

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 623.593; 681.31; 004.021
DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-19-29

СТРЕЛКОВЫЙ ТРЕНАЖЕР «ИНГИБИТОР»: ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент,
Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН; ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
Ижевск, Россия

Цикл статей подробно описывает программное обеспечение тактического тренажера оптико-электронного для стрелкового оружия «Ингибитор», разработанного в Институте механики УдмФИЦ УрО РАН и на кафедре «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Приводится тактико-техническое задание на разработку тренажера, анализируются требования как к аппаратной части тренажера (отдача не менее 50 % реальной, звуковое сопровождение не менее 60 % от реального, точность фиксации точки прицеливания не хуже 0,3 тысячных дальности, угол обзора мишенной обстановки не менее 60 градусов), так и к программному обеспечению. Уделяется большое внимание требованиям к реалистичности отображения мишенной обстановки на проекционном экране тренажера с учетом климатических условий (время года, время суток, температура, ветер, давление, влажность, «атмосферный эффект», туман) и спецэффектам (огни и звуки выстрелов мишеней, разрывы гранат и звуки с задержками, сносимые дымы, подсветка ночью). Подчеркивается важность моделирования поддержки баллистики всех имитаторов оружия с учетом типов боеприпасов и климатических условий, в том числе в горах. Необходима база упражнений из курса стрельбы и база данных для хранения всех проведенных упражнений для анализа уровня подготовки. Исходя из требований приводятся структурная схема тренажера и функциональная схема программного обеспечения.

Сделан вывод о перспективности дальнейших исследований и разработке электронных стрелковых тренажеров благодаря совершенствованию и удешевлению элементной базы и развитию программных библиотек спецэффектов с целью повышения точности тренажеров, расширения функциональных возможностей и снижения себестоимости, а значит, повышения конкурентоспособности.

Ключевые слова: стрелковый тренажер, тактико-техническое задание, структурная схема, функциональная схема, программное обеспечение, регистратор точки прицеливания.

Введение

Разработка электронных стрелковых тренажеров (т. е. для ручного оружия и не использующих боеприпасы) и электронных мишеней (использующих боеприпасы) является важной задачей, т. к. производство любого вида стрелкового вооружения, согласно нормативным документам, требует и производства тренажера для привития навыков прицеливания, и стрельбы, а также мишеней для совершенствования конструкции изделий по результатам испытаний [1–24]. Стрелковый тренажер может быть просто механической насадкой на боевое изделие, его и производят, но электронные тренажеры или мишени, безусловно, обладают большими функциональными возможностями.

Целью данного цикла статей (ориентировочного 2019–2022 годов) является подробное описание программного обеспечения тактического тренажера оптико-электронного для стрелкового оружия «Ингибитор» [25–30].

Тактико-техническое задание

Разработанный тренажер оптико-электронный для стрелкового оружия (шифр «Ингибитор», рис. 1) должен обеспечивать, согласно ТТЗ МО РФ:

1. Обучение и тренировку в классных условиях как одиночных стрелков, так и отделения в целом (до восьми обучаемых) в разведке целей, стрельбе (в том числе в горах и по воздушным целям) и управлении огнем отделения днем и ночью из стрелкового оружия: автомата (АК-74 с подствольным гранатометом ГП-25 3 шт., АКМ 2 шт.), ручного пулемета (РПК-74 2 шт.), пулемета Калашникова (ПКМ 1 шт.), снайперской винтовки Драгунова (СВД 2 шт.), ручного противотанкового гранатомета (РПГ-7 и РПГ-26 по 1 шт.), противотанкового комплекса 9К115 (1 шт.), пистолета Макарова (ПМ 8 шт.) без расхода боеприпасов с оптическими и ночными прицелами согласно наставлениям.



Рис. 1. Внешний вид стрелкового тренажера «Ингибитор»

2. Ведение имитированной стрельбы из различных положений (лежа, с колен, стоя) по мишенной обстановке (неподвижным, появляющимся и движущимся целям) согласно упражнениям курса стрельб. Выполнение упражнений в секторе не менее $60^{\circ} \times 12^{\circ}$ с одинаковым видом мишенной обстановки (экран для проекторов на расстоянии $5,5 \text{ м} \pm 0,5 \text{ м}$ и размером $6,4 \times 2 \text{ м}$) и местности для различных положений стрельбы. Для ведения обучения в горной местности огневые позиции и имитатор мишенной обстановки должны быть установлены в разных уровнях в секторе не менее $20^{\circ} \times 40^{\circ}$ (экран до $2 \times 6,4 \text{ м}$).

3. Отображение на пульте руководителя занятий (ПРЗ) и имитаторе мишенной обстановки (ИМО) степной, лесистой, горной и городской местности в различное время суток и года, местных предметов, целей (мишеней или натуральных объектов), трасс пуль (снарядов, гранат), мест их попадания (разрывов) и зрительных эффектов, как то: выстрелов и отблеск

оптики противника, частичную пыледымовую завесу (сносимую), освещение и подсветку местности в ночных условиях.

4. Регистрацию, хранение, отображение, повторный показ результатов выполненных упражнений по каждому обучаемому: точек прицеливания, кривых динамики прицеливания (в отдельном режиме работы по отдельной цели, мишень № 4), точек попадания пуль и гранат, ошибок обучаемых.

5. Изучение правил стрельбы из вышеперечисленных видов оружия с прицелами согласно наставлениям (мультимедийные оцифрованные наставления с видеофрагментами).

