

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.946

МОДЕЛЬ ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО СРЕДСТВА

В. В. Белов, д.т.н., профессор кафедры ВПМ РГРТУ; профессор; vvbeloff@yandex.ru

Н. Н. Власов, инженер-программист АО «НПК «КБМ», аспирант РГРТУ; z-elements@yandex.ru

Д. А. Водиченков, зам. начальника отдела разработки УТС АО «НПК «КБМ»; соискатель МВАА г. Санкт-Петербург; ya.kb15@yandex.ru

Рассматривается модель, созданная при проектировании учебно-тренировочного средства (индекс изделия 9Ф694-Э), предназначенного для подготовки экипажей пусковой установки 9П78-1-Э экспортного варианта оперативно-тактического ракетного комплекса (ОТРК) «Искандер-Э» (индекс изделия 9К720-Э). Приведены фрагменты созданной модели. Сформулированы основные умения, получаемые обучаемым экипажем в процессе обучения. Проектные решения, реализованные в 9Ф694-Э, в настоящее время продуктивно используются в разрабатываемом проекте тренажера ОТРК «Искандер-Э» в целом.

***Целью работы** является описание модели построения перспективного учебно-тренировочного средства и изложение опыта создания тренажера важнейшей подсистемы (самоходной пусковой установки) ОТРК «Искандер-Э».*

***Ключевые слова:** учебно-тренировочные средства (УТС), особенности комплекса, CASE-средства, модель тренажера 9Ф694-Э.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2017-62-4-49-57

Введение

Целью настоящей статьи является рассмотрение модели тренажера 9Ф694-Э, созданного для подготовки экипажей пусковой установки 9П78-1-Э экспортного варианта комплекса «Искандер-Э».

Комплекс разработан в Коломенском КБ машиностроения (КБМ).

Ракетный комплекс «Искандер-Э» обеспечивает решение боевых задач во всех видах боевых действий сухопутных войск на различных театрах военных действий, в любое время суток, в условиях активного противодействия противником средствами противоракетной обороны и радиоэлектронной борьбы [1].

В настоящее время для сокращения затрат на создание программно-информационных систем широко используются CASE-средства, обеспечивающие автоматизацию работ всех этапов конструирования системы. Важнейшей составляющей CASE-средств являются механизмы

моделирования, поддерживающие принятие решений на наиболее ответственных этапах создания системы – анализа, проектирования и программирования. Текстово-графические модели, формируемые с помощью CASE-средств, позволяют повысить качество проектных работ и одновременно сократить общее время проектирования и последующей реализации принятых проектных решений.

Постановка задачи

В процессе разработки тренажера 9Ф694-Э была поставлена задача создания модели, которая позволила бы детально проработать все проектные решения и за счет этого обеспечить минимизацию потенциальных ошибок в решениях, принимаемых на этапе программирования, и в конечном счете сократить общее время создания тренажера.

Указанная задача была решена, и в данной статье описываются некоторые элементы созданной модели тренажера 9Ф694-Э, позволяющего

осуществлять обучение и поддерживать высокий уровень квалификации экипажей пусковой установки 9П78-1-Э экспортного варианта ОТРК «Искандер-Э».

Создание модели

Объектный подход был применен как наиболее продуктивный и широко используемый. Первый шаг построения модели проектирования заключался в создании архитектуры программного обеспечения тренажера – архитектура программ и данных является целевым результатом выполнения этапа предварительного (эскизного) проектирования.

На следующем этапе детального (рабочего) проектирования были созданы алгоритмы работы элементов тренажера и определены структуры данных, атрибутивная модель проверена на соответствие четвертой нормальной форме.

Разработка архитектуры осуществлялась по типовой схеме (рисунок 1), предполагающей определение [на основе цели (миссии) системы и функциональных требований к ней] элементов системы, функциональности этих элементов, связей между ними и их поведения.

Статическая структура системы описывается

в терминах классов и связей между ними.

