

УДК 004.651; 004.421
DOI: 10.22213/2410-9304-2025-2-50-62

Стрелковый тренажер «Ингибитор»: анализ технического задания

С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент,
Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия

Описывается структура программного обеспечения стрелкового тренажера и в том числе базы данных упражнений для контроля успеваемости, проведен анализ тактико-технического задания с предложениями усовершенствования оптико-электронного стрелкового тренажера «Ингибитор», разработанного в Институте механики УдмФИЦ УрО РАН и на кафедре «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова совместно с АО «Концерн «Калашников».

Анализ тактико-техническое задания на тренажер показал, что все пункты из 33 были полностью выполнены, кроме двух. Один (отображение дымовых эффектов выстрела из гранатомета) полностью снят с требований из-за высокой ресурсоемкости, другой (поддержка верхнего яруса размещения стрелков горного варианта развертывания тренажера) выполнен условно из-за принципиальной невозможности отображения одновременной мишенной обстановки для верхнего и нижнего ярусов. Приводится исследование двух математических моделей горного варианта: с «фиктивной» позицией стрелка верхнего уровня и с изменением проекции мишенной обстановки только для верхнего яруса. Из опыта эксплуатации тренажера сформулированы планы на модернизацию (упрощенная версия на 2–3 рабочих места, расширение номенклатуры поддерживаемого вооружения) и усовершенствование (мобильный тренажер с элементами виртуальной реальности). Приводится описание последней компоненты программного обеспечения тренажера – структуры базы данных стрелковых упражнений с интерфейсом анализа результатов и распечатки протоколов.

Обзор литературы подтверждает перспективность дальнейших исследований и разработки электронных стрелковых тренажеров благодаря совершенствованию вычислительных средств и развитию программных библиотек с целью повышения информационной доступности результатов упражнений стрельб для анализа. Необходимо постоянно расширять возможности электронных стрелковых тренажеров и снижать себестоимость, а значит, повышать их конкурентоспособность.

Ключевые слова: стрелковый тренажер, база данных, оценка упражнения, горный вариант, эффективность тренажера.

Введение

Разработка электронных стрелковых тренажеров (т. е. для ручного оружия и не использующих боеприпасы) с реалистичной мишенной обстановкой [1–8] и поддержкой как упражнений Курса стрельб, так и самостоятельно созданных, является важной задачей, т. к. производство любого вида стрелкового вооружения, согласно нормативным документам, требует и производства тренажера для привития навыков прицеливания и стрельбы. Тренажер может быть просто механической насадкой на боевое изделие (например, командирский ящик КЯ-83 или ПУС-7), но электронные тренажеры, безусловно, обладают большими функциональными возможностями.

Стрелковый тренажер «Ингибитор» разрабатывался и модифицировался в Институте механики УдмФИЦ УрО РАН и на кафедре «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова совместно с АО «Концерн «Калашников» и принят на вооружение под

индексом 1У33. Наработки в настоящее время используются для следующего семейства тренажеров [9, 10].

Актуальность дальнейшего исследования и разработки электронных стрелковых тренажеров основана на высокой эффективности тренажеров и мультимедийных тиротов особенно на первоначальном этапе обучения стрельбе для постановки правильной стойки, хвата, дыхания, удержания оружия, прицеливания, производства плавного спуска курка и отражена в работах [11–24].

Кроме этого, тренажеры отличаются безопасностью тренировок и быстрой окупаемостью по сравнению с войсковыми стрельбищами и боевыми тирами.

Целью заключительной статьи цикла является описание программного обеспечения базы данных стрелковых упражнений тактического оптико-электронного тренажера стрелкового оружия «Ингибитор» и анализ степени выполнения ТТЗ с перспективами усовершенствования.

Тактико-техническое задание

Требования ТТЗ [25] к программному обеспечению базы данных стрелковых упражнений сводятся к следующим пунктам:

1. Регистрация, 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.

2. 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.

3. При анализе результатов упражнений необходимо:

- показ на экране правильного прицеливания (положение мушки, других прицельных приспособлений относительно цели);
- отображение на экране руководителя положения прицельных приспособлений (мушки, прицельной планки обучаемого);
- кривых 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.

4. Автоматическую регистрацию и отображение на мониторе пульта руководителя (в процессе стрельбы) и имитаторе мишенней 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, заряжение, 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.

5. 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».

Таким образом, основными задачами создания базы данных стрелковых упражнений являются разработка эффективной структуры для просмотра результатов стрельб и прогресса успеваемости, а также анализ ТТЗ тренажера с уточнением математической модели горного варианта развертывания и формулирование перспектив модернизации и усовершенствования.

