

ВЕСТНИК
МОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия
Судовождение

Вып. 67/2014

УДК 656.61.052(066)

Вестник Морского государственного университета. Серия : Судовождение. – Вып. 67/2014. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2014. – 85 с.

ISBN 978-5-8343-0914-7

Сборник научных трудов содержит материалы исследований в различных областях судовождения, обучения и подготовки специалистов. Предназначен для преподавателей, аспирантов, командного состава морских судов. Может быть полезен курсантам и студентам специальности 18040365 «Судовождение».

Редакционная коллегия:

Лентарев А. А., д-р техн. наук, проф. (отв. ред.),

Лобастов В. М., канд. техн. наук, проф. (отв. ред.),

Завьялов В. В., д-р техн. наук, проф.,

Чепцов Н. Р., канд. юрид. наук, доцент.

ISBN 978-5-8343-0914-7

© Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского, 2014

СВОБОДНЫЙ ГИРОСКОП ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДАРА

А.И. Саранчин, доцент
МГУ им. адм. Г. И. Невельского

1. Существующее толкование

Наиболее наглядно противоречия теории наблюдаются при объяснении движения гироскопа вследствие ударного момента, когда сила удара перпендикулярна главной оси. Гироскоп в этом случае, совершив нутационные колебания, остается практически в том же положении, как и до удара.

В классической (точной) теории объяснения данного явления не требуется. Действительно, до удара и после него движение гироскопа описывается уравнениями без момента внешних сил, а во время удара уравнениями, в которых этот момент присутствует [2]. Таким образом в мгновение удара изменяются моменты, показанные первыми и вторыми членами уравнений.

В прикладной теории данное явление чаще всего объясняется кратковременностью ударного воздействия [5]. За конечный промежуток времени такого воздействия Δt_y кинетический момент изменится на незначительную величину ΔH :

$$\overline{L} \Delta t_y = \Delta \overline{H} \quad (1)$$

Поскольку величина Δt_y мала, то и изменение ΔH не достигает больших значений. Кратковременность удара это необходимое условие указанного поведения гироскопа, но далеко недостаточное. Оно никак не дает ответа на следующие вопросы.

1. Согласно основному закону вращательного движения любое тело вследствие такого воздействия приобретает кинетический момент в направлении момента силы. То есть тело начинает вращаться относительно новой оси. Это относится и к такому телу как незапущенный гироскоп, то есть гироскоп, не имеющий собственного вращения вокруг главной оси. Такой гироскоп получит вращение относительно экваториальной оси, совпадающей с направлением момента силы. Напрашивается вопрос: почему любое тело сохраняет вновь приобретенный кинетический момент, а быстро вращающийся гироскоп нет?

2. Отсутствие собственного вращения необязательное условие выполнения третьего свойства гироскопа (устойчивости к удару). Известно, что раскрученный гироскоп с двумя степенями свободы, получивший удар в плоскости свободы, движется точно так же, как и обычное тело, до удара не имевшее собственного вращения. Причем и в том, и в другом случае такое вращение может продолжаться неопределенно долго [5]. Почему гироскоп с двумя степенями свободы подчиняется основному закону вращательного движения, а с тремя – нет?

3. Кратковременность ударного момента совершенно не говорит о его незначительности. Он как раз и характерен своей большой величиной. За короткое время его действия ΔH может достичь существенного значения. Всегда можно подобрать такой момент, действуя которым более длительное время, добиться такого же изменения кинетического момента ΔH , как и от удара. Очевидно, что в последнем случае совершится прецессия, и ось x переместится на угол пропорциональный ΔH . Почему от удара этого не происходит?

Посмотрим теперь, как объясняет это явление теория гироскопа [1]. В нижеприведенной цитате и на рис. 1, который скопирован из цитируемой работы, изменены обозначения в соответствии с принятыми в настоящем изложении. В цитате идет речь о симметричном гироскопе.

«Пусть гироскоп (на рисунке не показан) оперт в точке O и вращается вокруг оси симметрии $[x]$ до удара неподвижной. Тогда ось фигуры, ось вращения и кинетическая ось совпадают. Приложенная к гироскопу ударная сила F создает совместно с силой реакции опоры F_R ударный момент L . Последний ... вызывает скачкообразное изменение вектора кинетического момента от начального $[H]$ до $[H_1]$. Напротив, ось фигуры $[x]$ в течение короткого времени удара не меняет своего положения, так что направления оси фигуры и кинетической оси по окончании удара оказываются не одинаковыми. При этом ... возникают нутационные колебания, которые можно толковать как качение подвижного аксоида (осью которого теперь служит движущаяся ось $[x]$) по неподвижному (имеющему ось $[x_1]$). На рис. [1] последнее представлено для вытянутого гироскопа (эпициклоидальный случай). Совершенно аналогичные результаты получаются для перициклоидального случая. Наблюдаемое движение гироскопа после удара представляет собой нутацию, при которой ось фигуры $[x]$ вальсирует вокруг нового неподвижного направления кинетической оси».

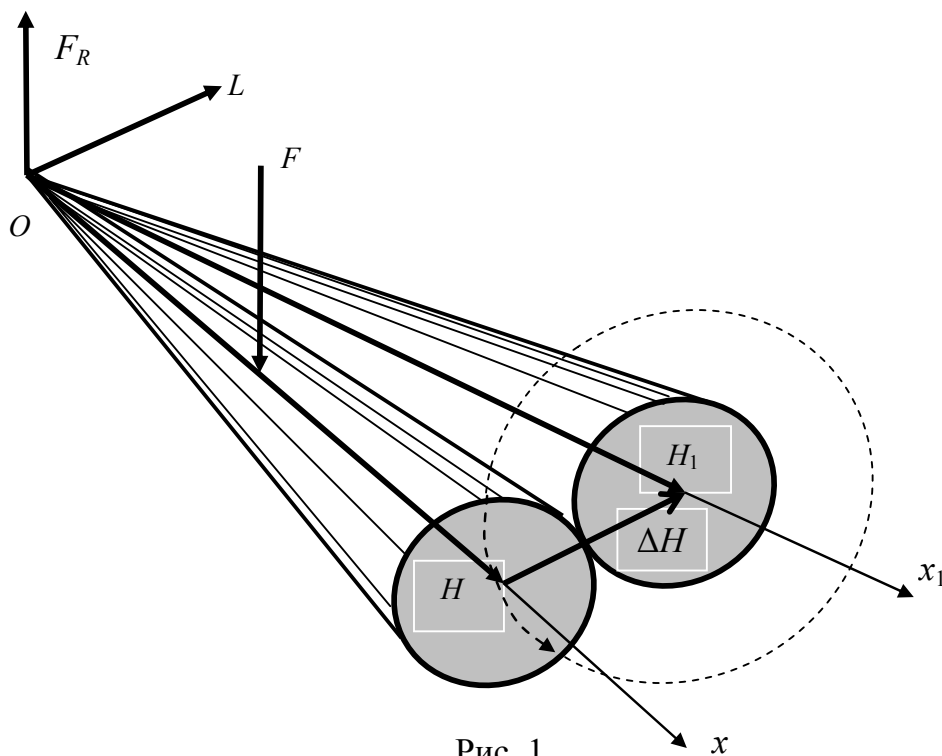


Рис. 1

Итак, во время удара ось гироскопа оставалась неподвижной, хотя согласно цитате изменение кинетического момента произошло. За счет чего это случилось? Вспомним, что *кинетический момент* – это *момент количества движения*. В настоящем опыте никакого *изменения количества движения не происходит, поскольку ось гироскопа остается неподвижной*. Для анализа ситуации, очевидно, стоит вернуться к ранее приведенному в работе [7] выводу кинетического момента и теоремы об его изменении.

Каждая точка гироскопа массой m_i имела до воздействия момента силы линейную скорость v_i , то есть обладала количеством движения или импульсом и моментом импульса (моментом количества движения) относительно оси вращения.

В классической механике массой материальной точки является положительная скалярная величина, являющаяся мерой инертности этой точки [2]. При постоянстве скорости точки ее импульс постоянен ($q_i = const$), следовательно, мы имеем дело с законом сохранения импульса, соответствующим первому закону Ньютона – точка в инерциальной системе отсчета (ИСО) сохраняет неизменным количество движения, то есть движется равномерно и прямолинейно. Для изменения количества движения к точке не-

обходимо приложить силу. Тогда в направлении действия силы возникнет ускорение j_i :

$$\bar{F} = m_i \bar{j}_i.$$

Так проявляется второй закон Ньютона. При этом $\bar{j}_i = \frac{d\bar{v}_{1i}}{dt}$, то есть вновь появившаяся от действия силы мгновенная скорость v_{1i} в каждое момент времени совпадает с ней, с силой, по направлению.

Если происходит свободное вращение материальной точки относительно условно неподвижного в ИСО центра, то момент количества движения $h_i = r_i q_i = const$. То есть ось вращения остается неподвижной, благодаря чему момент количества движения не меняется. Так выполняется закон сохранения момента импульса. Если просуммировать все точки гироскопа, все выше сказанное применимо и ко всему телу при условии, что связь между точками абсолютно жесткая. Согласно физическому смыслу изменение кинетического момента в указанном цитатой направлении может произойти только при изменении v_i . Отсюда следует, *если ось гироскопа осталась неподвижной, то и названного в цитате изменения кинетического момента произойти не могло.*

Однако, может быть от удара возник релятивистский эффект? Принятая в классической механике масса тела – это масса покоя m_0 . В релятивистской механике масса тела величина относительная, зависящая от выбора системы отсчета:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (2)$$

где c – скорость света.

Следовательно, изменение массы в ИСО происходит также вследствие изменения относительной скорости. Таким образом, любое изменение кинетического момента тела может быть вызвано только изменением скоростных параметров его вращения, то есть оси и угловой скорости вращения. Из сказанного следует: совершенно недостаточно действия момента внешних сил, чтобы изменить количество движения тела. Самый наглядный пример: автомобиль врезается в телеграфный столб. Очевидно, что к столбу приложен момент силы, однако столб не шелохнулся, следовательно, его кинетический момент относительно земли не изменился. Если ус-

тановленное на некотором основании тело остается неподвижным при любом воздействии на него, то его количество движения, а, значит, и кинетический момент относительно основания не меняется.

Добавим, что в соответствии с уравнением (2) заметный релятивистский эффект наступает при такой линейной скорости, что вращающееся тело разрушится вследствие огромных центробежных сил. Это явление, то есть разрушение материала, ограничивает пределы угловых скоростей, которые можно задавать гироскопу. Добавим, попутно, что это явление подтверждает существование сил инерции в неинерциальной системе отсчета.

Теперь восстановим причинно-следственную связь: *воздействие момента сил на тело приводит к угловому ускорению в направлении этого момента, в свою очередь изменение угловой скорости (то есть ускорение) тела вызывает изменение момента количества движения.* В случае, когда гироскоп не изменил параметров вращения, то и не изменился его кинетический момент.

Сказанное подтверждает сделанные ранее вывод [7]: *в теории гироскопа толкование его движения вследствие удара не соответствует законам сохранения и изменения момента импульса.*

Следует отметить, что цитируемой работе замечено данное противоречие теории и в дальнейшем указано, что гироскоп все-таки поддается силе, что противоречит исходному утверждению. Показанная на рис. 1 штрихами траектория движения оси фигуры показывает, что в начальный момент она все-таки движется в направлении силы, а в дальнейшем совершает нутационные колебания относительно нового положения равновесия x_1 .

2. Свободный гироскоп во время сильного ударного воздействия

Классическая теория продолжает рассматривать гироскоп с констатирующими позиций, то есть показывает, как он движется, но не объясняет, почему это происходит. Для нас в этом наблюдении важно то, что оно констатирует рассогласование оси фигуры (в нашем случае оси симметрии) и мгновенной оси вращения (в нашем случае это динамическая ось, а в цитируемой работе – кинетическая ось). Что при этом происходит? В предыдущей главе в принципе дан ответ на этот вопрос: как только прекращается действие момента внешних сил, изменение кинетического момента продолжается вследствие действия только момента центробеж-

ных сил до затухания нутационных колебаний. Моменты центробежных сил центрируют гироскоп у нового положения оси и прецессионно-нутационное движение прекращается. При ударе это всего лишь движение в короткий промежуток времени, когда начинается и заканчивается действие момента внешних сил. Но, поскольку в прикладной теории устойчивость к удару выведена в отдельное свойство гироскопа, остановимся на этом более подробно.

Соображения, изложенные в главе [7], приведены для условий, когда ось x гироскопа является осью симметрии, то есть не только главной, но и центральной осью инерции. Это означает, что моменты инерции относительно данной оси наибольшие, а центробежные моменты инерции при свободном вращении равны нулю [2]. При этом эта работа рассматривает гироскоп, находящийся в инерциальной системе отсчета, то есть имеющий идеальный подвес, так как не нужно никакого устройства для его поддержания в отсутствие силы тяжести. Для этих же условий рассмотрим движение гироскопа вследствие удара. Инерциальные координаты представим одной осью X (рис. 2), с которой свяжем начальное положение главной оси.

Движение гироскопа удобнее рассматривать в два этапа: во время действия удара и по его окончании. Настоящий параграф посвящён первому этапу. Время удара конечно и пренебрежимо мало по сравнению с периодом собственного вращения гироскопа ($\Delta t_y < \Delta t$).

Поддействуем на ось гироскопа ударным моментом L_y , направив его силу F_y параллельно оси z (рис. 2). При этом с большим ускорением ось x гироскопа движется в направлении силы [3] (в положение 1), отклоняясь в этом направлении на некоторый начальный угол β_n . Поскольку Δt_y величина малая, то это движение произойдет со значительным угловым ускорением – показателем изменения кинетического момента (1). Во время удара ось x двигалась в направлении точки 1 вначале с ускорением до максимального, а затем с замедлением до нуля. Следовательно, гироскоп во время движения имеет относительно оси y среднее угловое ускорение $\varepsilon/2$ большой величины. Пропорционально ему произойдет и приращение ΔH_1 кинетического момента согласно теореме:

$$\bar{L}_y \Delta t_y = \Delta \bar{H}_1 = J_y \bar{\omega}_y . \quad (3)$$

где $\omega_y = \Delta t_y \varepsilon/2$ – средняя угловая скорость движения оси x в направлении удара.

Получим начальный угол отклонения оси x от прежнего положения в новую позицию 1

$$\beta_n = \omega_y \Delta t. \quad (4)$$

Зная характер удара можно найти и любым другим известным в теоретической механике способом угол β_n .

Суммарный кинетический момент $\bar{H}_\Sigma = \bar{H} + \Delta\bar{H}_1$, возникший непосредственно от удара образовал новую равновесную ось вращения x_1 , отклоненную от прежней оси на угол α_0 , который равен α_r согласно правилу об одноименном параллелизме. Относительно этой оси теперь происходит вращение гироскопа по траектории, показанной штрихами. Ось x (ось фигуры) находится теперь в положении 1, будучи отклоненной от новой оси x_1 на углы α_0 и β_n . Отметим, что такое толкование в свое время предлагал Граммель [4], однако теория его не восприняла. Поскольку приращение ΔH_1 значительное, то и угол α_0 имеет большую величину. Угол α_0 можно отыскать из показанных в работе [7] решений. Очевидно, что после удара вращение начинается по окружности, следовательно, $\alpha_0 = \beta_0$. Исходя из данного равенства, названные углы можно найти и традиционным для гироскопии путем

$$\alpha_r = \omega_p \Delta t_y = \frac{L_y}{H} \Delta t_y. \quad (5)$$

Выражение может быть использовано при известном ударном моменте и времени его воздействия.

Движение относительно равновесной оси x_1 начинается с этими начальными углами. Результирующие центробежные силы F при этом направлены к оси вращения, то есть на сближение осей 1 и x_1 , а их новый момент R играет роль момента внешних сил и вызывает прецессионное движение. В проекции на экваториальные оси момент можно представить как R_y и R_z . Если учесть, что момент R , оказывая центрирующее действие, вызывает изменение кинетического момента, а за ним и целую цепь взаимосвязанных движений по экваториальным осям, показанных на схеме рис. 5 в работе [7], то конечные уравнения станут исключительно громоздкими. Однако, можно заметить, что в подвижных координатах момент R не меняет своего положения относительно гироскопа. Поскольку причина происхождения данного момента и его составляющих R_y и R_z – это дейст-

вие центробежных сил, то получим уравнения динамики по каждой из экваториальных осей

$$\ddot{\alpha} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega^2}{J_3} \alpha = 0$$

$$\ddot{\beta} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega^2}{J_3} \beta = 0$$
(6)

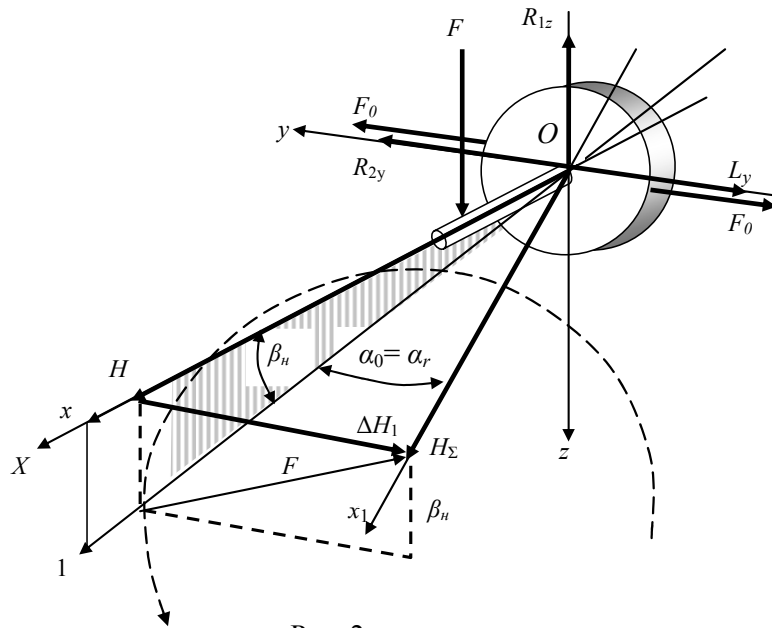


Рис. 2

Учитывая, что время удара пренебрежимо мало, будем считать, что и прецессия в это время не происходила. Рассмотрим правомерность сложения кинетических моментов, показанного на рис. 2. Согласно правилу об одноименном параллелизме осей вращения новая ось вращения стремиться к вектору момента внешней силы. Поскольку направление силы и ее момента в течение удара не менялось, то и ось вращения изменилась так, как показано на рис. 2. Таким образом, вектор H не сместился вместе с осью x в направление 1, а переместился в новое положение, сложившись с вектором ΔH_1 , образовав новую ось вращения. Иными словами, *собственное вращение тела происходит относительно прежнего положения в ИСО*, то есть относительно оси X , в силу закона инерции (сохранения момента импульса), а *новая ось формируется новым кинетическим моментом* в силу закона об изменении момента импульса. Очевидно, что в этом и состоит физическая суть закона об одноименном параллелизме осей вращения. Это является и ответом на вопрос, который многократно ставился перед теорией [1, 3, 4]: почему гироскоп после удара движется перпендикулярно силе?

Это происходит уже не в силу правила об одноименном параллелизме, а вследствие действия центробежных сил: их момент совмещает ось симметрии с осью вращения.

Дальнейшее движение рассмотрим на рис. 3, начиная с указанного взаимного положения осей.

3. Второй этап – вращение гироскопа по инерции

Очевидно, что речь пойдет о движении гироскопа после удара. В статье [7] было рассмотрено движение гироскопа под действием момента внешних сил и показано, что геометрически оно представляет собой качение полоиды по герполоиде. По окончании внешнего воздействия гироскоп по инерции, то есть под центрирующим действием моментов центробежных сил приходит в то положение равновесия, которое сложилось на момент окончания воздействия. В этом состоит ключевое отличие в движении гироскопа после длительного воздействия и после сильного удара. В последнем случае гироскоп сравнительно долго «вальсирует» около новой оси вращения. И, хотя, во время удара сформировался момент центробежных сил R равный ударному моменту ($R = L_y$), но характер движения под действием этих моментов разный. Дело в том, что во время удара гироскоп совершает вынужденный поворот, а после удара движение гироскопа происходит по *инерции*, так как момент внешних сил уже отсутствует. И как отмечено в приведенной цитате, движение в этом случае также представляет собой качение полоиды по герполоиде. Это объясняется тем, что удар приводит к значительному углу рассогласования осей симметрии и вращения, который многократно превышает радиус полоиды. Следовательно, наблюдается двуединый процесс: прецессия (движение по герполоиде) и нутация (полодия).

Вернемся к уравнениям (6). Если в них включить гироскопические моменты, как это принято в прикладной теории, то при их интегрировании сразу можно получить результат, соответствующий реальному движению гироскопа – затухающую спираль. С точки зрения автоматики гироскопический момент в этом случае играет роль демпфирующего момента. Хотя он и направлен по той же оси, что и момент внешних сил, но его действие непостижимым образом перпендикулярно этой оси, о чем говорит вызванная, якобы, этим моментом прецессия. Однако в решении благодаря данному сдвигу в пространстве на 90° и обеспечивается демпфирование.

