

УДК 621.395

Жуков Ю.Д., НУК, Advanced Measuring Instruments Company (AMICO), г. Николаев
Иванченко А.Т., НУК, г. Николаев

Использование имитационного моделирования в автоматизированных управляющих системах плавучих доков

Показана необходимость использования имитационного моделирования в работе автоматизированных измерительно-информационных управляющих систем экологически опасных производственных комплексов. На примере управления плавучим доком дается описание принципов применения имитационной модели в тренажерах для обучения обслуживающего персонала, а также в реальном управлении процессом докования, что обеспечивает выбор оптимальных решений и исключает возможность возникновения аварийных ситуаций при ошибках операторов.

The necessity of simulation modeling using in ACSTP (Automated Control System of Technical Processes) at ecological dangerous objects are showed. By the example of a float dock control the principles of simulation model using in the simulators for servicer training are given. Using a simulation model in real dock control and choosing optimal parameters of the draft are showed.

Введение

В настоящее время мы становимся очевидцами увеличивающейся сложности аппаратуры и оборудования, применяемых в народном хозяйстве, повышения быстродействия технологических агрегатов, механизации трудоемких работ и автоматизации управления. Создаются автоматизированные системы управления на базе автоматики, телемеханики, электроники и вычислительной техники. Внедряются высокопроизводительные вычислительные машины для обработки информации и управления производственными процессами. При проектировании упомянутых сложных объектов возникают многочисленные задачи, требующие исследования количественных и качественных закономерностей их функционирования. В арсенале создателей новой техники для решения этих задач имеются расчетные и экспериментальные методы. До последнего времени к расчетам не предъявлялись требования особенно высокой точности. Неточность расчетов компенсировалась увеличением объема натурального эксперимента, созданием ряда опытных образцов проектируемого изделия и «доводкой» его в результате многократных доработок.

Переход к производственным комплексам большого масштаба качественно меняет соотношение

между расчетными методами и натурным экспериментом. Использование натурального эксперимента для «доводки» проектируемых объектов становится невозможным из-за колоссального роста затрат времени и средств, а иногда и в связи с возникновением непреодолимых организационных и технических трудностей. Это обстоятельство выдвигает на первый план требования, связанные не только с повышением точности известных приемов инженерного расчета, но и со значительным расширением круга решаемых расчетными методами задач, обогащением арсенала расчетных методов вообще.

В новой ситуации все более и более четко разграничиваются автономные исследования, относящиеся к отдельным техническим средствам, отдельным видам аппаратуры и оборудования, и исследования, охватывающие комплексные «общесистемные» вопросы. Для проведения автономных исследований пригодны как сложившиеся или, быть может, не-сколько модернизированные расчетные методы, так и широко поставленный натуральный эксперимент. Решение же «общесистемных» задач для многих областей современной техники вырастает в крупную научную проблему.

Таким образом, возникает необходимость в разработке новых расчетных методов, способных на

базе автономных исследований отдельных частей крупного объекта, достаточно полно подтвержденных натурным экспериментом, решать комплексные «общесистемные» задачи для объекта в целом. Эти методы должны занять место натурального эксперимента в «доводке» проектируемых объектов большого масштаба на этапе стыковки отдельных частей объекта и его комплексной наладки.

Однако, пожалуй, наиболее полное исследование «общесистемных» проблем получается в результате моделирования объектов большого масштаба на ЭВМ. Имитируя поведение частей сложного объекта и их взаимодействие, с учетом влияющих факторов, и в условиях, близких к реальным, можно, в принципе, вычислить любые характеристики объекта, предусмотренные программой исследования.

Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи исключительной сложности; исследуемая система может одновременно содержать элементы непрерывного и дискретного действия, быть подверженной влиянию многочисленных случайных факторов сложной природы, описываться весьма громоздкими соотношениями и т. д.