Программное обеспечение тренажера

ПО тренажера поставлялся на одном CD-диске (еще один резервный – копия) и содержит инструкцию с инсталляциями (включая апгрейд) ПО изучения оружия и правил стрельбы (ПО ИЗОПР) и ПО пульта руководителя занятий (ПО ПРЗ). Встроенное ПО уже записано во флеш-памяти оборудования, но также содержится на диске с инструкцией по прошивке. ПО ПРЗ разработано в системе программирования Borland Delphi 5.0 на проблемно-ориентированном языке программирования Object Pascal под Windows XP.

В общем случае, ПО тренажера состоит из нескольких независимо выполняемых программ на отдельных устройствах:

$$\text{ПО тренажера} = \text{ПО ИЗОПР} + \text{ПО РОЭ} + \\ + \text{ПО КИО} + \text{ПО микшера} + \text{ПО ПРЗ},$$

где ПО ИЗОПР – ПО изучения оружия и правил стрельбы (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 3 за 2019 г.) – мультимедийный обучающий курс включает наставления на все виды используемых вооружений с прицелами (ПМ, АКМ, ГП-25, АК74, РПК74, ПКМ, СВД, РПГ-7, РПГ-26, 9К115) и может запускаться и использоваться на любом ПЭВМ, ПО РОЭ – встроенное ПО регистратора оптико-электронного точки прицеливания (ТПр) (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале

№ 2 за 2020 г.) – определяет координаты ТПр с 8 рабочих мест с частотой ≈ 178 Гц/место, ПО КИО – встроенное ПО контроллера имитатора оружия (ИО) (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 3 за 2020 г.) – управляет имитацией выстрела (отдача, датчики состояния, звук выстрела в наушниках шлема), там же описано и встроенное ПО микшера для обмена информацией между аппаратными блоками, ПО ПРЗ – ПО пульта руководителя занятий – основная рабочая программа организации и ведения тренировок на тренажере по упражнениям Курса стрельбы (КС).

В свою очередь, ПО ПРЗ состоит из нескольких функциональных блоков, основанных на последовательности выполнения упражнений с пользовательскими визуальными формами:

$$\text{ПО ПРЗ} = \text{ПО НИО} + \text{ПО ССУ} + \\ + \text{ПО ИМО} + \text{ПО БДУ},$$

где ПО НИО – ПО настройки имитаторов оружия (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 3 за 2020 г.) – задает количество и тип боеприпасов, проверяет датчики прицела, магазина, свала, настраивает силу срыва и отдачи, ПО ССУ – ПО составления сценариев упражнений, где можно расставить мишени на стрельбище, задать их поведение согласно КС, добавить в базу новые мишени и стрельбища (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 4 за 2019 г. и № 1 за 2020 г.), ПО БДУ – ПО базы данных стрелковых упражнений – позволяет просмотреть сохраненные результаты и распечатать протоколы упражнений и проанализировать динамику успеваемости (рассматривается в данной статье), ПО ИМО – ПО имитатора мишенной обстановки – отвечает за динамическую прорисовку стрельбища, местных предметов и мишеней-целей (анимацию), просчет внешней баллистики выстрела, решение «задачи встречи» и расчет точки попадания в препятствие, отработка спецэффектов выстрелов со звуком и мишней, подробный просмотр текущих результатов стрельб, фиксация ошибок и выставление оценок, настройка визуальных и стрелковых параметров: времени года и суток, силу ветра, температуру и давление воздуха, ночную подсветку и т. п.

$$\text{ПО ИМО} = \text{ПО УВУ} + \text{ПО ВМО} + \\ + \text{ПО баллистики} + \text{ПО АРУ}$$

$$\text{ПО баллистики} = \text{ПО СБ} + \text{ПО ДБ} + \\ + \text{ПО РБ} + \text{ПО ЗВ} + \text{ПО ПТУРС},$$

где ПО СБ – ПО сверхзвуковой баллистики (см. статьи С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 2, 3 за 2021 г.), ПО ДБ – ПО дозвуковой баллистики (см. статью С. Ф. Егорова в этом журнале № 4 за 2021 г.), ПО РБ – ПО реактивной баллистики (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 1 за 2022 г.), ПО ЗВ – ПО задачи баллистической встречи с препятствием при стрельбе (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 2 за 2022 г.), ПО ПТУРС – ПО управляемого реактивного полета (см. статьи С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 3 за 2024 г.).

ПО УВУ – ПО управление выполнением упражнения - проверка изготовки, задание метеоусловий текущего упражнения, задание типа и количества боеприпасов, редактирование порядка показа мишеней и характера их движения и т. п. (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 1, 4 за 2023 г. и № 3 за 2024 г.), ПО ВМО – ПО вывода мишенной обстановки тренажера - представление и отрисовка рельефа, местных предметов, целей, спецэффектов выстрела и мишеней с экранированием (антиалиазингом) объектов и т. п. (см. работы С. Ф. Егорова в этом журнале за 2023–2024 гг.), ПО АРУ – ПО анализа результатов упражнения с просмотром каждого выстрела и мишени и с фиксацией ошибок руководителем с последующим выставлением оценки каждому стрелку. (см. работы С. Ф. Егорова и др. в этом журнале за 2024 г.).