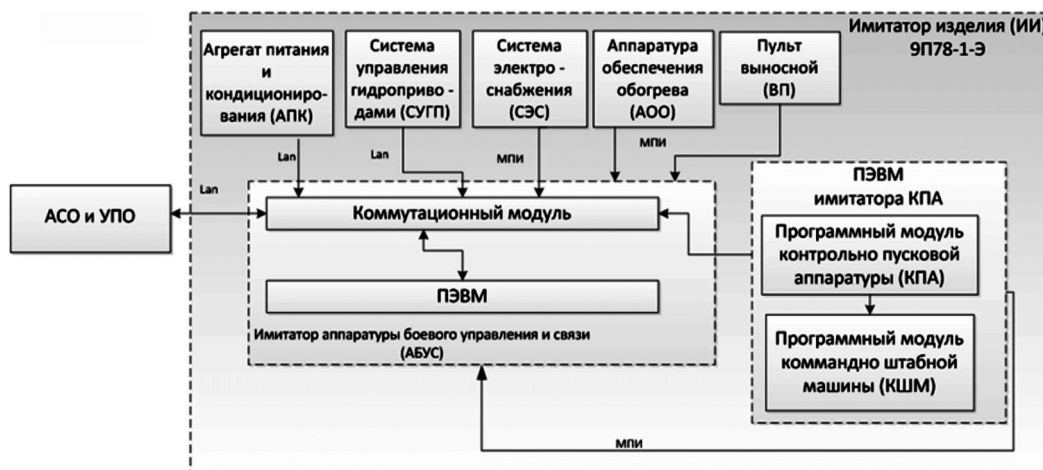
Анализ опыта в области тренажеростроения [2–4] и сформированное множество элементов модели позволили разработать обобщенную структуру взаимодействия составных частей тренажера, показанную на рисунке 2.

АСО и УПО (аппаратура средств обучения и управления процессом обучения) выполняет следующие функции:

- ввод и передача в аппаратуру ИИ (имитатор изделия исходных данных на выполнение задачи);
- подготовка, формирование и передача данных в имитатор АБУС (аппаратура боевого управления связи);
- ввод и передача в аппаратуру ИИ имитируемых неисправностей в ходе выполнения задачи;
- прием от аппаратуры ИИ данных по работе номеров расчета, их обработка и вывод на интерфейс АСО и УПО, на рисунке 3 показаны модули программного обеспечения АСО и УПО;
- формирование управляющих сигналов и передача их в аппаратуру ИИ на пошаговое выполнение задачи в режиме «Обучение»;
- формирование управляющих сигналов и передача их в аппаратуру ИИ на цикличное выполнение элементов задачи в режиме «Тренировка»;



Рисунок 1 – Общая схема создания архитектуры системы



Lan – канал передачи данных по локальной вычислительной сети;

МПИ – канал передачи данных по магистрально последовательному интерфейсу

Рисунок 2 – Структура взаимодействия составных частей тренажера 9П78-1-Э

- обработка полученных данных в ходе выполнения боевой задачи с целью формирования оценки каждому из номеров расчета и расчету в целом (режим «Контроль»);

- сохранение результатов тренировки в базе данных АСО и УПО и вывод их на печатающее устройство;

- организация обмена аудио информацией между инструктором и номерами расчета;

- обработка полученных данных от ИИ о проведении самотестирования аппаратуры и вывод результатов через интерфейс АСО и УПО в режиме «Тест».

В АСО и УПО одной из составных частей является база данных (БД), а также имеются различные модули.

ИИ 9П78-1-Э выполняет следующие функции:

- прохождение режимов в соответствии с заданными циклограммами;

- взаимодействия с блоками АПК (агрегат питания и кондиционирования), СЭС и СУГП (система электроснабжения и гидроприводы), ВП (выносной пульт), КПА (контрольно-пусковая аппаратура), КШМ (командно-штабная машина) и другие;

- аккумулярование работы номеров расчета и дальнейшая отправка на АСО и УПО.

Модуль информационного обмена формирует структуру передаваемой информации и ин-

формационные характеристики обмена АСО и УПО и имитатора изделия 9П78-1-Э с рабочим местом инструктора тренажера.

Модуль формирования и контроля текущего цикла обучения выполняет расчетные задачи:

- прием данных по текущей задаче от модуля подготовки заданий;

- прием данных о положении органов управления аппаратуры ИИ через модуль информационного обмена;

- расчет текущего цикла тренажа и формирование текущих данных тренажа для передачи их в модуль интерфейса (ИФ) положения систем и органов управления ИИ, базу данных обучаемых, модуль оценки обучаемых;

- прием информации и команд от модуля положения систем и органов управления ИИ в режиме реального времени и их передача на аппаратуру ИИ через модуль информационного обмена и блок имитации внешней боевой обстановки.

Модуль тестирования систем тренажера обеспечивает прием данных по тестированию аппаратуры ИИ через модуль информационного обмена, их обработку и формирование информационного сообщения для инструктора.

Модуль оценки обучаемых автоматически рассчитывает оценку выполнения текущей задачи и формирует ее отображение на мониторе инструктора.

