

АВТОНОМНАЯ МОРСКАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

М.С. Ким, А.Х. Пак

Приведены причины необходимости мониторинга прибрежной водной среды в районах размещения портовых терминалов и буровых платформ. Выполнен краткий обзор предлагаемой автономной морской многофункциональной измерительной платформы, определены основные преимущества описанной измерительной платформы по решению задач для сбора, обработки и оперативной передачи данных по вертикальному распределению гидрофизических и гидрохимических параметров водной среды. Проведен выбор конструкции прочных герметичных корпусов и материала, показан пример выполнения прочностного расчета прочного корпуса приборного модуля в программе «APM FEM» системы трехмерного проектирования «КОМПАС-3D» методом конечных элементов. Показан алгоритм работы программы управления автономной измерительной платформой в процессе работы по измерению гидрофизических и гидрохимических параметров на заданных горизонтах и обмена информацией с постом управления. Показаны технические решения по устройству лебедки для вертикального перемещения мобильной платформы в толще воды. Применение рассмотренных решений и накопленный опыт по созданию подобных аппаратов позволят ускорить разработку и изготовление предложенной измерительной платформы для мониторинга прибрежной водной среды.

Ключевые слова: мониторинг водной среды портовых терминалов и буровых платформ, автономная морская измерительная платформа, алгоритм управления, расчет прочных корпусов, метод конечных элементов, лебедка.

Введение

Мониторинг прибрежной водной среды в районах размещения портовых терминалов и буровых платформ является важнейшей задачей в условиях стремительного наращивания добычи углеводородов на континентальном шельфе дальневосточных морей. Важнейшим фактором в предотвращении, локализации и расследовании экологических катастроф и инцидентов является оперативность получения информации о состоянии водной среды. Оперативный мониторинг может быть организован широким применением автономной измерительной платформы для сбора, обработки и оперативной передачи данных по вертикальному распределению гидрофизических и гидрохимических параметров водной среды. Основными преимуществами предлагаемой автономной измерительной платформы являются программируемая периодичность передачи измерительной ин-

формации и низкие эксплуатационные расходы при работе в прибрежной зоне. Конструктивные решения автономной платформы обеспечивают достаточно длительный срок ее автономной работы (до одного месяца) и позволяют производить постановку в море и выборку на борт с маломерных судов.

■ Автономная измерительная платформа

Конструктивно автономная измерительная платформа (рис. 1) состоит из приборного модуля в прочном корпусе (1), включающего в себя модули управления, сбора и обработки измерительных данных, средства связи для обмена информацией с береговым постом; комплекта измерительных датчиков (2), блока питания (3), лебедки (4) с кевларовым тросом и балластом для удержания на позиции. Автономная измерительная платформа имеет положительную плавучесть. Погружение на заданные горизонты для