6. Отображение имитированной мишенной обстановки из неподвижных, появляющихся и движущихся целей (мишени № 4, 5а, 6, 7, 3, 8а, 9, 10, 10а, 11, 12, 12а, 12б согласно курсу стрельб). Размещение, появление и перемещение мишеней в соответствии с упражнениями курса стрельб и по желанию руководителя занятий до 10 мишеней на каждого стреляющего с

одновременным показом 4 целей, при этом должна учитываться топография изображаемой местности (частичное и полное экранирование мишеней местными предметами и складками местности), и с возможностью изменения руководителем в условиях обрабатываемого упражнения количества и типа боеприпасов.

7. Имитацию выстрела шумовым эффектом (не менее 60 % громкости реального) и имитацию отдачи оружия (не менее 50 % реального) для каждого образца оружия (для гранатометов без отдачи). Обучаемые в шлемах со стереонаушниками должны слышать выстрелы соседней с соответствующим ослаблением.

8. Имитацию задымления и световой вспышки в поле зрения имитатора оптического устройства при стрельбе из гранатомета и противотанкового комплекса и точки разрыва на имитаторе мишенной обстановки.

9. Автоматическую регистрацию и отображение на мониторе пульта руководителя (в процессе стрельбы) и имитаторе мишенной обстановки (после выполнения упражнения): точек прицеливания и попадания в цель или близкого падения на землю пуль, гранат и снарядов; действий обучаемых при оружии (установка дальности на прицельных устройствах и переводчика огня, зарядание, плавность нажатия спускового крючка и завал оружия), а также кривых динамики прицеливания (начальное упражнение, мишень № 4) по каждому стрелку; числа возможных выстрелов. Должен обеспечиваться просмотр данных одновременно по двум стрелкам (по выбору руководителя занятий), а также выводиться (по запросу) результаты выполнения упражнения с оценкой по каждому обучаемому и отделению в целом.

10. Отработку упражнения по разведке целей, стрельбе (в том числе в составе отделения по воздушным целям) и управлению огнем отделения в обороне на местностях различного типа (в том числе в средневысоких горах при расположении стрелков отделения на двух уровнях).

11. Точность контроля точек прицеливания по всей площади экрана ИМО с любого места зоны размещения стрелков не хуже 0,3 тысячных деления угломера. Такая же точность должна обеспечиваться при определении точек попадания с учетом баллистики боеприпасов, дальности стрельбы и метеоусловий.

12. Отработку упражнений по разведке целей, стрельбе и управлению огнем отделения в условиях ограниченной видимости, а именно в сумерки и ночью. Эти упражнения должны вы-

полняться в затемненном помещении, изображение на экране ИМО должно быть слабовидимым невооруженным глазом, а при рассмотрении в имитатор ночного прицела в его поле зрения не должно наблюдаться посторонних излучений.

13. Отработка приемов, действий и «стрельбы» должна осуществляться в соответствии с отображаемой мишенной обстановкой и условиями выполнения упражнений согласно курсу стрельб с учетом температуры и давления воздуха, силы и направления ветра, задаваемых с пульта руководителя занятий и высвечиваемых на экране имитатора мишенной обстановки как в текстовом виде, так и динамикой местных предметов (колебания от ветра кустов и деревьев, снос пыледымовой завесы и дыма и т. п.).

14. Изображение среднепересеченной местности должно содержать трехмерные местные предметы (хвойные и лиственные деревья, дома и строения) в количестве 3–4 предметов на сектор 20° в пределах дальности целей. Изображение горной местности должно содержать трехмерные предметы (отдельные камни (валуны), группы камней, расщелины (трещины), пещеры) в количестве 2–4 предметов на сектор 20° в пределах дальности целей. Имитированная местность с местными предметами и мишени должны соответствовать в масштабе реальному изображению, времени года и суток.

15. Фактическое расположение точек попадания относительно точек прицеливания на имитаторе мишенной обстановки в момент производства «выстрела» должно учитывать:

- тип образца стрелкового оружия, его баллистические характеристики;

- дальность, определенную глазомерным способом, по угловым размерам целей, по вспышке и звуку выстрела;

- угол места цели;

- метеорологические условия «стрельбы» (температура и давление воздуха, направление и силу ветра).

16. Руководитель занятий должен иметь возможность в ходе выполнения упражнений стрельб контролировать на своем мониторе и демонстрировать после стрельбы на экране ИМО результаты действий при оружии любых двух стрелков (по выбору), а также расход боеприпасов по каждой цели, точек прицеливания и попадания (отклонения от цели) пуль, гранат и ПТУР. При стрельбе по мишени № 4 должен обеспечиваться дополнительный контроль кривых динамики прицеливания и плавность нажатия спускового крючка.

17. Тренажер должен обеспечивать проведение тренировок одновременно двух подгрупп до трех обучаемых одной специальности в подгруппе (автоматчики, пулеметчики, гранатометчики, снайперы) в любом сочетании подгрупп.

18. Имитатор мишенной обстановки (экран, до 3 видеопроекторов) должен отображать комбинацию съемок реальных местностей и нанесение на них средствами компьютерной графики целей противника и различных эффектов боя. Отображение целей с достаточно большой реальностью позволит прививать навыки в своевременном их обнаружении и распознавании, а также в проведении оценки результатов стрельбы.

19. Сценарии боевых действий должны включать замаскированные, укрытые, появляющиеся и движущиеся (маневрирующие) цели противника – танки, БМП, БТР, пехотинцев, а также различные эффекты боя (вспышки и дым выстрелов, разрывы гранат, снарядов и ракет, поднимаемую от них пыль, дымовые завесы, задымленность поля боя от горящей техники), трассирующие следы боеприпасов.

