

УДК 004.942

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДИНАМИКИ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ И
ОТЛАДКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

*Данилов А.В., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Подводные роботы и аппараты»*

*Научный руководитель: Вельтищев В.В., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
kafsm11@sm.bmstu.ru*

Цель данной работы – показать варианты использования программного комплекса по моделированию динамики НПА под управлением САУ в пакете MBTU. Комплекс может использоваться специалистами по системам управления при разработке САУ НПА, а также операторами НПА для обучения управлению НПА. В статье [3] описан данный программный комплекс. Рассмотрим теперь подробнее подробно три варианта его использования.

Вариант №1

Для обучения операторов управлению НПА с предварительно синтезированной системой управления НПА.

Для этого необходимо получить следующую информацию об аппарате:

1. 3D-модель НПА выполненную в любом CAD-редакторе,
2. Характеристики аппарата для задания их в редакторе НПА и среды (рис.1),
3. Структурные схемы корректирующих звеньев системы управления аппаратом.

После получения всей необходимой информации нужно:

1. В редакторе НПА и среды задать 3D-модель аппарата и требуемые характеристики,
2. В редакторе MBTU задать корректирующие звенья системы управления аппаратом по контурам (рис.2),
3. При необходимости можно заменить 3D-модель акватории, добавив в неё какие-либо конструкции и сооружения для имитации особенностей подводного мира и задать новую 3D-модель в редакторе НПА и среды.

После внесения данной информации формируются исполняемый файл (программа с расширением exe) и папка с DLL библиотеками. Оператор запускает данный файл и тренируется управлять НПА.

Вариант №2

Для обучения операторов управлению НПА без предварительно синтезированной системы управления НПА.

В этом случае структурные схемы корректирующих звеньев системы управления аппаратом отсутствуют.

Необходимо получить следующую информацию:

1. 3D-модель НПА выполненную в любом CAD-редакторе,
2. Характеристики аппарата для задания их в редакторе НПА и среды (рис.1),
3. Требования к синтезируемой системе управления.

После получения всей необходимой информации нужно:

1. В редакторе НПА и среды задать 3D модель аппарата и требуемые характеристики,
2. Синтезировать систему управления аппаратом любым удобным способом (как ручным, так и автоматизированным),
3. В редакторе MBTU задать корректирующие звенья системы управления аппаратом по соответствующим контурам (рис.2),
4. При необходимости можно заменить 3D-модель акватории, добавив в неё какие-либо конструкции и сооружения для имитации особенностей подводного мира и задать её в редакторе НПА и среды.

После внесения данной информации формируются исполняемый файл (программа с расширением exe) и папка с DLL библиотеками. Оператор запускает данный файл и тренируется управлять НПА.

Первые два варианта предназначены только для тренировки оператора.

Третий вариант может быть интересен для разработчиков систем управления, так как может быть использован для отладки и анализа систем управления путём вывода графиков любых сигналов в корректирующих звеньях и в цепях обратных связей.

Вариант №3

Для отладки и анализа систем управления подводных аппаратов, получения динамических характеристик НПА с выводом графиков любых сигналов корректирующих звеньев, а также для обучения операторов управлению НПА.

В этом случае нужно:

1. Создать 3D-модель НПА в любом CAD-редакторе,
2. Получить и внести характеристики аппарата с помощью редактора НПА и среды (рис.1) в программу,
3. При необходимости можно заменить 3D-модель акватории, добавив в неё какие-либо конструкции и сооружения для имитации особенностей подводного мира и задать её в редакторе НПА и среды.

После этого можно синтезировать систему управления, в редакторе MBТУ задать корректирующие звенья системы управления аппаратом по соответствующим контурам (рис.2) и разместить блоки для вывода графиков сигналов с системы управления.

В настройках проекта MBТУ (файл с расширением mrj) нужно задать достаточное время моделирования и режим реального времени. Для этого надо в главном меню: «Моделирование->Параметры расчёта...», во вкладке «Основные» задать время интегрирования, а во вкладке «Скорость» активировать «Режим масштабирования времени» и «Множитель ускорения» задать равным единице.

