

УДК 51-7:629.5.015.12

Т. Е. Маликова,
канд. техн. наук, доцент,
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЦЕНАРИЕВ ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА ПРИ СМЕЩЕНИИ ГРУЗА

APPLYING OF CATASTROPHE THEORY FOR CLASSIFICATION OF SCENARIOS OF SHIP STABILITY LOSS DUE TO CARGO SHIFTING

Рассматривается возможность адаптации моделей теории катастроф для исследования остойчивости судов при смещении груза. В частности, анализируется применение математической модели катастрофы сборки для описания развития опасных ситуаций, связанных со смещением груза.

A possibility of accommodating of catastrophe theory models for studying ship stability when her cargo shifts is considered. In particular, application of mathematical cusp catastrophe model for describing evolution of dangerous situations pertaining to cargo shifting is analyzed.

Ключевые слова: эксплуатационная безопасность, смещающиеся грузы, опасные ситуации, теория катастроф, катастрофа сборки.

Key words: safety in operation, shifting cargoes, dangerous situations, catastrophe theory, cusp catastrophe.

И Обеспечение эксплуатационной безопасности судов, перевозящих смещающиеся грузы, является важной задачей мореплавания. Несмотря на внедрение современных средств и способов крепления грузов на морских судах, количество аварий со смещением груза не уменьшается, что требует поиска и исследования новых подходов к их предотвращению, одним из которых, несомненно, является эффективный анализ потенциально опасных ситуаций, связанных с потерей остойчивости судна при смещении груза, которые являются предшественниками аварий.

Для обеспечения безопасности судов, перевозящих смещающиеся грузы, необходимо знать и уметь анализировать не только причины возникновения самих аварий, но и сценарии развития потенциально опасных ситуаций и причины их возникновения.

Для классификации опасных ситуаций и их моделирования можно использовать метод, основанный на прикладной теории катастроф [5], который позволяет изобразить графически множество опасных ситуаций и сценариев их возникновения.

В статье исследуется катастрофа сборки как модель, описывающая состояние системы «судно–груз» (СГ-система). Следует отметить, что выбранный метод может быть использован в случае, если отклонение от правила, определяющего безопасное поведение системы, можно измерить [3, с. 399–403]. Под катастрофой здесь в соответствии с теорией понимается внезапное изменение состояния системы при малом изменении ее управляющих параметров [1; 5]. Такое изменение состояния системы возможно лишь тогда, когда она находится в точке неустойчивого равновесия. Состояние устойчивого и неустойчивого равновесия СГ-системы можно описать с помощью потенциальной функции.

Введем в качестве характеристики СГ-системы наклонения судна, возникающие из-за смещения груза. При этом вследствие действия кренящего момента судно будет уходить из положения равновесия, и для приведения его в исходное состояние необходимо создать восстанавливающий момент, образующийся силой плавучести (поддержания) и силой тяжести (веса).

Для нахождения зависимостей скоростей изменения крена судна и восстанавливающего момента (динамических переменных) от самих этих величин рассмотрим расчетную схему (рис. 1). Если задать наклонения θ_i судна как переменную относительно предполагаемой постоянной ве-

личины θ_m , а состояние остойчивости положением его метacentра — величиной Z_M относительно центра тяжести Z_G , то получим две аналитические зависимости безразмерных параметров:

— $\eta = (\theta_i - \theta_m) / \theta_m$ — наклонение судна относительно максимального угла диаграммы статической остойчивости;

— $\lambda = (Y_c - Y_G) / Y_c$ — взаимное положение сил веса и сил поддержания при наклонениях судна.