20. Замаскированные цели должны иметь демаскирующие признаки:

- периодический отблеск оптики в солнечную погоду;
- различия в цветовой гамме (увядшая листва маскировочных веток, различия в цвете маскировки и окружающей обстановки);
- шевеление легких укрытий (масксетей, кустов, веток деревьев и т. п.);
- вспышки и дым от выстрелов.

21. В качестве укрытия могут быть складки местности, окопы, здания и сооружения, выведенная из строя боевая техника. Демаскирующими признаками в этом случае являются частичное наблюдение цели или ее периодическое появление.

22. Подсистема визуализации должна обеспечивать эволюцию эффектов боя с учетом силы и направления ветра (рассеивание дыма, гари, пыли) и движущихся (маневрирующих) объектов противника, для чего должны быть созданы банки «моделей целей» и «эффектов боя». Образы пораженных целей должны храниться в памяти компьютера и входить в банк «моделей целей».

23. Движение целей на фоне отснятой местности должно осуществляться с учетом ее рельефа и находящихся на ней местных предметов. Последние должны экранировать цели при их скрытии за ними. Частичное или полное маскирование целей должно осуществляться также и

складками местности. Подсистема визуализации должна воспроизводить реальное движение целей с применением компьютерной графики и банка «моделей целей». Движущимся целям должны сопутствовать пыль от ходовой части и выхлопные газы от двигателя, наблюдаемые на соответствующих дистанциях.

24. Неподвижные тяжелые цели (танки, БМП и БТР) не должны иметь «чистых» фронтальных и лобовых проекций.

25. Визуальные эффекты боя должны воспроизводиться с учетом силы и направления ветра, интенсивности и длительности их рассеивания.

26. Должна быть предусмотрена возможность включения или выключения имитации «атмосферного эффекта», т. е. уменьшение резкости и контрастности (размывания цвета) с увеличением дальности до целей противника.

27. Сценарий должен готовиться инструктором (оператором) тренажера путем нанесения на фон заранее отснятой местности средствами компьютерной графики вышеперечисленных целей противника и создаваемых им эффектов боя.

28. Для ориентирования инструктора при составлении сценариев на фоне отснятой местности должны воспроизводиться профили огневых рубежей с интервалом в 100 м на дальностях от 100 до 1000 м с учетом рельефа, который берется из топокарт этой местности.

29. Инструктор (оператор) должен иметь доступ к памяти компьютера с банками «моделей целей» и «эффектов боя» и с учетом конфигурации и удаления огневых рубежей размещать на отснятой местности объекты противника. По каждой огневой позиции или объекту противника оператор должен иметь возможность программировать тип цели, расстояние до нее, степень ее сокрытия, время на появление цели, начало и конец прямолинейного (с учетом рельефа) движения цели, время или скорость передвижения целей на этих участках, величину кратковременных остановок.

30. Инструктор (оператор) должен иметь возможность составлять и редактировать сценарии боевых действий противника. Сценарии должны сохраняться в памяти компьютера (банке сценариев) и использоваться в дальнейшем.

31. При анализе результатов упражнений необходим:

- показ на экране правильного прицеливания (положение мушки, других прицельных приспособлений относительно цели);

– отображение на экране руководителя положения прицельных приспособлений (мушки, прицельной планки обучаемого);

– кривые динамики прицеливания по начальному упражнению и по неподвижным целям других упражнений;

– время производства прицельного первого выстрела с момента появления мишени (попадание в цель или в районе опасной близости для нас) и время поражения цели.

32. При отображении мишенной обстановки необходимо соблюдать следующее:

– конфигурацию мишеней выполнять приближенными к реальным огневым средствам, живой силе при соблюдении размеров по КС;

– имитацию мишенями ведения огня, открытие огня ими через время, необходимое на изготовку к бою из данного вида оружия;

– мишени окрашиваются в цвет под фон окрестной местности, но при этом видимость мишеней должна обеспечивать ведение по ним прицельного огня;

– при выполнении каждого упражнения учебных и контрольных стрельб должно быть: днем – три, ночью – два; в горах днем – два, ночью – один вариант; в каждом варианте одна из целей должна показываться на дальнем, а остальные примерно на среднем и ближнем пределах дальности, указанных в упражнениях; если в упражнении одна цель, то она показывается одинаковое количество раз в дальнем, среднем и ближнем пределах дальностей;

– появляющиеся цели, по которым ведется огонь из стрелкового оружия, должны падать при их поражении; при повторных показах групповой цели должны появляться только непораженные мишени;

– движущиеся цели должны появляться с началом их движения и скрываться при поражении или в конце движения и позволять вести стрельбу по ним при движении в обоих направлениях;

– протяженность пути движения цели изменяется с момента полного подъема цели (мише-

ни) до начала ее падения; при установке на одной дороге (одном пути) нескольких целей они должны наблюдаться с рубежа открытия огня на интервале не менее 0–06 при фронтальном движении и не менее 0–10 при фланговом или косом движении; при курсовых углах более 25 могут применяться трехмерные мишени; интервал между ростовыми фигурами, движущимися на одной установке, должен быть не менее 2 м; интервал между мишенями определяется по просвету между смежными краями мишеней;

– ночью огонь целей имитируется «вспышками выстрелов»; каждая очередь из стрелкового автоматического оружия имитируется миганием в течение 3–5 с, а каждый выстрел из пушки (орудия) и противотанкового гранатомета – включением на 2–3 с, промежутки между очередями (выстрелами) должны быть 4–6 с, продолжительность имитации определяется временем показа (движения) цели; цели, на которых имитаторы «вспышек выстрелов» не устанавливаются, освещаются осветительными ракетами.