Значительную роль метод имитационного моделирования играет при решении задач, связанных с автоматизацией управления. Результаты моделирования позволяют вскрыть закономерности процесса, существенные с точки зрения автоматизированного управления, определить потоки управляющей информации и обоснованно выбрать алгоритмы управления. По данным моделирования может быть оценена эффективность различных принципов управления, вариантов построения управляющих систем, а также работоспособность и надежность управляющей аппаратуры.

Метод имитационного моделирования подчас является единственным практически доступным методом исследования сложной системы, особенно на стадии ее проектирования или модернизации. Необходимо отметить также, что затраты рабочего времени и материальных средств на реализацию

имитационных моделей оказываются незначительными по сравнению с затратами, связанными с натурным экспериментом. Вместе с тем, результаты имитационного моделирования по своей ценности для практического решения возникающих задач часто оказываются близкими к результатам натурального эксперимента.

Учитывая выше отмеченное, было решено целесообразным использовать метод имитационного моделирования при разработке автоматизированной системы управления плавучим доком. Операции докования представляют собой сложный и ответственный процесс, в ходе которого должен производиться оперативный контроль параметров используемых исполнительных устройств (таких как распределительные задвижки, приемные и отливные затворы и балластные насосы), оптимальное управление ими, а также контроль характеристик всего дока в целом (осадка, углы крена и дифферента, величины прогиба и др.).

Обеспечение оперативного контроля всех параметров дока и своевременное принятие оптимального решения для оператора является сложной задачей. Любые ошибки докмейстера могут привести к увеличению времени докования, соответственно, к дополнительным финансовым затратам, а также, возможно, и повреждению как дока, так и самого судна. Все это настоятельно требует создания автоматизированных систем управления доковыми операциями. Для оптимизации схемы построения автоматизированной системы управления доковыми операциями и была разработана имитационная модель, описывающая работу различных элементов автоматики управления и исполнительных механизмов дока и осуществляющая расчет параметров устойчивости дока, таких как осадка, крен, дифферент и др. в соответствии с [3, 4].

Другим важным применением имитационной модели является разработка тренажеров для обучения персонала работе в условиях, максимально приближенных к реальным [5].

Список определений

PLC	– программируемый логический контроллер (ПЛК);
БСД	– балластная система дока – набор балластных и сухих отсеков;
БО	– балластный отсек;
Доку	– несамоходное судно, предназначенное для постановки судна на завод для ремонта и транспортировки его по мелководью.
Докование	– процесс принятия/снятия судна с дока и его транспортировка.
Докмейстер	– человек, управляющий операциями докования.
АСУ БСД	– автоматизированная система управления балластной системой дока

Постановка задачи

Для освидетельствования или ремонта подводной части судов, а также для их транспортировки по мелководью применяются различные методы докования. Наиболее широко используется докование при помощи плавучего дока.

Докование является довольно сложным процессом и требует от докмейстера четких и своевременных действий, при этом ошибки должны быть исключены.

Что бы не допускать ошибок, докмейстеру необходимо получить весь необходимый опыт управ-

ления доковыми операциями. Обычно для обучения докмейстеров используются тренажеры, позволяющие имитировать реальную обстановку – поведение механизмов, уровни в балластных отсеках, аварийные ситуации и т.д. – и проводить «виртуальные» доковые операции – погружение/всплытие порожним и с судном.

В основе большинства подобных тренажеров лежат *имитационные модели*, которые ведут себя максимально приближенно к реальной обстановке. Такие имитационные модели называют *симуляторами*. Данная статья описывает один из таких тренажеров.

Кроме того, имитационная модель позволяет оптимальным образом построить работу системы автоматизации управления плавучим доком.

Назначение модели

Описываемая модель является разновидностью подобных симуляторов и предназначена для обучения докмейстера путем имитирования реальных операций, устройств и реакций на действия докмейстера.