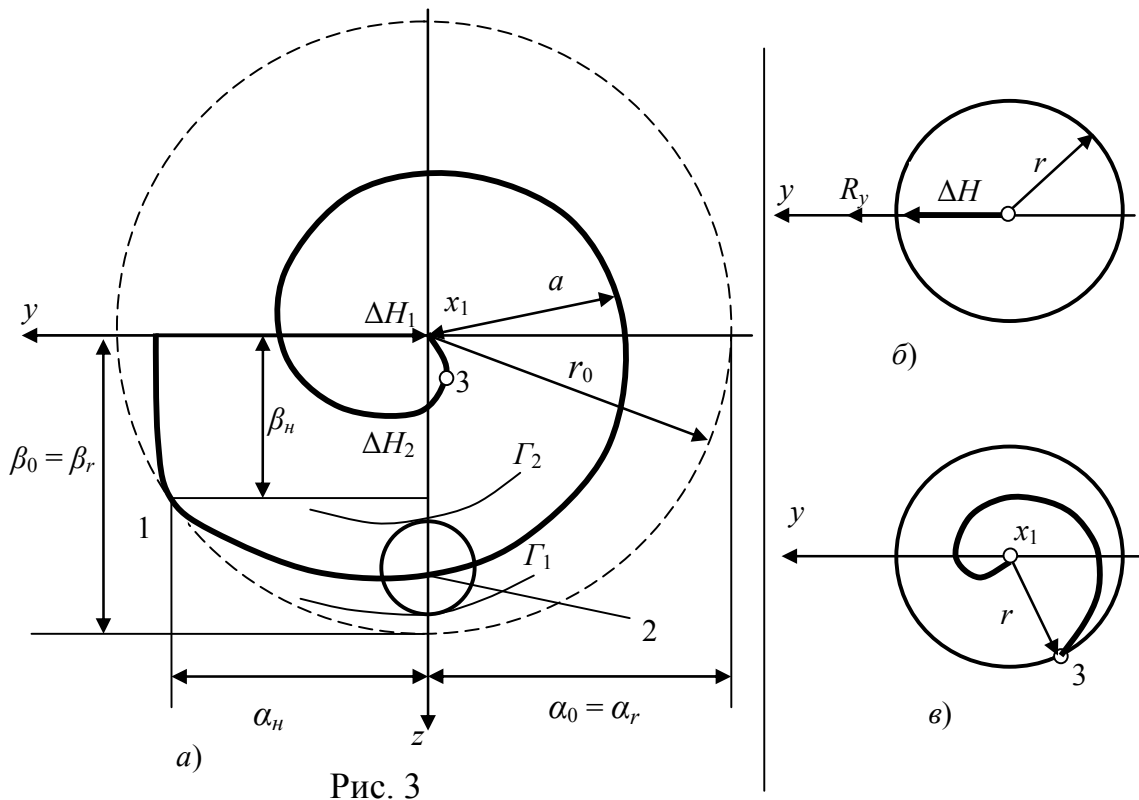


Рис. 3

Теперь известно, что такое включение недопустимо, так как с физической точки зрения оно приведет к следующему. Во-первых, обычно роль демпфера играет или среда, или специальное демпфирующее устройство. Однако, ни того, ни другого гироскоп не имеет. Во-вторых, самое главное, нарушается закон сохранения энергии, поскольку добавляется гироскопический момент – понятие чисто математическое и механически не может воздействовать на тело. Однако математически с его помощью можно проинтегрировать систему уравнений (6), заменяя им момент реакции гироскопа.

Для гироскопа преобладающие центробежные силы направлены к центру вращения, к оси x_1 , и стремятся совместить с нею ось симметрии. Очевидно, что моменты центробежных сил зависят от угла рассогласования осей и прямо пропорциональны ему

$$\begin{aligned} 2(J_0 - J_3)\Omega^2\beta &= R_y \\ 2(J_0 - J_3)\Omega^2\alpha &= R_z \end{aligned} \quad (7)$$

Итак, в неподвижных координатах наблюдается движение по окружности (рис. 3а, штриховая линия) вследствие вращения относительно положения равновесия, и одновременно осуществляется прецессия динамической оси к положению равновесия. Таким образом происходит движение

оси фигуры по спирали (жирная линия). Ввиду сложности движения для его исследования прибегнем к принципу суперпозиции.

Поскольку в результате действия момента центробежных сил *прецессия гироскопа по модулю точно повторяет изменение кинетического момента*, то для решения задачи можно воспользоваться гироскопическим моментом: угловую скорость прецессии можно получить, заменив ньютоновские моменты гироскопическими:

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega^2}{H}\alpha &= \dot{\alpha} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega}{J_0}\alpha = 0 \\ \dot{\beta} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega^2}{H}\beta &= \dot{\beta} + \frac{2(J_0 - J_3)\Omega}{J_0}\beta = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \alpha &= C_1 e^{-pt}; \\ \beta &= C_2 e^{-pt}, \end{aligned} \quad (9)$$

где C_1 и C_2 – соответственно равны α_0 и β_0 – новым координатам относительно положения равновесия x_1 , возникшего по окончании удара;

$p = \frac{2(J_0 - J_3)\Omega}{J_0}$ – коэффициент, характеризующий угловую скорость прецессии и имеющий ее размерность.

Как видно, полученные углы уменьшаются по экспоненте, в отличие от случая, когда слабый момент действует постоянно. Значения моментов убывают по тому же закону, что и обеспечивает затухание колебаний. С уменьшением угла, пропорционально уменьшаются и моменты R_y и R_z , следовательно, движение происходит по логарифмической спирали, шаг которой экспоненциально уменьшается до прихода оси x в положение равновесия. Для приведения представленных здесь рассуждений к общим понятиям зададим спираль в параметрической форме

$$a = r_0 e^{m\eta}, \quad (10)$$

где r_0 в соответствии с выражением является угловым радиусом;

η – угол поворота этого радиуса; $m = p = \ln a = ctg \mu$ [8];

μ – угол пересечения спирали с ее радиус-вектором. Вектор R всегда касателен к спирали в этой точке.

Итак, влияние прецессии на вращение гироскопа после удара рассмотрено. Для дальнейшего решения уравнений (6) вернемся к приемам, уже использованным в статье [7]. В ходе решения уравнения (8) преобразуются в следующий вид

$$\begin{aligned}\alpha &= e^{pt} (C_1 \cos nt + C_2 \sin nt) - \alpha_r, \\ \beta &= e^{pt} (C_3 \cos nt + C_4 \sin nt) - \beta_r.\end{aligned}\quad (11)$$

Положение равновесия, как установившийся центр вращения, в этих уравнениях найдено физическим путем, а характер прецессии учтен в соответствии с системой уравнений (9). Частота вращения n относительно равновесной оси может быть найдена из уравнения

$$n = \Omega \sqrt{\frac{2(J_0 - J_3)}{J_3}}. \quad (12)$$

Данный вопрос о частоте вращения остался не рассмотренным в предыдущих работах вследствие того, что при обычном воздействии внешнего момента рассогласование осей симметрии и вращения столь незначительно, что полностью определяется углом нутации, то есть радиусом полудии r . На основании этого обычно делается вывод, что прецессия и нутация, это единый процесс, поскольку шаг прецессии равен циклу нутации. По этой причине значение n заменяется на Ω_n , то есть на величину угловой скорости нутации, что и приводит к известным решениям [6]. Однако *при сильном ударе* угол рассогласования может быть большим, и разница между вращением относительно мгновенной оси x_1 и оси нутации имеет значение. Теперь *прецессия и нутация разделились*. Таким образом, по окончании такого удара возникает три вида движения: *вращение по окружности, прецессия и нутация*.

Поскольку центрирующий момент R значительный и действует сравнительно долго, то кроме движения по логарифмической спирали, возникают и нутационные колебания. Очевидно, что характер движения принципиально соответствует движению под действием внешнего момента. Разница только в том, что в данном случае динамическая ось движется по спирали (рис. 3а).

Для отыскания характера движения гироскопа по спирали определим его начальные условия:

$$\begin{aligned} \alpha(0) &= \alpha_0 = \alpha_r, & \dot{\alpha}(0) &= \dot{\alpha}_0 \\ \beta(0) &= \beta_0, & \dot{\beta}(0) &= \dot{\beta}_0, & \beta_r &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Необходимо отметить: не смотря на то, что движение рассматривается из позиции 1 (рис. 2, 3), но угол α_0 отсчитан от положения оси x до удара, то есть согласно правилу об одноименном параллелизме. Это же значение соответствует установившемуся после переходного процесса положению. Следовательно, положение равновесия определяется данным углом в плоскости xOy , тогда угол $\beta_r = 0$. Поскольку свободное вращение главной оси в этом случае представляет собой аксоид с окружностью в основании, то $\beta_0 = \alpha_0$.

Особенностью решения уравнений (6) для гироскопа, в отличие от других колебательных систем, является то, что оно состоит из двух частей, отдельно для прецессии и отдельно для нутации. Напомним, что движение по спирали 1- x_1 (рис. 6.3а), то есть прецессия, происходит с частотой n (10). В этом случае в решении, полученном для нутационного движения, измениться только положение равновесия, определяемое ударным моментом, и частота вращения:

$$\begin{aligned} \alpha &= e^{pt} \left(\alpha_0 \cos nt + \frac{\dot{\alpha}_0}{n} \sin nt \right) - \alpha_r \\ \beta &= e^{pt} \left(\beta_0 \sin nt + \frac{\dot{\beta}_0}{n} \cos nt \right) - \beta_r \end{aligned} \quad (14)$$

Вследствие затухания частота n не изменяется, так как оно, затухание, происходит не вследствие демпфирующего момента, а вследствие угла рассогласования между осями [7].

Уравнения (8) и (14) позволяют подтвердить важный для практики вывод: отклонение оси симметрии от первоначального положения при внешнем воздействии тем меньше, чем больше собственный кинетический момент гироскопа. То есть устойчивость одного и того же гироскопа к удару, и вообще, к внешнему возмущению, тем выше, чем больше его угловая скорость собственного вращения, так как H и n стоят в знаменателе. Такая оценка устойчивости широко используется, например, в навигации [3].

Поскольку в рассматриваемом движении присутствует прецессия и нутация, то процесс характеризуется образованием герполодии и полодии. Проследим механизм их возникновения.

Для удобства выберем точку 2 (рис. 3), соответствующую тому мгновению, когда динамическая ось пересекала ось z . В этом положении результирующая центробежная сила направлена по этой оси к центру x_1 , а текущее значение момента R равно текущему значению R_y , то есть $R = R_y$ (рис. 3б). Действие данного момента приводит к смещению оси x к центру вращения, а, значит, и к изменению кинетического момента на некоторую величину ΔH . Возникла мгновенная ось вращения, определяемая концом вектора ΔH . Это мгновенная динамическая ось или ось нутации. Данная динамическая ось всегда находится на спирали (рис. 3а). Относительно этой новой мгновенной оси и происходит нутационное движение, геометрически представляющее собой полодию. Такой процесс начинается сразу после окончания удара в позиции 1 и длится до прихода главной оси x в положение x_1 .

Одновременно спираль служит исходной позицией для построения основания циклоиды, которое является незамкнутой, то есть спиральной герполодией. Ее мгновенный радиус кривизны может быть найден исходя из мгновенного радиуса a кривизны спирали и радиуса r полодии

$$\Gamma_1 = a + r \quad (15a)$$

– перциклоидальный случай (сплюснутый гироскоп);

$$\Gamma_2 = a - r \quad (15b)$$

– эпициклоидальный случай (вытянутый гироскоп).

На рис 3а кривые герполоид имеют те же обозначения.

Такое движение продолжается до тех пор, пока угловое расстояние между осями x и x_1 не достигнет значения r , то есть радиуса полодии или, что то же самое, амплитуды нутации. Благодаря этому равенству динамическая ось окажется точно в центре вращения, то есть совпадет с осью x_1 . В этот момент времени прекращается прецессия и начинается процесс затухания нутационных колебаний. На рис. 3 и 3а) данному моменту времени соответствует позиция 3, в которой находилась главная ось x . Далее под действием момента центробежных сил она также по спирали придет к центру вращения. Очевидно, что вследствие прецессии ось x только асимптотически приближается к центру. Однако благодаря тому, что при достиже-

нии ею углового расстояния r , динамическая ось в любом случае оказывается в этом центре, то затухание нутации для уравновешенного гироскопа произойдет в нем с высокой точностью. Отметим, что точка 3 может не обязательно находиться на траектории движения динамической оси, то есть на спирали (рис. 3а). Достижение расстояния r может заставить ось x в любой точке полодии. В общем случае позиция 3, это точка, в которой полодия пересекает спираль в момент времени, когда динамическая ось достигла центра вращения. Естественно, что картина затухания останется такой же. Названные оси совместятся. Теперь главная ось x будет являться и динамической осью. Все виды движения, кроме собственного вращения гироскопа прекращаются.

Итак, на последнем этапе продолжается затухающее колебательное движение гироскопа, но теперь речь идет уже только о нутационном движении. Порядок решения уравнений (6) останется прежним, но начальные условия для этого случая изменятся:

$$\begin{aligned} \alpha(0) &= \alpha_{n0} = r_m, & \dot{\alpha}(0) &= \dot{\alpha}_{n0} \\ \beta(0) &= \beta_{n0} = r_m, & \dot{\beta}(0) &= \dot{\beta}_{n0} \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь r_m – амплитуда нутационных колебаний (радиус полодии) в момент времени, когда динамическая ось займет центр вращения. Для данных условий это максимально возможный угол (амплитуда) нутации. Уравнения (14) примут вид

$$\begin{aligned} \alpha &= e^{\Omega_n t} \left(\alpha_{n0} \cos \Omega_n t + \frac{\dot{\alpha}_{n0}}{\Omega_n} \sin \Omega_n t \right) - r_m \\ \beta &= e^{\Omega_n t} \left(\beta_{n0} \sin \Omega_n t + \frac{\dot{\beta}_{n0}}{\Omega_n} \cos \Omega_n t \right) \end{aligned} \quad (17)$$

в которых, в отличие от уравнений (14), колебания Ω_n главной оси x являются нутационными. До этого момента времени согласно уравнениям (14) ось гироскопа совершила прецессионное движение на угол $\alpha_k = \alpha_0 - r_m$. Теперь остается только два вида движения – прецессия к центру и затухающая нутация. При этом прецессия составит угол r_m . Таким образом окончание процесса после удара произойдет в положении $\alpha_0 = \alpha_k + r_m$.

Движение неуравновешенного гироскопа, то есть гироскопа, обладающего при вращении по инерции регулярной прецессией, в этой части, очевидно, не будет отличаться, от движения свободного гироскопа. Следо-

вательно, общее решение для такого гироскопа останется тем же. Разница в конечном положении: динамическая ось неуравновешенного гироскопа так же займет положение x_1 , которая будет являться осью прецессии, то есть осью герполодии. Ось x (ось фигуры) будет вращаться неопределенно долго, образуя полодию относительно герполодии.

4. Особенности движения гироскопа при значительном отклонении главной оси от оси вращения

Сложность движения вызывает естественный вопрос о сохранении энергии в течение этого процесса. Очевидно, что *работу по перемещению гироскопа в новое положение выполняет момент внешних сил*. Во время ударного воздействия телу сообщается дополнительная кинетическая T_∂ энергия, так как его ось переместилась в положение 1. В этой позиции произошла мгновенная остановка, и энергия перешла в потенциальную. В дальнейшем эта энергия вследствие прецессии снова переходит в кинетическую. Ее значение согласно уравнению (2.6)

$$T_\partial = \frac{1}{2} J_\partial \omega_p^2 = \frac{1}{2} \Delta H_1 \omega_p. \quad (18)$$

Энергия потратилась на перемещение гироскопа в новое положение равновесия. Его вращение по окружностям относительно центра x_1 и относительно мгновенной динамической оси (нутация) – это движение по инерции, то есть без энергетических затрат.

Воспользуемся рисунком 3 для получения интегралов энергии и инерции в общем виде

$$\begin{aligned} J_m n^2 &= 2T & a) \\ H_\Sigma &= J_m n & б) \end{aligned} \quad (19)$$

где J_m – момент инерции относительно равновесной оси вращения x_1 , возникшей вследствие удара.

Уравнения (19) представляют собой второй и первый классические интегралы соответственно. Как видно из уравнений кинетическая ось и ось энергии совпадают, а определяет эту ось вектор n скорости вращения, в отличие от вариантов, предлагаемых существующей теорией. Таким образом, удалось избежать разногласия между физическим толкованием кинетического момента и его математическим расчетом. Положение оси вра-

щения относительно тела гироскопа, то есть в подвижных координатах, может быть найдено из уравнения (12) или из кинематических уравнений.

Из сказанного вытекает следующий порядок расчета движения. В первую очередь необходимо найти положение равновесной оси вращения и значение n . Правило об одноименном параллелизме постулирует третий классический интеграл для направляющих косинусов для случая, когда сила внешнего воздействия перпендикулярна главной оси гироскопа. Это объясняется тем, что кинетический момент в проекции на начальную неподвижную ось X остается величиной постоянной. Воспользовавшись третьим интегралом, например, для нашего варианта на время вращения получим

$$\begin{aligned} H &= H_x = H_\Sigma \cos \beta = J_m n \cos \beta \\ H_y &= \Delta H_1 = H_\Sigma \sin \beta = J_m n \sin \beta \\ H_z &= J_y \frac{\alpha_0}{t_p} \end{aligned} \quad (20)$$

где t_p – время после окончания удара до прихода гироскопа в установившееся положение.

Согласно тому же правилу собственный кинетический момент при рассматриваемом приложении момента внешних сил не меняется, следовательно

$$J_0 \Omega = J_m n \cos \beta, \quad (21)$$

Очевидно, что

$$\begin{aligned} \Omega &\neq n \cos \beta \\ J_m n \cos \beta &\neq J_0 n \cos \beta \\ J_m n \sin \beta &\neq J_y \omega_y \end{aligned} \quad (22)$$

Таким образом, возможно *решение обратной задачи – экспериментальное уточнение момента инерции относительно заданной оси гироскопа.*

Однако теория для составления уравнений использует именно правые части данных неравенств. Такой подход не корректен, так как распределение масс относительно оси вращения в общем случае не соответствует моменту инерции относительно принятых координатных осей. Результа-

том этого как раз и является несовпадение векторов кинетического момента и угловой скорости вращения.

Уравнения (18 – 20) справедливы для любого случая, при котором главная ось и ось вращения имеют значительное рассогласование. Например, при запуске некоторых типов гироскопов оператор создает кратковременный вращательный момент с целью центрирования главной оси, а затем его отключает. Запуск продолжается после того когда центрирование произойдет.

Кинетический момент относительно оси x до удара, при всех последующих после него эволюциях и по их окончанию по абсолютной величине остается постоянным

$$|H| = const . \quad (23)$$

Суммарный кинетический момент после удара

$$H_{\Sigma} = \sqrt{H^2 + \Delta H^2} , \quad (24)$$

где

$$\Delta H = e^{pt} \Delta H_1 . \quad (25)$$

Сообщенный ударом дополнительный кинетический момент изменяется по тому же закону, что и начальный угловой радиус r_0 (10) или угол α . Вследствие прецессионного движения появляется кинетический момент относительно оси z

$$H_z = \frac{e^{pt} \alpha_0}{t_p} . \quad (26)$$

Последние два уравнения разрешают путаницу, существующую в теории гироскопа. Дело в том, что энергия, сообщенная подобным образом телу произвольной формы, для которого любая центральная ось является главной, после этого не меняется в силу закона сохранения момента импульса. Центробежные моменты инерции такого тела относительно любой оси близки к нулю. Тело продолжает вращаться по инерции относительно новой оси вращения, имея новый кинетический момент H_{Σ} . При этом ось вращения изменилась как относительно инерциальных координат, так и относительно тела.

Быстровращающийся гироскоп также может вращаться только относительно одной из главных осей, однако, для него в данном случае это ось фигуры (для свободного гироскопа). После внешнего воздействия положение оси вращения также изменилось, как в ИСО, так и относительно тела гироскопа изменилось. Для него теперь центробежные моменты инерции относительно оси вращения не равны нулю, что и приводит к возникновению момента центробежных сил, которые совмещают главную ось с осью вращения.

Дополнительная энергия, внесенная ударом (18) с учетом последнего уравнения затрачивается только на поворот гироскопа в новое положение равновесия

$$\Delta T = e^{\rho t} T_0. \quad (27)$$

Когда ось x придёт в равновесие, то положение гироскопа удовлетворяет классическим интегралам и четвертому интегралу для свободного гироскопа [Сар]. Уравнения (25 – 27) показывают, как выполняется закон сохранения энергии применительно к гироскопу.

5. Движение гироскопа под действием слабого удара.