33. Оценка отделению за выполнение упражнений стрельб выводится суммарно по оценкам, полученным каждым обучаемым, и определяется:

– отлично, если не менее 90 % обучаемых получили положительные оценки, при этом не менее 50 % обучаемых получили оценки «отлично», а гранатометчики оцениваются не ниже «хорошо»;

– хорошо, если не менее 80 % обучаемых получили положительные оценки, при этом не менее 50 % обучаемых получили оценку «хорошо», а гранатометчики оцениваются не ниже «удовлетворительно»;

– удовлетворительно, если не менее 70 % обучаемых получили оценки не ниже «удовлетворительно».

Структурная схема тренажера

Исходя из ТТЗ была разработана структурная схема тренажера (рис. 2).

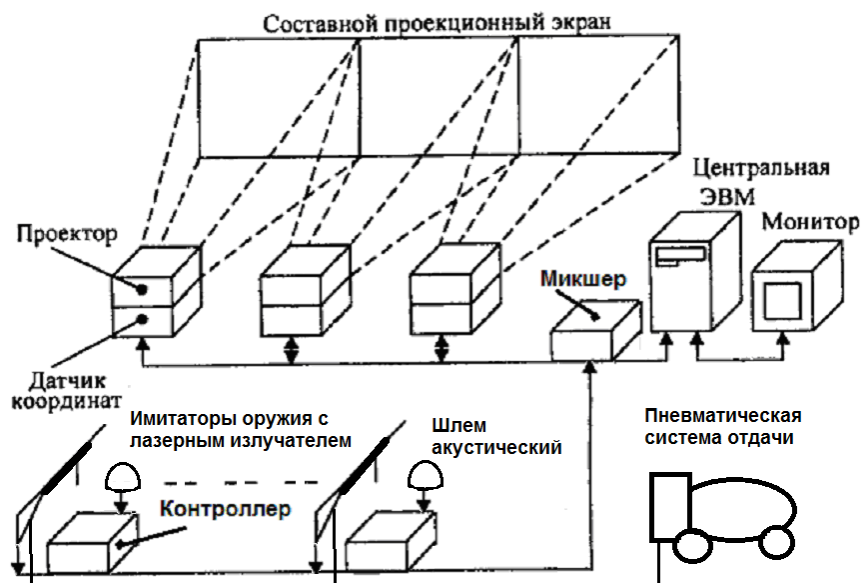


Рис. 2. Структурная схема тренажера оптико-электронного стрелкового «Ингибитор»

На составном проекционном экране (6,4×2 м) отображается мишенная обстановка от ПЭВМ (центральная ЭВМ и монитор) через три проектора (1024×768 точек каждый). Имитаторы оружия (ИО) оснащены датчиками прицела, предохранителя, магазина, свала, спускового крючка и связаны с контроллерами (КИО), на которых работает программное обеспечение (ПО КИО) и постоянно опрашивает датчики и имитирует выстрел. Для смешивания звуков выстрела от КИО и подачи их на акустические шлемы используется микшер, в нем же накапливается информация о состоянии датчиков каждого ИО и передается в ПЭВМ с помощью ПО микшера. Звуки выстрелов и спецэффектов от ПЭВМ выдаются и в микшер, и на акустические колонки. На колонки же и проекционный экран работает и ПО обучения. Для имитации отдачи в ИО используется пневмоклапан с ударным механизмом, работающий от пневматической системы отдачи (давление 10 атмосфер). На каждом ИО установлен импульсный ИК-лазер (частотой 128 Гц в общем цикле работы 1024 Гц на 8 рабочих мест) для задания точки прицеливания (ТП).

Датчик координат, или регистратор оптико-электронный (РОЭ), постоянно определяет координаты пятна ИК-лазера на экране для каждого ИО с помощью ПО РОЭ. ПО ПЭВМ обеспечивает отображение мишенной обстановки согласно выбранному сценарию упражнения,

получает данные о моменте выстрела и состоянии ИО от ПО КИО и ПО микшера и координаты ТП ИО от ПО РОЭ и осуществляет имитацию баллистики выстрела и все спецэффекты из ТТЗ согласно типу ИО и параметрам упражнения, определяет поражение мишеней, обеспечивает интерфейс с руководителем занятий для просмотра результатов, сохраняет все данные упражнения в БД (дата, время, ФИО каждого стрелка, номер отделения, номер упражнения, точки прицеливания и попадания и время каждого выстрела, траектории прицеливания по мишеням, выбитые очки, время поражения мишеней, ошибки и т. п.).

Таким образом, ПО тренажера состоит из главного ПО ПЭВМ (или ПО ПРЗ – пульта руководителя занятий) и встроенных в контроллеры ПО КИО, ПО микшера, ПО РОЭ, а также дополнительного ПО обучения (или ПО ИЗОПР – изучения оружия и правил стрельбы), которое включает в себя оцифрованные, озвученные и отснятые мультимедийные наставления на все виды вооружений тренажера для группового обучения на экране.

Функциональная схема программного обеспечения

Обобщенная функциональная блок-схема ПО тренажера «Ингибитор» представлена на рис. 3.