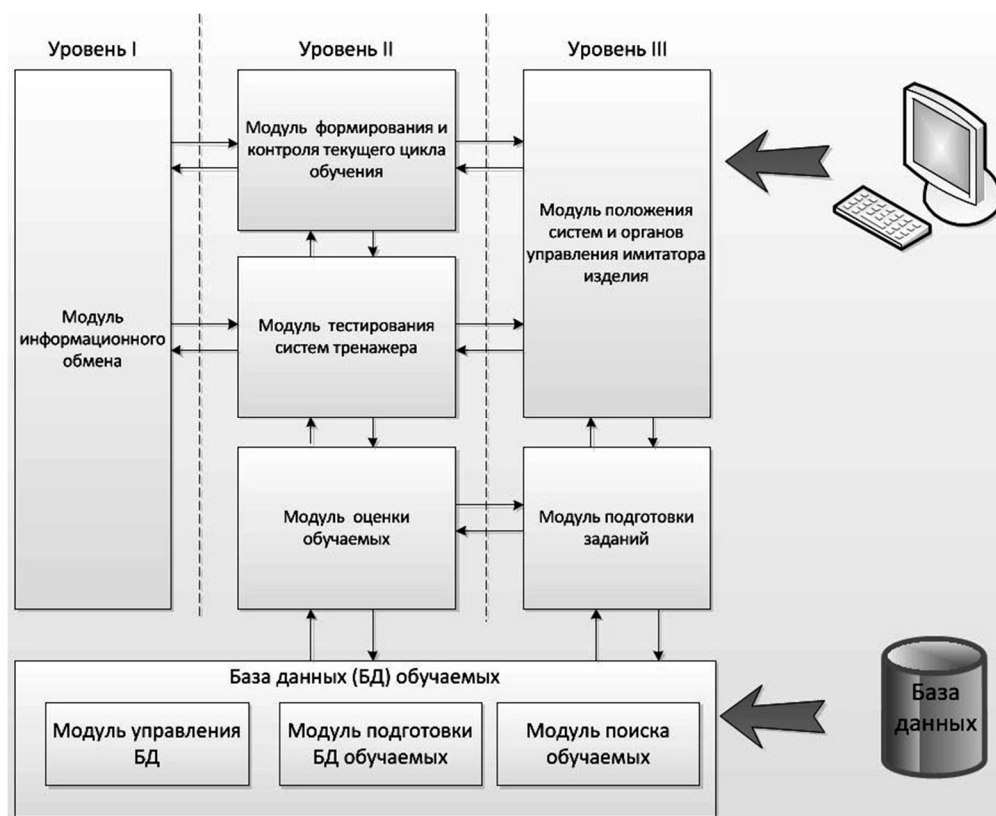


Рисунок 3 – Модули специального программного обеспечения подсистемы АСО и УПО

Модуль положения систем и органов управления ИИ формирует отображение всего потока информационных и расчетных задач в режиме реального времени, также обеспечивает задание инструктором управляющих воздействий расчету в ходе выполнения задачи.

Модуль подготовки задания формирует расчетные задачи для выдачи их обучаемым и сохраняет их в форме сценариев, передаваемых во время работы тренажера в модуль положения систем и органов управления.

Модуль управления БД позволяет создавать новую базу данных, тем самым старая база переходит в разряд архивных.

Модуль подготовки БД обучаемых позволяет инструктору быстро наполнить БД.

Модуль поиска обучаемых реализует набор операций поиска нужных данных в БД, которые доступны в любом классе программного обеспечения.

В качестве инструмента моделирования при разработке модели тренажера был выбран язык UML.

Простота и доступность изобразительных средств UML позволили привлечь к разработке модели тренажера сотрудников тематических отделов АО «НПК «КБМ», непосредственно занятых в разработке 9П78-1-Э. Возможность многоаспектного рассмотрения создаваемого изделия, включая ролевое моделирование, позволяет осуществить на этапе проектирования детальную проработку вопросов, связанных с реализуемой функциональностью, используемыми структурами данных, составом и поведением объектов, не перенося решение, по сути дела, проектных проблем на этап программирования.

Использование UML для представления функциональности, информационного обеспечения и поведения тренажера позволило сократить

этап его проектирования и создания до одного года. Предыдущие аналогичные разработки с совмещением этапов проектирования и программирования занимали не менее трех лет.

В настоящей статье представлены отдельные фрагменты UML-модели тренажера – диаграмма прецедентов и несколько диаграмм деятельности, демонстрирующих функциональность тренажера и динамику его важнейшей подсистемы АСО и УПО.

Функциональные требования, предъявляемые к тренажеру, показаны в виде диаграммы прецедентов, представленной на рисунке 4.

В работе тренажера во время сеанса его работы участвуют четыре актора: организатор процесса обучения – «Инструктор» и три обучаемых члена экипажа – «Механик-водитель», «Оператор СТПН», «Начальник расчета». Каждый из акторов взаимодействует с единственным экземпляром обучающей программы, и каждый экземпляр программы работает с единственным составом обучаемых, поэтому ассоциации «актор» – базисный прецедент» имеют кардинальность 1:1. Все вспомогательные прецеденты, безусловно, используются в процессе работы тренажера, поэтому все они соединены с базисным прецедентом отношением зависимости со стереотипом «include».