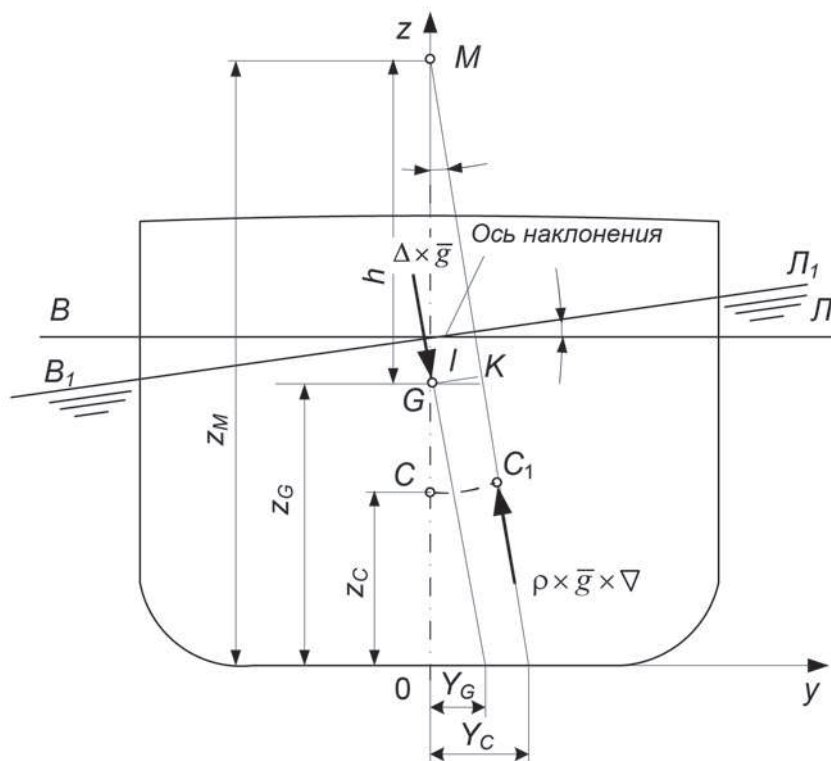


Рис. 1. Расчетная схема

Известно, что в общем случае для удержания судна от опрокидывания необходимо управлять взаимным положением сил веса и сил поддержания при наклонениях судна. Следует отметить, что в соответствии с принципом минимума потенциальной энергии СГ-система всегда будет стремиться к состоянию устойчивого равновесия, которое обуславливает возникновение опасной эксплуатационной ситуации, когда система достигает наибольшего кренящего момента, который судно может выдерживать, не опрокидываясь.

Такая система может быть представлена с помощью катастрофы сборки, потенциальная функция которой определяется следующим каноническим выражением [4]:

$$V_{\lambda\eta} = x^4/4 + \lambda x^2/2 + \eta x. \quad (1)$$

Для заданной пары (λ, η) критические точки функции (1) определяются из условия

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{4} x^4 + \frac{1}{2} \lambda x^2 + \eta x \right) = x^3 + \lambda x + \eta = 0. \quad (2)$$

Природа корней уравнения (2) зависит от значений η и λ , а именно от дискриминанта рассматриваемого кубического уравнения:

$$D = 4 \lambda^3 + 27 \eta^2. \quad (3)$$

Известно, что если $D > 0$, имеются один вещественный и пара взаимно сопряженных комплексных корней. Если $D < 0$, имеются три различных вещественных корня. Если $D = 0$, то име-

ются три вещественных корня, но некоторые из них совпадают между собой: при $\eta \neq 0$ или $\lambda \neq 0$ совпадают два корня, а при $\eta = \lambda = 0$ совпадают все три корня. Геометрически это означает, что природа корней, а значит, и равновесие системы зависят от положения судна на плоскости (η, λ) по отношению к бифуркационной кривой, определенной в координатах η, λ уравнением

$$4\lambda^3 + 27\eta^2 = 0. \quad (4)$$

Довольно сложное поведение потенциальной функции можно геометрически представить в виде многообразия катастрофы сборки M (рис. 2) или поверхности равновесия в пространстве $x\lambda\eta$. Это множество точек (x, λ, η) , удовлетворяющих уравнению (2). Оно имеет вид поверхности со сборкой в точке P .

