

**DRAUGHT AND DEFLECTION PARAMETERS MEASUREMENT
SYSTEM FOR A FLOATING DOCK****СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОСАДКИ И ПРОГИБА ДОКА****Oleksii V. Zivenko**av@zivenko.com.ua

ORCID: 0000-0002-1539-8360

А. В. Зивенко,

канд. техн. наук, и.о. доцента

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

Abstract. The usage of the communicating vessels and level sensors system for the control of list, trim, and deflection of a floating dock has been considered. The aim of the study is the development of the mathematical model of the floating dock draught and deflection parameters measurement and the formation of the structure of the corresponding system. The analysis of the draught and deflection parameters measurement systems is carried out. The analytical dependences for the dock draught parameters estimation and the deflection values are obtained. The estimation is based on the information from level sensors installed in the system of the communicating vessels distributed along the deck. The results of the studies are used in designing of the measurement systems for floating docks and can also be applied for other objects, where it is necessary to control deflection and inclination of surfaces. The obtained system allows determining the dock list, trim, and deflection, as well as obtaining additional information on the deck torsional angles. The obtained recommendations and equations enable determining the dimensions of the vessels depending on the floating dock parameters.

Keywords: floating dock; measuring system; dock deflection measurement system; torsion of the floating dock deck; draught; list; trim.

Аннотация. Разработана математическая модель измерения параметров посадки дока, прогиба/перегиба и кручения палубы дока. Сформирована структура системы мониторинга параметров дока на основе измерений уровней жидкости в системе сообщающихся сосудов, проанализированы погрешности метода.

Ключевые слова: плавучий док; измерительная система; система измерения прогиба дока; кручение палубы дока; осадка; крен; дифферент.

Анотація. Розроблено математичну модель вимірювання параметрів посадки дока, прогину/перегину та кручення палуби дока. Сформовано структуру системи моніторингу параметрів дока на основі вимірювання рівнів рідини в системі сполучених резервуарів, проаналізовано похибки методу.

Ключові слова: плавучий док; вимірювальна система; система вимірювання прогину дока; кручення палуби дока; осадка; крен; дифферент.

REFERENCES

- [1] Sadovenko I.A., Eydelshteyn L. Ya., Timoshchuk V. I., Sherstyuk Ye. A. Avtomatizirovannaya sistema prognozirovaniya i preduprezhdeniya chrezvychaynykh situatsiy na opolznevnykh uchastkakh [Automated system of prediction and prevention of emergency situations on the landslide areas]. *Materialy 3-i mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnohenni katastrofy: modeli, prohnoz, zapobihannia»* [Proceedings of the 3rd International Scientific and Technical Conference «Man-made disasters: models, prediction, prevention»]. Dnepropetrovsk, 2013. pp. 105–112.
- [2] Gordeev B.N., Karateev V.I., Chegrinets V.N., Yurkov V.D. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya dokovymi operatsiyami [Automated dock operations control system]. *Sbornik nauchnykh trudov «Portovye tekhnologii i tekhnika moreplavaniya»* [Collection of scientific papers «Port Technologies and Navigation Appliances»], 2007, special issue, pp. 93–98.
- [3] Kontrol neravnomernykh osadok sooruzheniya – DSM Sistema (Control of the construction non-uniform sag – DSM system). *Tekhnicheskie kharakteristiki oborudovaniya – Equipment specifications*. Available at: http://gpiko.ru/geotech/osadki/dsm_system (Accessed 21 August 2014).
- [4] Hordieiev B.M., Zhukov Yu.D., Kuzmenko O.V. *Prystrii kontroliu parametriv posadky i mitsnosti plavsporudy*