На рисунке 5 показана начальная поведенческая диаграмма, представляющая собой алгоритмическую реализацию базисного прецедента «Обучение экипажа изделия 9П78-1-Э на тренажере 9Ф694-Э».

Эта диаграмма показывает порядок выполнения вспомогательных прецедентов при реализации базисного прецедента. Деятельности этой диаграммы одноименны прецедентам, представленным на диаграмме прецедентов.

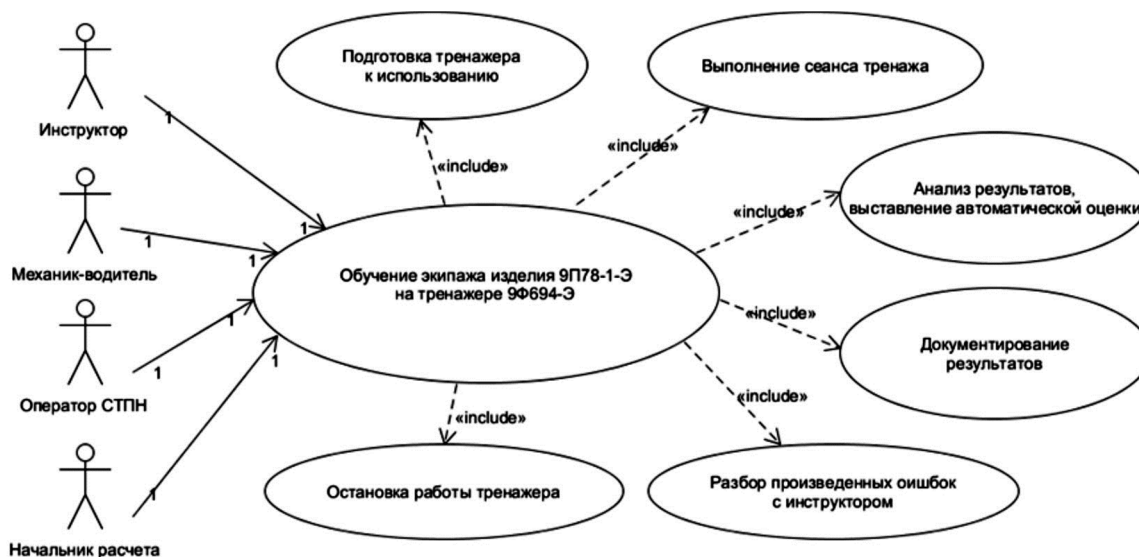


Рисунок 4 – Диаграмма прецедентов подсистемы АСО и УПО тренажера 9Ф694-Э



Рисунок 5 – Диаграмма деятельности для прецедента «Обучение экипажа изделия 9П78-1-Э на тренажере 9Ф694-Э»

Прецедент «Подготовка тренажера к использованию» представляет собой алгоритм проверки и запуска составных частей тренажерной системы. Проверка осуществляется номерами расчета визуально путем считывания состояний блоков кабины, состоящих из тумблеров и сегментных дисплеев, и сопоставления наблюдаемых показаний со штатными значениями, которые установлены в руководстве по эксплуатации комплекса 9П78-1-Э.

Диаграмма алгоритмической реализации (декомпозиции) деятельности и одноименного прецедента «Выполнение сеанса тренажа» представляет собой диаграмму деятельности, содержащую четыре разбиения (дорожки), именуемых исполнителями деятельности: «Инструктор», «Механик-водитель», «Оператор СТПН», «Начальник расчета». Диаграмма с разбиениями не показана в силу ее громоздкости, но на рисунке 6 приведен ее «бездорожечный» вариант.

Прецедент «Анализ результатов, выставление автоматической оценки» выполняется АСО и УПО методом ранжирования по определенному критерию, установленному в программе АСО и УПО.

Прецедент «Документирование результатов» представляет собой алгоритм сохранения результатов работы экипажа в составе из трех человек. Алгоритм сохранения обращается к активной базе, с которой работает в данный мо-

мент времени АСО и УПО, сохраняет данные для каждого номера расчета.

Прецедент «Разбор произведенных ошибок с инструктором» представляет собой алгоритм вывода результатов выполнения задачи на основной экран АСО и УПО, данная возможность существует сразу после завершения режима, в случае если необходимо получить результаты выполнения через определенное время, то данные будут находиться в базе данных. Доступ к данным, возможен через модуль управления базой данных, встроенный в АСО и УПО.

Прецедент «Остановка работы тренажера» представляет собой алгоритм остановки составных частей кабины тренажера номерами расчета, результаты выполнения отображаются на экране АСО и УПО и контролируются инструктором. Действия, выполняемые экипажем, описаны в руководстве по эксплуатации комплекса 9П78-1-Э.

Действия, показанные на рисунке 6, кроме «Действия экипажа», выполняются инструктором. Деятельность «Действия экипажа» выполняется экипажем пусковой машины.

