 1$. Для удобства будем считать, что рассматриваемой дискретной случайной нормально распределенной величиной является пеленг ориентира.

Согласно правилу «трех сигм», все значения случайной нормально распределенной величины заключены в пределах $(a - 3\sigma; a + 3\sigma)$ с вероятностью 99,7 % (т. е. практически достоверно). Действительно, в генеральной совокупности, приведенной на рис. 1, только два значения из тысячи выходят за эти пределы. Здесь необходимо указать на различие в правиле и критерии «трех сигм». Правило задает пределы, в которых находится случайная величина по математическому ожиданию и стандарту, т. е. по характеристикам генеральной совокупности. В случае критерия «трех сигм» принимается во внимание интервал $(\bar{x} - 3\sigma_{\text{выб}}; \bar{x} + 3\sigma_{\text{выб}})$, полученный по результатам статистической обработки выборки (серии измерений навигационного параметра) ограниченного объема. При этом, если измеренное значение навигационного параметра выходит за пределы $(a - 3\sigma; a + 3\sigma)$, то с вероятностью 99,7 % можно считать, что оно является промахом. Аналогичный вывод в отношении вероятности делать нельзя, если результат измерения выходит за пределы интервала $(\bar{x} - 3\sigma_{\text{выб}}; \bar{x} + 3\sigma_{\text{выб}})$. Это, в первую очередь связано с тем, что точечные оценки \bar{x} и $\sigma_{\text{выб}}$ характеристик a и σ генеральной совокупности это далеко не одно и то же, что и сами характеристики (особенно при выборках малого объема).

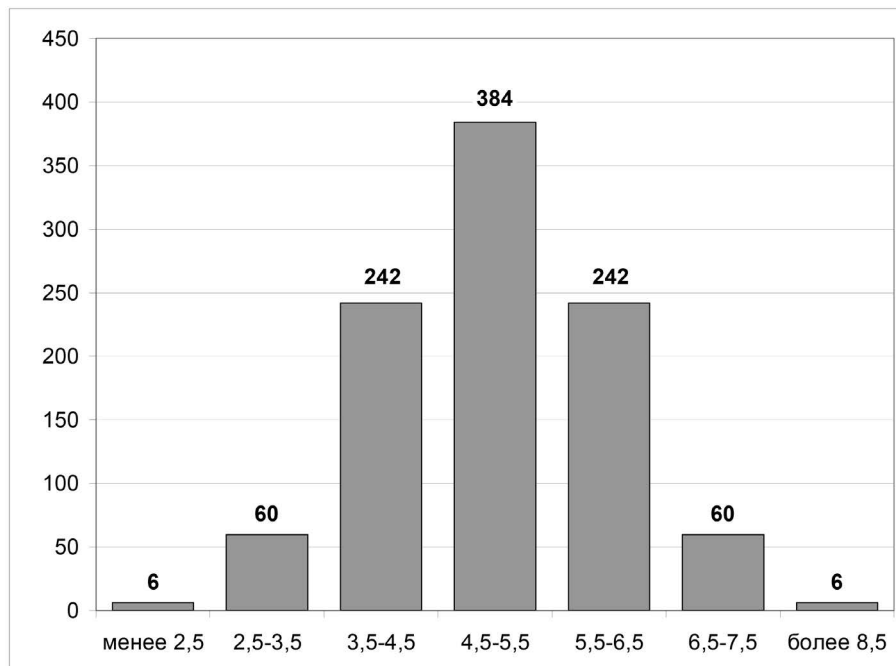


Рис. 1. Гистограмма генеральной совокупности

Второй этап методики предполагает извлечение из генеральной совокупности некоторого количества выборок заданного заранее объема. Извлечение происходит случайным образом. Количество выборок должно быть таким, чтобы обеспечить достаточную точность результатов дальнейших вычислений. В приведенных расчетах использовалось по пятьдесят выборочных совокупностей для каждого исследуемого объема выборки. Очевидно, что каждая серия измерений будет свободна от промахов. Далее алгоритм предусматривает постепенное увеличение максимального значения каждой выборки (т. е. образуются новые выборки). При этом каждый раз максимальное значение проверяется на промах различными критериями при различных доверитель-

ных вероятностях (уровнях значимости). Для удобства обобщения и анализа результатов проверки на промах используем нормированное отклонение $h = (x_{\max} - a) / \sigma$. Таким образом, значения x_{\max} будут являться промахами, если для них $h \geq 3$.