- [Device for control of the draught and strength parameters of a floating structure] Patent UA, no. 11613, 2006.
- [5] Zivenko O.V., Zhukov Yu.D., Hordieiev B.M. *Prystrii dlia vyznachennia osadky, krenu ta dyferentu plavzasobu* [Device for the watercraft draft, list and trim measurement] Patent UA, no. 61049, 2011.
- [6] SADKO-Dok. Kompyuternaya sistema upravleniya i kontrolya ballastnoy sistemoj doka (SADCO-Dock. Computerized control system for the dock ballast system). *Rukovodstvo operatora – Operator's manual*. Available at: <http://amico.ua>.
- [7] Toropov A.B., Tupysev V.A. Opredelenie deformatsii korpusa korablya s ispolzovaniem informatsii ot inertsiyalnoy navigatsionnoy sistemy i datchikov uglovykh skorostey [Determination of the hull deformation with the help of information from the inertial navigation system and angular rate sensors]. *Materialy VII konferentsii molodykh uchennykh «NAVIGATSIYA I UPRAVLYENIYE DVIZHYENIEM»* [Proceedings of the 7th Conference of Young Scientists «Navigation and Motion Control»]. Saint-Petersburg, 2005, pp. 1–12.
- [8] Aleev A.M., Gorbachev A.A., Korotaev V.V., Pantyushin A.V. Eksperimentalnoe issledovanie sluchaynoy pogreshnosti optiko-elektronnoho dokovogo progibomera [Experimental study of the random error of an optoelectronic dock deflectometer]. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2011, no. 4, issue 74, pp. 8–12.
- [9] Guangxiang Yang, Hua Liang, Chao Wu. Deflection and inclination measuring system for floating dock based on wireless networks. *Ocean Engineering*, 2013, issue 69, pp. 1–8.
- [10] TSDS/ocking – Floating Dock Monitoring and Control System. *Technical description*. Available at: <http://www.api-marine.com>.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Плавучие доки применяются для подъема из воды судов, находящихся на плаву, их ремонта (постройки и транспортировки) или спуска на воду. Типовой плавучий док состоит из понтона – палубы, на которой по бортам расположены башни дока. Внутри палубы находятся балластные отсеки, заполнением которых осуществляется управление погружением или всплытием дока. На башнях, как правило, располагаются грузовые краны, а внутри башен расположены балластные отсеки, различные оборудованные помещения: с щитами управления, насосами и другим оборудованием, помещения для команды и т. п. Наибольшую опасность представляет собой непосредственно операция докования – когда судно заходит в док или покидает его. Вес принимаемого судна распределяется через кильблоки вдоль палубы дока и вызывает изменение его ориентации и деформацию корпуса. Неверное распределение балласта в момент погружения/всплытия дока или грузовых операций может привести к авариям различной степени тяжести. Корректировка параметров посадки дока и снижение степени его деформации достигаются путем управления балластной системой дока – заполнением и опорожнением соответствующих балластных отсеков. Деформация палубы дока, которая напрямую связана с изгибающими моментами, действующими на корпус дока, ограничивается правилами классификационных обществ и подлежит контролю (как в онлайн-режиме при операции докования, так и периодически для контроля остаточных деформаций дока). Поэтому особую важность имеет достоверная информация о параметрах посадки дока

(осадка, углы крена и дифферента), текущих величинах прогиба/перегиба палубы дока, а также информация о динамике изменения указанных параметров. Для осуществления операций автоматического погружения/всплытия и выравнивания дока при крене и дифференте также необходима информация о текущих уровнях заполнения балластных отсеков.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Системы мониторинга параметров посадки дока и его прогиба строят с использованием подсистем датчиков, основанных на различных принципах действия. Так, например, для измерения крена и дифферента судов, а также величин прогиба палубы применяют подсистемы, использующие информацию от акселерометров и/или точных датчиков угла, от бортовых инерциальных навигационных систем [7, 8]. Для определения прогиба палубы дока также применяют высокоточные опико-электронные приборы [2]. Подобные решения имеют сравнительно сложную структуру и существенно усложняют их эксплуатацию. Для измерения осадки дока также применяют различные датчики уровня (наиболее распространены решения на основе ультразвуковых, гидростатических и полиметрических датчиков уровня) [4–6, 10]. Одним из подходов организации систем измерения прогиба дока является измерение расстояний до воды с помощью датчиков уровня, установленных в различных местах дока (чаще всего применяют датчики, установленные в носу, корме и миделе). При этом схемы расположения и количество датчиков могут варьироваться в зависимости от конструкции дока [3, 5]. Недостатком подобных решений является их