Тренажер состоит из двух основных частей:

- имитатор кабины СПУ с размещенными в нем имитаторами штатного оборудования;
- АСО и УПО (рабочего места инструктора) с ПО, обеспечивающим управление процессом обучения, контроль и оценку деятельности обучаемых в процессе тренировки.

Экипаж имитатора кабины СПУ состоит из трёх человек: механик-водитель, оператор СТПН и начальник расчета. На рисунке 7 представлены диаграммы, показывающие деятельности членов экипажа. Для этих деятельностей созданы диаграммы последовательной декомпозиции, доведенные до уровня действий с очевидной программной реализацией их имитации.

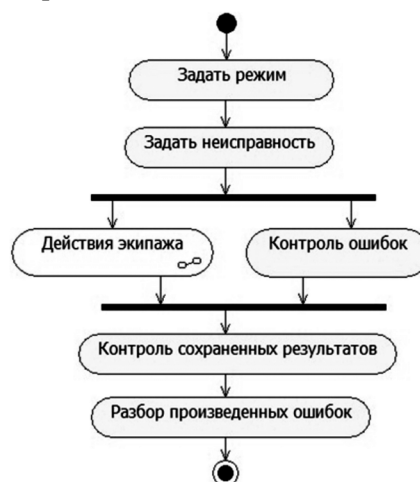
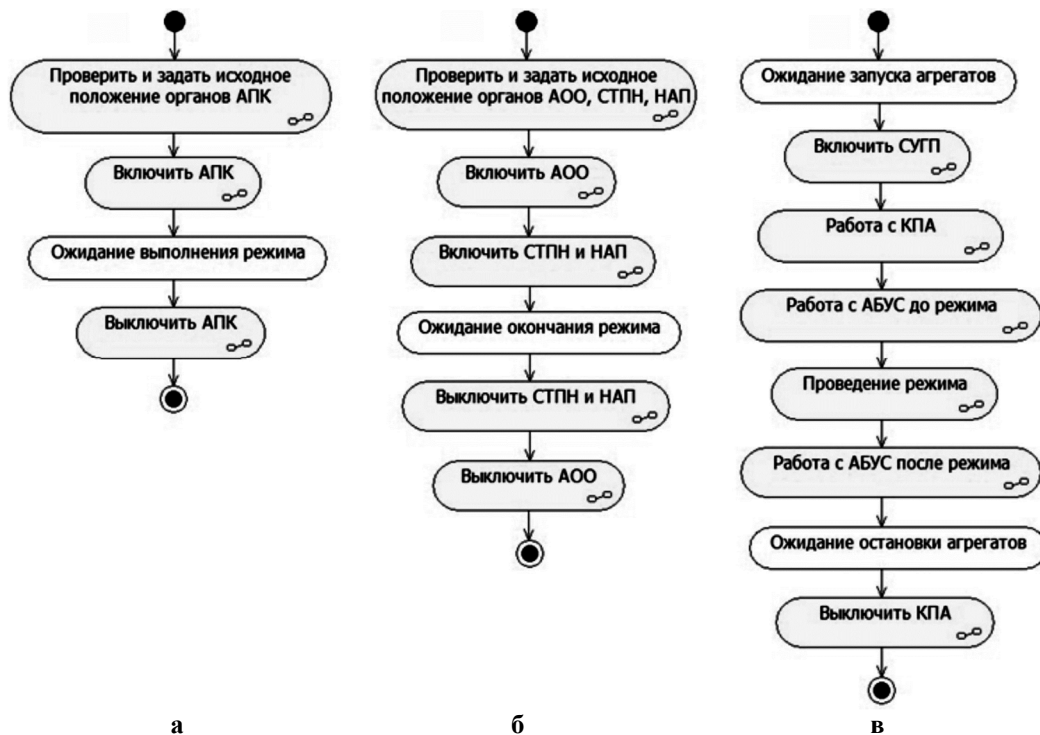


Рисунок 6 – Диаграмма деятельности для прецедента «Выполнение сеанса тренажа»



АПК – агрегат питания и кондиционирования
 АОО – аппаратура обеспечения обогрева
 СТПН – система топопривязки и навигации

КПА – контрольно-пусковая аппаратура
 НАП – навигационная аппаратура потребителя
 СУПП – система управления гидроприводом

Рисунок 7 – Диаграммы деятельности: а – «Работа механика водителя»;
 б – «Работа оператора системы топопривязки и навигации»; в – «Работа начальника расчета»

Термин «режим» в названиях действий и деятельности («Ожидание выполнения режима», «Ожидание окончания режима», «Проведение режима») означает основную целевую деятельность – пуск изделия.

С каждым блоком, представленным на диаграммах первого уровня и их последующих де-

композициях, ассоциирован программный код, имитирующий работу соответствующих частей реальной пусковой машины.