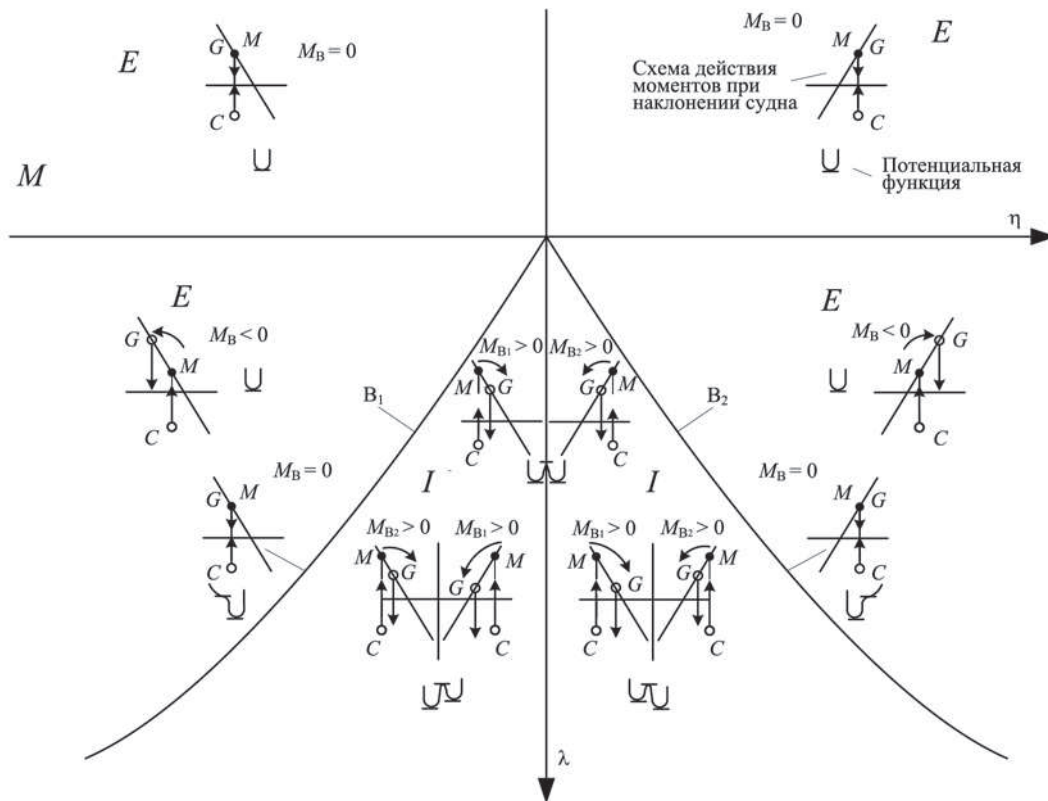


Рис. 2. Модель поведения судна в СГ-системе

Геометрическое описание положения равновесия СГ-системы. Для данной пары значений параметров (λ, η) все положения равновесия определяются значениями корней уравнения (2).

Разделим плоскость M (рис. 2) на пять подмножеств: область E — от слова “external” — «вне кривой»; область I — от слова “internal” — «внутри» кривой; две ветви B_1 и B_2 кривой от слова “bifurcation” (бифуркация) и начало координат — точка P . Если состояние системы описывается точкой $(\lambda, \eta) \in E$, то она находится в устойчивом состоянии. Если $(\lambda, \eta) \in I$, то между двумя устойчивыми состояниями есть неустойчивое состояние. Если $(\lambda, \eta) \in B_1$ или $(\lambda, \eta) \in B_2$, то система находится в устойчивом и неустойчивом состоянии, и если $(\lambda, \eta) \in P$, то состояние системы устойчиво.

Выполненный анализ и геометрическое описание положений равновесия СГ-системы позволяют построить модель поведения судна в СГ-системе, рассмотрев положения равновесия с изменением (λ, η) .

Математическая модель-интерпретация. Пусть СГ-система описывается множеством параметров (x, λ, η) и наклонение судна (рис. 1) интерпретируется как изменение параметров этой системы на некоторой траектории, расположенной на поверхности равновесия M (рис. 2) или на ее проекции в пространстве управления C .

Рассмотрим рис. 2, на котором изображены траектории движения судна в плоскости относительно оси наклона (схемы действия моментов при наклонении судна), а также потенциальные функции поведения СГ-системы.

Положение точки (λ, η) внутри бифуркационной кривой (область I) характеризует некоторый колебательный процесс удержания судна в остойчивом положении с помощью управления силой, обеспечивающей несмещаемость груза и компенсирующей воздействие внешнего возмущения. Причем если точка (λ, η) лежит на оси λ , то эти колебания симметричны относительно оси наклона (рис. 2) и положение судна можно считать безопасным при условии, что кренящий момент не достигает своего максимального значения. Приближение точек (λ, η) к бифуркационным кривым вызывает изменение характера колебаний — увеличивается угол наклона корпуса судна от оси наклона в одну сторону и соответственно уменьшается в другую. Появление асимметрии в траектории движения корпуса судна относительно оси наклона является предвестником потенциально опасной ситуации, устойчивого крена судна на один из бортов.

При удалении от точки P внутри области I происходит увеличение амплитуды колебаний судна (например, из-за смещения груза или штормовых условий), что так же может быть причиной создания потенциально опасной ситуации.

Если положение судна характеризуется параметрами (λ, η) в области E , это означает, что судно непригодно для перевозки данного вида груза и ситуация может быть квалифицирована как устойчиво опасная.

Если точка (λ, η) совпадает с началом координат системы P (точка сборки), это состояние СГ-системы теоретически устойчиво, так как $\eta = \lambda = 0$.