невысокая точность при наличии волнения. Для решения данной проблемы применяют многократное считывание и «усреднение» показаний датчиков с целью снижения влияния волнения на показания системы, установку датчиков в специальных успокоительных трубах и т.п. Эксплуатация подобных систем также затруднена по причине необходимости использования высокоточных датчиков уровня жидкости (диапазон изменения уровня воды для дока размером 200 м составляет от нескольких метров до 12...20 м, а аварийная величина прогиба/перегиба дока не должна превышать 100 мм).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – построение структуры системы контроля параметров посадки и прогиба/перегиба дока, которая позволит минимизировать влияние волнения поверхности воды; подбор датчиков уровня для обеспечения максимальной точности измерения и расчета параметров посадки и прогиба/перегиба дока.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Одним из наиболее перспективных путей решения указанных проблем является применение систем, использующих принцип сообщающихся сосудов. Подобные системы широко применяются в геодезии для контроля неравномерности осадки сооружений, при контроле прогибов мостовых сооружений, палуб судов и т.п. [1, 3, 9]. Датчики уровня жидкости (и соответственно сосуды) располагаются вдоль палубы – в местах, наиболее подверженных деформациям. Сосуды могут располагаться на стальной палубе, по бортам или внутри башен дока и должны быть жестко связаны с контролируемой поверхностью. Как правило, сосуды заполняют негорючими, незамерзающими жидкостями малой вязкости. При появлении дифференциала/прогиба/перегиба дока наблюдается перераспределение рабочей жидкости в сосудах, а данные об уровнях жидкости в сосудах могут быть использованы для вычисления величины прогиба палубы дока.

На рис. 1 показаны два варианта компоновки системы для измерения прогиба и параметров посадки дока.

Отличие между двумя вариантами конструкции состоит лишь в том, что в первом варианте сосуды объединены в пределах одного борта, а во втором варианте все сосуды сообщены между собой (соединение на рисунке схематически обозначено пунктиром). Таким образом в сообщающихся сосудах создается «искусственная» плоскость горизонта.

Вдоль башен дока на известных расстояниях друг от друга s_i (i – номер датчика уровня, в приведенном на рисунке случае $i = 1...5$) располагаются сообщающиеся сосуды, в которых измеряются значения уровня: h_{li} – для левого борта и h_{ri} – для правого борта дока соответственно.

Дополнительно для измерения осадки носом и кормой (а также вычисления крена и дифферента дока) установлены датчики осадки: H_{l1}, H_{l2} – осадка носом и кормой по левому борту соответственно; H_{r1}, H_{r2} – осадка носом и кормой по правому борту соответственно. На рисунке также обозначены: L – расстояние между датчиками осадки, установленными вдоль одного борта; W – расстояние между датчиками осадки, установленными на правом и левом бортах соответственно (база для расчета значения крена по данным датчиков осадки); B – расстояние между парными датчиками уровня в сообщающихся сосудах, расположенными на различных бортах.

Для пояснения принципа оценки параметров дока на рис. 2 показано строение системы сообщающихся сосудов (показана часть для одного борта).

Сосуды 1 сообщаются между собой с помощью системы трубопроводов 2. В идеальном состоянии дока (когда дифферент α , крен β , прогиб δ_i палубы дока отсутствуют) уровень во всех сосудах будет одинаков и равен h_{norm} . При наличии крена и/или дифферента и/или прогиба жидкость распределяется в сосудах так, чтобы ее поверхность была параллельна плоскости горизонта.