На рисунке 8 показаны основные базисные классы программного обеспечения, используемого в АСО и УПО.

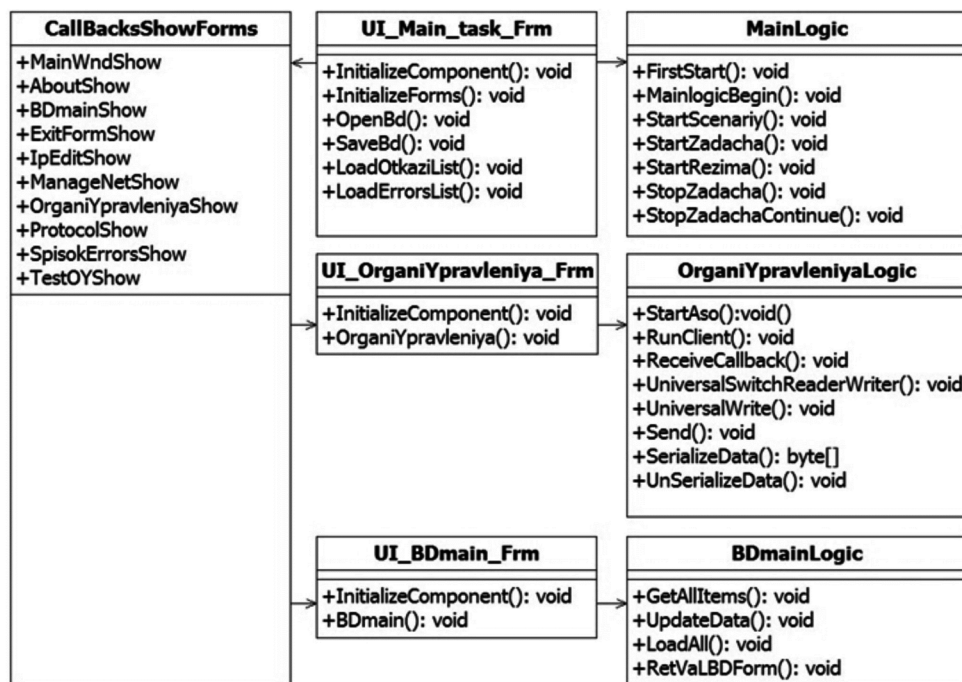


Рисунок 8 – Диаграмма основных классов подсистемы АСО и УПО тренажера 9Ф694-Э

Класс *CallbacksShowForms* включает атрибуты-делегаты (ссылки), используемые для вызова окон графического интерфейса: *MainWndShow* – отображает главное окно подсистемы АСО и УПО; *AboutShow* – окно о программе АСО и УПО; *BDmain* – окно управления базы данных АСО и УПО; *ExitForm* – окно выхода из программы; *IpEdit* – окно редактирования ip адреса; *ManageNet* – окно управления сетью; *OrganyYpravleniya* – окно управления сетью; *Protocol* – окно вывода протокола информационного обмена; *SpisokErrors* – окно вывода списка ошибок; *TestOY* – окно тестирования тренажерной системы.

Класс *UI Main task Frm* включает операции: *InitializeComponent* – создает элементы, которые находятся на форме; *InitializeForms* – создает дочерние формы, которые используются в программе; *OpenBd* – загрузки нужной базы для работы с ней; *SaveBd* – сохранение базы; *LoadOtказiList* – загрузка отказов; *LoadErrorsList* – загрузка ошибок.

Класс *UI OrganiYpravleniya Frm* включает операции: *InitializeComponent* – создает элементы, которые находятся на форме;

OrganiYpravleniya – загружает основные пользовательские настройки формы и создается класс *OrganiYpravleniyaLogic*.

Класс *OrganiYpravleniyaLogic* включает операции: *StartAso* – используется для запуска клиента, который подключается к серверу ИИ; *RunClient* – используется для запуска сетевого клиента, который подключается к серверу ИИ; *ReceiveCallback* – сигнал используется для получения данных с ИИ; *UniversalSwitchReaderWriter* – используется для распознавания типа присылаемого пакета, и в зависимости от этого выполняется логика класса *MainLogic*; *UniversalWrite* – обертка включает операцию *Send* и *SerializeData*, используется для отправки пакетов на ИИ; *Send* – основная операция отправки пакетов по протоколу TCP/IP; *SerializeData* – сериализации из пакетов в бинарные данные; *UnSerializeData* – десериализации из бинарных данных в пакеты.

Класс *UI BDmain Frm* включает операции: *InitializeComponent* – создает элементы, которые находятся на форме; *BDmain* – загружает основные пользовательские настройки формы, и создается класс *BDMainLogic*.