Экспериментальная проверка

Уточним, насколько это возможно, понятие сильного и слабого удара. Ранее уже был сделан вывод из анализа уравнений (8) и (14) о том, что гироскоп тем устойчивей, чем больше его кинетический момент. Однако понятие сильного и слабого удара относительное. Поэтому иногда при исследовании гироскопа под действием удара исходят из определения быстровращающийся или медленновращающийся гироскоп [4]. Для предания определению некоторой конкретности слабым будем считать такой удар, при котором изменение кинетического момента происходит в пределах максимально возможного радиуса r_m нутации (6.16), то есть когда шаг прецессии совершается в пределах одного цикла нутации. Если же величина изменения кинетического момента выходит за пределы r_m и за время прецессии происходит более одного цикла нутации, то такой удар будем считать сильным. В последнее определение входит и понятие быстровращающийся гироскоп, поскольку только ему присуще явление нутации. А приводившийся в качестве примера разгоняющийся гироскоп под это определение не подходит, поскольку он центрируется без всякой нутации.

Нанесем по оси гироскопа слабый удар так же, как это показано на рис. 6.2. При упомянутых обстоятельствах будет наблюдаться прецессионно-нутацонное движение, то есть шаг прецессии будет равен амплитуде r нутации (радиусу основания полудии). а частное решение уравнений (6.6) соответствует начальным условиям

$$\begin{aligned} \alpha(0) &= \alpha_0 = \alpha_r \leq r_m, & \dot{\alpha}(0) &= \dot{\alpha}_0 \\ \beta(0) &= \beta_0 \leq r_m, & \dot{\beta}(0) &= \dot{\beta}_0, & \beta_r &= 0 \end{aligned} \quad (28)$$

Частное решение вытекает из правила об одноименном параллелизме осей вращения. Если применить его к нашей задаче, то можно выбрать такой удар, при котором значение первого приращения ΔH_i было бы пропорциональным r .

Вопросы управления гироскопа ударными воздействиями имеет большое практическое значение, например, в космонавтике [1]. На основании представленных выше рассуждений проследим дальнейшее движение оси по рис. 4а) теоретически, на котором для удобства выбраны полярные координаты. Время удара настолько коротко, что конец оси x переместился в позицию 1 практически по прямой (в данной проекции). За это время, в отличие от действия постоянного момента, первичный и вторичный моменты центробежных сил не сформировались. Следовательно, действует только центрирующий момент R , как и при сильном ударе. В целом достаточно повторить вывод уравнений (14) с той лишь разницей, что здесь вращение происходит в пределах нутацонных колебаний, поэтому в силу вступают уравнения (17), в которых изменится только положение равновесия, поскольку в данном случае оно определяется не предельно возможным углом r_m , а силой удара, то есть значением r

$$\begin{aligned} \alpha &= e^{\Omega_n t} \left(\alpha_{n0} \cos \Omega_n t + \frac{\dot{\alpha}_{n0}}{\Omega_n} \sin \Omega_n t \right) - r \\ \beta &= e^{\Omega_n t} \left(\beta_{n0} \sin \Omega_n t + \frac{\dot{\beta}_{n0}}{\Omega_n} \cos \Omega_n t \right) \end{aligned} \quad (29)$$

Движение оси x представляет спираль, подобную той, которая исследована при сильном ударе, но только в рамках радиуса нутации. Подобная спираль уже показана на рис. 3в) для предельного значения r_m . Для нашего случая текущее значение радиуса спирали может быть рассчитано по формуле, подобной (10)

$$r_i = r e^{m\eta}, \quad (30)$$

где $r = \alpha_0$ – величина отклонения динамической оси непосредственно после удара.

Уравнение (30) дает возможность рассчитать шаг спирали и определить положение оси x на любой момент времени.

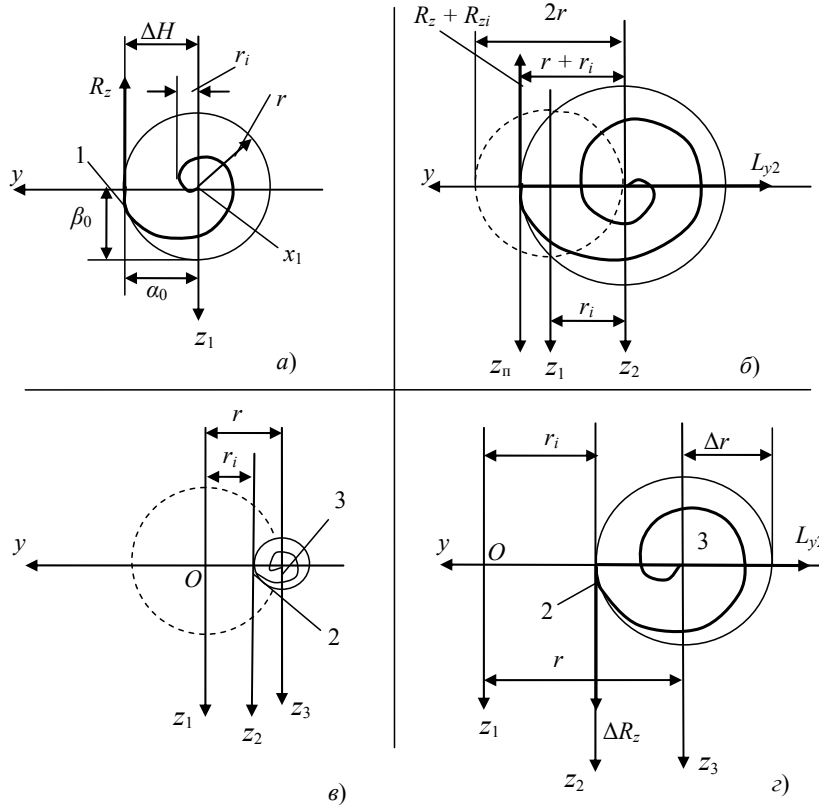


Рис. 4

Вследствие ударного воздействия, вызвавшего изменение кинетического момента на величину ΔH суммарный кинетический момент переместится в положение x_1 , образуя новую ось вращения (рис. 4а). Угловое расстояние от начальной позиции до этой точки по оси y составляет α_0 , что равно угловому радиусу r основания полодии. При вращении по спирали этот радиус имеет убывающее текущее значение r_i , поскольку образовавшийся центрирующий момент изменяется по тому же закону, как и угол α . Затухание колебаний произойдет в позиции x_1 . Заметим, что рис. 4 выполняет сугубо демонстрационную функцию, поэтому спирали на нем показаны в упрощённом виде. Для реального гироскопа их шаг намного меньше.

Нанесем такой же удар в тот момент времени, когда ось x , совершив полный оборот, оказалась практически в начальном положении (рис. 4б).

Для этого положения $\beta_i = 0$. Мгновенное значение радиуса полодии при этом составляет

$$r_i = r e^{2m\pi} . (31a)$$

В этот момент собственное движение оси фигуры совпадает с направлением удара, следовательно, радиусы двух вращений сложатся $r_\Sigma = r + r_i$, а общее отклонение после двух ударов равно $2r$. Центрирующие моменты от первого (R_z) и второго (R_{zi}) ударов сложились ($R_\Sigma = R_z + R_{zi}$) в отрицательном направлении промежуточной оси z_{Π} . Здесь мы видим исключительно наглядное подтверждение возможности применения принципа суперпозиции в данных исследованиях: такой же результат, очевидно, получаем вследствие двух последовательных ударов, проведенных через длительное время (то есть по окончании колебаний после первого удара).

Рассмотрим еще один вариант – вариант гашения нутационных колебаний. Для этого нанесем второй удар по оси фигуры противоположный первому в момент времени, когда она совершит пол-оборота после первого удара (рис. 4в). Иными словами, второй ударный момент нанесен в противофазе к первому, в тот миг, когда ось x находилась в противофазе к начальному положению. При этом текущий радиус вращения от первого удара

$$r_i = r e^{m\pi} . (31б)$$

Линейная скорость инерционного движения оси фигуры в этот момент времени направлена на рис. 4в) и 4г) вверх (рис. 4г показывает движение оси x после второго удара в увеличенном масштабе). Вследствие второго удара это движение не только остановлено, но и получило незначительное обратное направление, поскольку момент R за пол-оборота уменьшился, а момент удара L_y остался прежним. Таким образом суммарная ось вращения сместилась в сторону превосходящего действия L_y . Радиусы двух вращений в этом случае вычитаются $\Delta r = r - r_i$ ($\alpha_\Sigma = \alpha_0 - \alpha_i$). Теперь вращение будет происходить относительно новой позиции 3 с начальным радиусом Δr . Ось фигуры (ось x) в это мгновение находится в положении 2. В данной точке текущий момент R_{zi} от первого удара вычитает-

ся из центрирующего момента R_z от второго удара на промежуточной оси z_2 . Так произошло гашение колебаний.

На рисунках 4а-г) показаны теоретические исследования. Обратимся к описанию опыта, то есть фактических наблюдений за гироскопом в тех же обстоятельствах [4]. «Если мы разложим возмущение, действующее на ось гироскопа, на отдельные удары..., то поведение гироскопа во многом будет зависеть от того, будет ли ось гироскопа получать каждый следующий удар в тот момент, когда после полного оборота прецессии она опять пройдет через свое старое положение D ..., или в тот момент, когда, совершив только половину оборота прецессии, она будет находиться в положении, диаметрально противоположном старому положению D . В первом случае второй удар, напряженность и направление которого мы будем считать приближенно одинаковыми с напряженностью и направлением первого удара, приближенно удвоит угол раствора конуса прецессии; во втором же случае угол раствора конуса уменьшится почти до нуля, так как теперь, в результате второго удара, вектор D' изменит свое положение так, что почти совпадет с новым положением оси фигуры». Обозначения в тексте оригинала сохранены, причем вращательным импульсом D и D' по старой терминологии называется кинетический момент.

Приведенная цитата показывает достаточно полное соответствие опыту высказанных выше теоретических исследований. Благодаря этим исследованиям, в частности, для быстрого и эффективного гашения колебаний можно рассчитать величину момента второго удара. Для того, чтобы ось осталась в точку (рисунки 4в и 4г) практически без колебаний, момент силы второго удара должен быть пропорциональным мгновенному значению текущего радиуса (31в), то есть $R_{z_i} \sim r_i$.

Продолжим цитирование работы [4]. «Сходное, хотя и несколько более сложное явление будет происходить в том случае, если удары в ось фигуры гироскопа будут следовать через каждую четверть или восьмую часть обхода соответствующего конуса прецессии. На фиг. 59 [рис. 5] схематически показаны последовательные положения оси фигуры (арабские цифры) и оси вращательного импульса [ударного момента] (римские цифры) при ударах, происходящих через каждую восьмую часть обхода конуса прецессии (все отмеченные на фигуре углы равны 45°). Прямая и кривая, изображенные на фигуре, представляют собой спроектированные на плоскость траектории точек, в которых ось вращательного импульса и ось фи-

гуры пересекаются со сферой, описанной из точки опоры, причем построение произведено для случая, когда вращательные удары D' малы по сравнению с первоначальным вращательным импульсом. Мы видим, что при восьмом ударе угол раствора конуса прецессии становится опять равным почти точно нулю, после чего имевшая место картина движения почти в точности повторяется.

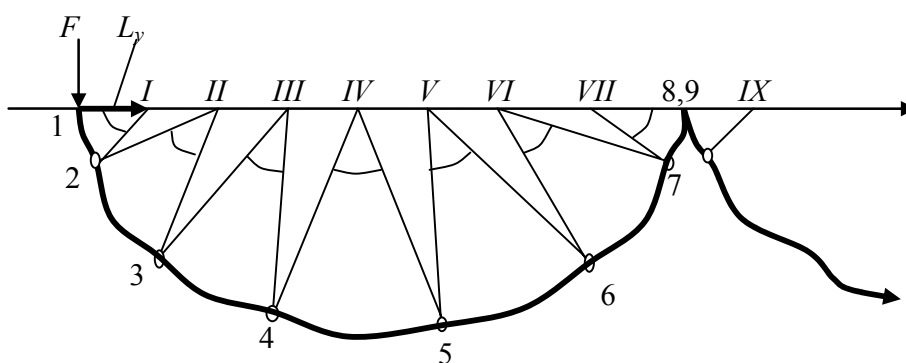


Рис. 5

Теперь не трудно перейти к тому случаю, когда внешняя сила действует на ось фигуры гироскопа непрерывно. Вместо полигона из дуг окружностей... мы получим гладкую кривую, представляющую собой геометрическое место конца радиуса-вектора, равномерно вращающегося вокруг точки, в свою очередь равномерно движущейся вдоль прямой, причем сам радиус-вектор периодически так удлиняется и сокращается, что всегда остается перпендикулярным к кривой, описываемой его концом. Такая кривая является не чем иным, как обыкновенной (заостренной) циклоидой (в нашем случае расположенной на поверхности шара, то есть сферической циклоидой). В самом деле, циклоида, представляющая собой след точки окружности, катящейся без скольжения вдоль прямой, обладает тем свойством (открытым Ферма), что нормаль в каждой ее точке проходит через соответствующую точку касания производящей окружности с прямой.

Если ось фигуры гироскопа в начальный момент действия силы не прецессировала, то получается обыкновенная циклоида с острыми вершинами, направленными прямо противоположно действующей силе; в противном случае получается... либо кривая с петлями в вершинах, так называемая удлиненная циклоида (сферическая), либо кривая со сглаженными вершинами, представляющая собой укороченную циклоиду (сферическую)».

Очевидно, что результат, указанный на рис. 5, соответствует до точки *IV* рисунку 4б), когда существует синфазная составляющая ударных моментов и радиус полодии возрастает. После точки *IV*, когда начинается гашение колебаний, этот радиус уменьшается и становится равным нулю в позиции 8,9, что соответствует рисункам 4в) и 4г).

Отметим, что в цитируемой работе все представленные выводы сделаны на основании опытных данных, без объяснения физического смысла явлений, однако при использовании концепции, что *ударное воздействие вращательное*. Именно этим объяснено изменение кинетического момента в сторону действия момента внешней силы, что и происходит в действительности. К сожалению, теория гироскопа дальше не развивала эту концепцию, и, в конце концов, она оказалась потерянной. Снова вернулись к тезису, что гироскоп не движется в направлении действующей силы, хотя и пришлось признать, что, «строго говоря, такой тезис неверен, однако он приложим к быстровращающимся гироскопам как полезное приближение» [1].

Добавим, не претендуя на приоритет. Автор настоящей работы пришел к тем же выводам, что и Р. Граммель, но сугубо теоретически и независимо от процитированной источника [4]. Полученные в гл .5 и в настоящей главе выводы оказались уже подтвержденными. Кроме того, результаты исследований дают возможность найти положение уравновешенного гироскопа на любой момент времени. Изложенный в названных главах подход позволяет решить и другие, в том числе и «застарелые» проблемы, такие, например, как движение гироскопа с двумя степенями свободы, почти суточная нутация Земли и др.

Литература

1. Магнус К. Гироскоп. Теория и применение. – М.: Мир, 1974. – 526 с.
2. Добронравов В.В и др. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1974. – 528 с.
3. Арнольд Р.Н., Мондер М. Гиродинамика. – М.: Машиностроение, 1964. 468 с.
4. Граммель Р. Гироскоп. Его теория и применение. – М.: ИЛ, 1952.
5. Смирнов Е.Л. и др. Технические средства судовождения. Теория. – М.: Транспорт, 1988. – 376 с.

6. Саранчин А.И. Уравновешенный гироскоп под действием момента внешних сил. Вестник Морского государственного университета. Серия Судовождение. Вып. 48/2013. – Владивосток: Мор. Гос. ун-т, 2013. – С. 56-77.
7. Бидерман В.А. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1972. – 416 с.
8. Математический энциклопедический словарь. Гл. редактор Прохоров Ю. В. – М.: «Советская энциклопедия», 1988. – 847 с.

КОРРЕКТИРОВКА ШКАЛ ВРЕМЕНИ ИЛИ ПЛАВАЮЩИЕ СЕКУНДЫ

А.Н. Панасенко, профессор
МГУ им. адм. Г.И. Невельского

Гражданское время, по которому мы живём, время от времени регулируется, путем увеличения или уменьшения его ровно на 1 секунду для того, чтобы разница между постоянной шкалой времени (uniform time scale) определяемой по атомным часам не отличалась от времени вращения Земли больше чем на 0,9 секунды. Поэтому универсальное координированное время (UTC) – атомное время является основой для гражданского времени.

Исторически сложилось, что секунду определяли по вращению Земли. В 1928 году III Генеральная ассамблея международного астрономического союза ввела понятие UT (Universal Time). За единицу времени были приняты средние солнечные сутки эпохи наблюдения и средняя секунда, равная $1/86400$ части этих суток.

$$1 \text{ средние сутки} = 24 \text{ час} \times 60 \text{ м} \times 60 \text{ с} = 86400 \text{ с}$$

В 1956 году Международный комитет мер и весов определил значение секунды, исходя из периода обращения Земли вокруг Солнца на отдельно взятую эпоху, так как вращение Земли недостаточно постоянно, как стандарт времени.

Движение Земли было описано Ньютоном на эпоху 1900 года на основе астрономических обсерваций, выполненных в 18 и 19 веках. Эфемероидная секунда [ES], определённая таким образом является

1/31556926,9747 долей тропического года. Это определение было утверждено 11 конференцией мер и весов в 1960 году.

В последующие годы американские и английские астрономы определили взаимосвязь между частотой колебаний атома цезия (стандарт времени) и ES.

В 1967 году, в соответствии с решением XIII генеральной конференции по весам, было принято новое определение единицы измерения времени – атомной секунды.

Атомная секунда – интервал времени, в течение которого совершается 9192631770 колебаний атома цезия – 133.

UT1

UT1 – это постоянное время, основанное на вращении Земли, т.е. это гринвичское время.

Земля постоянно находится под влиянием отрицательного ускорения, вызываемого тормозящим действием приливов. Используя древние наблюдения затмений можно определить общее отрицательное ускорение, которое приближённо равно 1,4 миллисекунды за сутки.

Это отрицательное ускорение вызывает замедление времени вращения Земли относительно атомного времени.

Таким образом, определение ES, заключённое в Ньютоновском движении Солнца, было равно общей средней солнечной секунде за 18 и 19 века.

Современные исследования показали, что приблизительно в 1820 году средние солнечные сутки были точно равны 86400 секунд, это также приблизительная средняя эпоха наблюдений, проанализированных Ньютоном за период с 1750 по 1892 год, которая в результате явилась величиной определения средних солнечных суток на шкале ET.

До этого средние солнечные сутки были короче, чем 86400 секунд, но с тех пор они стали длиннее, чем 86400с.

С 1820 года, когда продолжительность средних солнечных суток было равно 86400с до 2000 года прошло 180 лет. За это время продолжительность средних солнечных суток возросла примерно на 2 миллисекунды, т.е. длина средних солнечных суток в 2000 году была около 86400,002с вместо 86400с.

В течение одного года накапливается поправка величиной почти в 1 секунду, которая компенсируется включением плавающей секунды в шкалу UTC с регулярностью немного меньше, чем 1 раз в год.

Корректировку шкалы UTC рекомендуется проводить 1 января, 1 апреля, 1 июля и 1 октября, но предпочтительными датами являются 1 января и 1 июля.

Другие факторы также влияют на скорость вращения Земли, некоторые из них непредсказуемы, поэтому необходимо постоянно осуществлять мониторинг вращения Земли.

Для того чтобы сохранить накопленную разницу между UT-1 и UTC меньше, чем 0,9 с к атомному времени добавляют плавающую секунду, которая уменьшает эту разницу. Плавающая секунда может быть как положительная, так и отрицательная, это зависит от вращения Земли. Со времени ввода первой плавающей секунды в 1972 г., все они были положительными, и через 27 лет в январе 1999 г было уже использовано 22 плавающие секунды.

Это отражает основную тенденцию замедления вращения Земли вследствие тормозящего свойства приливо-отливных явлений.

Иногда возникает неправильное представление о том, что регулярное включение плавающей секунды каждые несколько лет указывает на то, что Земля должна остановить своё вращение в пределах нескольких тысячелетий. Ошибочное представление происходит потому, что некоторые люди ошибочно принимают плавающую секунду за меру скорости, с которой замедляется Земля. На самом деле 1 секунда это величина прироста поправки, это показание накопившейся разницы во времени между двумя системами.

Необходимо заметить, что текущая разница с длиной суток в 86400с учитывает лишь два последних века, но не предшествующие им года.

Для объяснения ситуации с плавающей секундой можно привести следующий пример.

Что бы случилось, если бы часы какого-либо человека отставали ровно на 2 секунды в день? Т.е. завтра часы отстают на 2 с, а через месяц ошибка будет равна 1 минуте (30 дней по 2 секунды). Этот человек подвёл бы часы на 1 минуту, чтобы снова иметь точное время.

Эта ситуация подобна ситуации с плавающей секундой. Разница лишь в том, что вместо того, чтобы подводить часы, которые отстают, подводят часы, которые хранят какое-то определённое точное время.

Причина этого в том, что мы можем изменить время на атомных часах, в то время как невозможно изменить скорость вращения Земли, для того, чтобы подогнать под атомные часы.

В настоящее время Земля отстаёт на 2 миллисекунды в день. Спустя 500 дней разница между временем вращения Земли и атомным временем была бы равна 1 секунде. Чтобы этого не случилось, включают плавающую секунду, которая корректирует атомное время.