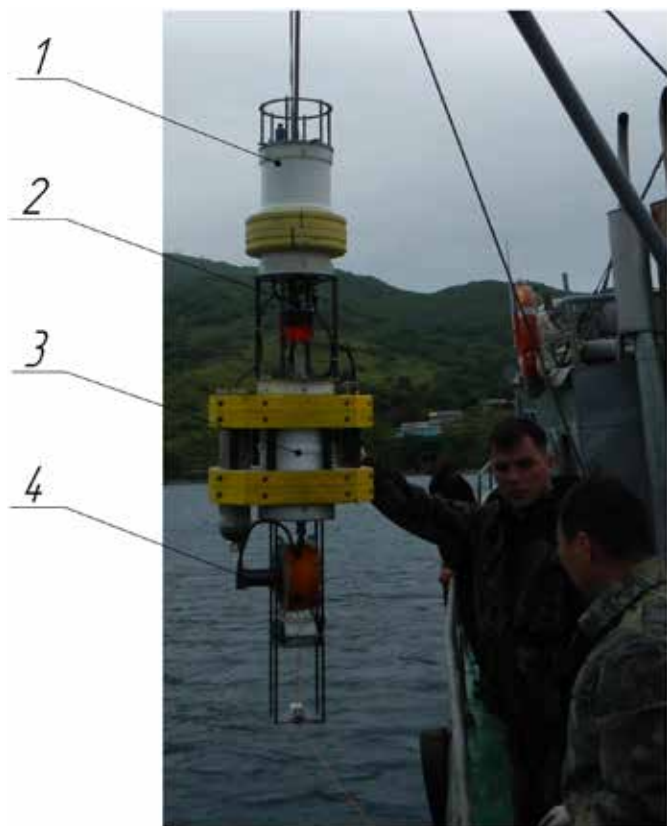


Рис. 1. Автономная морская измерительная платформа. Постановка с катера

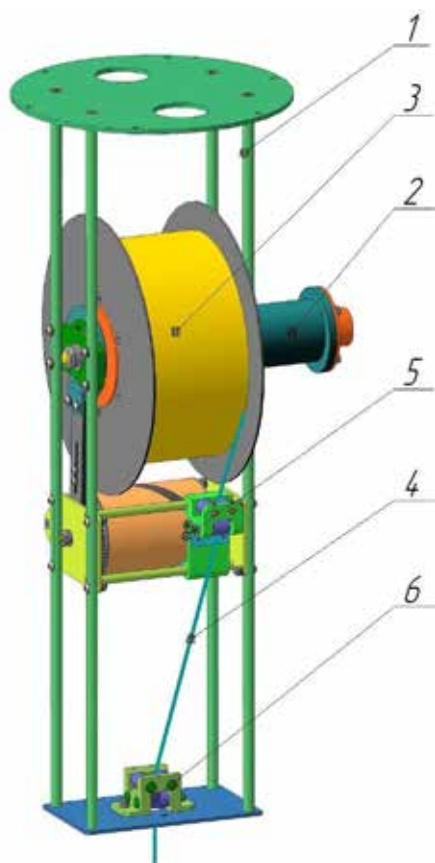


Рис. 2. Лебедка для применения в конструкции автономной морской измерительной платформы

проведения измерений осуществляется по заданной программе по данным датчика гидростатического давления с помощью лебедки. Время нахождения на каждом горизонте устанавливается программой работы в зависимости от длительности цикла измерений датчиков. Количество горизонтов, на которых проводятся измерения, так же устанавливаются программой работы с дискретностью более 1,0 метра. Всплытие на поверхность моря для передачи измерительной информации после завершения цикла измерений обеспечивается за счет положительной плавучести платформы при включении муфты свободного хода в лебедке (рис. 2).

Управление работой автономной измерительной платформы производится с помощью специализированной программы модуля управления. Алгоритм работы следующий: перед началом цикла измерений платформа находится на поверхности моря и показания датчика гидростатического давления принимаются за нулевые, затем включается программа цикла измерений параметров водной среды на заданных горизонтах и платформа погружается с помощью лебедки. После измерения на последнем горизонте на механизм лебедки подается команда «на всплытие» и лебедка переключается на свободное разматывание троса с барабана. Мобильная платформа под действием положительной плавучести всплывает на поверхность моря для обмена информацией с постом управления (рис. 3).

Эксплуатационные характеристики платформы: вес на воздухе и в воде, габариты, время автономной работы, стойкость к воздействию морской среды достигаются конструктивными решениями прочного корпуса и параметрами лебедки. Для размещения аппаратуры объемом до 15 дм³ наиболее оптимальной является цилиндрическая форма прочного корпуса, с плоскими торцевыми крышками. В качестве материала деталей прочного корпуса для небольших рабочих глубин (до 250 м) предпочтительно использование конструкционных пластмасс, стойких к воздействию морской воды. Из большого разнообразия конструкционных пластмасс наиболее подходящим является полиацеталь (полиоксиметилен) – сополимер с оптимальным сочетанием прочности, твердости и сопротивления к износу и низким влагопоглощением; не содержит пор, легко подвергается механической обработке, нейтрален к морской воде. Эти качества позволяют применять его для изготовления различных конструктивных элементов подводных аппаратов, в том числе прочных герметичных корпусов.