Моделирование динамики в данном варианте запускается средствами самого пакета MBТУ. Для этого выбрать пункт главного меню: «Моделирование->Расчёт...». Исполняемый файл при этом не генерируется. Вместо него используется файл проекта MBТУ (mrj).

Во всех трёх вариантах моделирования используется рукоятка 3D Connexion Space Navigator. Особенность этой рукоятки в том, что она обеспечивает управление НПА по шести степеням свободы.

При наличии рукоятки другого типа нужна следующая информация по выбору:

- модель рукоятки с протоколом обмена,
- модель рукоятки с драйвером,
- модель рукоятки с исходным кодом программы взаимодействия.

После создания специальной подпрограммы на основе выше перечисленной информации и добавления её в состав программного комплекса, последний готов к работе с новой рукояткой.

Редактор НПА и среды - Аппарат "Ягуар"

3D модели

Аппарат:

Гребной винт:

Бассейн:

Система координат:

Движители подводного аппарата

Полож. отн. ЦМ НПА (м) Вектор направл. тяги (м) Раскладка по контурам

N°	X движ.	Y движ.	Z движ.	X отн.	Y отн.	Z отн.	F макс(Н)	U макс(В)	Зона нечувст.(%)	Марш	Глуб.	Лег	Крен	Курс	Дифф.
1	1	0	0,45	1	0	1	1150/-1050	10	5	1	0	1	0	1	0
2	1	0	-0,45	1	0	-1	1150/-1050	10	5	1	0	1	0	1	0
3	-1	0	0,45	-1	0	1	1150/-1050	10	5	1	0	1	0	1	0
4	-1	0	-0,45	-1	0	-1	1150/-1050	10	5	1	0	1	0	1	0
5	0,5	0,8	0,35	0	1	0	1450/-1300	10	5	0	1	0	1	0	1
6	0,5	0,8	-0,35	0	1	0	1450/-1300	10	5	0	1	0	1	0	1
7	-0,5	0,8	0,35	0	1	0	1450/-1300	10	5	0	1	0	1	0	1

Характеристики аппарата

Масса аппарата (кг):

Объём аппарата (м³):

Моменты инерции аппарата

Отн. оси X	Отн. оси Y	Отн. оси Z
617	792	1016

Площади Миделя аппарата

Вперёд/назад	Вверх/вниз	Вправо/влево
0,929	2,86	1,25

Центр водоизмещения аппарата (м)

X	Y	Z
0	0,95	0

Геометрические размеры аппарата (м)

Длина	Ширина	Высота
2,2	1,3	1,5

Телеметрия с аппарата

Контур марша:

Контур глубины:

Контур лага:

Контур крена:

Контур курса:

Контур дифферента:

Параметры задающей рукоятки

Период опроса (мс):

Параметры водной среды

Кэф-ты гидродин. сопротивления

V^2_x : + V_x :

w^2_x : + w_x :

Плотность жидкости (кг/м³):

Для проверки любых координат

X(м):

Y(м):

Z(м):

Файл конфигурации:

