

УДК 629.563.21
К 14

ПРОЕКТНЫЕ ЗАДАЧИ СПУСКОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

А. Я. Казарезов, д-р техн. наук, проф.¹;

С. Ф. Ильин, канд. техн. наук, доц.²

¹Черноморский государственный университет, г. Николаев

²Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. На основе анализа опыта исследований динамики спускоподъемных устройств подводных аппаратов сформулированы задачи их проектирования.

Ключевые слова: спускоподъемное устройство, подводный аппарат, внешние воздействия, качка судна, проектирование, кинематические возбуждения, судно-носитель, коэффициент динамичности подъема плавучего груза.

Анотація. На основі аналізу досвіду досліджень динаміки спускопідйомних пристроїв підводних апаратів сформульовані задачі їх проектування.

Ключові слова: спускопідйомний пристрій, підводний апарат, зовнішні впливи, хитавиця судна, проектування, кінематичні збудження, судно-носій, коефіцієнт динамічності підйому плавучого вантажу.

Abstract. Based on the analysis of experience of dynamics studying of the underwater vehicle launching systems the tasks of their design are formulated.

Keywords: launching system, underwater vehicle, external impact, pitching, design, kinematic excitation, carrier vessel, the coefficient of dynamics of lifting the floating cargo.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Интенсивное освоение континентального шельфа и глубин Мирового океана, разработка и использование подводных аппаратов становятся все более актуальной задачей океанотехники. При этом важной проблемой является техническое обеспечение спуска и подъема подводных аппаратов на морском волнении различной степени.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последнее время исследованиям спускоподъемных устройств подводных аппаратов (СПУ ПА) посвящены работы Б. А. Бугаенко, В. Э. Магулы и А. Ф. Галя [1–8]. В них рассмотрены вопросы динамики судовых спускоподъемных операций [1], специальных судовых устройств [2], оптимального проектирования следящей системы компенсации колебаний водолазного колокола пассивного типа [3], исследования противовеса как элемента канатной системы слежения за перемещениями подводного аппарата [4], численного анализа оптимальной механической следящей системы компенсации колебаний водолазного колокола [5], анализа конструкций спускоподъемных устройств подводных технических средств [7], особенностей спускоподъемных устройств подводных аппаратов [8], определения присоединенных масс эллиптического контура при его подъеме с поверхности воды [6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ — выполнить анализ условий функционирования современных СПУ подводных

аппаратов и сформулировать задачи их проектирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ внешних воздействий на подводные аппараты при спускоподъемных операциях [1, 2] показал, что основными среди этих сил являются гидродинамические: волнение, качка судна-носителя СПУ и плавучих объектов.

Общая характеристика внешних сил и кинематических возбуждений может быть представлена следующим образом.

Гидродинамические силы разделяют [1, 2] на воздействующие при расположении поднимаемого подводного аппарата в безграничной жидкости; силы при расположении поднимаемого ПА вблизи свободной поверхности и у твердых стенок; силы при расположении ПА на свободной поверхности; силы при подъеме ПА со свободной поверхности жидкости.

Волнение как источник сил, действующих при проведении спускоподъемных операций, разделяют [1] на ветровое волнение, приливное и сейсмическое).

Следует учитывать изменение характеристик волнения при преодолении различного рода преград и на глубине. При учете качки судна-носителя СПУ и плавучих сооружений нужно рассматривать отдельно качку изолированного судна; кинематические характеристики колебаний фиксированной на судне точки; кинематические характеристики относительных колебаний двух фиксированных точек, принадлежащих разным судам, при их совместной качке.

Таблиця 1. Особенно важные проектные задачи проектирования спускоподъемных устройств подводных аппаратов