Условие $h \geq 3$ является граничным для единичной проверки мощности критерия выявления промаха. Если при $h \geq 3$ критерий обнаружил промах или при $h < 3$ его не обнаружил, то единичная проверка прошла успешно. Здесь необходимо заметить, что необнаружение критерием промаха при $h \geq 3$ является ошибкой второго рода, а количество успешных единичных проверок будет характеризовать непосредственно мощность критерия в статистическом смысле. Соответственно случай обнаружения критерием промаха при $h < 3$ является ошибкой первого рода, а количество успешных единичных проверок будет эмпирической оценкой доверительной вероятности. Как отмечалось ранее, мощность и доверительную вероятность можно обобщить одним термином — *функции мощности*. Вместе с тем Диксон в подобном случае употреблял термин *производительность* (*performance*). Однако для удобства изложения материала в настоящей статье будем использовать единый термин — *мощность*.

Так как отстояние максимального значения исходной выборки от значения случайной величины, соответствующей $h = 3$, и правой границы интервала $(a - 3\sigma; a + 3\sigma)$ небольшое, то при $h < 3$ максимальное значение выборки необходимо увеличивать с небольшим шагом, чтобы для построения адекватной линии тренда получить несколько значений h . При $h \geq 3$ этот шаг можно увеличить. Приведем пример. Из генеральной совокупности, приведенной на рис. 1, сделаем выборку объемом $n = 5$: 4,70; 5,06; 5,75; 6,00; 6,53, а затем выполним следующие действия:

- увеличим максимальное значение этой выборки до семи ($h = (7 - 5) / 1 = 2$) и исследуем это значение на промах поочередно каждым из исследуемых критериев на различных уровнях значимости;

- проведем такую же проверку на промах максимальных значений 7,2; 7,4; 7,6; 7,8, т. е. при нормированных отклонениях, равных 2,2; 2,4; 2,6; 2,8;

- для максимальных значений, равных восьми и более, т. е. при $h \geq 3$, шаг изменения можно увеличить до 0,5.

На третьем этапе применения методики для каждого значения нормированного отклонения h , каждого критерия и уровня значимости подсчитывается общее количество $N_{\text{кри}}(h, \alpha)$ единичных проверок и количество $S_{\text{кри}}(h, \alpha)$ удачных единичных проверок. Тогда частное

$$E_{\text{кри}}(h, \alpha) = \frac{S_{\text{кри}}(h, \alpha)}{N_{\text{кри}}(h, \alpha)}$$

будет являться показателем эффективности (мощностью) критерия на уровне значимости α при нормированном отклонении h .

Подсчитав по каждому критерию и уровню значимости значения $E_{\text{кри}}(h, \alpha)$ для различных значений нормированного отклонения, необходимо построить графики зависимости $E_{\text{кри}}^{\alpha}(h)$. Априорно можно утверждать, что для кривых $E_{\text{кри}}^{\alpha}(h)$ точка $h = 3$ будет являться точкой разрыва.

Приведенный алгоритм последовательно применяется к выборкам различного объема. После того как расчеты по всем объемам выборок будут выполнены, а графики — построены, есть смысл в построении кривых, определяющих зависимость $E_{\text{кри}}^{\alpha}(n)$ для нескольких различных значений нормированного отклонения, близких справа и слева к $h = 3$. При построении графиков с конечными значениями мощности критериев целесообразно выполнить два графика, один из них будет содержать значения при $h \geq 3$, а другой при $h < 3$.

В таблице (с. 21) отображены результаты применения методики в отношении указанных критериев, которые содержат значения мощности в зависимости от значения нормированного

отклонения и объема выборки. В качестве примера графического отображения результатов применения методики на рис. 2 приведена зависимость мощности критериев от величины нормированного отклонения для объема выборки, равной 25 (для $h \geq 3$), а на рис. 3 — зависимость мощности критериев от объема выборки (для $h = 3,2$). Для получения точки, максимально приближенной слева к граничному значению h , априорно принято, что $h = 3$ при необходимости трактуется как $h = 2,99$.