Для удобства модель была встроена в программную часть автоматизированной системы

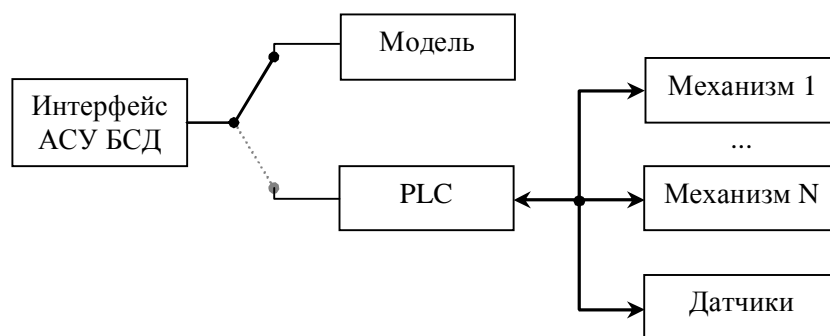


Рис. 1. Схема взаимодействия модели и системы

Описание общей структуры и принципа функционирования

Модель имеет модульную структуру. Каждый модуль принимает на вход необходимые парамет-

управления доковыми операциями для дока проекта №05-02 от 08.02.2006 (проект 1760КР) херсонского судостроительного завода «Паллада».

Это дает следующие преимущества:

- *обучение* работе с системой производится в любом удобном для докмейстера месте, т.к. система не будет производить реальные действия с доковым оборудованием;

- *реакция* модели на команды докмейстера *максимально приближена* к реакции самого дока, т.к. в модель занесена вся информация об оборудовании и технические характеристики дока (сравнение результатов модели и швартовых испытаний приведены ниже);

- модель может использоваться для *предсказания* посадки дока в любой момент времени путем задания необходимых параметров с указанием промежутка времени

- докмейстеру не придется привыкать к новой системе после обучения, т.к. модель встроена в саму систему.

Схема интеграции и взаимодействия модели с системой приведена на рисунке 1.

ры, производит необходимые вычисления и выдает результаты. Схематичное изображение модели показано на рисунке 2.

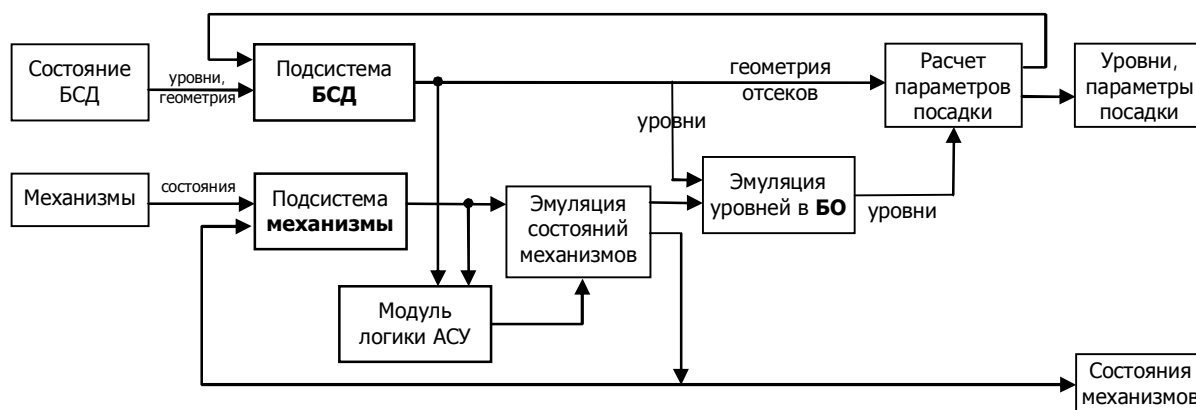


Рис. 2. Схематичное изображение модели

Для начала работы модели необходимо иметь следующую информацию:

- основные габариты дока: высота, ширина и длина понтона и башен; геометрия отсеков;
- технические характеристики дока: начальная осадка, вес дока порожнем, метацентрические высоты, максимальная осадка и т.д.

Все эти данные можно получить из технической документации дока.

В качестве начальных входных параметров модели задаются:

- начальные уровни в БО;
- начальное состояние механизмов.

Далее модель использует уже рассчитанные значения как начальные.

Так же в модель передаются команды докмейстера, вызывающие изменения состояний механизмов, что влечет за собой изменение параметров посадки.