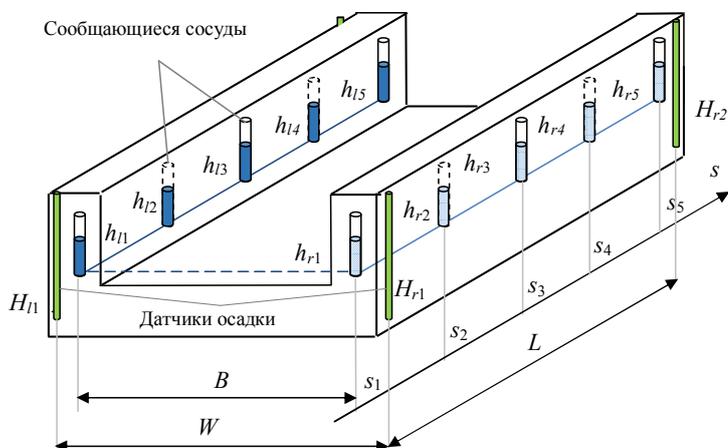


Рис. 1. Вариант расположения сообщающихся сосудов с датчиками уровня жидкости для оценки прогиба и параметров посадки дока

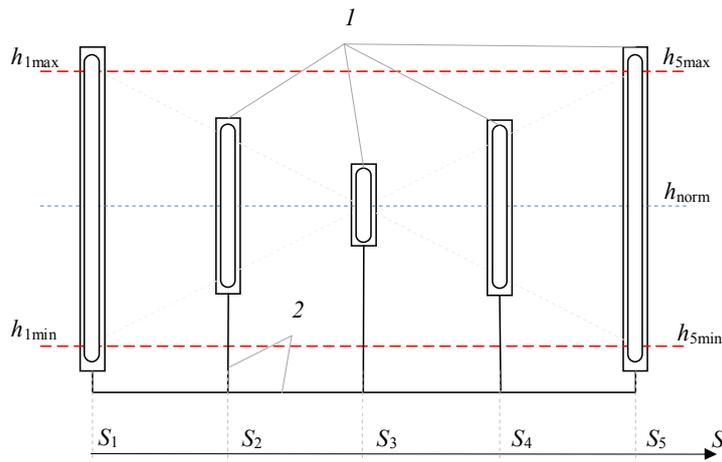


Рис. 2. Сообщающиеся сосуды для оценки параметров дока

Очевидно, что значение разницы уровней в конкретных емкостях зависит от величин крена, дифферента и прогиба палубы дока в местах расположения данных сосудов точке. Например, для датчиков уровня i и j разница их показаний может быть выражена в виде

$$h_i - h_j = \underbrace{(s_j - s_i)}_1 \sin(\alpha) + \underbrace{W \sin(\beta)}_2 + \underbrace{(\delta_i - \delta_j)}_3, \quad (1)$$

где $(s_j - s_i)$ – расстояние между сосудами i и j , в которых измеряют уровень; α – дифферент дока; β – крен дока; δ_i, δ_j – прогиб/перегиб палубы, соответствующие местам установки i -го и j -го сосуда.

Стоит отметить, что прогиб/перегиб палубы дока измеряется относительно «крайних» точек палубы (места установки сосудов 1 и 5), которые для снижения общей погрешности оценки прогиба и дифферента необходимо располагать максимально близко к корме и носу дока. Поэтому принимается, что в «крайних» точках палубы прогиб/перегиб отсутствует: $\delta_1 = \delta_5 = 0$.

В выражении (1) первое слагаемое обусловлено наличием дифферента дока; второе слагаемое обусловлено перетеканием рабочей жидкости между сосудами бортов в случае наличия крена и присутствует только в случае, если сосуды правого и левого борта сообщаются между собой; третье слагаемое обусловлено наличием прогибов/перегибов в местах установки сосудов.

Задавшись размерами дока и максимальными значениями крена, дифферента и прогиба дока ($L = 200$ м, $W = B = 50$ м, $\alpha_{\max} = 0,5^\circ$, $\beta_{\max} = 1,0^\circ$, $\delta_{\max} = 0,1$ м) с помощью выражения (1) может быть подобрана необходимая высота сообщающихся сосудов. Для заданных значений максимальный перепад уровня рабочей жидкости для сосудов 1 и 5 составляет 2,82 м в случае если сосуды соседних бортов сообщаются между собой и 1,95 м в случае если сосуды не соединены побортно. Исходя из со-

ображений удобства эксплуатации и безопасности высоту сосудов необходимо выбирать с небольшим запасом. Поскольку по мере удаления от центра дока перепад уровня воды в сообщающихся сосудах возрастает, целесообразно выполнять сосуды различной высоты.