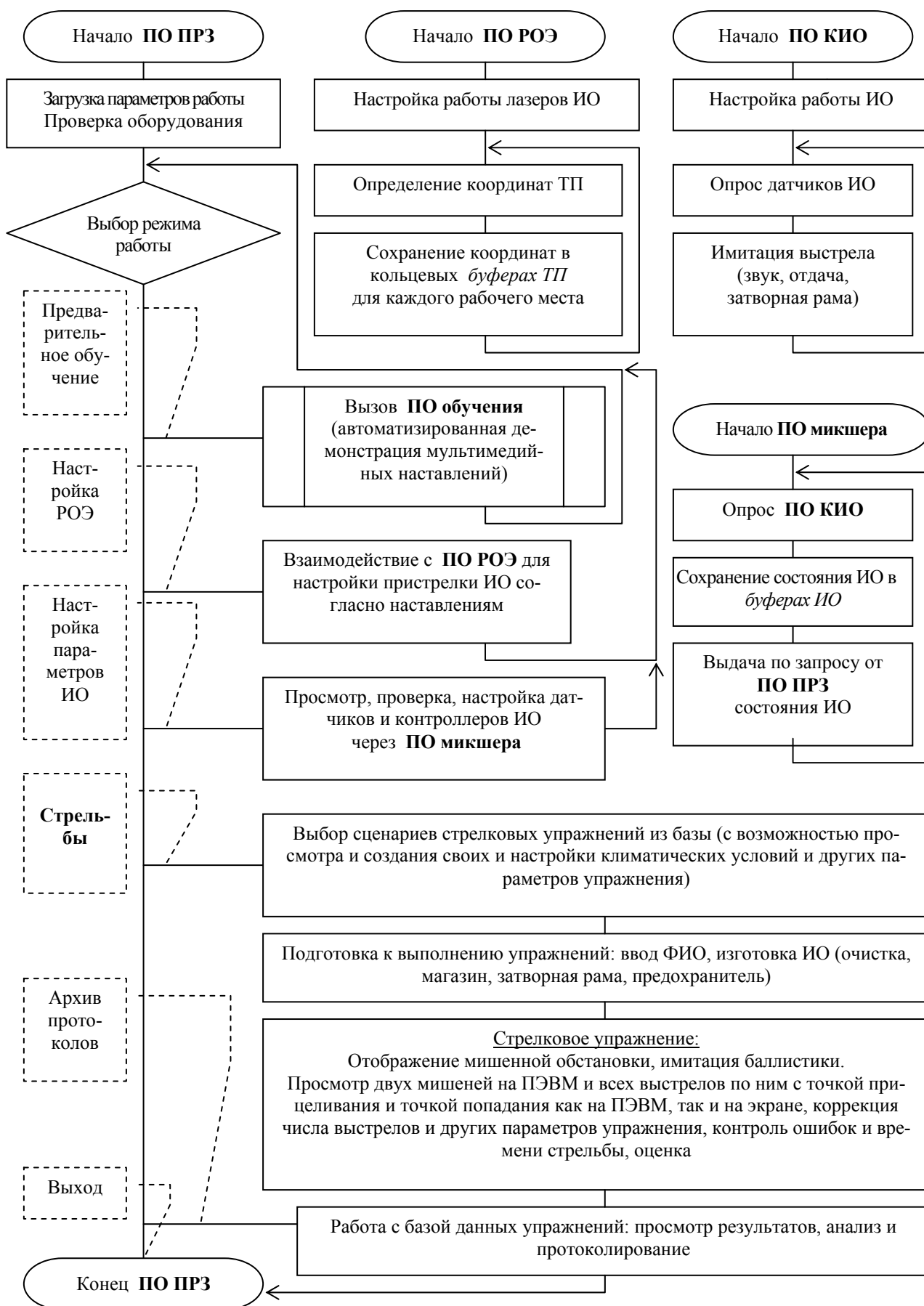


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы тренажера

Выводы

Анализ ТТЗ МО РФ на тренажер оптико-электронный стрелковый показал:

1) высокие требования к реалистичности мишеней и целей требуют современных 4К-проекторов, т. к. уже на дальностях 300 м стандартные мишени на экране 1024×768 точек не превышают по размеру 5×15 пикселя;

2) высокие требования к реалистичности спецэффектов упражнений трудновыполнимы без использования современной 3D-графики в максимальных конфигурациях;

3) высокие требования к реалистичности поведения целей требуют очень подробного описания этого поведения со всеми маневрами и временными задержками для каждого вида вооружения;

4) для реализации баллистики всех видов боеприпасов во всех климатических условиях и с учетом высот необходимы подробные таблицы возвышений боеприпасов над линией прицеливания, что отсутствует в наставлениях;

5) высокая собираемая информативность по каждому выстрелу для подробного анализа результатов упражнения реализуема, но загромождает интерфейс программы, что требует опытного инструктора (т. е. командир отделения и инструктор тренажера должны работать в паре);

6) в условиях войсковых формирований электронный тренажер окупается менее чем за год благодаря экономии на боеприпасах (особенно гранатах) и организационных мероприятиях по вывозу на стрельбище и обеспечения безопасности, т. к. все начальные и учебные упражнения выполняются на тренажере без ограничений времени и боеприпасов и только контрольные упражнения выносятся на войсковое стрельбище;

7) имеет смысл делать единый тренажер и для МО РФ, и для МВД РФ, хотя требования по тактической подготовке у них разные (МО: разведка целей, действия в обороне, управление огнем отделения, а МВД: законность обращения с оружием и выявление опасных ситуаций), нет принципиальных ограничений по объединению их в одном тренажере, т. к. требуется лишь модификация программного обеспечения и гибкое комплектование аппаратной конфигурации тренажера (минимальная конфигурация может включать один проектор + РОЭ и несколько ИО с КИО и микшер с ПЭВМ).