Класс *BDmainLogic* включает операции:

GetAllItems – абстрактная операция для загрузки любых элементов из базы; *LoadAll* – обертка для *UpdateData* и выставления парамет-

ров; *UpdateData* – обновляет данные формы; *RetValBDForm* – возвращает элемент формы BD.

На рисунке 9 показана диаграмма классов, используемых для реализации основной логики работы тренажера 9Ф694-Э. На диаграмме представлены классы, операции которых выполняются в процессе основного режима работы тренажера.

Класс *MainLogic* включает операции:

FirstStart – обнуление всех переменных;

MainlogicBegin – запрос по исходному положению органов управления; *StartScenariy* – сообщение о наличии и состоянии изделий на 9П78-1-Э, запрос о запуске режима; *StartZadacha* – начало старта задачи; *StopZadacha* – начало остановки задачи; *StopZadachaContinue* – продолжение остановки задачи.

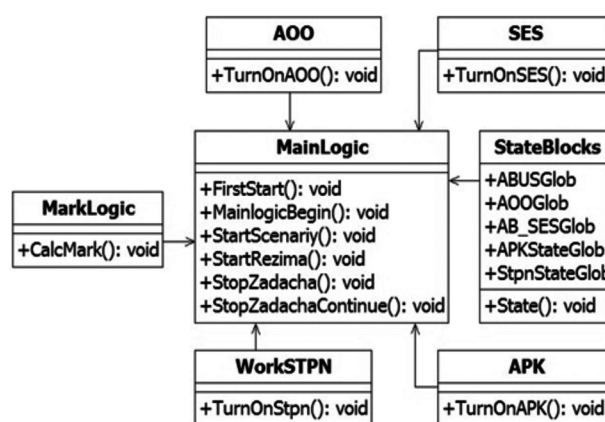


Рисунок 9 – Диаграмма классов, используемых для реализации режима «MainLogic»

Класс *MarkLogic* включает операцию *CalcMark*, позволяет вычислять оценку каждого члена экипажа.

Класс *StateBlocks* включает операцию *State* и поля имитаторов, находящихся в кабине. Атрибут *AbusGlob* – признак работы с имитатором АБУС; атрибут *AooGlob* – признак работы с имитатором АОО; атрибут *AB_SESGlob* признак работы с имитатором СЭС и СУГП; атрибут *APKState* признак работы с имитатором APK;

Операция *State* обнуление всех признаков

Класс *AOO* включает операцию *TurnOnAOO*, данная операция активирует глобальное поле *AOOStateGlob*.

Класс *APK* включает операцию *TurnOnAPK*, данная операция активирует глобальное поле *APKStateGlob*.

Класс *SES* включает операцию *TurnOnSES*, данная операция активирует глобальное поле *AB_SESGlob*.

Класс *WorkStpn* включает операцию *TurnOnStpn*, данная операция активирует глобальное поле *StpnStateGlob*.

Итоговые умения и навыки, приобретаемые обучаемыми в процессе прохождения курса занятий на тренажере 9Ф694-Э

В процессе прохождения занятий на тренажере 9Ф694-Э члены экипажа приобретают профессиональные умения, соответствующие требованиям должностных инструкций.

Начальник расчёта должен уметь:

- выполнять на изделии 9П78-1-Э задачи, определяемые функциональными обязанностями;
- работать на пультах во всех рабочих режимах;
- принимать доклады и докладывать о готовности к работе;
- работать на средствах связи;
- пользоваться рабочей и эксплуатационной документацией;
- оформлять рабочие и эксплуатационные документы по результатам проведенных работ;
- устранять неисправности рабочей аппаратуры;
- контролировать работу расчета изделия 9П78-1-Э при эксплуатации.

Заместитель начальника расчёта – оператор СТПН должен уметь:

- практически выполнять на изделии 9П78-1-Э задачи, определяемые эксплуатационной документацией;
- пользоваться рабочей аппаратурой во всех рабочих режимах;
- использовать эксплуатационную документацию;
- устранять неисправности рабочей аппаратуры;
- оформлять документацию по работе аппаратуры.

Механик-водитель должен уметь:

- практически выполнять на изделии 9П78-1 задачи, определяемые установочной документацией;
- включать, выключать, контролировать работу рабочей аппаратуры и проводить её техническое обслуживание;
- развертывать изделие (в объёме возможностей тренажёра) на месте в соответствии с указаниями начальника расчета;
- пользоваться эксплуатационной документацией;
- иметь начальные навыки (совершенствовать навыки) практической работы при подготовке и выполнении практических задач.

Выполнение тренировочных занятий способствует формированию у членов экипажа тренажера 9Ф694-Э навыков быстрого и уверенного выполнения должностных обязанностей.

Начальник расчета приобретает (совершенствует) навыки:

- практической работы с аппаратурой и органами управления при подготовке и выполнении практических задач;
- работы с рабочей и эксплуатационной документацией;
- контроля и управления за работой расчёта;
- принятия решений и выполнения практических задач.