Результатом работы модели являются новые параметры устойчивости дока (крен, дифферент, осадка), уровни в БО и состояния механизмов.

Описание основных узлов модели

Подсистема БСД (см. рис. 1) используется для эмуляции уровней в балластных отсеках, расчета параметров посадки и хранения информации о технических параметрах дока. Подсистема БСД состоит из модуля эмуляции уровней в БО и модуля расчета осадки дока. Эмуляция уровней в отсеках производится путем анализа механизмов-источников балласта, а так же пропускной способности трубопроводов и производительности балластных насосов. Входными параметрами для модуля эмуляции уровней являются состояния исполнительных механизмов, а так же предыдущие уровни в БО.

Для расчета параметров осадки модуль использует технические параметры дока, предыдущие параметры осадки и текущие уровни в БО. На вы-

ходе модуль выдает новые параметры осадки дока. Для расчета углов крена и дифферента используется метод расчета осадки и устойчивости при приеме малого груза [3].

В модуль логики АСУ реализована вся логика системы: автоматические алгоритмы управления механизмами, реакции системы на определенные параметры посадки дока. Например, при предупредительных углах посадки производится автоматическое выравнивание дока путем равномерного распределения балласта при помощи задвижек и балластных насосов, а при аварийных углах посадки производится закрытие задвижек и остановка балластных насосов. Так же модуль обрабатывает команды от докмейстера, и, согласно алгоритмам, производит выдачу управляющих сигналов на модуль управления механизмами.

Подсистема «механизмы» реализует эмуляцию поведения механизмов. Система обеспечивает реакцию на автоматические команды от модуля логики. В данной подсистеме описаны основные характеристики механизмов: время произведения открытия/запуска устройств, вероятности возникновения неисправностей, производительности насосов, пропускную способность балластных труб.

Имитационная модель была испытана в результате натурного эксперимента и показала себя работоспособной для практического использования. Относительная погрешность оценки по модели параметров устойчивости дока по сравнению с результатами натурного эксперимента не превышает 2% для осадки и 4% для углов крена и дифферента. Возможно уменьшение погрешности при более корректном учете геометрии расположения заполняемых отсеков дока.

Программная реализация модели

На рисунке 3 показан интерфейс АСУ БСД под управлением описываемой модели (режим обучения).

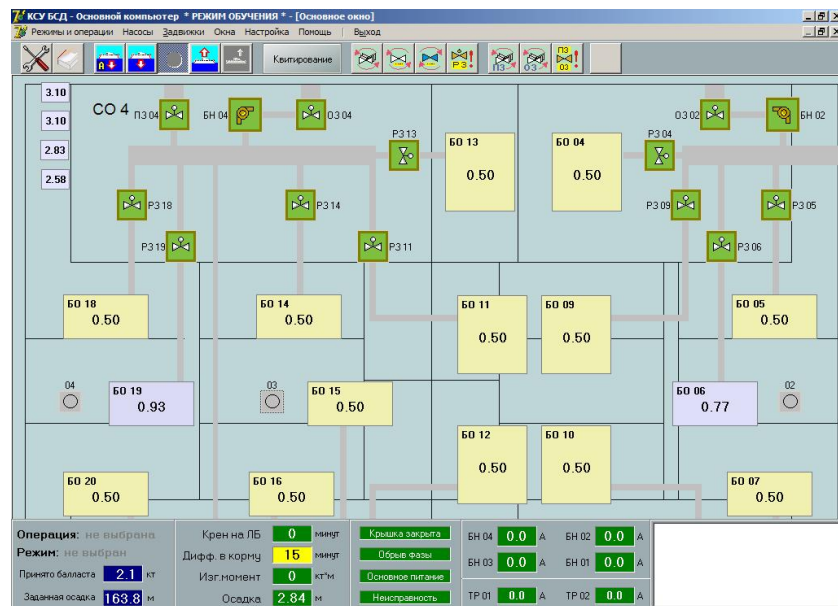


Рис. 3. Общий вид программной части АСУ БСД

Окно состоит из меню и панели управления, мнемосхемы БСД с механизмами контроля и информационной панели.

