

УДК 681.5:629.12

Никольский В.В., Будашко В.В., Хнюнин С.Г., Раенко Н.Е.
ОНМА

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОЛУПОГРУЖНЫХ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Освоение новых акваторий для нефтедобычи и все большее увеличение глубин привело к созданию в 60-х годах XX века полупогружных плавучих буровых установок (ППБУ). Данная конструкция позволяет проводить бурение при глубине акватории до 6 км. Для удержания ППБУ на месте помимо системы якорей применяется цифровая система позиционирования, которая постоянно удерживает платформу при помощи системы винторулевых установок (ВРУ) [1].

Азимутальные ВРУ все чаще находят применение в судостроении. Начав свое распространение с буксиров, в настоящее время они начали применяться на судах смешанного (река-море) плавания, больших яхтах и пассажирских судах, спасательных и научно-исследовательских судах, ледоколах и военных судах прибрежного действия. При этом использоваться азимутальные ВРУ могут как в качестве вспомогательных энергетических установок, так и как основные.

Наиболее оправдано применение ВРУ на объектах, где требуется постоянное удержание позиции и постоянное подруливание происходит при использовании азимутальных ВРУ. Такими объектами являются кабелеукладчики и плавучие буровые платформы. Именно на них потеря позиции приводит к аварии. Ярким примером может служить произошедшая в 2010 году катастрофа платформы Deepwater Horizon. В результате этого, британская нефтедобывающая компания British Petroleum понесла убытки более миллиарда долларов, а по негативному влиянию на экологическую обстановку и урону окружающей среде данная авария стала крупнейшей в истории США техногенной катастрофой [2].

В процессе работы азимутальных ВРУ при направлении потока воды под днище ППБУ возникает ситуация при которой струя жидкости, вытекающая после винта, стремится отклониться по направлению к поверхности и при определенных условиях "прилипает" к ней. Это физическое явление, названное эффектом Коанда, было обнаружено и теоретически обосновано в 1932 году.

В авиации данный эффект исследуется с 1940 года и применяется при проектировании и построении вертолетов по технологии NOTAR, где рулевой винт заменяется системой продольных сопел на цилиндрической хвостовой балке [3, 4]. В самолетостроении эффект Коанда позволяет увеличить подъемную силу крыла за счет обдува реактивной струей от двигателя [5, 6]. Британская компания AESIR в 2009 году построила серию беспилотных летательных аппаратов [7]. В 2012 году Mercedes и Ferrari представили спортивные автомобили с применением данного эффекта для улучшения устойчивости в медленных поворотах [8, 9].

В судостроении применение эффекта Коанда на данный момент не получило широкого распространения и ограничено лишь классом судов на подводных крыльях. Однако возникают ситуации, когда влияние данного эффекта оказывает негативное воздействие.

Моделирование с использованием пакета вычислительной гидродинамики Marin ReFRESCO [10] позволило выяснить, что данный эффект проявляется не во всех случаях использования азимутальных ВРУ. При установке ВРУ с края днища и движении судна в полном ходу поток направлен горизонтально и эффект Коанда не проявляется.

В случаях, когда объекту требуется зафиксировать свою позицию или медленного смещения по заданной траектории, для противодействия внешним факторам (ветер, течение) и направлении потока под днище можно наблюдается возникновение эффекта Коанда.

При возникновении данного эффекта на винт ВРУ начинает действовать сила направленная к поверхности днища ППБУ. В свою очередь смещение винта с валопроподом приводит к дополнительной нагрузке на дейдвудный подшипник и преждевременному износу последнего, что может привести к потере позиции объекта и последующей катастрофе.

На возникновение эффекта Коанда в данном случае влияет множество факторов. К их числу можно отнести следующие: скорость судна, скорость и направление вращения винта, скорость течения, химический состав и глубина водной поверхности, температура, влажность и давление воздушной среды, скорость и направление других ВРУ, работающих совместно и входящих в систему позиционирования.

Влияние совокупности такого количества постоянно меняющихся факторов не дает нам возможность точно и однозначно предска-

зять время возникновения и силу приложения данного эффекта. В результате проведенных экспериментов фирмой "ABB Group" были выработаны рекомендации о внесении изменений в конструкции ВРУ. Этим изменением стало введение поперечного и продольного монтажных углов, в результате которых поток направления воды от винта ВРУ наклонен под углом в сторону от днища судна. Максимальный результирующий монтажный угол (продольный и поперечный) составляет 4 град [11].

Однако данное изменение конструкции не предотвращает полностью влияние эффекта Коанда, а лишь отодвигает момент его возникновения, для выявления которого была составлена компьютерная модель, позволившая определить статические нагрузки на ВРУ.

Моделирование проводилось с использованием программного модуля "SolidWorks Simulation" [12], который позволяет выполнять прочностные статические и динамические исследования (линейные и нелинейные) на основе метода конечных элементов [13]. При проведении статической симуляции было осуществлено следующее:

- нанесение гравитации;
- выбор толщины материала и собственно материала элементов модели;
- выбор геометрических точек крепления;
- выбор места, вектора и величины нанесения механической нагрузки.

После разбития на сетку методом конечных элементов и проведения статической симуляции был получен пространственный график нагрузок, показанный на рис. 1, где светлым цветом показаны зоны наибольшего напряжения, приходящиеся на лонжероны и на баллер в месте крепления мотогондолы к корпусу.