Для расчета углов крена β и дифферента α как правило применяются датчики осадки, установленные в носу и корме дока:

$$\alpha_r = \arcsin\left(\frac{H_{r1} - H_{r2}}{L}\right), \quad \alpha_l = \arcsin\left(\frac{H_{l1} - H_{l2}}{L}\right), \quad \alpha = \left(\frac{\alpha_r + \alpha_l}{2}\right), \quad (2)$$

$$\beta_a = \arcsin\left(\frac{H_{r1} - H_{l1}}{W}\right), \quad \beta_f = \arcsin\left(\frac{H_{r2} - H_{l2}}{W}\right), \quad \beta = \left(\frac{\beta_a + \beta_f}{2}\right),$$

где α_r, α_l – значения дифферента, определяемые по данным датчиков осадки, установленных на правом и левом бортах соответственно; β_a, β_f – значения крена, определяемые по данным датчиков, установленных на корме и носу дока.

Существенные отличия в оценках ($\alpha_r \neq \alpha_l$ или $\beta_a \neq \beta_f$) говорят о наличии деформации корпуса, которая вызвана прогибом/перегибом и/или кручением корпуса дока.

Для пояснения метода оценки прогиба/перегиба палубы дока рассмотрим случай наличия дифферента и прогиба палубы (рис. 3).

В исходном положении палуба дока имеет дифферент α . Линия O_1O_5 – линия горизонта (уровень воды в сообщающихся сосудах). Линия P_1P_5 – линия палубы в случае отсутствия деформации корпуса. Датчики расположены вдоль палубы ($P_1A_2 = s_2, P_1A_3 = s_3, P_1A_4 = s_4, P_1P_5 = s$). В этом случае датчики уровня измеряют уровни $h_1 = P_1O_1, h_2 = A_2O'_2, h_3 = A_3O'_3, h_4 = A_4O'_4, h_5 = P_5O_5$. При прогибе палубы дока линия P_1P_5 преобразуется в дугу $P_1P_3P_5$. В этом случае показания датчиков уровня будут следующими: $h'_1 = h_1 = P_1O_1, h'_2 = P_2O_2, h'_3 = P_3O_3, h_4 = P_4O_4, h'_5 = h_5 = P_5O_5$. Важное замечание: точки P_1 и A_1, P_5 и A_5 совпадают.

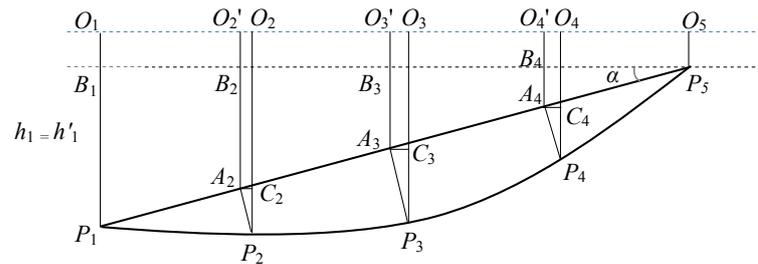


Рис. 3. Расчетная схема для вычисления прогиба и дифферента палубы дока

Величины прогибов $\delta_i = A_i P_i$ для промежуточных точек ($i = 2 \dots 4$) могут быть определены по формуле:

$$\delta_i = \frac{C_i P_i}{\cos(\alpha)}. \quad (3)$$

Для определения значения $C_i P_i$ используются промежуточные построения: параллельно $O_1 O_5$ из точки P_5 проводится линия. На пересечении полученной линии и отрезков $A_i O_i$ обозначаются точки B_i . Точка B_5 совпадает с точкой P_5 .