Таким образом, показана актуальность дальнейшего исследования и использования электронных стрелковых тренажеров, особенно благодаря дешевизне современных аппаратных

комплектующих, высокой эффективности и гибкости в подготовке личного состава, а также окупаемости и безопасности.

Библиографические ссылки

1. *Martono K. T., Nurhayati O. D.* Shooting Simulator System Design Based on Augmented Reality // 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) Semarang, INDONESIA. 2016, pp. 377-382.

2. *Bogatinov D., Lameski P., Trajkovic V.* Firearms training simulator based on low cost motion tracking sensor // MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS. 2017, vol. 76, no. 1, pp. 1403-1418.

3. *Gudzbeler G., Struniawski J.* Functional assumptions of "Virtual system to improve shooting training and intervention tactics of services responsible for security" (VirtPol) // Conference on Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, POLAND). 2017, vol. 10445, no. UNSP 104456M.

4. *Gudzbeler G., Struniawski J.* Methodology of shooting training using modern IT techniques // Conference on Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, POLAND). 2017, vol. 10445, no. UNSP 104456L.

5. *Liu Y., Wei P., Ke J.* Algorithm Design For A Gun Simulator Based On Image Processing // International Conference on Optical Instruments and Technology - Optoelectronic Imaging and Processing Technology (Beijing). 2015, vol. 9622, no. 962200.

6. *Kingkangwan K., Chalainanont N., Kumsap C.* Gun Identification using Image Synchronization for DTI's Virtual Shooting Range // 2nd Asian Conference on Defence Technology (ACDT) Chiang Mai, THAILAND. 2016, pp. 32-35.

7. *Jedrasiak K., Daniec K., Sobel D.* The Concept of Development and Test Results of the Multimedia Shooting Detection System // Future Technologies Conference (FTC) San Francisco. 2016, pp. 1057-1064.

8. *Brown A.* Modeling and simulating the dynamics of the "Death Star" shotgun target // SPORTS ENGINEERING. 2017, vol. 20, no. 1, pp. 17-27.

9. *Галаган Л. А., Сахратов Р. Ю., Чирков Д. В.* Эволюция дульных газовых устройств автоматов серии «АК» // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2018. Т. 21, № 3. С. 44–50. DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-44-50.

10. *Галаган Л. А., Сахратов Р. Ю.* Обоснование назначенных технических параметров автомата АК-47 // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2018. Т. 21, № 3. С. 51–58. DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-51-58.

11. *Чирков Д. В., Галаган Л. А., Сахратов Р. Ю.* Математическая модель исследования свободного

движения оружия на примере автоматов Калашникова // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 3. С. 35–41. DOI: 10.22213/2410-9304-2018-3-35-41.

12. *Алексеев С. А.* Системный подход к проектированию стрелково-пушечного вооружения // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 4. С. 4–10. DOI: 10.22213/2410-9304-2018-4-4-10.

13. *Писарев С. А., Фархетдинов Р. Р., Минибаев Р. В.* Анализ существующих образцов охотничьего стрелкового оружия модульной конструкции // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2017. Т. 20, № 3. С. 7-9. DOI: 10.22213/2413-1172-2017-3-7-9.

14. *Егоров С. Ф.* Эволюция электронных акустических мишеней: исследование дозвуковых математических моделей // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 3. С. 42–51. DOI: 10.22213/2410-9304-2018-3-42-51.

15. Эволюция электронных акустических мишеней: исследование сверхзвуковых математических моделей / С. Ф. Егоров, В. С. Казаков, В. А. Афанасьев, И. Г. Корнилов, И. В. Коробейникова // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15, № 2. С. 86–93. DOI: 10.22213/2410-9304-2017-2-86-93.

16. Эволюция электронных акустических мишеней: информационно-измерительные системы для стрелкового оружия / С. Ф. Егоров, В. С. Казаков, В. А. Афанасьев, И. Г. Корнилов, И. В. Коробейникова // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 4 (31). С. 104–110. DOI: 10.22213/2410-9304-2016-4-104-110.

17. *Егоров С. Ф.* Оптимизация расположения акустических датчиков в плоскости электронной мишени // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 2. – С. 62-68. DOI: 10.22213/2410-9304-2018-2-62-68.

18. *Вдовин А. Ю., Покушев А. Н., Максимова А. В.* Создание на основе звуковой платы имитатора сигналов датчиков системы для оценки параметров движения механизмов стрелкового оружия // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2018. № 1. С. 67–71.

19. *Вдовин А. Ю., Марков Е. М., Корнилов И. Г.* Современная автоматизированная система для оценки скорости перемещения затвора стрелкового оружия // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т.15, № 3. С. 82-87. DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-82-87.

20. Исследование лазерных экранов электронных оптических мишеней / С. Ф. Егоров, А. Ю. Вдовин, Е. М. Марков, Т. Е. Шелковникова // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т.15, № 4. С. 21–28. DOI: 10.22213/2410-9304-2017-4-21-28

21. *Селетков С. Г.* Анализ решений задач промежуточной баллистики // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т.15, № 1. С. 82–84. DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-82-84.

22. *Селетков С. Г.* Законы развития техники и совершенствование устройств ствольного оружия // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2018. Т. 21, № 3. С. 4–8. DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-4-8.

23. *Егоров С. Ф., Коробейникова И. В.* Повышение точности акустической мишени за счет использования взвешенных моментов времени // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. № 2 (24). С. 105–108.