Международное атомное время (TAI) – статистическая атомная шкала времени, основанная на большом количестве часов, работающих в национальных лабораториях по всему миру, которая поддерживается Международным бюро мер и весов; интервал единицы этого времени точно равен одной секунде. Происхождение TAI таково, что $UT1 - TAI$ примерно равно нулю на 1 января 1958 г.. TAI не регулируется плавающими секундами, плавающими секундами регулируется UTC. UTC определяется CCIR (International Radio Consultative Committee) с 1986 года.

UTC отличается от TAI на общую сумму плавающих секунд. Таким образом, UTC остаётся меньше, чем UT1 (на 0,9с) по абсолютной величине. Согласно рекомендации CCIR первое предпочтение в выборе месяца для исправления UTC плавающей секундой отдаётся 31 декабря или 30 июня, второе предпочтение в конце марта и сентября. С 1972 г., когда система была введена, использовались только даты в июне и декабре.

Численно TAI выражается из UTC

$$TAI = UTC + d AT$$

$d AT$ – алгебраическая сумма плавающих секунд

Первая плавающая секунда была введена 30 июня 1972 г.

GPS 6 января 1980 г. синхронизирована с UTC, не исправляется плавающими секундами, поэтому на 1 января 1999г

TAI впереди UTC на 32 секунды

TAI впереди GPS на 19 секунд

GPS впереди UTC на 13 секунд

Радио сигналы времени

UTC – универсальное координированное время.

UT1 или UT, универсальное время – среднее солнечное время гринвичского меридиана, полученное из прямых астрономических наблюдений и откорректированное по результатам малых отклонений Земли относительно оси вращения (polar variation).

GMT, Гринвичское среднее время может считаться как главный эквивалент UT1. Время этих шкал соответствует точно угловому отклонению Земли относительно оси как суточное вращение и используется в мореходной астрономии, как аргумент в астрономических ежегодниках.

TAI, International Atomic Time – Международное атомное время – определяется осреднением показаний очень точных (лучше чем 1 микросекунда в сутки) часов, расположенных в национальных обсерваториях всего мира. Подобно UT1, TAI, не изменяется с неравномерностью вращения Земли.

TAI обеспечивает наибольшую точность и единую единицу временного интервала для научных целей – атомную секунду.

UTC, всемирное координированное время используется для целей научных пользователей, а также для штурманов, топографов и других пользователей, кому необходима временная шкала, связанная с вращением Земли.

UTC точно соответствует TAI, но отличается от него на целое число секунд. Шкала UTC корректируется добавлением положительной или отрицательной секунды для того, чтобы разница между UTC и UT1 не превышала $\pm 0,9$ секунды.

Радиостанции, передающие сигналы точного времени ведут передачу радиосигналов по шкале UTC.

Величина поправки DUT1 является разницей между UTC и UT1, DUT1 используется для корректировки радиосигналов, полученных из наблюдений

$$UT1 = UTC + DUT1$$

DUT1 – кодированный радиосигнал, даётся с точностью 0,1 секунды и передаётся в еженедельных адмиралтейских извещениях мореплавателей.

Имеется специальный радио код для передачи поправки DUT1 – International Radio Consultative Committee Code (CCIR Code).

В CCIR коде значения DUT1 указаны окраской определённых секунд, которые занимают первые 16 секунд, следующих за минутным сигналом.

Выделенные (окрашенные) сигналы могут иметь форму удлинённых, вдвоенных сигналов или сигналов в другой тональности. Количество выделенных секунд равно числу десятых долей поправки DUT1. Окрашенные секунды передаются в интервале с 1 до 16 секунды, причём, если они следуют в интервале с 1 до 8 секунды, то поправка DUT1 – положительная, а если в интервале с 9 до 16 секунды, то поправка DUT1 – отрицательная.

Поправка DUT1 может передаваться кодом Морзе.

1. Russian system

Поправка передаётся несколько раз сразу после позывного сигнала и состоит из 3х цифр, передаваемых кодом Морзе, например:

028 или 132, причём первая цифра означает знак, 0 – минус, 1 – плюс. Две последние цифры – это десятые и сотые доли секунды.

2. American system

Положительное значение DUT1 указывается буквой A и следующей за ней цифрой.

Отрицательное значение DUT1 указывается буквой S и следующей за ней цифрой, например:

$$A3 = +3 \times 0,1s$$

$$S4 = -4 \times 0,1s$$

3. French system

DUT1 PLUS N (положительное значение DUT1)

DUT1 MOINS N (отрицательное значение DUT1)

Величина $DUT1 = \pm N \times 0,1s$, где N – цифра от 1 до 8

В статье использованы материалы иностранных изданий за 2005 – 2013 годы.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ МОРЯКОВ

Лентарёв А. А., д-р техн. наук, проф.,
МГУ им. адм. Г. И. Невельского

За последние два десятилетия международная нормативная база, регламентирующая подготовку морских кадров по плавательным специальностям, претерпела существенные изменения. Поправки, внесённые в 1995 г. в Международную конвенцию о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (Конвенция ПДНВ) в виде Кодекса ПДНВ, фактически изменили концепцию этого документа, перестроив его с должностного принципа подготовки на функциональный и введя компетентностный подход к оценке результатов подготовки. В последующие годы в Конвенцию ПДНВ дополнительно был внесён ряд поправок, и последними из них были поправки, называемые «манильскими», которые приняты в Маниле на Конференции ИМО в 2010 г.

В соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ Стороны этой Конвенции в лице их Администраций обязаны разработать и внедрить в пределах своей юрисдикции стандарты качества в области подготовки и дипломирования моряков и несения вахты. (Следует отметить, что в официальном русском переводе названия Конвенции ПДНВ по неизвестной причине опущено слово «Standards», что неоправданно расширило смысловое содержание её названия). В нашей стране, где функции Администрации возложены на Министерство транспорта, это требование выполнено в отношении дипломирования и несения вахты. Так, приказом Министерства Транспорта от 15.03.2012 г. № 62 введено в действие «Положение о дипломировании членов экипажей морских судов», также в полном объёме действуют Правила несения вахты. Эти два документа полностью перекрывают конвенционное требование о внедрении стандартов качества в области дипломирования моряков и несения вахты.

Иная ситуация сложилась со стандартами качества в области подготовки моряков. Помимо прямого вывода, вытекающего из самого названия Конвенции ПДНВ, в Правиле I/8 указывается, что «Каждая Сторона обеспечивает, чтобы в соответствии с положениями раздела A-I/8 Кодекса ПДНВ, вся деятельность по подготовке ... находилась под постоянным

контролем посредством системы стандартов качества...». Однако до сих пор Министерство транспорта не разработало и не внедрило документа о подготовке моряков, аналогичного Положению о дипломировании, которое бы определяло стандарты качества всех сторон подготовки. Определённую регламентацию в процесс подготовки моряков вносит Приказ Министерства транспорта от 8 июня 2011 г. № 157 г. "Об утверждении Порядка признания организаций в целях наделения их полномочиями по освидетельствованию судов и организаций, осуществляющих подготовку членов экипажей морских судов в соответствии с Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты от 1978 года с поправками, а также по проведению проверок, связанных с освидетельствованием этих судов и организаций". Однако и в этом документе отсутствует требуемая Правилom I/8 Конвенции ПДНВ система стандартов качества в области подготовки моряков.

С учётом сложившейся ситуации и позиции Министерства транспорта, которое перенесло решение этой проблемы на уровень учебных заведений, в Морском государственном университете им. адм. Г. И. Невельского разработано «Положение о подготовке членов экипажей морских судов в соответствии с Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с поправками» (или Положение о конвенционной подготовке). По-сути, это Положение формализует указанные в Правиле I/8 Конвенции ПДНВ стандарты качества в области подготовки членов экипажей морских судов (конвенционной подготовки).

Главный принцип, который был положен в основу разработки Положения о конвенционной подготовке, обосновывается следующими соображениями. В пункте 3 раздела В-I/8 Кодекса ПДНВ говорится, что «...стандарты качества для оценки знаний, понимания, навыков и компетентности должны включать рекомендации настоящего раздела в общих рамках национальной системы аккредитации обучения и подготовки или стандартов качества». Далее в пункте 5 этого же раздела указано, что «при установлении стандартов качества для программ обучения, подготовки и оценки организации, отвечающие за осуществление этих программ, должны принимать во внимание ...положения, относящиеся к установленной аккредитации или стандартам качества обучения на национальном уровне...». Несмотря на то, что эти положения носят рекомендательный характер, они позволяют сформировать главный принцип разработки Положе-

ния и конвенционной подготовки: система стандартов качества подготовки, формализуемая этим Положением, должна соответствовать и находиться в рамках действующей национальной системы образования, включая процедуры лицензирования, аттестации и аккредитации образовательных организаций.

Второй принцип, на основе которого разрабатывалось Положение о конвенционной подготовке, заключается в том, чтобы, по возможности, не допускать расширительного толкования требований Конвенции ПДНВ, и не привносить в неё дополнительных смыслов.

В структуре Положения о конвенционной подготовке выделены следующие разделы: общие положения, нормативное и организационное обеспечение, кадровое обеспечение, учебно-методическое обеспечение, материально-техническое обеспечение, тренажёрная подготовка и практическая подготовка. Как видно, первые пять разделов соответствуют структуре принятой в нашей образовательной системе лицензионных и аккредитационных показателей, а два последних раздела посвящены вопросам, которые особо подчеркиваются в Конвенции ПДНВ. Далее представляется краткое содержание каждого из разделов Положения о конвенционной подготовке и его обоснование.

Общие положения. В этом разделе приведены основные термины и определения, касающиеся подготовки членов экипажей судов в соответствии с Конвенцией ПДНВ. Основными из этих определений являются следующие:

- «конвенционная подготовка»: разработка, проектирование и реализация образовательных программ среднего, высшего и дополнительного профессионального образования, целью которых является достижение компетенций, подтверждаемых соответствующими квалификационными документами в соответствии с Конвенцией ПДНВ;

- «конвенционная специальность»: основная образовательная программа высшего или среднего профессионального образования, обеспечивающая достижение компетенций, указанных в таблицах спецификаций минимального стандарта компетентности А-II/1, А-III/1, А-III-6, А-IV/2, А-II/4, А-III/4 б А-III/7 Кодекса ПДНВ;

- «конвенционная программа»: программа дополнительного профессионального образования, обеспечивающая достижение: а) компетенций Конвенции ПДНВ иных, чем те, которые указаны в таблицах специфика-

ций минимального стандарта компетентности А-II/1, А-III/1, А-III-6, А-IV/2, А-II/4, А-III/4 и А-III/7 Кодекса ПДНВ, и б) компетенций, вытекающих из разделов А-I/6 и А-I/8 Кодекса ПДНВ;

- «конвенционная дисциплина»: дисциплина учебного плана конвенционной специальности, обеспечивающая достижение компетенции (или её части), указанной в соответствующей таблице минимального стандарта компетентности для этой специальности.

Эти определения позволяют из всего многообразия специальностей, программ и дисциплин, обучение по которым осуществляется в образовательной организации, выделить те специальности, программы и дисциплины, на которые распространяются требования Положения о конвенционной подготовке.

В этом разделе также приведены конкретные определения лиц, занятых в конвенционной подготовке, в тех терминах, в которых они называются в Конвенции ПДНВ с учётом выполняемых ими функций, в частности,

определения «руководитель», «преподаватель», «экзаменатор», «инструктор» и «внутренний аудитор».

Здесь также фиксируется, что в соответствии с рекомендациями раздела В-А/8 (пункты 1 и 3) Кодекса ПДНВ устанавливаемая положением система стандартов качества разработана с учётом требований, моделей и процедур, существующих в сфере национального образования Российской Федерации.

Нормативное и организационное обеспечение.
В качестве нормативного

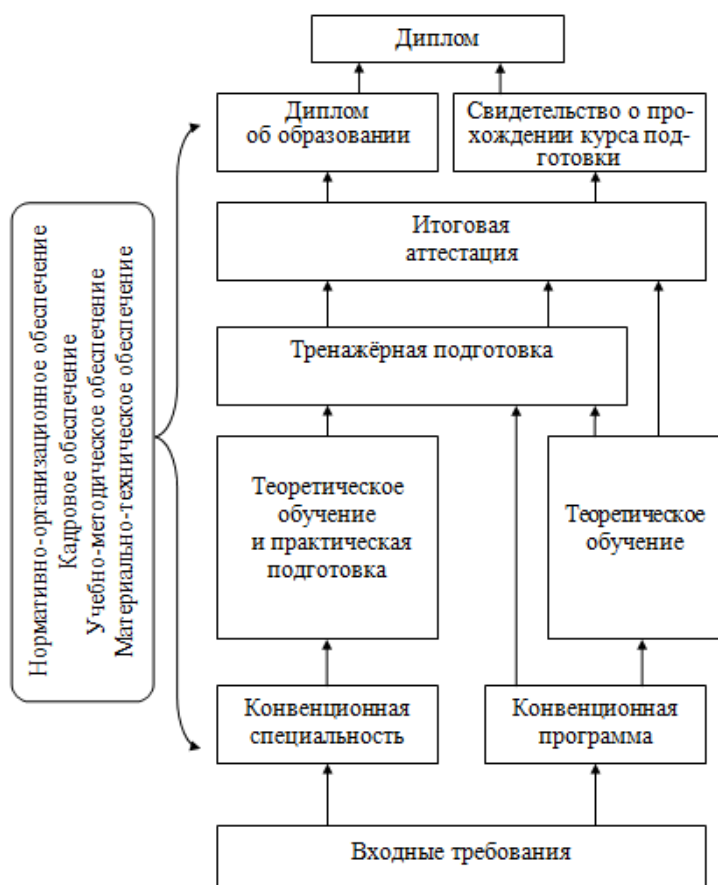


Рис. 1. Общая схема конвенционной подготовки

обеспечения конвенционной подготовки в данном разделе определены Конвенция ПДНВ, а также федеральные законы, приказы и инструктивные письма Министерства образования и науки, Министерства транспорта и Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, регламентирующие функционирование отечественной системы образования, а также устав университета.

Организационное обеспечение начинается с формализации миссии руководства университета в этой области, целей и общей схемы конвенционной подготовки (рис.1). Подготовка по конвенционным специальностям реализуется в рамках основных образовательных программ высшего и среднего профессионального образования (ВПО и СПО) для различных уровней ответственности, определяемых выполняемыми на судне функциями: уровень эксплуатации и вспомогательный уровень. Она включает в себя общие для всех специальностей этапы: теоретическое обучение, практическая подготовка, тренажёрная подготовка, итоговая аттестация, которая заканчивается получением академического диплома (диплом об образовании) и профессионального (или рабочего) диплома (в терминах Конвенции ПДНВ – диплом).

Подготовка по конвенционной программе в зависимости от её вида может состоять только из тренажёрной подготовки, только из теоретического обучения или теоретического обучения и тренажёрной подготовки, что заканчивается итоговой аттестацией и получением свидетельства о прохождении курса подготовки, наличие которого является одним из условий получения профессионального диплома в Морской администрации.

Далее в этом разделе приводится организационная структура университета, которая обеспечивает все виды конвенционной подготовки. Эта структура объединяет все подразделения университета, которые выполняют конвенционные функции: руководство подготовкой, разработка и реализация программ подготовки, оценки компетентности, внутренний аудит. При формировании организационной структуры конвенционной подготовки не следует допускать её необоснованного расширения, поскольку если подразделение включается в эту структуру, то на него должны распространяться конвенционные требования, связанные с квалификацией сотрудников, учебно-методическом, материально-техническом обеспечении и т. д.

В этом же разделе указывается, что конвенционная подготовка осуществляется под контролем действующей в университете системы менедж-

мента качеством (СМК). Определяются направления деятельности СМК в области конвенционной подготовки, порядок проведения мониторинга и внутреннего аудита, результаты которого представляют собой основу для независимой оценки, требуемой согласно пункту 3 раздела А-І/8 Кодекса ПДНВ. Фиксируется ответственность руководства университета за выполнение анализа результативности СМК в части конвенционной подготовки, последующей разработки предупреждающих и корректирующих действий, а также для принятия стратегических решений о её развитии и внесении необходимых для улучшения изменений.

Кадровое обеспечение. Кадровое обеспечение конвенционной подготовки определяется наличием лиц из числа административно-управленческого персонала и профессорско-преподавательского состава структурных подразделений, занятых в конвенционной подготовке, которые должны иметь надлежащую квалификацию в соответствии с положениями раздела А-І/6 Кодекса ПДНВ применительно к соответствующему виду и уровню подготовки или оценки.

К числу таких лиц относятся, независимо от того, какие должности по штатному расписанию они занимают, лица, выполняющие функции руководителей, преподавателей, инструкторов, экзаменаторов и внутренних аудиторов в терминах Конвенции ПДНВ. Перечень таких лиц представлен в таблице 1.

Таблица 1

Кадровое обеспечение конвенционной подготовки

Функция по Конвенции ПДНВ	Лицо, осуществляющее данную функцию, в терминах Конвенции ПДНВ	Должностные лица, осуществляющие данную функцию в университете
Организация и руководство конвенционной подготовкой	Руководитель	Ректор, проректор по конвенционной и морской подготовке, начальник Морской академии и его заместитель, начальники факультетов и начальники кафедр, занятых в конвенционной подготовке, начальник Регионального центра дополнительного профессионального морского образования и его заместитель, начальники тренажёрных центров, руководители программ, директора колледжей и филиалов

Осуществление преподавательской деятельности по конвенционным дисциплинам	Преподаватель	Профессора, доценты, старшие преподаватели, преподаватели и ассистенты кафедр университета, занятых в конвенционной подготовке, преподаватели колледжей и филиалов
Осуществление преподавательской деятельности по конвенционным программам	Инструктор	Начальники тренажёрных центров, руководители программ подготовки, инструкторы-преподаватели, инструкторы
Проверку и оценка компетентности кандидата на получение диплома	Экзаменатор	Председатели и члены Государственных экзаменационных и аттестационных комиссий, профессора, доценты и старшие преподаватели и преподаватели кафедр, занятых в конвенционной подготовке, инструкторы
Проведение внутренних проверок, выявление несоответствий в конвенционной подготовке и контроль их устранения	Внутренний аудитор	Главный инспектор по качеству образования, начальник и ведущие специалисты учебно-методического центра конвенционной подготовки

Одно и то же лицо может осуществлять несколько конвенционных функций (например, преподаватель и экзаменатор, руководитель и экзаменатор и т. п.) при наличии соответствующей надлежащей квалификации, подтверждённой документально.

Квалификационные характеристики лиц, занятых в конвенционной подготовке, включают в себя две составляющие:

- основные характеристики, установленные Министерством здравоохранения и социального развития и Министерством образования и науки РФ;

- характеристики, вытекающие из требований пункта 2 раздела А-І/8 Конвенции ПДНВ (конвенционные характеристики).

Основные характеристики определены в «Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих», утверждённом приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 11.01.2011 г. № 1н, и в представляемом Положении не приводятся.

Пример дополнительных конвенционных характеристик к лицам, занятым в конвенционной подготовке, приведён в таблице 2.

Таблица 2

Квалификационные характеристики персонала, занятого в конвенционной подготовке, вытекающие из требований Конвенции ПДНВ

Функция по Конвенции ПДНВ	Должность по штатному расписанию в университете	Конвенционные требования к уровню профессиональной подготовки
Руководитель	Начальник тренажёра	1) диплом уровня управления в соответствии с Конвенцией ПДНВ или диплом уровня эксплуатации и учёная степень (звание) по конвенционной специальности 2) надлежащая квалификация инструктора тренажёра согласно разделу А-I/8 Кодекса ПДНВ (модельные курсы ИМО 6.10 или 3.12 или эквивалентные им)
Преподаватель	Профессор Доцент Старший преподаватель Преподаватель Преподаватель колледжа Преподаватель филиала	1) диплом уровня эксплуатации в соответствии с Конвенцией ПДНВ 2) надлежащая квалификация инструктора и экзаменатора согласно разделу А-I/8 Кодекса ПДНВ (модельные курсы ИМО 6.09 и 3.12 или эквивалентные им)

Для начальников, инструкторов-преподавателей и инструкторов отдельных специализированных тренажёров дополнительно могут устанавливаться специальные дополнительные требования к уровню квалификации и опыту (стажу) работы, что определяется положениями о таких тренажёрах и отражается в их должностных инструкциях. К членам государственных аттестационных комиссий предъявляются требования, аналогичные требованиям к штатным экзаменаторам университета.

Достижение установленных квалификационных требований к кадровому составу конвенционной подготовки обеспечивается с помощью следующих процедур:

- установленная процедура отбора и приёма на работу;
- повышение квалификации в области педагогической подготовки и подготовки для достижения компетенций по реализации требований Конвенции ПДНВ;
- аттестация профессорско-преподавательского состава.

Учебно-методическое обеспечение. В этом разделе указывается, что учебно-методическое обеспечение конвенционной подготовки формируется в рамках общих требований к учебно-методическому обеспечению основных образовательных программ и программ дополнительного профессионального обучения, установленных национальным законодательством и нормативной базой Министерства образования и науки РФ. При этом под учебно-методическим обеспечением понимается совокупность учебно-методических документов (планы, программы и т. п.) и средств (учебники, учебные и методические пособия и т. п.), устанавливающих и определяющих рациональное содержание обучения и методику проведения учебного процесса.