Заместитель начальника расчёта – оператор СТПН приобретает (совершенствует) навыки:

- практической эксплуатации аппаратуры и органов управления во всех режимах работы;
- работы с рабочей и эксплуатационной документацией;
- работы в составе расчёта;
- выполнения практических задач.

Механик-водитель приобретает (совершенствует) навыки практической работы при подготовке и выполнении практических должностных задач.

Заключение

Новизна и оригинальность идей настоящей статьи определяются тем, что в ней содержится описание фрагментов модели тренажера 9Ф694-Э, созданного *впервые* для основной компоненты (самоходной пусковой установки 9П78-1-Э) комплекса 9К720-Э, чрезвычайно важной отечественной системы вооружений – оперативно-тактического ракетного комплекса «Искандер-Э» (изделие 9К720-Э).

Представленная модель разработана в соответствии с требованием обеспечения возможности имитации основных ситуаций, возникающих в условиях реальной эксплуатации пусковой установки 9П78-1-Э.

Выполнение указанного требования позволило разработать программное обеспечение, охватывающее наиболее широкий спектр профессиональных вопросов обучения и поддержания навыков экипажей на высоком профессиональном уровне.

Разработанная модель и созданное на её основе программное обеспечение могут служить прототипом при создании тренажеров пусковых установок иных вариантов исполнения ОТРК. В настоящее время модель успешно реализована при построении тренажера ОТРК «Искандер-Э» в целом.

Библиографический список

1. «Искандер-Э» (ОТРК) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kbm.ru/ru/production/otrk/37.html>
Режим доступа: свободный.

2. Дозорцев В. М., Кнеллер Д. В. Технологические компьютерные тренажеры: все, что вы всегда хотели знать // Промышленные контроллеры и АСУ. – 2004. – № 12. – С. 1–13.

3. Дозорцев В. М. Современные компьютерные тренажеры для обучения операторов ТП: состояние и направления ближайшего развития // Автоматизация в промышленности. – 2007. – № 7. – С. 30–36.

4. Кашин В. М., Белов В. В., Власов Н. Н., Водиченков Д. А. Принципы построения учебно-тренировочных средств и опыт создания тренажера оперативно-тактического ракетного комплекса // Вестник РГРТУ. – 2016. – № 57. – С. 94–104.

5. Кашин В. М., Белов В. В., Власов Н. Н., Водиченков Д. А. Принципы построения учебно-тренировочных средств и опыт создания тренажера оперативно-тактического ракетного комплекса // Вестник РГРТУ. – 2016. – № 57. – С. 94–104.

UDC 004.946

DESCRIPTION MODEL OF PROSPECTIVELY SIMULATOR OPERATIONAL-TACTICAL MISSILE SYSTEM

V. V. Belov, PhD (technical sciences.), full professor, RSREU, Ryazan; vvbeloff@yandex.ru

N. N. Vlasov, computer programmer AO «NPK «KBM», post-graduate student, RSREU, Ryazan, z-elements@yandex.ru

D. A. Vodichenkov, deputy head of department of simulator development, applicant, MMAA, St.-Petersburg; ya.kb15@yandex.ru

The article discusses the model, created while designing training simulator facility (product index 9F694-E), intended for training of self-propelled launcher crew (product index 9P78-1-E) of operational-tactical missile complex (OTMS) «Iskander-E» (internal corporate name «Iskander-E tactical ballistic missile system»). Fragments of the created model are discussed in the article. The basic skills received by the trained crew in the training process are formulated. The project decisions realized in 9F694-E productively are used now in the developed project of OTMS exercise machine Iskander-E in general.

The aim of the work is to describe the model of prospectively simulator operational-tactical missile system and to present the experience of creating the simulator of the most important subsystem (self-propelled launcher) of the Iskander-E missile defense system.

Key words: training simulator facility, complex features, CASE-tools, simulator model 9F694-E.

DOI: 10.21667/1995-4565-2017-62-4-49-57

References

1. OTMS «Iskander-E». Available at: <http://www.kbm.ru/ru/production/otrk/37.html>

2. Dozorcev V. M., Kneller D. V. Process computer simulators: everything you always wanted to know, Industrial Controls and automation, // Industrial Controls and automation, 2014, № 12, pp. 1-13 (in Russian).

3. Dozorcev V. M. Modern computer simulators

for training operators of TP: Status and trends of proximal development// Automation industry, 2007, № 7, pp. 30-36 (in Russian).

4. Kashin V. M., Belov V. V., Vlasov N. N., Vodichenkov D. A. Principles of training facilities construct and the experience of creating simulator operational-tactical missile complex, Industrial Controls and automation, // Vestnik RSREU, 2016, № 57, pp. 94-104 (in Russian).