Рис. 3. Морская автономная измерительная платформа на поверхности моря в момент передачи измерительной информации

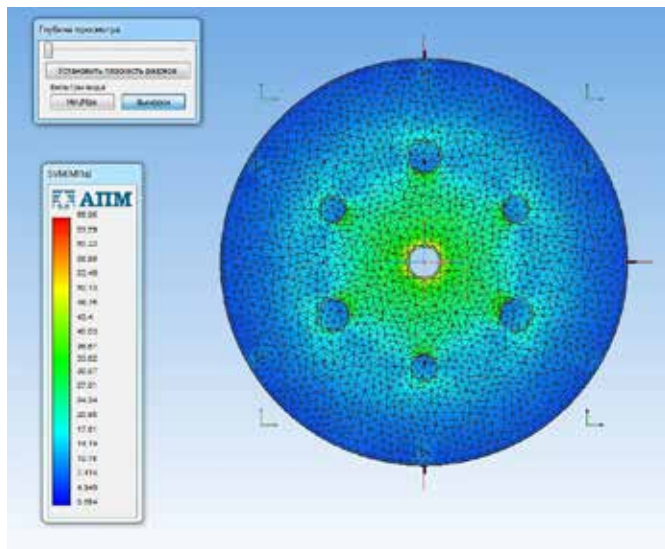


Рис. 5. Результат прочностного анализа плоской крышки, имеющей 7 технологических отверстий

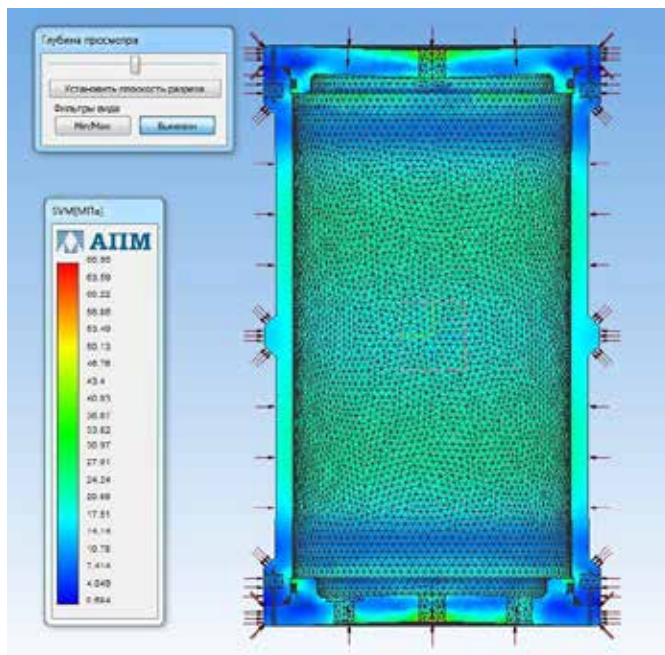


Рис. 6. Результат прочностного анализа цилиндрического корпуса в сборе с плоскими крышками

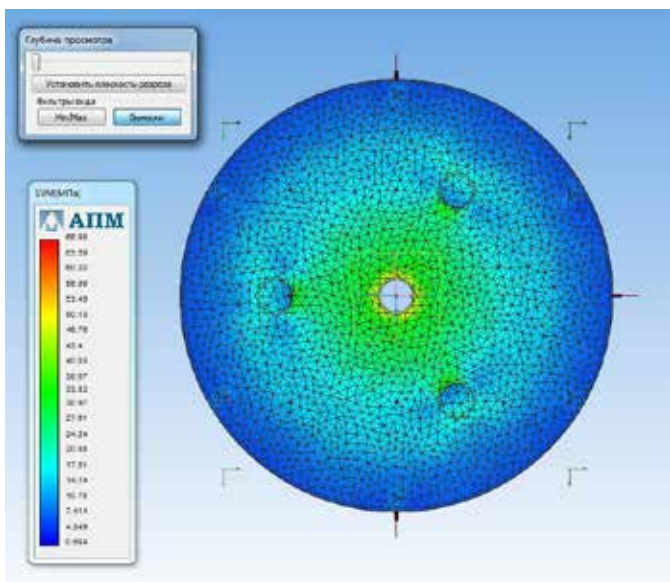


Рис. 4. Результат прочностного анализа плоской крышки, имеющей 4 технологических отверстия