Применительно к конвенционной подготовке учебно-методическое обеспечение формируется в следующем виде:

- учебно-методический комплекс конвенционной специальности – это совокупность учебно-методических документов, обеспечивающих организационную и содержательную целостность системы, методов и средств обучения по данной специальности;
- учебно-методический комплекс конвенционной дисциплины – это совокупность учебно-методических документов, обеспечивающих организационную и содержательную целостность системы, методов и средств обучения по данной дисциплине;
- учебно-методический комплекс конвенционной программы – это совокупность учебно-методических документов, обеспечивающих организационную и содержательную целостность системы, методов и средств обучения по данной программе.

Порядок разработки, состав и структура учебно-методического комплекса (конвенционной) специальности определяются действующим в Университете «Положением об учебно-методическом комплексе основной образовательной программы».

Для идентификации конвенционной составляющей в учебно-методический комплекс конвенционной специальности дополнительно включается таблица обеспечения компетенций Конвенции ПДНВ по форме, показанной в таблице 3.

Таблица 3

Обеспечение компетенций Конвенции ПДНВ
(таблица А-II\1) в учебном плане специальности 180402.65 Судовождение

№ п/п	Сфера компетенции	Дисциплины, обеспечивающие данную компетенцию
1	Планирование и осуществление перехода, и определение местоположения	1) Навигация и лоция 2) Мореходная астрономия 3) Технические средства судовождения 4) Автоматизация судовождения 5) Адмиралтейский набор карт и книг 6) Навигационная гидрометеорология
...

Дисциплины, обеспечивающие формирование компетенций согласно Конвенции ПДНВ, формируют группу конвенционных дисциплин по данной специальности.

Если для конвенционной специальности существует модельный курс ИМО, то в учебно-методический комплекс этой специальности добавляется таблица соответствия её учебного плана и модельного курса. Назначение таблицы соответствия заключается в том, чтобы наглядно показать вклад конкретной конвенционной дисциплины в формирование соответствующей компетенции согласно Конвенции ПДНВ. Примерная форма такой таблицы соответствия показана в таблице 4.

Таблица 4

Макет таблицы соответствия учебного плана специальности 180402.65
«Судовождения» модельному курсу ИМО 7.03 «Вахтенный помощник»
Функция 1. Навигация на уровне эксплуатации

Компетенции по модельному курсу	Кол-во часов	Соответствующие дисциплины и разделы учебного плана	Кол-во часов	Примечания
<i>1.1. Планирование и осуществление перехода, и определение места судна</i>	440		685	
1.1.1. Астронавигация	60	Мореходная астрономия	78	
.1. Солнечная система	4	Мореходная астрономия, разделы 1, 3	2	
.2. Небесная сфера и системы небесных координат	4	Мореходная астрономия, раздел 1	8	
.3. Часовые углы	4	Мореходная астрономия, раздел 5	10	
.4. Суточное движение светил и горизонтная система координат	6	Мореходная астрономия, раздел 3	4	
.5. Секстан и поправки измерения высот светил	6	Мореходная астрономия, раздел 7	6	
.6. Измерение высоты Солнца	2	Мореходная астрономия, раздел 8	2	
.7. Время и его учет	2	Мореходная астрономия, раздел 4	6	
.8. Морской альманах	6	Мореходная астрономия, раздел 5	6	
.9. Широта по меридиональной высоте	3	Мореходная астрономия, раздел 11	4	
.10. Определения по Полярной звезде	3	Мореходная астрономия, раздел 11	4	
.11. Определения места судна, упражнения	20	Мореходная астрономия, раздел 6, 10	26	

1.1.2. Прибрежная навигация	214	Навигация и лоция	287	
.1. Основные определения. Земля	7	Навигация, раздел 1	14	
.2. Морские карты	12	Навигация, раздел 3	8	
.3. Электронные карты	4	Электронная картография	30	
.4. Основы работы гидрокомпасов	2	Навигация, разделы 12, 15-17	3 3	
.5. Измерение расстояний в море	3	Навигация, разделы 1,2	20	
.6. Линии положения и определение места судна	15	Навигация, разделы 4-7	40	
.7. Осуществление перехода (контроль местоположения судна)	34	Навигация, разделы 5-7, 10,11	82 20	
.8. Работа на картах	70	Навигация, разделы 4-10	32	
.9. Чтение информации с карт и других навигационных пособий	44	Навигация, разделы 15-16 Адмиралтейский набор карт и книг	3	
.10. Системы ограждения МАМС	2	Навигация, разделы 2,4	20 2	
.11. Приливы	18	Навигация, разделы 11, 17	10	
.12. Судовая документация		Навигация, разделы 5-9 Компьютерные технологии в судовождении		
...

В соответствии с действующим положением учебно-методический комплекс конвенционной дисциплины включает следующие документы и материалы:

- выписка из ГОС о содержании дисциплины;
- примерная программа дисциплины;
- рабочая учебная программа дисциплины;
- учебник, учебное пособие и/или курс лекций по данной дисциплине;
- экзаменационные билеты;

- материалы для тестирования;
- методическое обеспечение лабораторных и практических занятий;
- методическое обеспечение курсового проектирования;
- методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся;
- технологическая карта дисциплины (если рубежный и итоговый контроль знаний осуществляется по балльно-рейтинговой системе).

Основным документом учебно-методического комплекса конвенционной дисциплины, обеспечивающим организационную и содержательную целостность обучения и подготовки по данной дисциплине, является рабочая учебная программа, которая имеет следующую структуру:

- цели и задачи дисциплины – определяются цели и задачи, достижение которых обеспечивается в результате изучения данной дисциплины с учётом требований ГОС и Конвенции ПДНВ;

- начальные требования к освоению дисциплины – указывается перечень дисциплин, на знаниях которых базируется данная дисциплина, а также дисциплины, для которых данная дисциплина является базовой;

- требования к уровню освоения содержания дисциплины – указываются конкретные компетенции и соответствующие им знания, умения и навыки, которые должны быть приобретены в процессе изучения дисциплины в соответствии с ГОС и Конвенцией ПДНВ;

- объём дисциплины и виды учебной работы – определяется общий объём дисциплины в часах и её распределение по семестрам и видам учебной работы (лекции, практические и лабораторные занятия, семинары, самостоятельная работа и т. д.);

- содержание дисциплины – указываются наименования разделов дисциплины и их распределение по видам учебной работы в часах;

- содержание занятий – указываются темы лекций, содержание практических лабораторных занятий, семинаров, самостоятельная работа и т. д.;

- учебно-методическое обеспечение – указывается рекомендуемая литература, перечень обучающих, контролирующих и расчетных компьютерных программ, кино и телефильмов и т. д.;

- материально-техническое обеспечение – указываются необходимые специализированные лаборатории, основное оборудование, нормативная и справочная документация;

– методические рекомендации по организации изучения дисциплины
– указываются рекомендации по изучению дисциплины для заочной формы обучения;

– перечень типовых вопросов и процедура итогового контроля – указываются вопросы для итогового (выходного) контроля и определяется его процедура (форма проведения и критерии оценки знаний).

Основные требования к разработке остальных элементов учебно-методического комплекса (учебник, учебное пособие и/или курс лекций по данной дисциплине, экзаменационные билеты, материалы для тестирования, методическое обеспечение лабораторных и практических занятий, методическое обеспечение курсового проектирования, методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) определяются действующим в университете «Положением об учебно-методическом комплексе дисциплины».

Порядок разработки, состав и структура, организация контроля содержания и качества разработки, порядок рассмотрения и утверждения и документационное обеспечение учебно-методического комплекса конвенционной программы определяются действующим в Университете «Положением об учебно-методическом комплексе программы дополнительного профессионального образования». Учебно-методический комплекс конвенционной программы разрабатывается ведущим инструктором-преподавателем, согласуется в учебно-методической комиссии Регионального центра дополнительного морского профессионального образования и утверждается ректором университета.

Порядок организационного и учебно-методического обеспечения самостоятельной подготовки обучающихся к занятиям, выполнению всех видов заданий, аттестации определяется действующим в Университете «Положением о внеаудиторной самостоятельной работе обучающихся».

Учебно-методическое обеспечение промежуточной и итоговой аттестации по конвенционным специальностям, дисциплинам и программам определяется соответствующими материалами учебно-методических комплексов таких специальностей, дисциплин и программ. Такие материалы, независимо от формы промежуточной и итоговой аттестации, однозначно определяют следующие положения:

– квалификацию и функцию по Конвенции ПДНВ, к которым относится данная аттестация;

- компетенцию, на достижение которой направлена данная аттестация;
- соответствующие данной компетенции знания, понимание и/или профессиональные навыки согласно правилу и/или таблице спецификаций минимального стандарта компетенции Конвенции ПДНВ;
- контрольное задание и условия его выполнения;
- проверяемые знания, понимания или профессиональные навыки;
- критерии выполнения контрольного задания.

Все составляющие учебно-методического комплекса конвенционных дисциплин и программ обновляются по мере необходимости, но не реже одного раза в пять лет.

Материально-техническое обеспечение. Материально-техническое обеспечение конвенционной подготовки определяется учебными площадями, библиотечным фондом, специализированным и лабораторным оборудованием, учебными материалами (плакаты, стенды, видеоматериалы и т. п.), нормативными документами, необходимыми для достижения компетенций, указанных в соответствующих разделах Конвенции ПДНВ. Необходимый уровень обеспеченности конвенционных специальностей учебными площадями и библиотечным фондом определяется в рамках общих требований к лицензионным и аккредитационным показателям, устанавливаемых Министерством образования и науки Российской Федерации. Кроме того, необходимость предоставления каждому обучающемуся возможности индивидуального доступа в Интернет и к электронным библиотечным базам определяется в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования по конвенционным специальностям.

Минимальный уровень материально-технического обеспечения учебного процесса по подготовке вахтенных помощников, вахтенных механиков и электромехаников основан на рекомендациях модельных курсов ИМО 7.03 Officer in Charge of a Navigation Watch, 7.04 Officer in Charge of a Engineering Watch and Electro-Technical Officer, соответственно. Форма представления минимального уровня материально-технического обеспечения на примере вахтенных помощников показана в таблице 5.

Таблица 5

Минимальный уровень материально-технического обеспечения учебного процесса, необходимый для подготовки вахтенного помощника капитана в соответствии с требованиями ПДНВ (уровень эксплуатации)

Функция 1: Судовождение на уровне эксплуатации

№ п/п	Сфера компетентности. Знания, понимание и профессиональные навыки (колонки 1 и 2 таблицы А-П/1 Кодекса ПДНВ)	Обеспечивающая кафедра. Дисциплина. Лаборатория, кабинет или класс	Необходимое материально-техническое обеспечение	Количество единиц
1.1	Планирование и осуществление рейса, определение места судна			на учебную группу в 25 чел.
1.1.1	<i>Мореходная астрономия</i> Умение использовать небесные тела для определения местоположения судна	Кафедра судовождения, Мореходная астрономия, Кабинет мореходной астрономии	Калькулятор с тригонометрическими функциями Звездный глобус Карта звездного неба Таблицы для вычисления высот и азимутов светил Секстан Хронометр Судовые часы Морской астрономический ежегодник Admiralty List of Radio Signals, Vol. 1 Приёмник для приёма сигналов точного времени Проектор	25 5 2 25 25 5 5 25 5 2 1
...

Тренажёрная подготовка. В соответствии с Правилom I/12 Конвенции ПДНВ использование тренажёров в ходе конвенционной подготовки предусматривается при реализации следующих функций: подготовка (в данном случае называемая как «тренажёрная подготовка»), оценка компетентности и демонстрация приобретённых профессиональных навыков.

Обязательная тренажёрная подготовка включает в себя подготовку на радиолокационном тренажёре, тренажёре средств автоматической радиолокационной прокладки (САРП) и тренажёре электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС). При этом оценка компетентности и демонстрация приобретённых профессиональных навыков также выполняются только с использованием соответствующих тренажёров.

Во всех остальных случаях использование тренажёров при подготовке, оценке компетентности и демонстрации приобретённых навыков не является обязательным. Такие тренажёры (тренажёрное оборудование) по терминологии, используемой в Главе 1 Части В Кодекса ПДНВ, называются факультативными.

Независимо от вида тренажёрной подготовки, тренажёры, используемые в конвенционной подготовке, обладают следующими общими характеристиками, соответствующими требованиям пунктов 1 и 2 Раздела А-I/12 Кодекса ПДНВ:

- соответствие конкретным целям и задачам подготовки;
- способность воспроизводить эксплуатационные возможности соответствующего судового оборудования на уровне реальности, соответствующей целям подготовки, и включать возможности, ограничения и возможные ошибки такого оборудования;
- возможность моделирования условия с такой степенью реальности, которая позволяет обучающемуся получить навыки, соответствующие целям подготовки;
- возможность моделирования эксплуатационной среды, способной воспроизводить разнообразные условия, которые могут включать аварию, опасные или необычные ситуации, имеющие отношение к целям подготовки;
- возможность обеспечения интерактивной связи, с помощью которой обучающийся может взаимодействовать с оборудованием, воспроизводимой окружающей средой и, если необходимо, инструктором;

– предоставление инструктору возможности контролировать, наблюдать и вести запись действий лиц, проходящих подготовку, для проведения анализа этих действий и их оценки после окончания занятий.

Реализация программ тренажёрной подготовки осуществляется в соответствии с документированными процедурами, определяющими, в частности, приём слушателей и зачисление в группы подготовки, составление расписания занятий, документирование процесса подготовки, оформление и выдачу свидетельств о подготовке, рассмотрение жалоб и апелляций, анализ отзывов слушателей.

Практическая подготовка. Под практической подготовкой в данном случае понимается подготовка, осуществляемая как практика на судах (плавательная практика) и практика в мастерских (для вахтенных механиков и электромехаников). Практическая подготовка является обязательной составной частью основной образовательной программы конвенционной специальности и представляет собой особый вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на формирование профессиональных практических компетенций. Практическая подготовка на судах (плавательная практика) осуществляется в виде учебной практики и производственной практики, включая преддипломную.

Практическая подготовка решает следующие задачи:

– закрепление теоретических знаний и выработка профессиональных умений и навыков, определённых в государственных образовательных стандартах и соответствующих таблицах минимального стандарта компетентности Кодекса ПДНВ;

– обеспечение минимального необходимого одобренного стажа работы, требуемого Конвенцией ПДНВ;

– получение квалификации вспомогательного уровня для обучающихся по конвенционным специальностям среднего и высшего профессионального образования.

Организационное и методическое обеспечение практической подготовки возлагается на деканаты, отдел практики и выпускающие кафедры соответственно.

В представленной структуре Положения о конвенционной подготовке две трети его содержания составляют приложения, конкретизирующие требования этого документа и устанавливающие конкретные качественные

и количественные критерии, определяющие все стороны конвенционной подготовки.

Таким образом, Положение о конвенционной подготовке вводит систему стандартов качества, которая, однако, может быть реализована только при наличии в морском учебном заведении эффективно действующей системы менеджмента качества.

ОСОБЕННОСТИ КОНВЕНЦИОННОЙ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ МОРЯКОВ

Степаненко Н.А.

МГУ им адм. Г.И. Невельского

Необходимость глобального торгового, экономического, культурного обмена между разными странами возникла с древних времен. Одним из ранних примеров этого может служить Великий шелковый путь, когда-то связывавший между собой огромные пространства. Уже тогда остро стоял вопрос международного общения, то есть общего международного языка.

С развитием мореплавания началась колонизация не просто новых земель, но и целых континентов. Великобритания в большей степени преуспела в этом, в первую очередь потому, что она тогда была самая великая морская держава. В то время она в своих завоеваниях достигла таких вершин, что называлась «империей, над которой никогда не заходит Солнце». На колонизированных территориях английский язык становился, как минимум вторым, а часто и первым государственным языком. В ходе освободительных войн и после них бывшие колонии не только добивались самостоятельности, но быстро развиваясь, сами становились англоязычными морскими державами. Таким образом исторически, хотя пока и не официально, английский язык становился средством международного общения моряков. В настоящее время этот язык и в других приобретает статус интернационального. В дальнейшем этот статус, по крайней мере, для моряков, оставалось закрепить официально.

С 1973 года было принято решение официальным международным языком «на море» считать английский [3]. Параметры функционирования морского английского языка для деятельности морских специалистов определены международными нормативными документами: Конвенция SOLAS-74, Конвенция STCW – 78/95 (ПДМНВ – 1978/95), MERSAR Manual (1993),

SEASPEAK Training Manual (1988) и другими. Новые поправки Конвенции ПДМНВ 78/95 ставят и новые, значительно повышенные, требования к знанию английского языка специалистов. Как судоводители, так и инженеры-механики, инженеры-электрики и радиоинженеры должны владеть английским языком в устном и письменном виде в достаточной степени, чтобы выполнять свои должностные обязанности не только в многоязычном экипаже, но и для общения с портовыми службами, и, конечно, в первую очередь, в аварийных ситуациях, для обеспечения безопасности мореплавания.

Конкретные требования к уровню подготовки моряков, к путям и средствам достижения этого уровня, к организации обучения и оценки знаний и умений изложены в ПДНВ. Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты ПДНВ-78/95 (International STCW Convention) – международная конвенция, одна из трех основополагающих морских конвенций, принятых под эгидой **Международной морской организации** (ИМО). В Конвенции участвует более 70 стран. Она закрепила статус английского языка. Конкретно в ней сказано: «По широко распространенной, хотя и не всеобщей, практике английский язык быстро становится стандартным языком общения в целях безопасности на море... Администрации должны учитывать преимущества обеспечения того, чтобы моряки умели использовать, по меньшей мере, элементарный словарный запас английского языка, обращая особое внимание на морские термины и ситуации»... «Администрации должны учитывать важность умения общаться и знания языка для обеспечения охраны человеческой жизни и сохранности имущества на море, а также для предотвращения загрязнения моря. Учитывая международный характер морской отрасли, важность надежного речевого общения между судами и между судном и берегом, возрастающее использование многонациональных экипажей и заботу о том, чтобы члены экипажа могли общаться с пассажирами в аварийной ситуации, принятие общего языка для общения на море способствовало бы безопасной практике путем снижения риска человеческой ошибки при передаче важной информации» [1]. Достаточно уже приведенных цитат, чтобы понять обоснованность требований Международной морской организации (ИМО) к знанию английского языка.

Подготовка командного состава судна включает в себя, согласно ПДНВ, не только знания специальности, но и умение правильно оценить сложившуюся обстановку и, в связи с ней, правильно сформулировать и

подать необходимую в данной ситуации команду, используя соответствующую терминологию. В то же время морякам других уровней подготовки (например, уровня эксплуатации или вспомогательного уровня) необходимо «Умение понимать команды и общаться с лицом командного состава, несущим вахту, по вопросам, относящимся к выполнению обязанностей по несению вахты [1]».

Часто обучение моряков английскому языку, особенно инженерного состава, производится в морских учебных заведениях, где количество часов, отводимых на эти цели, даже превышает требования ПДНВ. Однако качество подготовки не определяется только количеством часов. В этом документе изложены и требования к преподавательскому составу: «Каждая Сторона, которая признает курс подготовки, учебное заведение или квалификацию, предоставляемую учебным заведением, в качестве части своих требований для выдачи диплома, требуемого согласно Конвенции, должна обеспечивать, чтобы при применении положений... относительно стандартов качества охватывались квалификация и опыт инструкторов и экзаменаторов. Такие квалификация, опыт и применение стандартов качества должны включать соответствующую подготовку по технике инструктажа, а также методы и практику подготовки и оценки и соответствовать всем применимым требованиям...».

Широкие исследования по вопросам преподавания в соответствии с конвенцией проводятся в Нижегородском государственном университете имени Н. А. Добролюбова и в Волжской государственной академии водного транспорта, в частности, О.Б. Соловьевой. Весьма содержательными являются ее выводы о том, что до сих пор одной из основных форм обучения иностранному языку в техническом вузе остаются аудиторные занятия, проводимые в неспециализированных аудиториях. Однако более эффективными могут быть занятия, проведенные в специализированных лабораториях, оборудованных реальными приборами, что иногда практикуется в Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского. Именно такой подход является необходимым условием формирования навыков и развития умений профессионально ориентированного общения на английском языке инженеров морских специальностей. Подобные занятия обеспечивают возможность осуществлять конкретные профессиональные функции специалиста, решать реальные задачи и проблемы, а иноязычная

речевая деятельность является средством их решения, что и требуется в реальных условиях.

Формирование структуры профессиональных способностей морских специалистов, к которым относятся и коммуникативные способности, возможно с помощью воссоздания в процессе обучения предметного, социального и психологического аспектов будущего труда, что достигается путем профессионального моделирования в системе практических занятий по иностранному языку. К эффективным формам моделирования специфических условий профессиональной деятельности некоторые авторы относят:

- ситуационные задачи, при решении которых формируются предметно-речевые способности;
- ролевые игры, помогающие становлению социально-речевых способностей и отражающие не только предметное, но и социальное содержание будущего труда;
- деловые игры, обеспечивающие комплексное развитие предметно-речевых и социально-речевых способностей, а также формирование способности к отражению ситуации иноязычного общения в контексте профессиональной деятельности [2].

В Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского также проводятся исследования в этой области в рамках основного научного направления кафедры морского профессионального английского языка (МПА) «Внедрение коммуникативной методики в преподавание английского языка курсантам Морской академии». Уровень специальной, то есть языковой, подготовки преподавателей вуза достаточно высок, однако для обучения специалистов-моряков необходимыми для них являются технические знания. Обычно преподаватели в той или иной степени решают эти вопросы и общаются с обучаемыми на неплохом профессиональном уровне. Анализ учебных пособий по профессиональному английскому языку указывает на их высокий предметный и технический уровень. Учебные пособия для курсантов и студентов всех направлений, издаваемые на кафедре под различными грифами, проходят не только рецензирование специалистами языковой дисциплины, но и экспертную оценку ведущих специалистов тех факультетов, для которых эти пособия предназначены. Таким образом, кафедра осуществляет принцип межпредметной интеграции, то есть, в данном случае, связь английского языка со специальностью обучаемых.

Однако проблема межпредметной интеграции требует дополнительных исследований, систематизации, распределения приоритетов и научно-методического обоснования. В настоящее время уже выделены некоторые пути таких исследований, которые исходят из содержания обучения языку и позволяют определить основные специальные дисциплины для межпредметной интеграции. Конечно, нельзя ограничиваться только этими путями и не искать новые, но они могут стать стартовой позицией для изучения проблемы. К таким путям отнесены следующие аспекты: обязательный, вариативный и коммуникативный.

1. Обязательный аспект содержания обучения включает стандартные фразы морского общения, ситуационные клише согласно требованиям ПДНВ, которыми должны овладеть и владеть моряки всех специальностей.

2. Вариативный аспект состоит из:

- ситуаций профессионального общения моряков конкретной специальности (судоводителя, механика, электрика, радиоэлектроника);
- тем, составляющих предмет обсуждения в соответствующих ситуациях профессионального взаимодействия;
- текстов, отражающих и обобщающих на английском языке профессиональные знания в рамках конкретной специальности;
- понятий, функционирующих в речи специалиста;
- языковых единиц, служащих для обозначения понятий, отражающих специфику профессионального общения моряков.

3. Коммуникативный аспект. Как уже отмечалось, представителям морских специальностей предстоит общаться в смешанных многонациональных экипажах на судах, с партнерами во время стоянок в иностранных портах, с береговыми службами иностранных портов, находясь в море. Особую значимость приобретают умения, входящие в психологический компонент содержания обучения профессионально ориентированному общению. Это такие умения, как: умения фиксировать основное содержание сообщений; выделять, систематизировать и обобщать значимую информацию; предвосхищать информацию; формулировать основную идею сообщения; умения работать в паре и группе. Профессиональное общение моряков может происходить в экстремальных ситуациях, вне привычных условий. Специалист должен обладать умением быстро ориентироваться в нестандартной ситуации, правильно действовать практически, находить оптимальные пути ре-

шения возникшей коммуникативной задачи, правильно и точно использовать в таких ситуациях языковой и речевой материал [2].

Литература

1. ПДНВ-78/95.
2. Соловьева О.Б. <http://waucondastore.com/osobennosti-sozdanija-professionalnogo-konteksta-na-zanjatijah-po-inostrannomu-jazyku/>
3. Добровольская М.К. Вісник СевНТУ. Вип. 105: Педагогіка: зб. наук. пр. — Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИЕМЫ ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ-СУДОВОДИТЕЛЕЙ МОРСКОМУ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Ефанова Л. П., к. т. н., доцент
МГУ им. адм. Г. И. Невельского

Аннотация. В статье рассматривается проблема рационального усвоения морского профессионального английского языка с использованием некоторых современных технологий, приемов его обучения для формирования у курсантов-судоводителей иноязычной коммуникативной, познавательной и профессиональной компетенций.

Содержание обучения морскому профессиональному английскому языку, предусмотренного учебно-образовательной программой в Морском государственном университете, включает в себя, как известно, языковые, речевые, социокультурные и профессиональные знания, умения и навыки иноязычного общения и предполагает способность и готовность курсантов к использованию английского языка как языка международного общения [1,2] в процессе межкультурного и профессионального взаимодействия [3], поскольку участие в межкультурной коммуникации курсантов-выпускников в качестве членов интернациональных команд в современных условиях морской практики стала абсолютной реальностью.

Качество иноязычного обучения в морском вузе, соответственно, определяется в настоящее время именно тем, насколько знания, умения и навыки, приобретенные курсантами в учебном процессе овладения языком на аудиторных занятиях, соответствуют требованиям, предъявляемым к их

будущей профессиональной деятельности. И сегодня в основу моделирования образовательной системы в морском вузе и создания *модели современного морского специалиста*, обладающего иноязычной социокультурной компетенцией, положены:

- *знания и умения, формирующие нравственную позицию курсанта, его способности к непрерывному самостоятельному образованию;*
- *знания и умения, необходимые для осуществления данной конкретной профессиональной и познавательной деятельности.*

Вся образовательная система обучения морскому профессиональному английскому языку курсантов на судоводительском факультете имеет четкую *коммуникативную, познавательную и профессиональную направленность*, которая находит свое непосредственное отражение во всех ее подсистемах: целях, содержании, методических приемах, средствах и организационных формах обучения.

Английский язык в морском вузе – это конвенционная дисциплина, которая должна отвечать требованиям ИМО в отношении профессиональной подготовке будущих морских специалистов. Требования, предъявляемые международной конвенцией по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты – ПДМНВ-95 (International Convention on Standards of Training, Certification and Watch-Keeping – STCW-95), к качеству языковой подготовки моряков, то есть к их квалификационной характеристике, их языковой компетенции, достаточно высокие: они предусматривают практическое овладение морским английским языком на уровне *Competent User* («знающего язык») и в объеме, позволяющем выпускнику-судоводителю выполнять функцию вахтенного помощника. Вахтенные помощники должны иметь высокий уровень языковой компетенции при оценке их коммуникативных навыков, а также умений и навыков понимания и восприятия на слух навигационной информации. Профессиональная деятельность моряков на судах в качестве членов интернациональных команд стала абсолютной реальностью. Прослеживаемая связь между языковой коммуникативной компетенцией моряков и безопасностью мореплавания, без всякого сомнения, имеет вполне логичное обоснование. Умение свободного общения на английском языке, хорошее знание как общего разговорного, так и морского профессионального языка, практически значимо для моряков в их повседневной жизни на судне, что, соответственно, является

чрезвычайно важным для безопасной работы судов с многоязыковыми экипажами.

В связи с реализацией коммуникативной задачи, начиная уже с первого курса в соответствии с целевой установкой практического овладения морским профессиональным английским языком курсантами-судоводителями до уровня вахтенного помощника, изучению подлежат **стандартные фразы для моряков (IMO STANDARD MARINE COMMUNICATION PHRASES)**. Они общепризнанны в практике судовождения и используются моряками в их профессиональной деятельности. Стандартные морские фразы знакомят курсантов с различными понятиями и определениями, относящимися к судоводительской специальности. Они применяются в морской практике, например, в разделе «*Общие положения*» – это (*курсы, пеленги, румбы, координаты, расстояния, время, радионавигационные сигналы срочности, бедствия и безопасности, навигационные предупреждения, навигационные знаки на суше и на море*); *мореходные качества судна (маневренность, остойчивость, плавучесть, непотопляемость, бортовая и килевая качка, скорость)*; *размерения судна (длина, ширина, высота борта, осадка носом и кормой)*; *радиообмен и операции при бедствии (столкновения, посадка на мель, крен, гибель судна, затопление) и др.* Курсанты осваивают на английском языке различные процедуры, принятые в морской практике, – *спуск на воду спасательных средств (шлюпок, плотов), оказание медицинской помощи в случаях аварий, противопожарные действия на борту судна.*

Интерпретируя специфику английского языка как учебного предмета в понятиях теории речевой деятельности, отметим, что изучение иноязычной речи следует рассматривать в контексте реализации таких функций языка, как коммуникативная, номинативная, познавательная и экспрессивная. И здесь уместно подчеркнуть, что иноязычная речевая деятельность, речевое общение во многом определяет **качественную сторону обучающей деятельности преподавателя и учебной деятельности курсантов**.

Общепризнанно, что *основа обучения иностранному языку – это активное участие обучаемых в овладении знаниями*, являющимися результатом когнитивной (познавательной) деятельности на аудиторном занятии. К одной из основных особенностей аудиторного занятия относится его **коммуникативная (речевая) направленность**. Именно на аудиторном

занятии решается сама проблема обучения иноязычному общению на основе и средствами общения, что и является практически значимым в учебном процессе овладения языком и представляет вопрос *оптимизации обучения иноязычной речи*.

Основная часть урока, как полагают ученые, должна быть посвящена *устной разговорной речи*, поскольку она в большей степени, чем, например, чтение, требует активной творческой работы, развития у обучаемых критического мышления, ориентированного на развитие их творческого потенциала на занятиях и, естественно, связана с немалыми трудностями в плане ее восприятия.

Отличительная особенность урока иностранного языка заключается в том, что *он должен проводиться в основном на иностранном языке*: без этого по понятным причинам не может быть осуществлена коммуникативная направленность обучения языку.

Трудно представить реализацию коммуникативной задачи в преподавании морского профессионального английского языка вне *личностно-ориентированного, когнитивно-коммуникативного подхода* к обучению языку, практикуемого в современной методике.

Личностно-ориентированный подход, как известно, направлен на приобретение достаточно высокой мотивации к изучению языка. При таком подходе возникает вопрос

– *как активизировать учебную мыслительную деятельность курсантов, чтобы сделать процесс изучения морского профессионального английского языка в значительной степени познавательным и интересным и, следовательно, качественным и эффективным?*

Совершенно очевидно, что ответ на этот вопрос можно получить, используя в практике преподавания английского языка *когнитивно-коммуникативный метод обучения языку*.

Для современной методики обучения иностранному языку характерна *когнитивная* (лат. *cognitio* – «познание») *ориентация*. При этом в качестве цели обучения выдвигается формирование и развитие не только коммуникативной компетенции, но и познавательной, точнее, *учебно-познавательной профессиональной компетенции*.

Учебно-познавательная профессиональная компетенция при обучении курсантов-судоводителей предполагает знание основ судоводительской специальности на английском языке, овладение английской термино-

логической (морской) лексикой и, естественно, формирование и развитие умений и навыков осуществлять свое речевое поведение в соответствии с особенностями профессиональной направленности учебного материала.

Нельзя не согласиться с утверждением о том, чтобы научиться говорить на иностранном языке, необходимо, прежде всего, овладеть его структурой, системой лингвистических единиц, отношений между ними; чрезвычайно важно знать определенные комплексы разноуровневых языковых средств, связанных между собой семантически и функционально *в потоке речи*. Это, в свою очередь, предполагает знание определенных языковых процессов, которые фактически и предусматривают выбор тех или иных языковых единиц, их сочетаемость друг с другом, их использование в речевом общении.

Коммуникативная компетенция предполагает способность курсантов воспринимать иноязычные тексты по специальности в соответствии с поставленной или возникшей коммуникативной задачей, *которая включает ситуацию общения и коммуникативное намерение, иначе говоря, цель общения при коммуникативном подходе*. Курсанты выступают как участники процесса не только восприятия, но и воспроизведения текстов по специальности в определенных ситуациях делового общения.

Таким образом, языковая подготовка курсантов-судоводителей к профессиональной деятельности в сфере морского общения осуществляется в процессе реализации **когнитивного, лингвистического и коммуникативного аспектов**, составляющих **комплексную профессиональную цель**. Здесь речь идет о расширении цели профессионального обучения, включающей в себя **познание морской специальности**. В данном контексте для реализации комплексной профессиональной цели обучения английскому языку с позиций когнитивно-коммуникативного подхода курсанты судоводительского факультета в течение всего курса практики речи (I – V курсы) изучают следующие темы по судоводительской специальности: *Types of Ships* (Типы судов); *General Arrangement of a Ship* (Общее устройство судна); *Taking a Pilot Aboard* (Прием лоцмана на судно), *Pilotage* (Лоцманская проводка); *Passing through Narrow Channels and Canals* (Прохождение узкостей и каналов); *Anchoring* (Постановка судна на якорь); *Mooring* (Швартовка судна); *Towing* (Буксировка); *Medical Inspection of the Ship* (Санитарный осмотр судна); *Examining the Ship by the Customs* (Таможенный досмотр судна); *Clearing the Ship In* (Оформление при-

хода судна); *Buying Provisions* (Закупка провизии); *Cargo Operations – Loading, Discharging* (Грузовые операции – погрузка, разгрузка); *Cargo Claims* (Иски и претензии по грузовым операциям); *Preventing Pollution at Sea* (Предотвращение загрязнения морской среды) и др.

Умение непринужденного делового общения на английском языке в реальных жизненных ситуациях, бесспорно, является *одним из показателей качества практического владения языком*. В связи с этим особенно важным является развитие у курсантов необходимых и достаточных для полноценного общения учебных умений и навыков непринужденной устной разговорной речи по судоводительской специальности.

В современной практике преподавания иностранного языка эффективно применяются *личностно-ориентированные технологии*, которые обеспечивают самоопределение и самореализацию обучаемого как языковой личности в процессе овладения и практического использования им иностранного языка.

Технология интерактивного обучения, то есть обучения во взаимодействии (англ. *interaction* – «взаимодействие») преподавателя и обучаемых, обучаемых друг с другом основана на использовании различных методических стратегий и приемов *моделирования ситуаций реального общения* и *организации взаимодействия обучаемых в группе* (в парах, в малых группах) с целью совместного решения коммуникативных задач. Такие формы обучения во взаимодействии, как: *диалогическая, парная, полилогическая, групповая, игровая*, традиционны и общепризнанны.

Несомненный интерес представляют некоторые технологии, приемы *обучения в сотрудничестве (cooperative learning)*, рассматриваемые в настоящей статье с позиций *личностно-ориентированного коммуникативного подхода* к обучению непринужденному иноязычному высказыванию.

Прежде всего, остановимся на определении некоторых приемов, обеспечивающих реальное иноязычное общение в учебной обстановке и стимулирующих творческую языковую активность курсантов в ситуациях, максимально приближенных к реальным. Это – *«коммуникативные мероприятия»*, использование которых в настоящее время считается признанным как эффективное коммуникативное средство в современной методической науке (В.Л. Бернштейн, 2004).

Говоря о коммуникативных мероприятиях как об одном из приемов развития коммуникативно-речевых умений непринужденных высказыва-

ний на иностранном языке, заметим, что они в значительной степени отличаются от коммуникативных упражнений, поскольку они функционально объемнее последних. Не менее важным является и то обстоятельство, что, как свидетельствует практика их неоднократного использования на занятиях, *коммуникативная свобода курсантов, самостоятельная реализация их творческих способностей, их творческого потенциала* не вызывает сомнений. В процессе выполнения коммуникативных мероприятий курсанты на любом этапе обучения *реализуют себя коммуникативно как лингвистически интересные личности, поскольку они вынуждены общаться и обмениваться мнениями по заданной им и интересующей их теме, проблеме именно здесь и именно сейчас, то есть на конкретном уроке [4]*. Обучение иноязычному общению с использованием коммуникативных мероприятий можно, таким образом, рассматривать как *технология, которая фактически повторяет по своей сути социальное поведение обучаемых в реальной жизни*. При таком обучении те курсанты, которые не только хотят, но и стремятся овладеть морским профессиональным разговорным английским языком для практического самовыражения в речи, поставлены в центр процесса обучения. Таким образом, кардинально изменяется традиционная, давно сложившаяся схема в системе преподавания: *инициатива преподавателя – ответ курсанта – реакция (оценка) преподавателя*. Важными условиями при проведении *коммуникативных мероприятий* являются: *заинтересованность в тематике и максимальная вовлеченность курсантов в ее активное обсуждение*.

Отправная точка для проведения коммуникативных мероприятий – это реальная жизненная ситуация. На занятиях для этого используются *такие методические приемы, как: решение проблемных заданий; составление диалогических высказываний на основе реальных ситуаций; составление рассказов; дискуссии; интервью; ролевые игры*.

Рассмотрим некоторые *коммуникативные мероприятия*, ориентированные на выполнение различных речемыслительных операций (*анализ, синтез, сопоставление, обобщение, комментирование*) и представляющие, по нашим наблюдениям, значительный интерес у курсантов в практике иноязычного общения.

Проблемные задания

Их цель – научить курсантов достаточно кратко высказывать свое мнение, вносить предложения, запрашивать информацию, соглашаться или

опровергать утверждения других участников коммуникативного мероприятия. Проблемные задания – это, прежде всего, **диалогическая речь**, как одна из основных форм речевого общения. Это, например, **диалоги**, составленные **по отдельным ключевым словам на основе реальных ситуаций**. В качестве примеров составления подобных диалогов могут служить следующие задания: – составьте диалоги, употребив следующие ключевые слова и выражения:

1. **Passing through Narrow Canals.** *A. side of the canal; the fairway speed; to overtake; to pass other ships; to make fast*

B. starboard side; to allow; in narrow parts; to keep clear of; to hoist signals

2. **Mooring.** *A. berth; to make a landing; to drop anchor; to thank*

B. Number 8 berth; starboard side; port anchor; to sign the pilot form

– составьте диалоги на основе следующих ситуаций:

1. *The Master and the pilot are discussing the conditions at the anchorage. It is not far away, has a depth of about 45 metres, good holding ground, and provides excellent shelter.*

2. *The pilot sees to the ship's mooring. The captain repeats all his commands. When the pilotage is over, the pilot asks the Master to fill in (ship's name, draft, tonnage, the date) and sign his pilot form.*

Примером проблемных заданий могут быть также задания по работе курсантов с **инструкциями** к определенным действиям, в том числе и профессионально значимым, касающимся должностных обязанностей членов экипажа. Например, при прохождении темы **Anchoring** (Постановка судна на якорь):

Give instructions: *What is the Watch Officer (OOW) to do when the ship is at anchor?*

Курсанты обмениваются инструкциями по заданной проблеме: – **The OOW is to take the anchorage bearings.** – **The OOW is to see that the soundings are taken at the anchorage.** – **The OOW is to enter both the bearings and soundings into the log book.**

В процессе профессионально-ориентированного общения в рамках занятия курсанты, в принципе, могут дополнять инструкции, например, (**The Watch Officer is to see to the ship's security**), и побеждает тот курсант, чья инструкция окажется лучшей.

К этому же типу коммуникативных заданий относятся **интервью**, **дискуссии**, при проведении которых создаются подлинно коммуникатив-

ные ситуации, обеспечивающие развитие импровизированной непринужденной речи на иностранном языке. Нельзя не заметить, что многие дискуссии являются к тому же стимулом дальнейшей письменной речи (*написание эссе, рефератов*), что практикуется в учебной работе с курсантами и, по нашему убеждению, способствует лучшему усвоению изучаемого языкового материала. Особый интерес у курсантов вызывает обсуждение проблем молодежи и престижности некоторых профессий в современном обществе.

Что касается **коммуникативных ролевых, деловых игр**, то здесь нельзя не подчеркнуть, что ролевая игра – это речевая, игровая и учебная деятельность одновременно. С точки зрения курсантов, ролевая игра – это игровая деятельность, в процессе которой они выступают в определенных ролях – *капитана, вахтенного помощника, лоцмана, судового агента, шипчандлера* и др. С позиции преподавателя, это – форма обучения диалогическому общению, цель которого – развитие коммуникативно-речевых умений курсантов. Работа над ролями имеет индивидуальную, парную или групповую формы языковой подготовки.

Обучение всем видам речевой деятельности (чтению, письму, устной речи), как правило, идет **одновременно через обсуждение проблемных ситуаций в реальной жизни**, например, «контейнерные перевозки», «перевозки морем опасных грузов»; *обсуждение проблемных заданий, обмен мнениями, пересказ, реферирование текстов по специальности, диалогические высказывания, дискуссии по проблемам судовождения, навигационных опасностей (посадки на мель, затопления судна), причин столкновения судов в море, крена судна и опасности его опрокидывания, ситуации «человек за бортом» и др.* Нет необходимости убеждать курсантов в практической значимости проведения групповых проектов, например, по таким темам, как ***International Convention for Safety of Life at Sea – SOLAS*** (Международная конвенция по охране жизни на море); ***Piracy at Sea*** (Пиратство на море); ***International Transport Federation Policy*** (Политика международной федерации транспортных рабочих); ***Safe, Secure and Efficient Shipping on Clean Oceans*** (Безопасное и эффективное судоходство на море); ***Mysteries of the Ocean*** (Тайны океана).

Вне всякого сомнения, все эти виды и формы учебной деятельности представляют интерес с практической точки зрения: они ведут к познанию реальной действительности, к приобретению необходимых знаний и даже

в определенной степени к освоению судовождения как учебного предмета и, в конечном счете, к развитию личности курсанта.

В успешности языкового образования курсантов-судоводителей с позиции когнитивно-коммуникативного метода большую роль могут играть технические средства обучения такие как видео-аудиотехника, компьютеры типа мультимедиа, быстро развивающиеся **компьютерные технологии**, такие как **CD-ROM, Интернет**.