Через меню и панель управления производится основное управление системой. Информационная панель отображает основную необходимую оператору информацию: режим дока, параметры посадки, индикаторы неисправностей, токи двигателей и

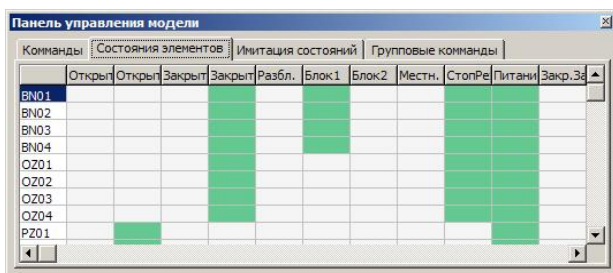


Рис. 4. Панель состояний механизмов

Окно состояний механизмов (рисунок 4) отображает состояния механизмов в табличном виде. Здесь также можно изменить эти состояния, если измененное состояние не противоречит алгоритмам модели.

В окне имитации состояний (рисунок 5) можно изменять уровни в балластных отсеках, имитиро-

несколько последних событий из журнала. Мнемосхема представляет собой схематичное расположение сухих и балластных отсеков. Для балластных отсеков отображаются их уровни. Так же на схеме расположены исполнительные механизмы с их условными обозначениями. Оператор может непосредственно управлять каждым из них с помощью клавиатуры и мышки.

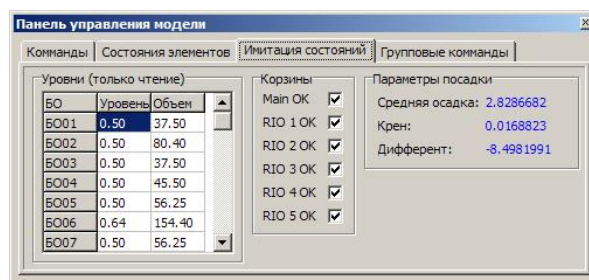


Рис. 5. Панель состояния БО и посадки

вать аппаратные сбои и наблюдать уточненные результаты расчетов параметров посадки.

Имеется возможность гибко настраивать параметры модели в окне настроек тренажера (рисунки 6-8).