Очевидно, что $C_i P_i = O_i P_i - O_i A_i = h_i - h'_i$. При этом:

$$h'_i = A_i B_i + h_5. \quad (4)$$

Из подобия $\Delta P_1 B_i P_5$ и $\Delta A_i B_i P_5$, а также исходя из $P_1 B_i = h_1 - h_5$ можно выразить:

$$A_i B_i = \frac{s - s_i}{s} (h_1 - h_5). \quad (5)$$

Используя выражения (3)–(5) прогиб в i -ой точке может быть выражен в виде:

$$\delta_i = \frac{h_1 - \left(\frac{(h_1 - h_5) \cdot (s - s_i)}{s} + h_5 \right)}{\cos \alpha}. \quad (6)$$

После вычисления значений прогиба/перегиба в каждой точке по указанной методике, прогиб в любой точке палубы может быть вычислен путем интерполяции (например, используя интерполяционный многочлен Лагранжа [9]). Результат расчета стрелы прогиба дока при моделировании нагружения на палубу дока показан на рис. 4.

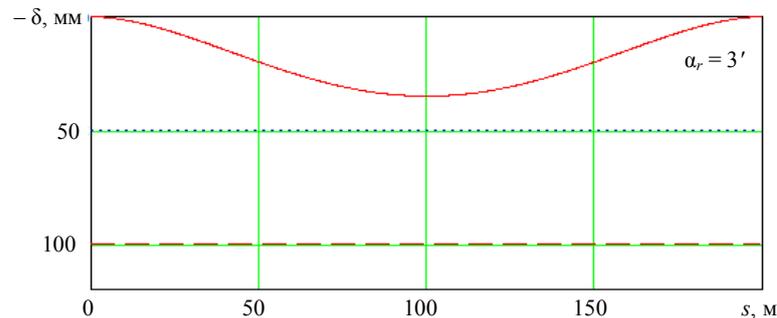


Рис. 4. Результаты расчета по данным прогибомера на датчиках уровня установленных в сообщающихся сосудах – стрела прогиба по правому борту: — линия прогиба палубы дока; — предупредительный уровень прогиба палубы; — аварийный уровень прогиба палубы

В выражении (6) применяется значение дифферента, которое может быть вычислено согласно (2). Кроме того, значение дифферента может быть вычислено без применения датчиков осадки – автономно для каждого из бортов (α_r, α_l) и соответственно среднее значение (см. рис. 2, 3):

$$\alpha_r = \arcsin\left(\frac{h_{r1} - h_{r5}}{s_5 - s_1}\right), \quad \alpha_l = \arcsin\left(\frac{h_{l1} - h_{l5}}{s_5 - s_1}\right), \quad \alpha = \frac{\alpha_l + \alpha_r}{2}. \quad (7)$$

Значение угла крена может быть определено по данным парных датчиков (в случае сообщения сосудов между бортами – см. рис. 1):

$$\beta_i = \arcsin\left(\frac{h_{lsi} - h_{rsi}}{B}\right), \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (8)$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^N \beta_i}{N}.$$

где β_i – значение крена определяемое для i -ой пары датчиков (i -го поперечного сечения палубы), расположенных на расстоянии B друг от друга; N – общее число пар датчиков побортно (на рис. $N = 5$); h_{lsi}, h_{rsi} – скорректированные на значение прогиба/перегиба значения уровня в i -ых сообщающихся сосудах на левом правом бортах соответственно; β – среднее значение угла крена.

Теоретически достижимая точность измерения прогиба и углов крена и дифферента ограничивается расположением сообщающихся сосудов и погрешностью датчиков измерения уровня. Анализ выражений для определения дифферента по формулам (2), (8) при принятых размерениях дока и допущении максимальной погрешности датчиков уровня $\Delta h_1 = \Delta h_5 = \pm 5$ мм, и измерения расстояния между ними $\Delta s = \pm 0,5$ м показывает, что погрешность вычисления дифферента

не превышает 0,6', что соответствует относительной погрешности измерения дифферента 2 % от максимального измеряемого значения. Вычисление дифферента на базе измерения уровня в сообщающихся сосудах является более выгодным с точки зрения применения уровнемеров с меньшим диапазоном измерения и снижения слияния волнения на показания прибора. Численный анализ выражений для оценки прогиба в средней точке дока показывает, что погрешность его оценки не превосходит 0,1 м, что соответствует относительной погрешности 10 %. При этом для снижения погрешностей оценки прогиба/перегиба и дифферента дока необходимо использовать датчики уровня с максимально высокими характеристиками по точности. Кроме того, «крайние» сосуды (1, 5) необходимо располагать как можно ближе к корме и носу дока.