24. *Шелковников Ю. К., Осипов Н. И., Кизнерцев С. Р.* Стрелковый тренажер на основе телевизионного сканистора // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 1 (25). С. 128–132.

25. *Егоров С. Ф., Казаков В. С.* История создания оптико-электронного стрелкового тренажера «Ингибитор» // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб-к трудов регион. науч.-техн. очно-заочной конф. ; науч. ред. В. А. Куликов. Ижевск, 2016. С. 134–142.

26. Оптико-электронные стрелковые тренажеры. Теория и практика / В. С. Казаков, Ю. В. Веркиенко, В. В. Коробейников, Н. Ю. Афанасьева. Ижевск : ИПМ УрО РАН, 2007. 260 с.

27. Исследование оптико-электронных регистраторов точки прицеливания стрелковых тренажеров / С. Ф. Егоров, Ю. К. Шелковников, Н. И. Осипов, С. Р. Кизнерцев, А. А. Метелева // Проблемы механики и материаловедения. Труды Института механики УрО РАН. Ижевск, 2017. С. 227–248.

28. *Смирнов А. А.* Разработка методики и алгоритмов имитации местности и мишенной обстановки в стрелковых тренажерах : дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2001. 148 с.

29. *Корнилов И. Г.* Подсистема визуализации целей, имитации выстрела и определения точки попадания в стрелковом тренажере : дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2006. 128 с.

30. Тренажер оптико-электронный для стрелкового оружия / Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, В. В. Коробейников, С. Ф. Егоров, С. В. Казаков // Вестник академии военных наук. 2008. № 4. С. 84–89.

References

1. *Martono K.T., Nurhayati O.D.* Shooting Simulator System Design Based on Augmented Reality. In 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) Semarang, INDONESIA. 2016, pp. 377-382.

2. *Bogatinov D., Lameski P., Trajkovik V.* Firearms training simulator based on low cost motion tracking sensor. In MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS. 2017, vol. 76, no. 1, pp. 1403-1418.

3. *Gudzbeler G., Struniawski J.* Functional assumptions of "Virtual system to improve shooting training and intervention tactics of services responsible for security" (VirtPol). In Conference on Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, POLAND). 2017, vol. 10445, no. UNSP 104456M.

4. *Gudzbeler G., Struniawski J.* Methodology of shooting training using modern IT techniques. In Conference on Photonics Applications in Astronomy,

Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, POLAND). 2017, vol. 10445, no. UNSP 104456L.

5. Liu Y., Wei P., Ke J. Algorithm Design For A Gun Simulator Based On Image Processing. In International Conference on Optical Instruments and Technology - Optoelectronic Imaging and Processing Technology (Beijing). 2015, vol. 9622, no. 962200.

6. Kingkangwan K., Chalainanont N., Kumsap C. Gun Identification using Image Synchronization for DTI's Virtual Shooting Range. In 2nd Asian Conference on Defence Technology (ACDT) Chiang Mai, THAILAND. 2016, pp. 32-35.

7. Jedrasiak K., Daniec K., Sobel D. The Concept of Development and Test Results of the Multimedia Shooting Detection System. In Future Technologies Conference (FTC) San Francisco. 2016, pp. 1057-1064.

8. Brown A. Modeling and simulating the dynamics of the "Death Star" shotgun target. In SPORTS ENGINEERING. 2017, vol. 20, no. 1, pp. 17-27.

9. Galagan L.A., Sakhratov R.Yu., Chirkov D.V. [Evolution of muzzle gas devices of automatic machines of a series of "AK"]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 44-50 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-44-50.

10. Galagan L.A., Sakhratov R.Yu. [Justification of the appointed technical parameters of an AK-47 assault rifle]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 51-58 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-51-58.

11. Chirkov D.V., Galagan L.A., Sakhratov R.Yu. [Mathematical model of a research of the free movement of weapon on the example of Kalashnikovs]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2018, vol. 16, no. 3, pp. 35-41 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2018-3-35-41.

12. Alekseev S.A. *Sistemnyi podkhod k proektirovaniyu strelkovo-pushechnogo vooruzheniya* [System approach to design of shooting and gun arms]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2018, vol. 16, no. 4, pp. 4-10 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2018-4-4-10.

13. Pisarev S.A., Farkhetdinov R.R., Minibaev R.V. [The analysis of the existing samples of hunting small arms of a modular design]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 7-9 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2017-3-7-9.

14. Egorov S.F. [Evolution of electronic acoustic targets: research of subsonic mathematical models]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2018, vol. 16, no. 3, pp. 42-51 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2017-2-86-93.

15. Egorov S.F., Kazakov V.S., Afanasyev V.A., Kornilov I.G., Korobeynikova I.V. [Evolution of electronic acoustic targets: research of supersonic mathematical models]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2017, vol. 15, no. 2, pp. 86-93 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2017-2-86-93.

16. Egorov S.F., Kazakov V.S., Afanasyev V.A., Kornilov I.G., Korobeynikova I.V. [Evolution of electronic acoustic targets: information and measuring systems for small arms]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2016, no. 4(31), pp. 104-110 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2016-4-104-110.

17. Egorov S.F. [Optimization of the arrangement of acoustic sensors in the plane of the electronic target]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2018, vol. 16, no. 2, pp. 62-68 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2018-2-62-68.

18. Vdovin A.Yu., Pokushev A.N., Maksimova A.V. [Creation on the basis of a sound card the simulator of signals of sensors of a system for assessment of parameters of the movement of mechanisms of small arms]. *Informatsionnye tekhnologii. Problemy i resheniya*, 2018, no. 1, pp. 67-71 (in Russ.).