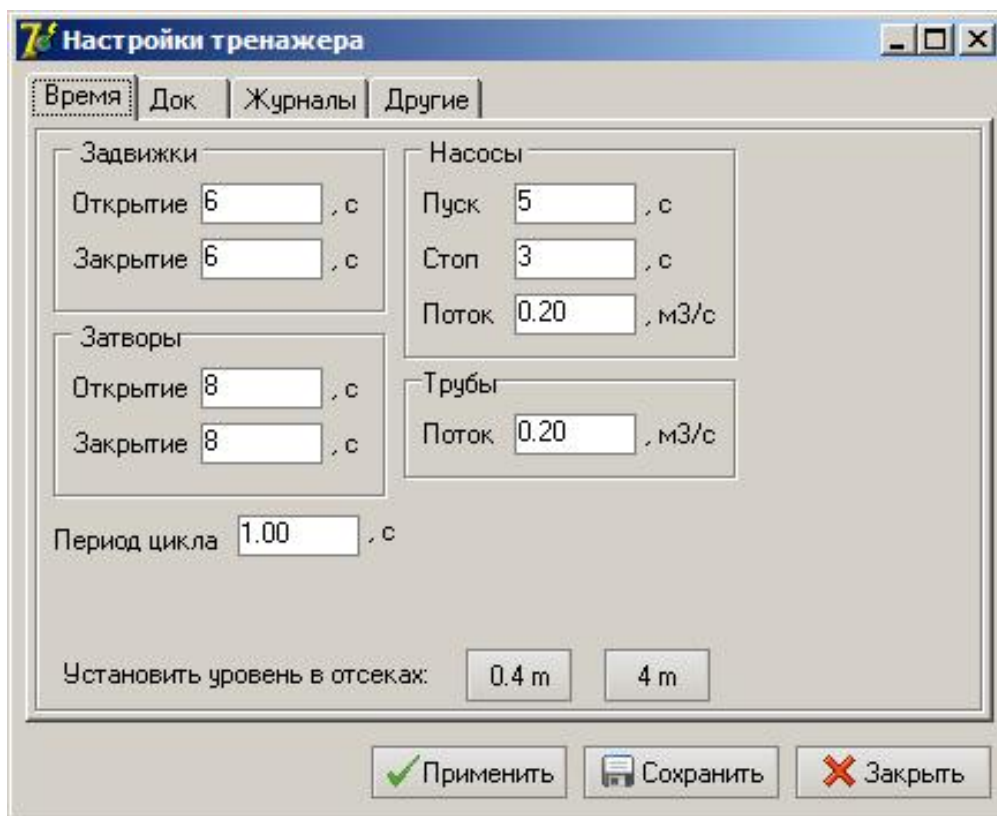


Рис. 6. Настройка временных характеристик модели

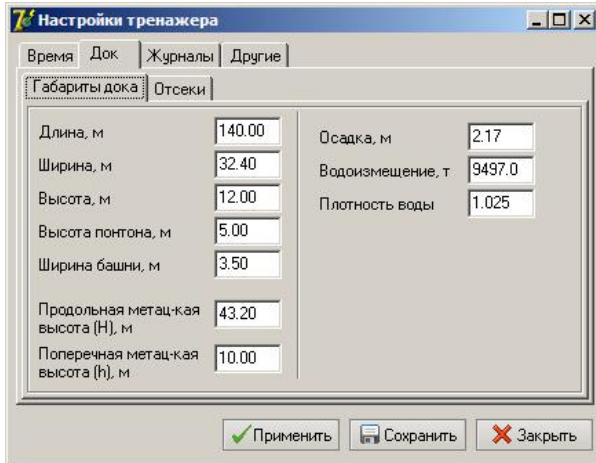


Рис. 7. Настройка параметров дока в модели

На вкладке «Время» задаются время операции исполнительных механизмов, их производительность, а так же скорость протекания процессов. На вкладке «Док→Габариты дока» (рисунок 7) задаются технические параметры дока, а на вкладке «Док→Отсеки» (рисунок 8) задается геометрия балластных отсеков.

Чем точнее будут заданы настройки, тем точнее будут производиться расчеты.

Литература

1. Бусленко Я. Я. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1988.
2. Бусленко Я. Я. Математическое моделирование производственных процессов на цифровых вычислительных машинах. - М.: Наука, 1984.
3. Семенов-Тянь-Шанский В. В. Статика и динамика корабля. - Л.: Судостроение, 1973. С. 248-264.
4. Клейтон Б., Бишоп Р. Механика морских судов. Пер. с англ.- Л.: Судостроение, 1986.
5. Бичаев Б.П., Зеленин В.М., Новик Л.И. Морские тренажеры (структура, модели, обучение). - Л.: Судостроение, 1986.

Надійшла до редколегії 09.11.06.

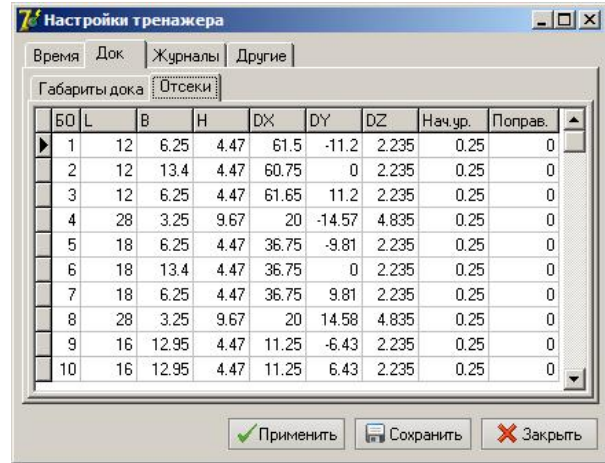


Рис. 8. Редактор геометрии отсеков