Важной особенностью предложенного подхода является то, что помимо вычисления углов крена и дифферента, прогиба/перегиба палубы появляется возможность контролировать кручение палубы за счет сравнения вычисленных углов крена и дифферента. Так, при различиях в значениях крена, вычисленных по данным пар датчиков, расположенных вдоль дока, можно сделать вывод о наличии деформаций кручения. О кручении корпуса дока также можно

судить исходя из разницы в дифференте по информации датчиков левого и правого бортов. Информация о кручении может использоваться для дальнейших расчетов, выработки рекомендаций по управлению и корректировке нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Разработана обобщенная структура системы контроля параметров посадки и прогиба/перегиба дока, варианты ее компоновки, которые позволяют снизить требования к точности используемых датчиков, а также минимизировать влияние волнения поверхности воды.

2. Численный анализ разработанной математической модели показал, что погрешности определения дифферента и прогиба дока не превышают 0,6' и 10 мм соответственно.

3. Для подбора размеров сообщающихся сосудов, исходя из размеров дока и ограничений проектирования, получены аналитические зависимости. Выработаны рекомендации к размещению сообщающихся сосудов.

4. Приведенная структура системы и аналитические выражения позволяют также получить информацию о кручении палубы дока, что может быть использовано для выработки корректирующих воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Автоматизированная система прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций на оползневых участках [Текст] / И. А. Садовенко, Л. Я. Эйдельштейн, В. И. Тимошук, Е. А. Шерстюк // Техногенні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання : матеріали 3-ї Міжнар. наук.-техн. конф. – Дніпропетровськ : НГУ. – 2013. – С. 105–112.
- [2] Автоматизированная система управления доковыми операциями [Текст] / Б. Н. Гордеев, В. И. Каратеев, В. Н. Чегринец, В. Д. Юрков // Портовые технологии и техника мореплавания : сб. науч. трудов, спец. выпуск. – О. : ОНМА, 2007. – С. 93–98.
- [3] Контроль неравномерных осадок сооружения – DSM система : технические характеристики оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpiko.ru>.
- [4] Пат. 11613 Україна, МПК В36В 39/12 (2006.01) [Текст] / Гордеев Б. М., Жуков Ю. Д., Кузьменко О. В. ; № а200506562 ; заявл. 04.07.2005 ; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1/2006.
- [5] Пат. 61049 Україна, МПК G01N11/00, G01F23/28 (2011.01). Пристрій для визначення осадки, крену та диференту плавзасобу [Текст] / Зівенко О. В., Жуков Ю. Д., Гордеев Б. М. ; № u201013972 ; заявл. 23.11.2010 ; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13/2011.
- [6] САДКО-Док. Компьютерная система управления и контроля балластной системой дока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amico.ua>.
- [7] Торопов, А. Б. Определение деформации корпуса корабля с использованием информации от инерциальной навигационной системы и датчиков угловых скоростей [Текст] / А. Б. Торопов, В. А. Тупышев // Навигация и управление движением : материалы VII Конференции молодых ученых. – СПб. : 2005. – С. 1–12.
- [8] Экспериментальное исследование случайной погрешности оптико-электронного докового прогибомера [Текст] / А. М. Алеев, А. А. Горбачев, В. В. Коротаев, А. В. Пантюшин // Науч.-техн. вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та информ. технологий, механики и оптики. – 2011. – № 4 (74). – С. 8–12.

- [9] **Guangxiang, Yang** Deflection and inclination measuring system for floating dock based on wireless networks [Text] / Guangxiang Yang, Hua Liang, Chao Wu // Ocean Engineering, issue 69, 2013. – p. 1–8.
- [10] TSS/Docking – Floating Dock Monitoring and Control System [Электронный ресурс]: Technical description. – Режим доступа: <http://www.api-marine.com>.

© О. В. Зівенко

Надійшла до редколегії 11.11.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК

д-р техн. наук, проф. Ю. Д. Жуков

Статтю розміщено у Віснику НУК № 3, 2014