№	Проектные задачи
1	Определение места расположения СПУ подводных аппаратов (ПА)
2	Определение расчетных нагрузок на конструкции СПУ с учетом вероятности их приложения
3	Формулирование нормативных требований к прочности СПУ автономных ПА
4	Определение расчетного коэффициента динамичности
5	Определение динамических нагрузок на канаты (кабель-тросы) неавтономных ПА, опускаемых в воду
6	Выбор расчетной схемы подъема неавтономных ПА с вертикальным канатом (без образования слабины в нем) при гармонических колебаниях верхнего конца каната
7	Учет случайного характера стационарных колебаний верхнего конца каната при качке судна
8	Расчет перемещения и усилия в вертикальном канате подъема неавтономных ПА при рывке верхнего конца
9	Вероятностный расчет динамических усилий в канате при рывках
10	Определение отрывного сопротивления и отрывной нагрузки
11	Расчет усилий в канатах при отрыве ПА от грунта
12	Оценка усилий, возникающих в канатах при колебаниях судна до отрыва ПА от грунта
13	Учет усилия в наклонных кабель-буксирах как нагрузки на СПУ
14	Определение динамического усилия в кабель-буксире при качке судна
15	Проведение качественного анализа контакта при спускоподъемных операциях
16	Учет влияния натяжения в канатах-проводниках, жесткости упругих элементов и зазоров в штоковом устройстве
17	Учет нерегулярности волнения и качки судна-носителя СПУ при расчетах контакта подвески с подъемным штоком ПА
18	Определение случайного ударного усилия заданной обеспеченности
19	Подводная посадка автономного подводного аппарата на платформу, опущенную на канатах в толщу воды
20	Выбор жесткости упругой связи опускной платформы по условию ограничения скорости ее контакта с аппаратом
21	Посадка автономного ПА, находящегося на поверхности воды, на платформу, опущенную на канатах под воду
22	Учет особенностей динамики контакта и расчетная схема процесса
23	Расчет динамики контакта неавтономных ПА с захватами спускоподъемного устройства шахтного типа
24	Расчет контакта и ударных нагрузок при отсутствии слабины в кабель-тросе
25	Особенности контакта при образовании слабины в кабель-тросе
26	Случай зависания подводного аппарата при отрицательной плавучести подводного аппарата, равной нулю
27	Случай зависания подводного аппарата при отрицательной плавучести подводного аппарата, не равной нулю
28	Нагрузки на захват кормового спускоподъемного устройства для буксируемого неавтономного подводного аппарата при контакте последнего с водой в момент спуска за корму
29	Раскачивание подводного аппарата при спускоподъемных операциях
30	Проблема раскачивания и основные вопросы расчета
31	Одноточечный подвес подводного аппарата в судовых условиях
32	Расчетная схема раскачивания подводного аппарата в виде математического маятника
33	Оценка углов раскачивания подводного аппарата
34	Расчетная схема раскачивания ПА в виде физического маятника
35	Схематизация устройств ограничения раскачивания
36	Конструктивные схемы устройств ограничения раскачивания
37	Общий подход к схематизации процесса ограничения раскачивания
38	Графический и аналитический способы определения траекторного параметра «эквивалентного» маятника при двухстропной проводке
39	Определение параметра сопротивления «эквивалентного» маятника для канатных проводок и рычажных устройств
40	Расчеты устройств ограничения раскачивания
41	Уравнение плоского движения подводного аппарата при раскачивании на двухстропной проводке
42	Вероятностный расчет раскачивания подводного аппарата на двухстропной проводке в условиях нерегулярной качки
43	Вероятностный расчет раскачивания подводного аппарата на двухстропной проводке
44	Учет изменения длины подвеса
45	Реализация численного метода расчета раскачивания для одноточечного подвеса подводного аппарата
46	Реализация численного метода расчета раскачивания для бифилярного подвеса подводного аппарата
47	Поперечное раскачивание в устройствах с вертикальным вспомогательным канатом
48	Динамика слежения за относительными колебаниями судна и подводного аппарата
49	Устройства с вертикальными следящими канатами для плавучих подводных аппаратов
50	Расчетная схема привода слежения с вертикальными канатами
51	Оценка влияния привода слежения на вертикальную качку подводного аппарата у судна-носителя
52	Оценка швартующего эффекта вертикального следящего каната-проводника
53	Устройства с наклонными следящими канатами для плавучих подводных аппаратов
54	Устройства компенсации колебаний судна в СПУ для неавтономных подводных аппаратов
55	Расчет инерционного компенсатора вертикальных колебаний судна на волнении (пассивного типа)
56	Выбор схемы компенсатора вертикальных колебаний судна на волнении активного типа
57	Выполнение расчета компенсатора вертикальных колебаний судна на волнении активного типа

Особое внимание уделяют внешним воздействиям, создаваемым приводами механизмов СПУ (как правило, это электропривод и гидропривод). Особенности процесса подъема ПА в условиях волнения требуют выбора расчетной схемы для определения коэффициента динамичности.

Влияние установочного усилия на коэффициент динамичности подъема ПА требует выполнения вероятностного расчета коэффициента динамичности при подъеме ПА на борт судна на волнении. При этом используется закон распределения коэффициента динамичности как функции случайного аргумента. Определение закона распределения коэффициента

динамичности производится методом имитационного моделирования.

Некоторые особенно важные проектные задачи приведены в форме таблицы.

ВЫВОДЫ

1. На основе произведенного анализа условий функционирования современных спускоподъемных устройств подводных аппаратов сформулированы задачи их проектирования. 2. Учитывая теоретический задел многих авторов, можно сформулировать задачу создания комплекса компьютерных программ по проектированию спускоподъемных устройств подводных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бугаенко, Б. А.** Динамика судовых спускоподъемных операций [Текст] : монография / Б. А. Бугаенко. — К. : Наукова думка, 2004. — 320 с.
- [2] **Бугаенко, Б. А.** Специальные судовые устройства [Текст] / Б. А. Бугаенко, В. Э. Магула. — Л. : Судостроение, 1983. — 392 с.
- [3] **Бугаенко, Б. А.** Оптимальное проектирование следящей системы пассивного типа компенсации колебаний водолазного колокола [Текст] / Б. А. Бугаенко, А. Ф. Галь // Зб. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2006. — № 1 (406). — С. 12–24.
- [4] **Бугаенко, Б. А.** Противовес как элемент канатной системы слежения за перемещениями [Текст] / Б. А. Бугаенко, А. Ф. Галь, М. А. Дубина // Зб. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2010. — № 2 (431). — С. 13–21.
- [5] **Бугаенко, Б. А.** Численный анализ оптимальной механической следящей системы компенсации колебаний водолазного колокола [Текст] / Б. А. Бугаенко, А. Ф. Галь // Зб. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2006. — № 3 (408). — С. 11–17.
- [6] **Бугаенко, Б. А.** Определение присоединенных масс эллиптического контура при его подъеме с поверхности воды [Текст] / Б. А. Бугаенко // Труды НКИ. — Николаев : НКИ, 1973. — Вып. 78. — С. 91–98.
- [7] **Галь, А. Ф.** Анализ конструкций спускоподъемных устройств подводных технических средств [Текст] / А. Ф. Галь, М. А. Дубина // Зб. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2008. — № 2 (419). — С. 32–37.
- [8] **Галь, А. Ф.** Особенности спускоподъемных устройств подводных аппаратов [Текст] / А. Ф. Галь, М. А. Дубина // Вісник Одеського національного морського університету : зб. наук. праць. — О., 2008. — № 24. — С. 131–136.

© А. Я. Казарезов, С. Ф. Ільїн

Надійшла до редколегії 14.01.2012

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
канд. техн. наук, проф. НУК А. Ф. Галь

Статтю розміщено у Віснику НУК № 2, 2012