Если точка (λ, η) лежит на бифуркационной кривой, то колебания системы таковы, что углы крена судна соответствуют воздействию на него наибольшего кренящего момента. При этом если появится избыток кренящего момента, который будет еще больше кренить судно, то точка (λ, η) перейдет в область неустойчивого состояния системы E и судно опрокинется. Этот предел асимметричности траектории движения судна относительно оси наклона характеризуется появлением неустойчивого состояния СГ-системы в виде точки перегиба потенциальной функции вместо ее максимума. Другими словами, переход от максимума потенциальной функции к точке перегиба характеризует снижение уровня технологической безопасности в связи с зарождением тенденции неуправляемого смещения груза, что может привести к выводу положения судна из зоны I в устойчиво опасную зону E (рис. 2).

Выполненный анализ на модели катастрофы сборки позволил изобразить графически все множество возможных аварийных ситуаций, связанных со смещением груза, и сценариев их возникновения и развития. Развитие ситуации может быть определено траекторией состояния системы на многообразии катастрофы сборки или на плоскости управляющих параметров [2, с. 217–218]. Появление асимметрии в траектории движения судна в пространстве управляющих параметров является сигналом к снижению уровня безопасности, то есть к переходу СГ-системы в опасное состояние.

Список литературы

1. Арнольд В. И. Теория катастроф: [Текст] / В. И. Арнольд. — 2-е изд., доп. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 80 с.
2. Москаленко М. А. Адаптация моделей теории катастроф для исследования остойчивости судов при смещении грузов: [Текст] / М. А. Москаленко, Т. Е. Маликова // Проблемы транспорта Дальнего Востока: пленар. докл. X юбил. Междунар. науч.-практ. конф. — Владивосток: ДВО ПАТ, 2013.

3. Острейковский В. А. Прогнозирование техногенного риска динамических систем методами катастроф: [Текст] / В. А. Острейковский, С. П. Саакян, Л. В. Силин // Фундаментальные исследования. — Пенза: Академия естествознания, 2012. — № 3. — Ч. 2.

4. Poston T. Catastrophe Theory and Its Applications / T. Poston, I. Stewart. // Dover Books on Mathematics. — N. Y.: Dover Publications, 2012. — 512 p.

5. Thom R. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models / R. Thom. — 2nd ed. — Boston: Addison-Wesley, 1989.

УДК 621.396.946.2

А. А. Ильин,

зав. кафедрой радиосвязи на морском флоте,
канд. техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ СПУТНИКОВЫХ РАДИОЛИНИЙ ДЛЯ СВЯЗИ С НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМОЙ

PARAMETERS CALCULATIONS OF SATELLITE RADIO LINKS FOR COMMUNICATIONS WITH THE OIL-EXTRACTING PLATFORM

В статье рассматривается обобщенный алгоритм расчета основных параметров широкополосных (Broadband) спутниковых пользовательских радиолоний. Для упрощения понимания сути расчетов алгоритм разделен на четыре блока. В примерах используются данные о спутнике Inmarsat-4 и терминале класса 3 системы Inmarsat BGAN. Методику предлагается использовать в инженерных расчетах, курсовом и дипломном проектировании.

In article the generalized algorithm for calculation of key parameters of broadband satellite user radio links is considered. For understanding simplification the algorithm is shared into four parts. For examples the specifications of the Inmarsat-4 satellite and Class 3 Inmarsat BGAN terminal are used. The technique is offered to be used in engineering calculations, course and degree design.

Ключевые слова: угол места и азимут, топоцентрическое расстояние, наклонная дальность, эффективная изотропная излучаемая мощность, подводимая к антенне мощность, потери на свободное пространство, дополнительные потери, добротность и эквивалентная шумовая температура, скорость и эффективность кадра передачи.

Key words: elevation angle and azimuth, topocentric distance, inclined distance, the effective isotropic radiated power, free space losses, additional losses, the quality and equivalent noise temperature, binary rate and efficiency of the frame.



ЛЯ спутниковой связи с нефтедобывающими платформами широко применяются терминалы класса 3 широкополосной (Broadband) системы Inmarsat BGAN и доступ в Internet/Intranet через ИСЗ Inmarsat-4 [1; 2].

Исходные данные. Допустим, что нефтедобывающая платформа, помещенная в Северном море (61°17'2" N, 0°14'31" W), будет использовать службу BGAN Inmarsat, чтобы получать доступ к ее корпоративной сети через соединение с виртуальной частной сетью (Virtual Private Network — VPN), следуя схеме, изображенной на рис. 1. Спутник Inmarsat-4 F2 (ЕМЕА, орбита GEO 25° E) предоставляет на нисходящей линии эффективную изотропную излучаемую мощность: $EIRP_d = 67$ дБВт, а станция спутникового доступа (SAS) находится в Buzum (53°16'55" N,