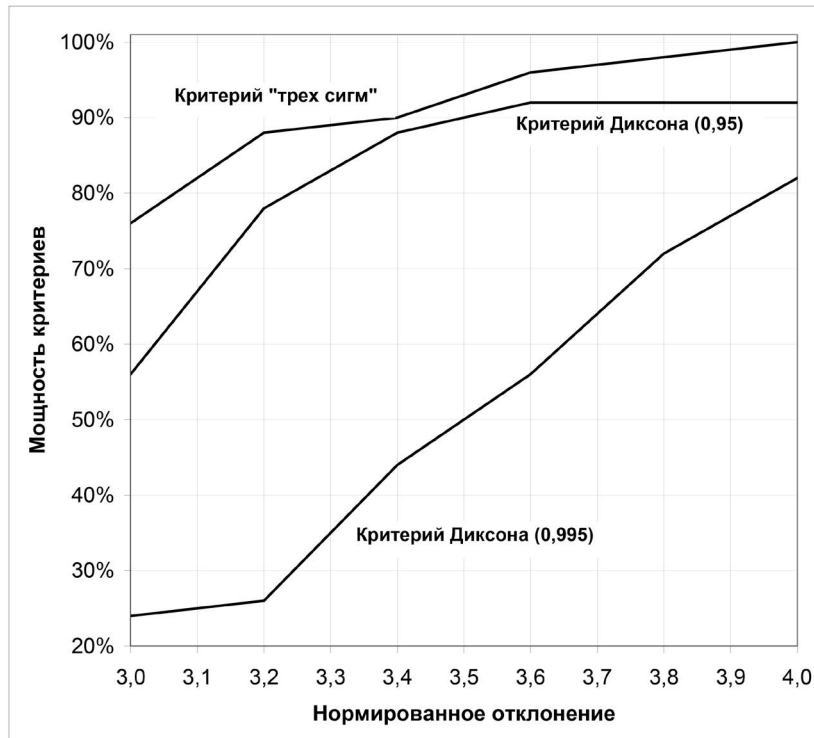


Рис. 2. Зависимость мощности критериев от величины нормированного отклонения

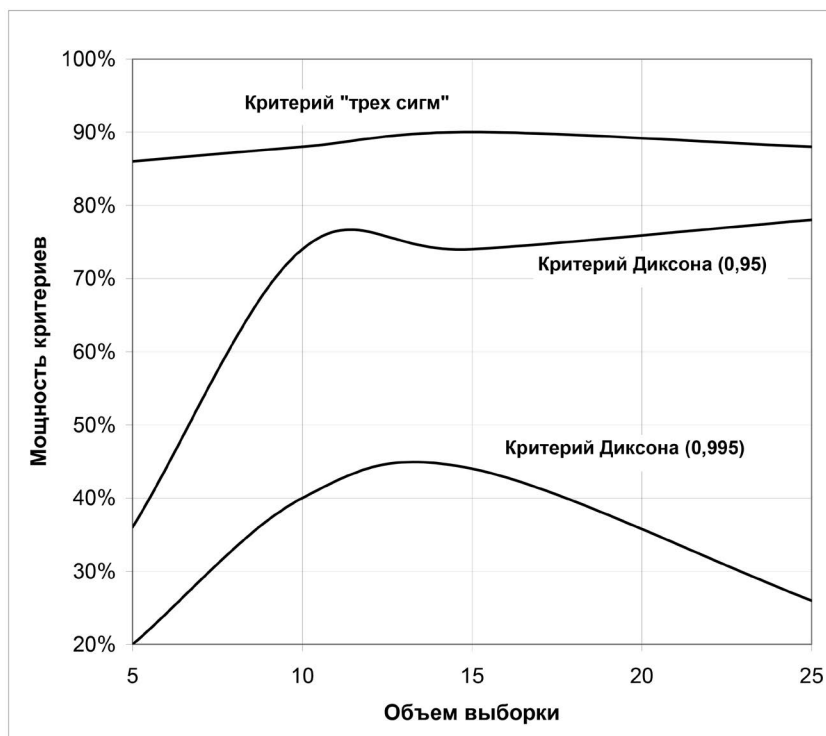


Рис. 3. Зависимость мощности критериев от объема выборки

**Мощности критериев для серий измерений различного объема
и разных значений нормированного отклонения**

Критерии различной доверительной вероятности	Объем выборки (количество измерений в серии) $n = 5$												
	Нормированное отклонение h												
	2,5	2,8	2,99	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0
	Значения мощности в процентах												
Критерий «трех сигм»	38	28	18	82	86	86	92	98	98	98	100	100	100
Критерий Диксона, 0,995	90	88	10	20	20	26	30	30	30	34	44	58	76
Критерий Диксона, 0,950	74	70	68	32	36	40	44	50	52	72	78	90	100
	Объем выборки (количество измерений в серии) $n = 10$												
Критерий «трех сигм»	40	20	16	84	88	92	98	98	100	100	100	100	100
Критерий Диксона, 0,995	90	84	74	26	40	42	52	54	64	74	84	98	100
Критерий Диксона, 0,950	58	40	32	68	74	78	86	90	96	98	100	100	100
	Объем выборки (количество измерений в серии) $n = 15$												
Критерий «трех сигм»	42	24	18	82	90	90	92	100	100	100	100	100	100
Критерий Диксона, 0,995	82	70	64	36	44	50	58	66	72	82	94	98	100
Критерий Диксона, 0,950	56	38	34	66	74	82	86	94	94	98	100	100	100
	Объем выборки (количество измерений в серии) $n = 25$												
Критерий «трех сигм»	70	36	24	76	88	90	96	98	100	100	100	100	100
Критерий Диксона, 0,995	92	80	76	24	26	44	56	72	82	92	94	98	100
Критерий Диксона, 0,950	76	54	44	56	78	88	92	92	92	96	98	100	100

Представленные графически результаты оценки мощности критериев самодостаточны. Это означает, что любой специалист, занимающийся статистической обработкой навигационной информации, может, опираясь на представленные графики, учитывая специфику алгоритма применения каждого критерия и свойства обрабатываемой навигационной информации, решить для себя самостоятельно, какой критерий выявления промаха использовать. Иными словами, анализ построенных в результате применения описанной методики графиков позволит сделать вывод о том, какой из критериев выявления промахов в навигационных измерениях для определенного сочетания (α ; n) будет наиболее оптимальным и в совокупности с анализом затрачиваемых на выявление промахов ресурсов наиболее эффективным.

Выводы

Представленная методика может быть использована в случае, если генеральная совокупность распределена по закону, отличному от нормального закона распределения, и для соответствующих этому распределению критериев.

Основное предназначение данной методики — выбор оптимальных критериев выявления промахов при построении различных автоматических и автоматизированных навигационных си-