В заключение подчеркнем, что именно только целенаправленная работа преподавателя, студентов и курсантов с использованием проблемных заданий в виде диалогов, коммуникативных мероприятий (проведение интервью, дискуссий, ролевых игр) приводит к развитию у студентов/курсантов *коммуникативно-значимых умений*, необходимых для непринужденных высказываний в общении на английском языке.

Для практического овладения иноязычной речью в условиях аудиторного обучения *совершенно обоснованным, оправданным, действенным* является *один из принципов, положенных в основу коммуникативной модели усвоения иностранного языка* в современной английской методике:

Научиться говорить можно лишь в результате говорения.

Этот принцип соответствует известному афоризму – «научиться плавать можно, лишь плавая». Здесь все предельно ясно: преподаватель может и должен помогать, советовать, объяснять, создавать условия, готовить конкретный учебный материал, ситуативные упражнения, но учиться должен сам обучающийся. Все, что происходит в аудитории, следует рассматривать с точки зрения полезности для обучаемого.

Литература

1. McKay S.L. Teaching English as an international language. – Oxford: Oxford University Press, 2002.
2. Richards Jack C. Growing Up with TESOL // English Teaching Forum. – 2008. - № 1. – P. 2-11.
3. Miller J. Social languages and schooling: The uptake of sociocultural perspectives in school // Language learning and teacher education. – Clevedon: Multilingual Matters, 2004. – P. 113-146.
4. Klippel F. Keep Talking/ –Cambridge University Press, 1984.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИПОТЕЗЫ О БЕРМУДСКОМ ТРЕУГОЛЬНИКЕ

Ф. Б. Нагиев, д.ф.-м.н., профессор,
Азербайджанская государственная морская академия,
г. Баку, Азербайджан,

Аннотация. На основе баротропного уравнения состояния исследовано влияние пузырьков газа на проседание судна при движении в газированной воде. Анализировано влияние поверхностного натяжения жидкости на зависимость давления и плотности от скорости обтекания судна и объемного газосодержания на величину давления и плотности пузырьковой смеси.

Предложена математическая модель и проведены расчеты, позволяющие подтвердить гипотезу о причине аномалий в районе Бермудского треугольника.

Ключевые слова: Бермудский треугольник, уравнение состояния, пузырьки, проседание судна, давление, плотность, скорость потока.

SCIENTIFIC BASIS OF HYPOTHESES ABOUT THE BERMUDA TRIANGLE

F.B. Nagiyev, professor,
Azerbaijan State Marine Academy,
Baku, Azerbaijan

Abstract. On the basis of the barotropic equation of state the effect of gas bubbles on the subsidence of the ship moving in aerated water studied. The effect of the surface tension of the liquid on the pressure and density dependence of the flow velocity of the ship and air volume fraction on the pressure and density of bubble – liquid mixture analyzed.

Offered a mathematical model and performed calculations, allowing to confirm the hypothesis about the cause of the anomalies in the Bermuda Triangle.

Key words: Bermuda Triangle, the equation of state, bubbles, subsidence of ship, pressure, density, flow velocity.

Существует множество гипотез о Бермудах, много статей написано об этом явлении, но ответа на возникающие вопросы на сегодняшний день пока еще не даны.

Гипотезу о Бермудском треугольнике, связанную с выделением газа метана, выдвинули Джозеф Монаган и Дэвид Мэй из Мельбурна (университет Монах, Австралия). В воде формируются гигантские пузыри, заполненные метаном с такой низкой плотностью, что движение кораблей становится невозможным, и они тонут. При этом оговаривается, что только, если корабль находится между серединой и внешним краем пузыря. Этим авторы объясняют случаи нахождения кораблей с людьми, задохнувшимися от ядовитого метана. Что касается исчезновения воздушных судов, то говорят, такие пузыри могут подниматься в воздух и метан становится причиной остановки двигателей или аварий из-за понижения плотности воздуха.

Образование пузырей объясняется тем, что как раз в этих местах в трещинах и разломах бывших вулканов были обнаружены огромные залежи гидратов метана. Отметим, что у этой гипотезы есть противники.

Небо над Бермудским треугольником довольно беспокойное. Теплые и холодные воздушные массы постоянно сталкиваются, приводя к штормам и ураганам. Зона Бермудского треугольника характеризуется также мощными течениями. Так, например, теплое океаническое течение, которое **берет начало в Мексиканском заливе и далее идет через Северо-Атлантический Флоридский пролив. Оно настолько огромно, что его можно сравнить с целой рекой в океане. Ширина течения около 80 км, его скорость у поверхности примерно 9 км в час (в зависимости от погоды).**

Сторонники другой версии уверены в способности Гольфстрима не только сбивать корабли с курса, но даже топить их. А с учетом того, что в Бермудском треугольнике находится несколько впадин глубиной до 9 км, то вероятность того, что затонувшие суда никогда не будут найдены, очень высока.

Внезапность аварии или неисправность оборудования не дают экипажу возможности передать сигнал бедствия, а искать обломки посреди океана, практически невозможно.

Еще одна версия связана с сейсмическими волнами, порождаемыми землетрясением (моретрясением). Эти волны бывают продольными и поперечными. Значительная часть распространяющихся вверх инфразвуковых волн где-то пересечется с мощными воздушными течениями, отчего они все больше отклоняются от вертикали. Такое происходит на высотах

10 - 25 км, ибо, как раз в этом воздушном коридоре господствуют сильные струйные течения.

Гипотеза, находящаяся на первом месте, основывается на том, что сверхъестественные особенности Бермудского треугольника сильно преувеличены. Огромное количество судов, как морских, так и воздушных, бесследно исчезают во многих точках земного шара. Это достаточно оживленный район, где курсирует большое число и сам по себе очень сложный с точки зрения навигации – множество отмелей, впадин, течения, постоянные циклоны и штормы, поэтому кораблей частые катастрофы не должны вызывать удивления.

Отметим еще одну гипотезу существования Бермудского треугольника, связанную со скоплением в атлантических водах газового гидрата. Об этом на пресс-конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна» сообщил заместитель директора по науке Института криосферы Земли СО РАН Анатолий Нестеров: «На дне Атлантического океана, в районах Багам, Калифорнии и Бермудских островов сосредоточены большие скопления газового гидрата. Когда там происходят подвижки, образуются тектонические разломы, газовые гидраты начинают разлагаться и выделяется газ. Происходит такой эффект «шипучки», – рассказал Анатолий Нестеров.

Согласно теории Анатолия Нестерова, если корабль попадает в эту среду, в силу резкого падения плотности водной глади, корабль идет ко дну. Тот же разрушительный эффект получается при попадании самолета в метановое облако, образующееся от выделения этого газа в атмосферу, он терпит катастрофу.

Данная гипотеза еще пока научно не доказана. Но наличие скоплений в атлантических водах газового гидрата подтвердилось еще во время американской программы глубоководного бурения в середине 80-х годов.

По законам гидравлики, начало движения водных масс совпадает с определенной величиной перепада давлений в этих соседних акваториях и сразу же сопровождается «возмущением» поверхности океана штормом и водными вихрями. Изменение давления и эти водные явления, естественно, влияют и на погоду в данном районе. Кроме того, неупорядоченное сильное волнение моря резко затрудняет управление судном, то есть навигацию.

Падение атмосферного давления в связи с опусканием поверхности моря (образование вогнутостей) может привести к снижению высоты полета и даже гибели самолета.

Как было отмечено выше, гипотеза Анатолия Нестерова еще пока научно не доказана. Вместе с тем правильное понимание образования вогнутостей на поверхности моря и всех вытекающих последствий позволит обнаружить районы, где это явление может возникать, что, естественно, повысит безопасность плавания.

С этой целью смоделируем движение морской пузырьковой воды вокруг судна.

Подробный анализ динамики пузырьков в жидкости и влияние на нее процессов тепло – и массообмена выполнен в работах [1-4].

Пусть пузырьковая жидкость с уравнением состояния

$$\frac{p}{p_0} = \frac{1}{2\alpha_{10}} \left\{ \alpha_{10} - \alpha_{20} + \exp \left[\frac{2\alpha_{10}}{\alpha_{20}} \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) \right] \right\} \quad (1)$$

поступает из области с постоянным давлением p_0 и плотностью ρ_0 (сечение 1, рис. 1) в область с давлением p и плотностью ρ (сечение 2, рис. 1).

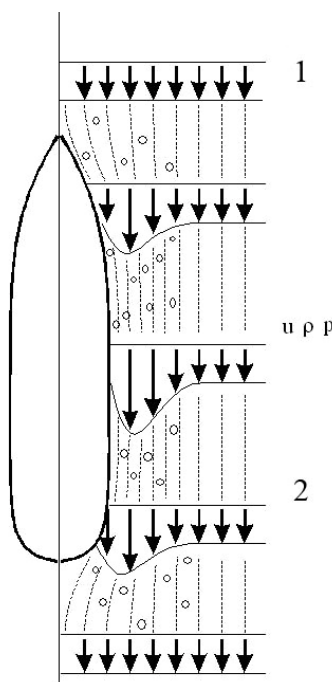


Рис. 1. Течение пузырьковой смеси между сечениями 1 и 2.

Уравнение состояния пузырьковой жидкости (1) получено Ф.Б. Нагиевым путем представления в виде экспоненциальной функции уравнения Р.И. Нигматулина [1, с. 108].

Обозначим значения всех параметров в сечении 1 среды индексом «1», а в произвольном промежуточном сечении индексом «2».

Проанализируем сначала влияние объемного газосодержания α_{20} на относительную плотность ρ/ρ_0 смеси, описываемую уравнением состояния (1).

Расчеты по формуле (1) показывают, что если пузырьковая жидкость поступает в область относительно низкого давления $p/p_0 = 0,7 < 1$ (высокого давления, $p/p_0 = 1,8 > 1$), то оказывается, что чем больше газа в единице объема смеси α_{20} , тем больше отклонение относительной плотности смеси от равновесного значения $\rho = \rho_0$.

При рассмотрении движения судна относительно пузырьковой воды можно в равной степени говорить о движении пузырьковой воды относительно судна. Частицы воды, встречающие на своем пути корпус судна, вынуждены его обогнуть вдоль бортов и днища (рис. 1).

Вытесняемые в стороны частицы пузырьковой воды, двигаясь по криволинейной траектории, за то же самое время должны пройти больший путь, чем частицы, движущиеся вдали от судна. Следовательно, скорость частиц, обтекающих судно, выше скорости частиц, движущихся вдали от судна.

Определим зависимости между давлением, плотностью потока жидкости и скоростью жидкости на данном участке. Примем уравнение состояния газожидкостной смеси в виде [1, с. 108]:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{\alpha_{10} + \alpha_{20} \frac{p_0}{p}} \quad (2)$$

Уравнения неразрывности и уравнение Бернулли для одномерного движения записываются в виде:

$$\rho_1 u_1 = \rho_2 u_2 \quad (3)$$

$$\int \frac{dp}{\rho} + \frac{u^2}{2} = C \quad (4)$$

Вычислим интеграл в уравнении Бернулли (4), подставив в подынтегральное выражение соотношение (2):

$$\int \frac{dp}{\rho} = \frac{\alpha_{10}}{\rho_0} \cdot p + \frac{\alpha_{20} p_0}{\rho_0} \cdot \ln p \quad (5)$$

Подставив (5) в уравнение (4) и перейдя к безразмерным величинам ($U_i = u_i / c_e$, $\mathfrak{R}_i = \rho_i / \rho_0$, $P_i = p_i / p_0$, $c_e = \sqrt{p_0 / \rho_0}$) в системе (3) - (4), получим:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_2} \quad (6)$$

$$\alpha_{10} P_1 + \alpha_{20} \ln P_1 + \frac{U_1^2}{2} = \alpha_{10} P_2 + \alpha_{20} \ln P_2 + \frac{U_2^2}{2} \quad (7)$$

Из соотношений (6) - (7) можно определить зависимость скорости U_2 , плотности \mathfrak{R}_2 от конечного давления P_2 и через параметры начального состояния P_1 , \mathfrak{R}_1 и U_1 , которые известны:

$$\mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}_1 \cdot \frac{U_1}{U_2} \quad (8)$$

$$U_2 = \sqrt{2 \left[\alpha_{10} (P_1 - P_2) + \alpha_{20} \ln \frac{P_1}{P_2} \right] + U_1^2} \quad (9)$$

Если учесть, что при небольших перепадах давления $\frac{|P_1 - P_2|}{P_2} = \frac{|\Delta P|}{P_2} \ll 1$, $\frac{P_1}{P_2} = 1 + \frac{\Delta P}{P_2}$ и $\ln \frac{P_1}{P_2} = \ln \left(1 + \frac{\Delta P}{P_2} \right) \approx \frac{\Delta P}{P_2}$, то вместо соотношения (9) можно воспользоваться упрощенной формулой:

$$U_2 = \sqrt{2 \left[\alpha_{10} P_1 - \alpha_{20} - \alpha_{10} P_2 + \frac{\alpha_{20} P_1}{P_2} \right] + U_1^2} \quad (10)$$

Из соотношения (10) можно выразить P_2 через P_1 , U_1 и U_2 :

$$P_2 = G + \sqrt{G^2 + \frac{\alpha_{20}}{\alpha_{10}} P_1}, \quad G = \frac{1}{2\alpha_{10}} \left(\alpha_{10} P_1 - \alpha_{20} - \frac{U_2^2 - U_1^2}{2} \right) \quad (11)$$

На рис. 2 приведена зависимость скорости потока U_2 от давления P_2 , рассчитанная по формуле (10). Кривая 1 соответствует объемному содержанию газа $\alpha_{20} = 0,05$, кривая 2 - $\alpha_{20} = 0,3$. Видно, что чем больше скорость потока, тем меньше давление. Причем увеличение объемного газосодержания при одном и том же значении давления приводит к увеличению скорости.

Из выражения (8) видно, что если на каком либо участке, в частности в сечении 2, скорость движения жидкости увеличивается $U_2 > U_1$, то для сохранения равенства $\mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}_1 \cdot U_1 / U_2$ должна понизиться плотность пузырьковой смеси $\mathfrak{R}_1 < \mathfrak{R}_2$. В соответствии с формулой (11) также должно понизиться давление. Следовательно, во время движения судна вокруг судна происходит падение плотности жидкости и давления. Чем больше

объемное газосодержание, тем меньше плотность и давление смеси. Влияние газовых пузырьков на уменьшение давления и плотности смеси усиливается при увеличении скорости потока.

Как известно, падение давления и является причиной скоростного проседания судна. Из рис. 2 видно, что чем больше скорость потока, движущегося вдоль корпуса судна, тем больше падение давления, и тем значительнее проседание судна. Наличие пузырьков вокруг корпуса судна усиливает этот эффект ввиду падения плотности водовоздушной смеси.

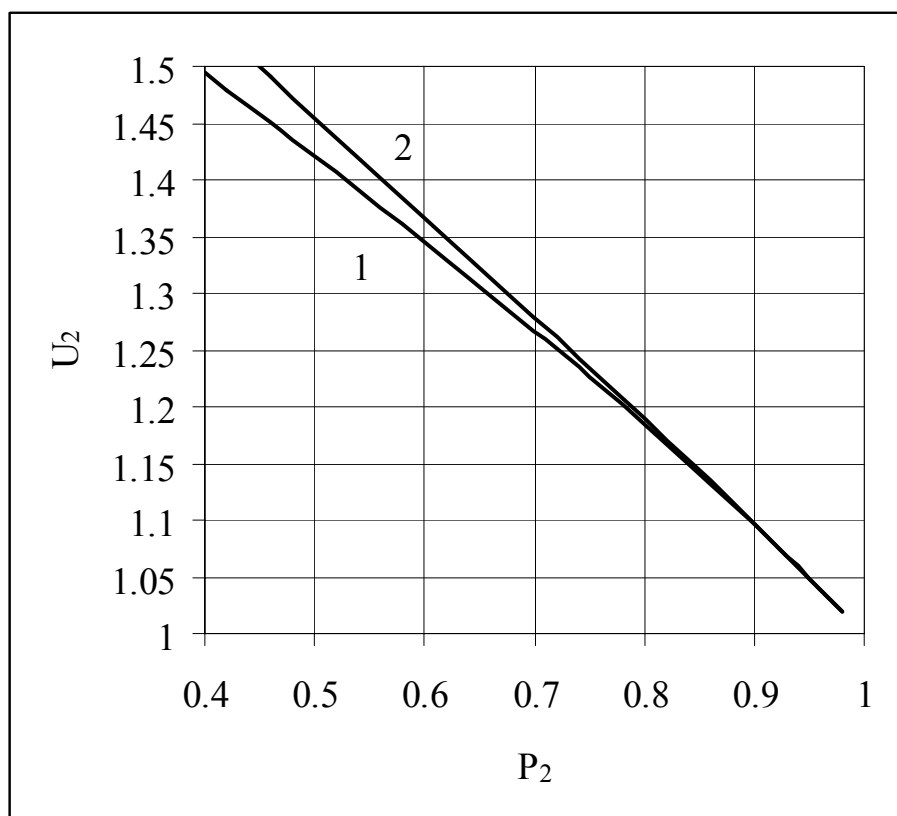


Рис. 2. Зависимость скорости потока от давления.

Исследуем влияние поверхностного натяжения σ на зависимость давления и плотности от скорости потока. Для этого воспользуемся в подинтегральном выражении (4) уравнением состояния:

$$P = \frac{p}{p_0} = 1 - \gamma + \gamma \cdot \exp \left[\alpha \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) \right] \quad (12)$$

Уравнение (12) получено Ф.Б.Нагиевым путем представления в виде экспоненциальной функции уравнения Р.И.Нигматулина [1, с. 108].

Проинтегрируем дифференциальное уравнение Бернулли:

$$\int \frac{dp}{\rho} = \frac{\alpha \gamma p_0}{e^\alpha \rho_0} \cdot Ei\left(\alpha \frac{\rho}{\rho_0}\right), \quad (13)$$

$$\alpha = \frac{2}{3\alpha_{20}} \cdot \frac{9\alpha_{10} + S(1 + 6\alpha_{10})}{3 + 2S}, \quad \gamma = \frac{3 + 2S}{3\alpha_{20}\alpha}, \quad S = \frac{2\sigma}{R_0 p_0}$$

Здесь $Ei(\alpha\rho/\rho_0)$ - интегральная показательная функция. Если учесть, что $\alpha\rho/\rho_0 \gg 1$, то в формуле (13) можно воспользоваться асимптотикой интегральной показательной функции:

$$Ei\left(\alpha \frac{\rho}{\rho_0}\right) \approx C + \ln \alpha \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\alpha\rho/\rho_0)^k}{k! \cdot k}, \quad (14)$$

где $C \approx 0,5772$ – постоянная Эйлера.

Подставив (14) в уравнение Бернулли и перейдя к безразмерным переменным, получим:

$$\frac{\alpha\gamma}{e^\alpha} \left(\ln(\alpha\mathfrak{R}_1) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\alpha\mathfrak{R}_1)^k}{k! \cdot k} \right) + \frac{U_1^2}{2} = \frac{\alpha\gamma}{e^\alpha} \left(\ln(\alpha\mathfrak{R}_2) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\alpha\mathfrak{R}_2)^k}{k! \cdot k} \right) + \frac{U_2^2}{2} \quad (15)$$

Из соотношения (15) можно определить зависимость скорости U_2 от плотности \mathfrak{R}_2 :

$$U_2 = \sqrt{\frac{2\alpha\gamma}{e^\alpha} \left(\ln\left(\frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_2}\right) + \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{(\alpha\mathfrak{R}_1)^k}{k! \cdot k} - \frac{(\alpha\mathfrak{R}_2)^k}{k! \cdot k} \right] \right)} + U_1^2 \quad (16)$$

На рис. 3 а, б приведены зависимости плотности \mathfrak{R}_2 и давления смеси P_2 от скорости потока U_2 . Объемное содержание газа принималось равным $\alpha_{20} = 0,1$.

Сравнение результатов расчетов свидетельствует о том, что учет поверхностного натяжения значительно усиливает эффект уменьшения плотности и падения давления при увеличении скорости обтекания бортов судна потоком газожидкостной смеси.