19. Vdovin A.Yu., Markov E.M., Kornilov I.G. [The modern automated system for assessment of speed of movement of a lock of small arms]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2017, vol. 15, no. 3, pp. 82-87 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-82-87.

20. Egorov S.F., Vdovin A.Yu., Markov E.M., Shelkovnikova T.E. [Research of laser screens of electronic optical targets]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 21-28 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2017-4-21-28

21. Seletkov S.G. [Analysis of solutions of problems of intermediate ballistics]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2017, vol. 15, no. 2, pp. 82-84 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-82-84.

22. Seletkov S.G. [Laws of development of technology and improvement of devices of a barreled weapon]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*. 2018, vol. 21, no. 3, pp. 4-8 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2018-3-4-8.

23. Egorov S.F., Korobeynikova I.V. [Increase in accuracy of an acoustic target due to use of the weighed timepoints]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2014, no. 2, pp. 105-108 (in Russ.).

24. Shelkovnikov Yu.K., Osipov N.I., Kiznertsev S.R. [The shooting exercise machine on the basis of the television scanistor]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2015, no. 1, pp. 128-132 (in Russ.).

25. Egorov S.F., Kazakov V.S. *Istoriya sozdaniya optiko-elektronnogo strelkovogo trenazhera «Ingibitor»* [History of creation of the optical-electronic shooting "Inhibitor" exercise machine]. *Informatsionnye tekhnologii v nauke, promyshlennosti i obrazovanii. Sbornik trudov reg-oi nauchno-tekhnikeskoi ochnozaochnoi konf.* [Proc. Information technologies in science, the industry and education. Collection of works regional scientific and technical intramural and extramural conf.] (ed. Kulikov V.A.). Izhevsk, 2016, pp. 134-142 (in Russ.).

26. Kazakov V.S., Verkienko Yu.V., Korobeynikova V.V., Afanas'eva N.Yu. *Optiko-elektronnnye strelkovye trenazhery. Teoriya i praktika* [Optical-electronic shooting exercise machines. Theory and practice]. Izhevsk, Institute of mechanics UB RAS, 2007, 260 p. (in Russ.).

27. Egorov S.F., Shelkovnikov Yu.K., Osipov N.I., Kiznertsev S.R., Meteleva A.A. *Issledovanie optiko-elektronnykh registratorov tochki pritselivaniya strelkovykh trenazherov* [Research of optical-electronic registrars of an aiming mark of shooting exercise machines]. *Problemy mekhaniki i materialovedeniya. Trudy Instituta mekhaniki UrO RAN* [Proc. Problems of mechanics and materials science. Works of Institute of mechanics UB RAS]. Izhevsk, 2017, pp. 227-248 (in Russ.).

28. Smirnov A.A. *Razrabotka metodiki i algoritmov imitatsii mestnosti i mishennoi obstanovki v strelkovykh trenazherakh* [Development of a technique and

algorithms of imitation of the area and target situation in shooting exercise machines]: PhD thesis. Izhevsk, 2001, 148 p. (in Russ.).

29. Kornilov I.G. *Podsystema vizualizatsii tselei, imitatsii vystrela i opredeleniya tochki popadaniya v strelkovom trenazhere* [The subsystem of visualization is more whole, imitations of a shot and definition of a point of hit in the shooting exercise machine]: PhD thesis. Izhevsk, 2006, 128 p. (in Russ.).

30. Verkienco Yu.V., Kazakov V.S., Korobeynikov V.V., Egorov S.F., Kazakov S.V. [The exercise machine optical-electronic for small arms]. *Vestnik akademii voennykh nauk*, 2008, no. 4, pp. 84-89 (in Russ.).

“Inhibitor” Shooting Simulator: Functional Diagram of the Software

S. F. Egorov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU; Udmurt Federal Research Center (Institute of Mechanics) UB RAS

The cycle of papers describes in detail the "Inhibitor" software of the tactical optical-electronic exercise machine for small arms developed at the Institute of Mechanics UdmFRC UB RAS and at the Computer facilities department of Kalashnikov ISTU.

The tactical specification on development of the exercise machine is provided, requirements both to the exercise machine hardware (return not less than 50% of the real one, a soundtrack not less than 60% from the real one, the accuracy of fixing of an aiming mark is not worse than 0.3 thousand ranges, a viewing angle of a target situation not less than 60 degrees) and to the software are analyzed. Much attention is paid to requirements to the reality of displaying the target situation on the projection screen of the exercise machine taking into account climatic conditions (season, time of day, temperature, wind, pressure, humidity, "atmospheric effect", fog) and to special effects (fires and sounds of shots of targets, ruptures of grenades and sounds with delays, taken-down smokes, illumination at night). The importance is emphasized to model the ballistics support for all simulators of weapon taking into account the types of ammunition and climatic conditions, including in mountains. The base of exercises from the Course of firing practice and the database is necessary for storage of all carried-out exercises for the analysis of the level of training. Proceeding from requirements the skeleton diagram of the exercise machine and the functional diagram of the software are provided.

The conclusion is drawn on prospects of further researches and development of electronic shooting exercise machines thanks to improvement and reduction in cost of the element base and development of program libraries of special effects, for the purpose of increase in accuracy of exercise machines, expansion of functionality and decrease in cost value and, therefore, improving competitiveness.

Keywords: shooting exercise machine (shooting simulator), tactical specification, skeleton diagram, functional diagram, software, logger of an aiming mark.

Получено: 19.04.19