Рис. 1. Редактор НПА и среды

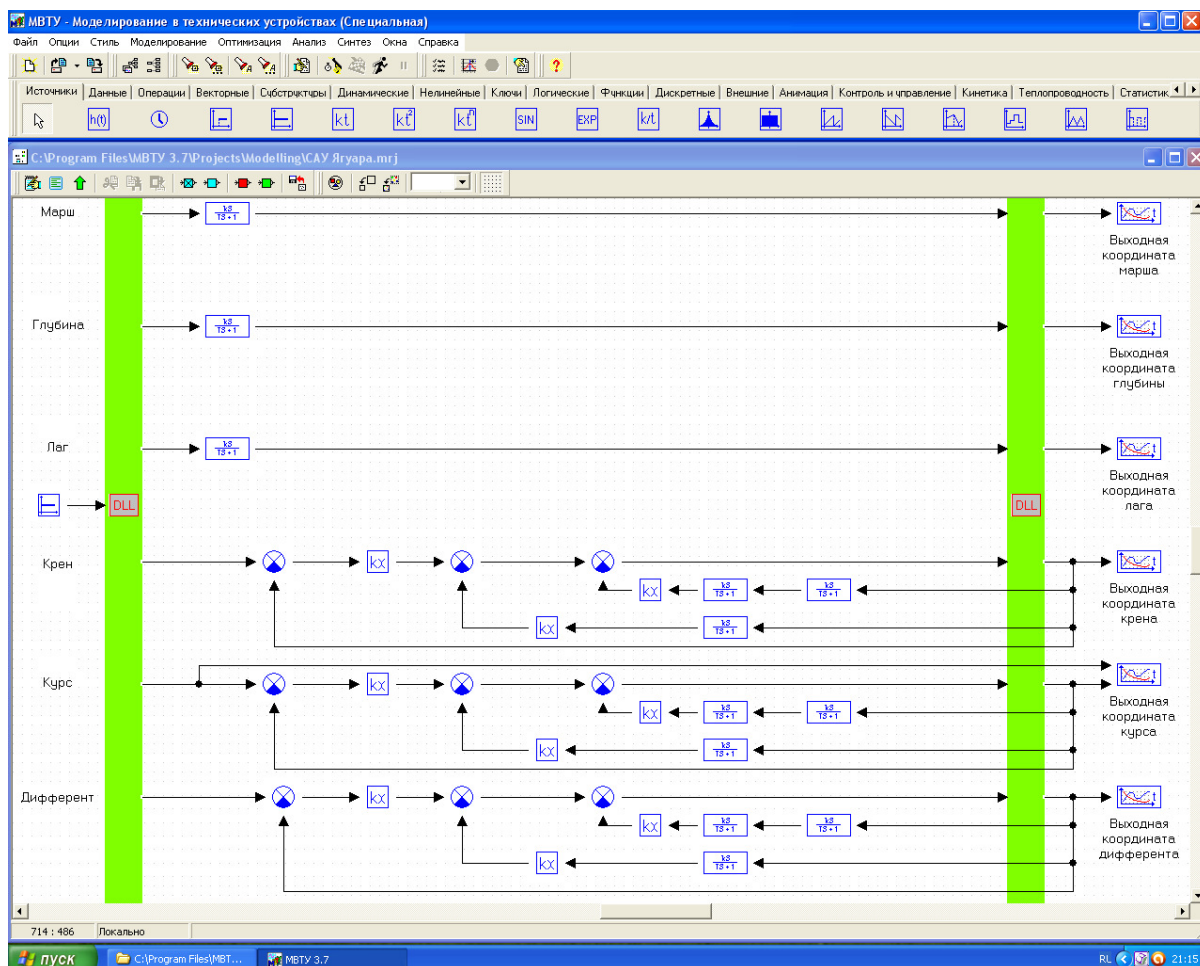


Рис. 2. Структурная схема системы управления в редакторе пакета MBTU

Перечень сокращений и обозначений

MBTU	Моделирование в технических устройствах
НПА	Необитаемый подводный аппарат
МТК	Манипуляционный технический комплекс
САУ	Система автоматического управления
exe	Объектный код программы
DLL	Динамически подключаемая библиотека
mrj	Проектный файл пакета MBTU

Программные средства

Операционная система: Microsoft Windows XP Home Edition RU, версия 2002, SP3;
 IrrLicht 1.7.3 Realtime 3D Engine;
 Microsoft Visual Studio 2005;
 MBTU v.3.7 1997-2010 г;
 Borland C++ Builder 6.

Список литературы

1. Ю. А. Лукомский, В. С. Чугунов. Системы управления морскими подвижными объектами. Ленинград. Издательство «Судостроение», 1988г.
2. Ю. А. Щупак. Win32 API Эффективная разработка приложений. СПб, Издательство «Питер» 2007г.
3. А.В. Данилов. Моделирование динамики НПА от рукоятки 3D Connexion Space Navigator под управлением САУ в пакете MBTU. Сборник докладов «Студенческий научный вестник», том XII, часть 2, с. 439-442. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.