стем с целью дальнейшей их интеграции в алгоритмы этих систем. Очевидно, что методика не предназначена для применения судоводителями в их непосредственной ежедневной практической деятельности, но может быть основой для рекомендаций по статистической обработке навигационных измерений или иных данных, полученных в научных целях. Для выбора оптимального критерия и формулировки рекомендаций в некоторых случаях могут быть использованы и результаты применения методики, представленные ранее.

В любом случае, как начинающие свою карьеру, так и опытные судоводители, вне зависимости от реального объема знаний, умений и навыков, касающихся теории погрешностей, должны осознавать, что любые измерения, проводимые на борту судна, могут содержать промах, поэтому всегда следует критично относиться к любой цифре, вне зависимости от того, получена ли она при ручных измерениях навигационного параметра (пеленга, высоты светила и др.) или при помощи технических средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рябченко Р. Б.* Идентификация промахов, обеспечивающая безопасность плавания в стесненных водах / Р. Б. Рябченко, В. В. Шутов, В. И. Меньшиков // Эксплуатация морского транспорта. — 2010. — № 3. — С. 38–40.
2. *Ермаков С. В.* Детализация понятия «промах в навигационных измерениях» / С. В. Ермаков // Инновационная наука. — 2015. — № 8–2 (8). — С. 33–38.
3. *Марков В. В.* Обзор способов повышения качества результатов многократных измерений при исключении промахов / В. В. Марков, О. Н. Борзенкова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. — 2007. — № 3. — С. 104–106.
4. *Тарасов И. Е.* Автоматическая фильтрация промахов в информационно-измерительных системах на основе Байесовской статистики / И. Е. Тарасов // Электромагнитные волны и электронные системы. — 2010. — Т. 15. — № 9. — С. 51–55.
5. *Колчев А. А.* Использование критерия обнаружения промахов при подавлении сосредоточенных по спектру помех / А. А. Колчев, А. О. Щирый // Обзорение прикладной и промышленной математики. — 2006. — Т. 13. — № 4. — С. 654–655.
6. *Кузнецов В. В.* Алгоритм обнаружения серии выбросов по критерию Диксона в инверсионной вольтамерометрии / В. В. Кузнецов, С. В. Романенко, С. Л. Ларин // Аналитика и контроль. — 2014. — Т. 18. — № 3. — С. 310–315.
7. *Камалян Р. З.* О нормальном распределении / Р. З. Камалян, С. Р. Камалян // Вестник ИМСИТ. — 2006. — № 1–2. — С. 9.
8. *Волкова С. Н.* Экономическо-математическое обоснование перехода действия закона нормального распределения в распределение Пуассона / С. Н. Волкова, Ю. И. Майоров, А. В. Шлеенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2009. — Т. 3. — № 3. — С. 6–8.
9. *Лемешко Б. Ю.* Мощность критериев согласия при близких альтернативах / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко, С. Н. Постовалов // Измерительная техника. — 2007. — № 2. — С. 23–29.
10. *Филоненко П. А.* Исследование влияния закона распределения моментов цензурирования и степени цензурирования на мощность критериев однородности / П. А. Филоненко, С. Н. Постовалов // Сибирский журнал индустриальной математики. — 2014. — Т. XVII. — № 3. — С. 122–134.