Механические свойства полиацетала:

- Предел текучести, МПа 60,0;
- Прочность при растяжении, МПа 80,0;
- Прочность при сжатии, МПа 110,0;
- Прочность при изгибе, МПа 70,0;
- Модуль упругости нормальный, МПа*10⁻⁶ 0,0027;
- Коэффициент Пуассона 0,3;
- Плотность, кг/м³ 1410,0;

На рабочей глубине 250 м прочный корпус подвергается внешнему давлению 2,5 МПа. Расчетную толщину стенки прочного цилиндрического корпуса из полиацетала в соответствии с [1] принимаем равной $s = 15$ мм.

Для определения критических мест в конструкции прочного корпуса выполнен прочностной анализ корпуса методом конечных элементов в программе «АРМ FEM» системы трехмерного проектирования «КОМПАС-3D». Для проведения прочностного анализа использована трехмерная модель цилиндрического корпуса в сборе с плоскими торцевыми крышками, заданы свойства материала, внешние нагрузки и места фиксации. Результат расчета, отображающего эквивалентные напряжения по Мизесу, представлен на рисунках 4, 5, 6. Максимальные напряжения в критических местах прочного корпуса и крышки, находятся в допустимых пределах и удовлетворяет требованиям по прочности и устойчивости на предельной рабочей глубине.

Лебедка, применяемая в автономной измерительной платформе, рассчитана работу под внешним давлением до 2,5 МПа (рис. 2). Лебедка состоит из каркаса (1), механизма привода барабана в герметичном корпусе (2), барабана (3) с тросом (4), тросоукладчика (5) и направляющего устройства (6). Все детали лебедки, контактирующие с морской водой, изготовлены из коррозионностойких материалов, таких как сплавы титана и полиацеталь. Механизм свободного хода позволяет при размотке отключать

барабан от мотора – редуктора электропривода, что дает возможность мобильной платформе всплывать под действием положительной плавучести, не допуская провисания троса. Для обеспечения герметичности электропривода крутящий момент передается к барабану лебедки с помощью магнитной муфты через разделяющий экран, которым является прочный герметичный корпус. Для равномерной укладки троса на барабан лебедка имеет тросоукладчик с оригинальным кривошипно-ползунным механизмом привода. Конструкция лебедки не имеет аналогов и защищена патентом на изобретение № 2544423 [2].

Заключение

В статье приведен вариант решения создания автономной морской измерительной платформы для экологического мониторинга прибрежных экосистем. Приводится решение по выбору материала и формы прочного корпуса приборного модуля, проверочный расчет корпусных деталей, представлено описание лебедки, разработанной для применения в автономной платформе. Применение рассмотренных в статье конструктивных решений на основе накопленного опыта по проектированию аналогичных морских приборов позволяют создать автономные измерительные платформы с высокими эксплуатационными характеристиками.

Об авторах

КИМ Мен Себ, младший научный сотрудник
ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, робототехника

Тел.: 8 (4242) 750-570 доб.407; факс: 8 (4242) 23-69-66

E-mail: v.kim@skbsami.ru

ПАК Александр Химунович, младший научный сотрудник
ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, робототехника

Тел.: 8 (4242) 750-570 доб.404; факс: 8 (4242) 23-69-66

E-mail: a.pak@skbsami.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. ГОСТ 14249-89; введ. 1990 01 01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.

2. Пат. № 2544423 Российская Федерация, МПК В 63 В 21/04, В 66 В 7/00. Устройство вертикального перемещения подводных аппаратов / Малашенко А. Е.; Ким М. С.; заявитель и патентообладатель Федеральное бюджетное государственное учреждение «Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук». – № 2012120521/11; заявл. 17.05.12; опубл. 27.11.2013, Бюл. № 33.

Для цитирования:

Ким М.С., Пак А.Х. Автономная морская многофункциональная измерительная платформа // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 1 (39). С. 86–90. DOI: 10.37102/1992-4429_2022_39_01_09.