Таким образом, по полученным в результате исследования данным предлагается создание системы мониторинга для выявления возникновения эффекта Коанда путем введения в конструкцию ВРУ датчиков, расположенных в точках наибольшего напряжения и позволяющих зарегистрировать момент возникновения и последующие воздействия на конструкцию ВРУ.

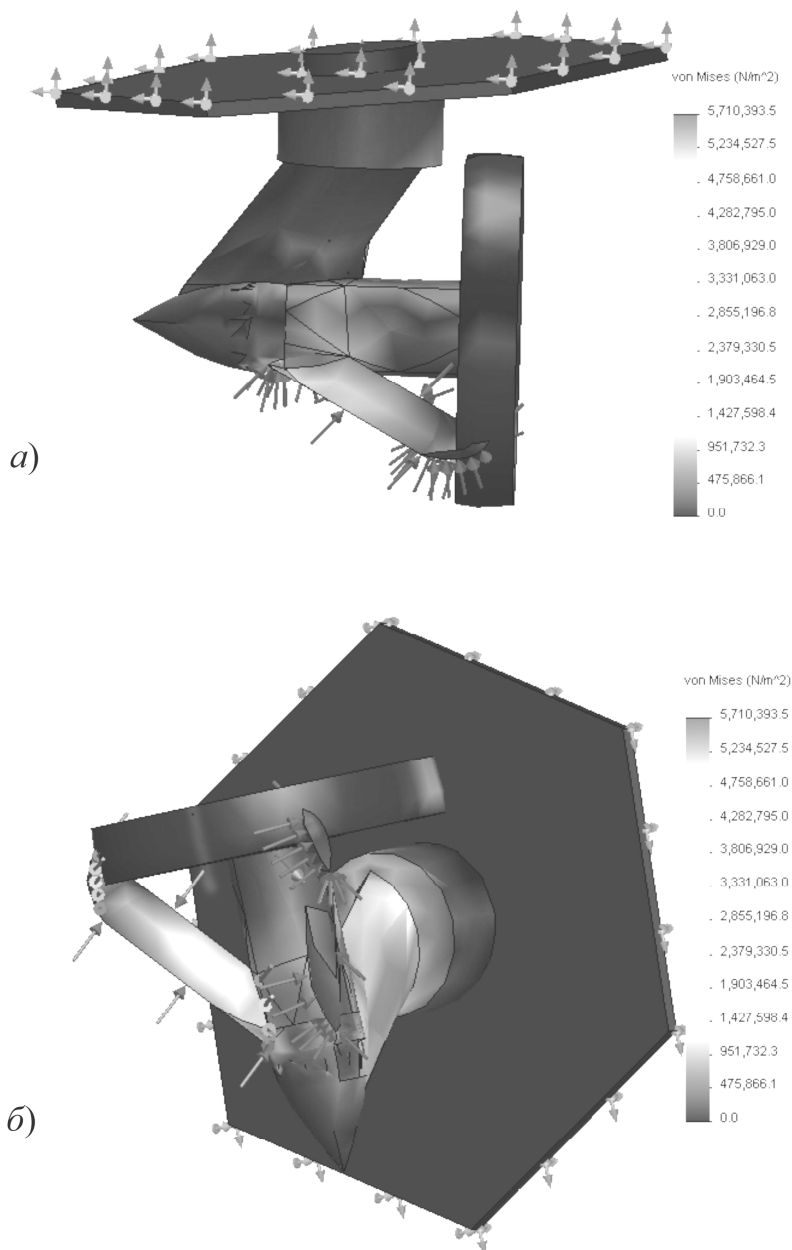


Рис. 1. Пространственный график нагрузок: *a)* – вид сбоку; *б)* – вид снизу

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шостак В.П. Динамическое позиционирование плавучих объектов [Текст]: монография / В.П. Шостак. – Чикаго: Мегатрон, – 2010. – 130 с.
2. Peter Lehner, Bob Deans In Deep Water: The Anatomy of a Disaster, the Fate of the Gulf, and How to End Our Oil Addiction. – New York: "OR Books", – 2010. – 173 p.
3. Вертолётыв стран мира / Под ред. В.Г. Лебеда. – М.: "Бумеранг", "Апрель", 1994. – 108 с.
4. Ружицкий Е.И. Зарубежные вертолётыв. – М.: АСТ, "Астрель", 2002. – С. 230 – 237.
5. Foody J.J. YC-14 Status report. Society of automotive engineers Air Transportation Meeting New York City, May 18 – 20, 1976.
6. Martin D.L., Gangsaas D. Testing of the YC-14 digital flight control system software. – AIAA Guidance and Control Conference, Hollywood, Florida August 8 – 10, 1977.
7. Построены беспилотники-НЛО на эффекте Коанды [Электронный ресурс]. – <http://www.membrana.ru/particle/14158>.
8. На тестах в Маньи-Кур Mercedes представила новую выхлопную систему [Электронный ресурс]. – <http://www.f-1.ru/news/19494/>.
9. Два варианта выхлопной системы Ferrari F2012 [Электронный ресурс]. – http://flife.ru/press_center/news/show/7726/8/.
10. Maciel P., Koop A., Vaz G. Modelling Thruster-Hull Interaction with CFD // Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. – OMAE2013. – June 9 – 14, 2013.
11. Представление движителей Azipod® серии VI [Электронный ресурс]. – http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/908_eb000f6546300c12577e5004191aa/file/azipod_vi_project_guide_ru.pdf.
12. SolidWorks Simulation [Электронный ресурс]. – <http://www.solidworks.ru/products/446/>.
13. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.