METHOD OF COMPARATIVE ANALYSIS OF CRITERIA FOR THE IDENTIFICATION OUTLIER IN THE MEASUREMENTS NAVIGATION PARAMETERS

The concept of “outlier in the measurement of navigation parameters” in the context of modern conditions of navigation was considered. It is shown that these conditions leave for watch officer the minimum of time to assess the adequacy of measurement and detection outlier, though, that the culture of measurement, which

among other things is the basis of the safety of navigation, not allowing the navigator to ignore the outlier test of measurements results. The brief analysis of the ratio of two ways to identify and eliminate outliers: intuitive censoring adopted in the navigation practice and technique based on the use of specific statistical tests. It is founded the method, which allows for any criterion of outlier detection to assess of its statistical characteristics — power and choose the best criterion comparing the criteria of their power. It is presented the results of application founded method in regard to two criteria are recommended for use in navigation — three sigma criterion and the criterion of scale. The method is intended for use in the construction of a variety of automated systems, algorithms which include statistical processing of the measurement procedure and for manual measurement processing.

Keywords: measurements, navigation parameters, outlier, criteria, power.

REFERENCES

1. Ryabchenko, R. B., V. V. Shutov, and V. I. Menshikov. “Identification of near misses providing safety of the navigation in congested waters.” *Jekspluatacija morskogo transporta* 3 (2010): 38–40.
2. Ermakov, S. V. “Detalizacija ponjatija “promah v navigacionnyh izmerenijah”.” *Innovacionnaja nauka* 8–2(8) (2015): 33–38.
3. Markov, V. V., and O. N. Borzenkova. “The survey of the methods of raised the quality of the results of frequent measuring by the excluded the blunders.” *Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii* 3 (2007): 104–106.
4. Tarasov, I. E. “Authomatic impulse noises filtration for measurement systems based on the Bayesian statistics.” *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* 15.9 (2010): 51–55.
5. Kolchev, A. A., and A. O. Shhiryj. “Ispolzovanie kriterija obnaruzhenija promahov pri podavlenii sosredotochennyh po spektru pomeh.” *Obozrenie prikladnoj i promyshlennoj matematiki* 13.4 (2006): 654–655.
6. Kuznetsov, V. V., S. V. Romanenko, and S. L. Larin. “Detection algorithm of a series of releases by Dixon criterion in inversion voltammetry.” *Analitika i kontrol* 18.3 (2014): 310–315.
7. Kamalyan, R. Z., and V. R. Kamalyan. “The normal distribution.” *Vestnik IMSIT* 1–2 (2006): 9.
8. Volkova, S. N., Ju. I. Majorov, and A. V. Shleenko. “Jekonomicheskoe-matematicheskoe obosnovanie perehoda dejstvija zakona normalnogo raspredelenija v raspredelenie Puassona.” *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy* 3.3 (2009): 6–8.
9. Lemeshko, B.Y., S. B. Lemeshko, and S. N. Postovalov. “The power of goodness of fit tests for close alternatives.” *Measurement Techniques* 50.2 (2007): 132–141.
10. Filonenko, P. A., and S. N. Postovalov. “Issledovanie vlijanija zakona raspredelenija momentov cenzurirovanija i stepeni cenzurirovanija na moshhnost’ kriteriev odnorodnosti.” *Journal of Applied and Industrial Mathematics* XVII.3 (2014): 122–134.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ермаков Сергей Владимирович —
старший преподаватель.
Балтийская государственная академия
рыбопромышленного флота
esv.klgd@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ermakov Sergey Vladimirovich —
Senior Lecturer.
BFFSA
esv.klgd@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23 октября 2015 г.