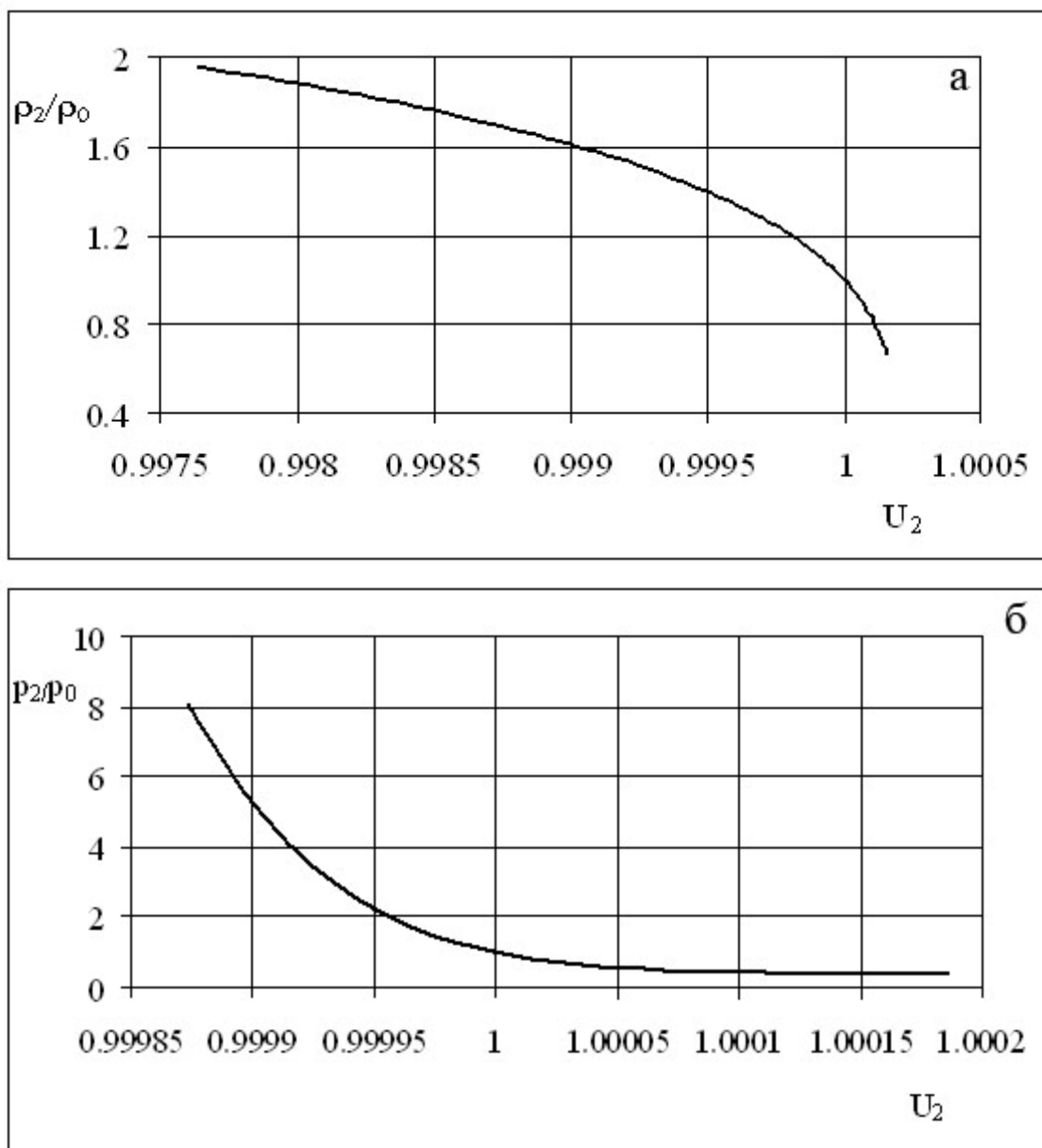


Рис. 3. Зависимость плотности (а) и давления (б) от скорости потока.

Помимо законов гидравлики зарождение циклонов и тропических ураганов (чем особенно примечательна Северная Атлантика) также способствуют падению давления. При этом давление верхних слоев воды на нижние слои заметно уменьшается. Интенсивный прогиб поверхности приводит к образованию пустот и к всасыванию воздуха над водой. Это может вызвать не только «исчезновение» морских судов, но также крушение самолётов из-за понижения плотности воздуха, которое приводит к снижению подъёмной силы.

В Азербайджанской Государственной Морской Академии проводилось моделирование данного явления. В канал с водой поместили две лод-

ки. Лодки двинулись одна за другой. В переднюю лодку поместили баллон с воздухом. Затем вентиль баллона открыли, газ из баллона выделился в воду, вследствие чего вокруг второй лодки образовалась газообразная смесь. После набора скорости задняя лодка стремительно ушла под воду.

Выводы

Получена система уравнений, которая позволяет определять давление и плотность сжимаемой пузырьковой жидкости на поверхности обшивки судового корпуса.

Теоретически и экспериментально подтверждено предположение о значительном падении давления и уменьшении плотности воды при повышении скорости потока вокруг морского судна за счет наличия пузырьков газа.

Предложена математическая модель и проведены расчеты, позволяющие обнаружить районы, где возможны явления «исчезновения» морских судов и самолетов, что может повысить безопасность плавания.

Предложенная модель позволяет теоретически оценить степень проседания судна и образования вогнутостей на поверхности моря, вокруг движущегося корабля.

Литература

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1, 1987, М., Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 464 с.
2. Нигматулин Р.И., Нагиев Ф.Б., Н.С.Хабеев. Разрушение и схлопывание паровых пузырьков и усиление ударных волн в жидкости с пузырьками пара. 1979, в сбор. "Газовая и волновая динамика" вып.3, из-во МГУ, с. 124-129.
3. Нагиев Ф.Б., Хабеев Н.С. Динамика растворимых газовых пузырьков. 1985, Изв. АН СССР, МЖГ, № 6, с. 52-59.
4. Нагиев Ф.Б. Эффективные коэффициенты тепломассообмена радиально пульсирующих газовых пузырьков с жидкостью. 1984, Изв. АН АзССР, сер. физ.-тех и матем наук, № 6, с. 129-132.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСАДКИ КРУПНО- ТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ ДЛЯ ЗАДАННЫХ УСЛОВИЙ

Р.С. Царик, аспирант,
Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского,
Д.А. Акмайкин, канд. физ.-мат. наук, доцент,
Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского

Морские контейнерные перевозки являются одним из наиболее прогрессивных видов транспортировки грузов. Размеры контейнеровозов растут, предъявляя все более жесткие требования к их загрузке с целью обеспечения оптимальной посадки для безопасного прохождения отдельных участков судоходных трасс.

Увеличение размеров судов и их контейнеровместимости непосредственно сказывается на увеличении их эксплуатационной осадки. При этом глубины в портах, каналах и других ограниченных акваториях, не всегда успевают приводить в соответствие. Кроме того, посадка оказывает непосредственно влияние на скорость хода судна. Несоответствующая посадка, при прочих равных условиях, приводит к увеличению расхода топлива и выброса в атмосферу выхлопных газов судовых двигателей.

Поэтому расчет оптимальной посадки является актуальным и очень важным вопросом отрасли.

Задача заключается в расчете посадки судна на основе грузового плана и ее изменения во время плавания судна от порта погрузки до порта назначения.

Алгоритм действий

1. Снятие фактических осадок судна по окончании грузовых операций:

D_{f1} – осадка носом, D_m – осадка на миделе видимого борта, D_{a1} – осадка кормой.

2. Определение или получение значения требуемых осадок для безопасного выполнения рейса:

D_{f2} – осадка носом, D_m – осадка на миделе правого и левого борта (одинаковая), D_{a2} – осадка кормой.

3. Определение расчетным путем следующих изменений осадок:

ΔD_f – изменение осадки носом, ΔD_m – изменение осадки на миделе, ΔD_a – изменение осадки кормой.

4. Выполнение комплексного расчета и составление плана балластных операций для приведения судна к требуемой посадке.

5. Выполнение балластных операций в соответствии с планом.

Поэтапное выполнение

Этап 1

Получение фактических осадок возможно тремя способами:

1. По данным используемой на судне грузовой программы. Этот способ наименее предпочтителен, поскольку изначально содержит в себе погрешности, вызванные недостоверным декларированием веса контейнеров.

2. По данным гидродинамических или электронных датчиков осадок, которыми оборудовано большинство современных крупнотоннажных контейнеровозов. Этот способ более предпочтителен, чем первый, но так же включает в себя возможную погрешность из-за неисправности датчиков.

3. Визуальный способ снятия осадок. Наиболее предпочтительный и достаточно точный.

Этап 2

Получение заданных осадок возможно двумя способами:

1. По данным, полученным от агента порта назначения или района перехода судна.

2. По данным навигационных пособий (лоции, правила портов и т.д.).

Этап 3

Определение изменений осадок выполняется по следующим формулам:

$$\Delta D_f = D_{f2} - D_{f1}; \Delta D_m = D_{m2} - D_{m1}; \Delta D_a = D_{a2} - D_{a1}.$$

Чаще всего приходится изменять осадки по следующим схемам:

– приведение судна на ровный киль. Это может потребоваться для минимизации канальных сборов, которые рассчитываются по максимальной осадке;

– приведение судна к заданному дифференту для оптимизации скорости и расхода топлива. В зависимости от индивидуальных особенностей судна это может быть как небольшой дифферент на нос, так и на корму;

– увеличение осадки (уменьшение высоты судна над ватерлинией) для прохождения под мостами. В зависимости от архитектуры судна, а

именно от расположения наивысшей точки, как правило, главной надстройки, это может быть как увеличение осадки носом, так и кормой.

Этап 4

План балластных операций составляется на основании расчета, который выполняется с использованием Информации об остойчивости для данного судна.

Рассмотрим вариант обеспечения оптимальной посадки судна на примере реального перехода контейнеровоза из п. Роттердам в п. Порт Саид, для дальнейшего прохождения Суэцкого канала.

Основные характеристики судна:

- контейнеровместимость (ДФЭ): 8110;
- размерения (длина x ширина x осадка по летнюю грузовую марку) (м): 316,0 x 45,6 x 14,535;
- валовая вместимость: 86692;
- водоизмещение по летнюю грузовую марку (т): 122070.

Осадки на момент окончания грузовых операций сняты визуально:

$$D_{fl} = 14,15 \text{ м};$$

$$D_m = 14,20 \text{ м};$$

$$D_{al} = 14,25 \text{ м}.$$

Осадки, которые необходимо обеспечить:

Не более 14,00 м, ровный киль.

Выполнение расчетов:

Посадка судна на момент окончания грузовых операций близка к ровному килю. Таким образом, требуемое изменение осадки на миделе ΔD_m составляет 20 см.

Необходимо определить принципиальную возможность приведения судна к заданной посадке: а именно, примерный вес, который должен быть удален с борта судна для требуемого уменьшения осадки.

Используя Информацию об остойчивости, определяется значение ТРС (Tons Per Centimeter immersion – тонн на 1 сантиметр осадки). Вход в таблицу осуществляется по значению средней осадки (14,20 м). В результате значение ТРС определяется как 110 тонн / см. Таким образом, условно говоря, с борта судна необходимо удалить около 2200 тонн веса и / или перераспределить его часть. В качестве такого веса может выступать только балласт и расходуемое на переходе топливо. При этом расход топлива

должен быть просчитан прежде всего, поскольку он, обычно, позволяет уменьшить осадку судна самым простым способом.

HYDROSTATICS TABLE (WITH SHELL AND ALL APPENDAGES)

d (EXT)	d (MLD)	DISP (EXT)	TPC	MTC	LCB	LCF	KB	TKM	LKM
m	m	t	t/cm	tm/cm	m	m	m	m	m
14.010	13.975	116279	109.3	1808.5	143.48	130.15	7.76	21.65	477.47
14.020	13.985	116389	109.3	1810.3	143.47	130.13	7.77	21.65	477.49
14.180	14.145	118143	109.9	1838.0	143.27	129.74	7.86	21.64	477.70
14.190	14.155	118253	110.0	1839.7	143.26	129.72	7.87	21.64	477.71
14.200	14.165	118363	110.0	1841.4	143.24	129.69	7.87	21.64	477.71
14.210	14.175	118473	110.1	1843.1	143.23	129.67	7.88	21.64	477.72

Рис. 1. Выдержки из гидростатических таблиц Информации об остойчивости

Расход топлива в сутки при скорости 22,5 узла составляет порядка 175 т. продолжительность переход от Роттердама до Суэцкого канала составляет 6,15 дня (6 дней 4 часа – среднестатистические данные по рассматриваемому судну). Таким образом, расход топлива за время перехода составит: $175 \times 6,15 = 1076$ т.

На рассматриваемом переходе были запланированы следующие операции с топливом:

Операция	Танк	Количество тонн
Расходование	FOT 2 (C)	402
Расходование, перемещение (-)	FOT 3 (P/S)	288 / 285
Перемещение (-)	FOT 4 (P/S)	76 / 86
Расходование	FOST (P)	195
Перемещение (+)	FOT 5 (P/S)	67
Перемещение (+)	FOT 6 (P/S)	104
Перемещение (+)	FOT 7 (P)	48
Перемещение (+)	FOT 8 (P/S)	67

Для определения эффекта на посадку судна от расходования топлива необходимо использовать дифферентовочные таблицы из Информации об устойчивости.

Входить в таблицу следует по ближайшему значению к средней осадке судна. В данном случае это 14,00 м. В столбце для каждого топливного танка приведены значения изменений осадки носом и кормой, в сантиметрах. При этом необходимо учитывать, что значения приводятся для приема на борт 100 тонн топлива в указанный танк. В случае расходования или перемещения топлива из танка, знаки необходимо менять на противоположные. Для расчета количества топлива, отличного от 100 тонн, необходимо производить линейную интерполяцию.

LOADING 100 T (UNIT IN CM)															MEAN DRAUGHT IN M
DIESEL OIL TANKS			FUEL OIL TANKS												
NO. 2 D.O. SERV. T. (S)	NO. 1 D.O. SERV. T. (S)	D.O. T. (P/S)	F.O. SERV. T. (P)	NO. 2 F.O. SETT. T. (P)	NO. 1 SETT. T. (P)	NO. 8 BHD F.O. T. (P/S)	F.O. S. T. (P/S)	NO. 7 BHD F.O. T. (P/S)	NO. 6 BHD F.O. T. (P/S)	NO. 5 BHD F.O. T. (P/S)	NO. 4 BHD F.O. T. (P/S)	NO. 3 BHD F.O. T. (P/S)	NO. 2 BHD F.O. T. (P/S)		
-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-1.6	-1.2	-0.3	0.5	1.3	2.1	2.9	3.7	FORD	16.00
1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	2.6	2.3	1.7	1.1	0.5	0.0	-0.6	-1.2	AFT	
-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-1.7	-1.2	-0.3	0.5	1.3	2.2	3.0	3.8	FORD	15.50
1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	2.7	2.4	1.7	1.1	0.5	-0.1	-0.7	-1.3	AFT	
-0.5	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5	-0.4	-1.7	-1.3	-0.3	0.5	1.4	2.2	3.0	3.9	FORD	15.00
1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	2.8	2.5	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.7	-1.3	AFT	
-0.6	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-1.8	-1.4	-0.4	0.5	1.4	2.2	3.1	4.0	FORD	14.50
2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.9	2.6	1.9	1.2	0.6	-0.1	-0.7	-1.4	AFT	
-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-2.0	-1.5	-0.5	0.5	1.4	2.3	3.2	4.1	FORD	14.00
2.1	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	3.1	2.7	2.0	1.3	0.6	-0.1	-0.8	-1.5	AFT	
-0.7	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6	-2.1	-1.6	-0.6	0.4	1.3	2.3	3.2	4.2	FORD	13.50
2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.1	3.3	2.9	2.1	1.3	0.6	-0.1	-0.9	-1.6	AFT	

Рис. 2. Выдержки из дифферентовочных таблицы для топливных танков

В результате выполнения всех запланированных манипуляций с топливом, начальная посадка судна изменится следующим образом:

$$D_{f2} = D_{f1} \pm \Delta D_f = 14,15 - 0,35 = 13,80 \text{ м};$$

$$D_{a2} = D_{a1} \pm \Delta D_a = 14,25 + 0,10 = 14,35 \text{ м.}$$

$$D_m = (D_{f2} + D_{a2}) / 2 = (13,80 + 14,35) / 2 = 14,10 \text{ м. Расчетная.}$$

На переходе судна, кроме топлива расходуется пресная вода и дизельное топливо, но эффект от этого малозначителен, поскольку изменения осадки находятся в пределах погрешности ее определения визуальным способом – 2–3 см. Тем не менее эффект от их расходования можно считать аналогичным способом.

Следующим этапом идет расчет и планирование балластных операций. Здесь проблема заключается в том, что варианты балластных операций ограничены, поскольку необходимо соблюдать нормативы по нагрузкам на корпус судна.

Для приведения судна на ровный киль с одновременным уменьшением максимальной осадки запланированы следующие балластные операции:

Операция	Танк	Количество тонн
Перемещение (-)	WBT 7 (P/S)	1000 / 1000
Перемещение (+)	DWBT 5 (P/S)	850 / 850
Перемещение (+)	UWBT 6 (P/S)	100 / 100
Откатка	WBT 7 (P/S)	100 / 100

*** TRIM TABLE ***

LOADING 100 T (UNIT IN

MEAN DRAUGHT IN M		WATER BALLAST TANKS												MEAN DRAUGHT IN M	
		A. P. W. B. T. (ATH)	NO. 7 W. B. T. (P/S)	NO. 7 D. B. W. B. T. (P/S)	NO. 6 U. W. B. T. (P/S)	NO. 6 W. B. T. (P/S)	NO. 5 W. B. T. (P/S)	NO. 5 D. B. W. B. T. (P/S)	NO. 4 U. W. B. T. (P/S)	NO. 4 W. B. T. (P/S)	NO. 3 W. B. T. (P/S)	NO. 2 W. B. T. (P/S)	F. P. W. B. T. (ATH)		
16.00	FORD	-2.4	0.1	0.2	0.9	0.9	1.7	1.7	2.5	2.5	3.2	4.0	5.5	FORD	16.00
	AFT	3.3	1.4	1.4	0.8	0.8	0.2	0.3	-0.3	-0.3	-0.9	-1.4	-2.5	AFT	
14.00	FORD	-3.0	0.0	0.0	0.9	0.9	1.8	1.8	2.7	2.7	3.6	4.5	6.1	FORD	14.00
	AFT	3.9	1.6	1.6	0.9	0.9	0.2	0.3	-0.4	-0.4	-1.1	-1.8	-3.0	AFT	
13.50	FORD	-3.2	-0.1	0.0	0.8	0.9	1.8	1.8	2.7	2.7	3.7	4.6	6.3	FORD	13.50
	AFT	4.1	1.7	1.7	1.0	1.0	0.3	0.3	-0.5	-0.4	-1.2	-1.9	-3.2	AFT	

Рис. 3. Выдержки из дифференциальных таблиц для балластных танков

Определение изменений осадок в результате балластных операций так же выполняется по дифференциальным таблицам из Информации об устойчивости, аналогично расчетам с топливом.

После манипуляций с балластом расчетная осадка на приход в Суэцкий канал составит: $D_{f2} = 13,85$ м, $D_{a2} = 13,85$ м. При этом фактические осадки на приход, снятые визуальнo, составили: $D_{f2} = 13,90$ м, $D_{a2} = 14,00$ м. Таким образом, удалось сохранить посадку судна на ровный киль и привести судно к заданной посадке.

Сложность задачи обеспечения оптимальной посадки контейнеровоза заключается в следующем:

- высокая скорость грузовых операций и, соответственно, ограниченное время на расчет оптимальной посадки судна, и его практическое исполнение;

– недостоверные исходные данные, используемые в расчете устойчивости, посадки и нагрузок на корпус судна, обусловленные недостоверным декларированием грузоотправителями веса контейнеров. Это одна из наиболее острых проблем современных морских контейнерных перевозок, требующая самого внимательного к себе отношения и выработки решений;

– ограниченные возможности корректировки посадки контейнерова за посредством балласта:

– недостаточное количество балласта на борту при данных условиях загрузки. Имеется тенденция снижения количества балласта на борту судна вплоть до нуля, для снижения водоизмещения и экономии топлива;

– невозможность перераспределения балласта по танкам по причине соблюдения норм нагрузок на корпус судна: изгибающий и скручивающий моменты и перерезывающие силы.

– конфликт нагрузок на корпус судна с креном: уменьшение одного, часто приводит к увеличению другого.

Для облегчения задачи контроля устойчивости и посадки судна, а также нагрузок на корпус, могут быть использованы следующие решения:

– внедрение Системы оперативного контроля грузовых операций контейнерова (СОКГОК);

– внедрение Системы оперативного контроля прочности корпуса контейнерова (СОКПКК);

– внедрение Системы расчета и контроля устойчивости контейнерова с функцией поддержки принятия решений (СРКОК с ФППР).

Список литературы

1. Царик Р. С., Акмайкин Д. А. Перспективы развития судов контейнеровозов // Материалы юбилейной десятой международной научно-практической конференции Проблемы транспорта Дальнего Востока. – 2013. – С. 149–154.

СОДЕРЖАНИЕ

Свободный гироскоп под действием удара <i>А. И. Саранчин</i>	3
Корректировка шкал времени или плавающие секунды <i>А. Н. Панасенко</i>	28
Опыт разработки и внедрения системы стандартов качества в области подготовки моряков <i>А. А. Лентарев</i>	34
Особенности конвенционной языковой подготовки моряков <i>Н. А. Степаненко</i>	52
Современные технологии, приемы обучения курсантов-судоводителей морскому профессиональному английскому языку <i>Л. П. Ефанова</i>	57
Научное обоснование гипотезы о Бермудском треугольнике <i>Ф. Б. Нагиев</i>	67
Обеспечение оптимальной посадки крупнотоннажных контейнерово- зов для заданных условий <i>Р.С. Царик, Д.А. Акмайкин</i>	77

Научное издание

Вестник Морского государственного университета

Вып. 67/2014

Серия: Судовождение

Печатается с готового оригинал-макета.

Уч.-изд. л. 5,2.

Формат 60 × 84/16

Тираж 100 экз.

Заказ №

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского
690059 Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а