Таким образом, ПО тренажера представляет собой программный комплекс из отдельных компонент с визуальными формами подробного просмотра текущего состояния хода занятий и широкими возможностями настройки параметров упражнений согласно требованиям ТТЗ.

Структура базы данных стрелковых упражнений

Структура БД стрелковых упражнений включает БД архива упражнений (ARCHIV), БД мишеней (SCENARIO), БД обучаемых (SHOOTERS), БД выстрелов (SHOTS), БД траекторий прицеливания (RINGS) (рис. 1).

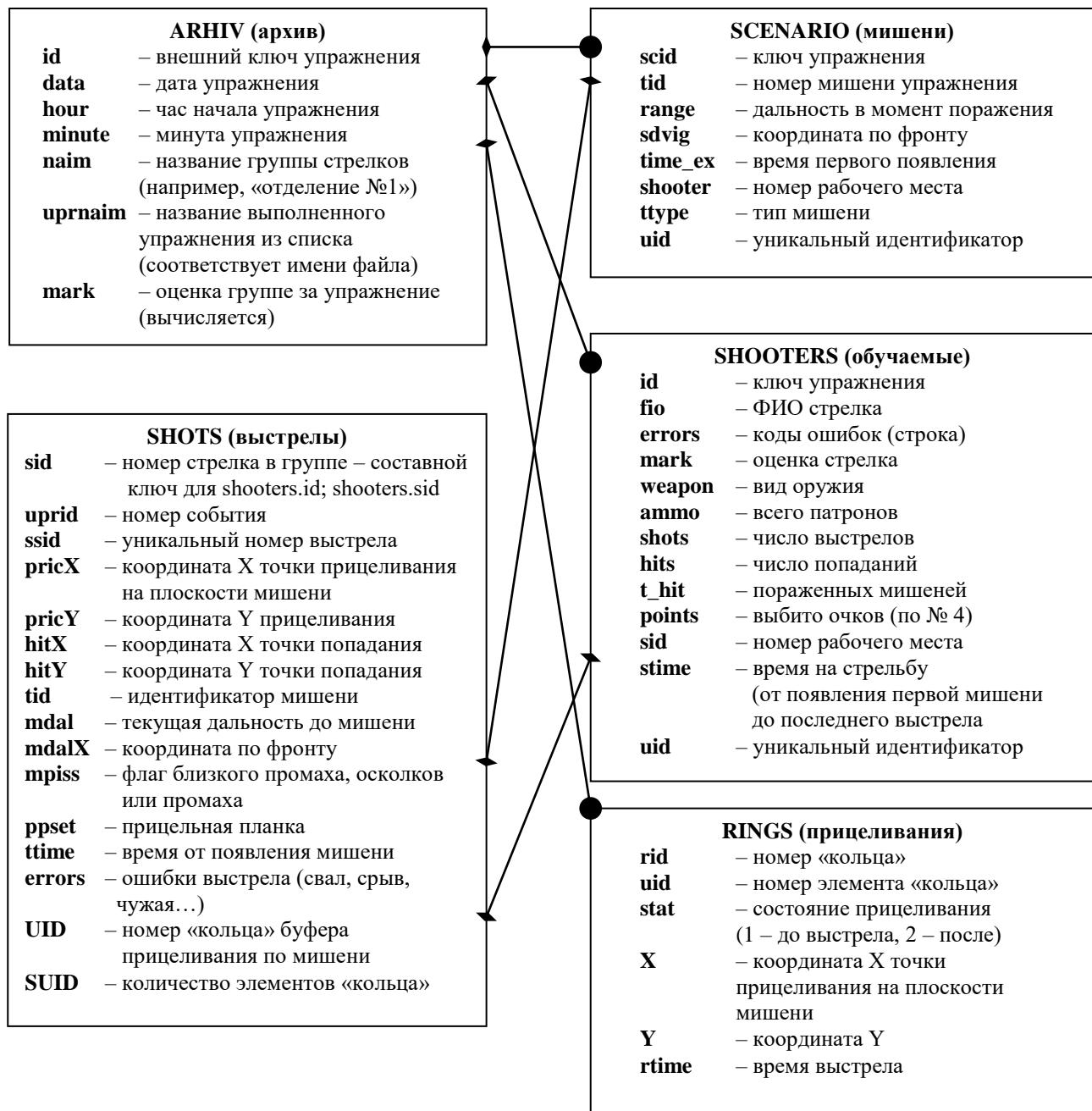


Рис. 1. Структура БД тренажера и связи 1 ↔ ∞

Fig. 1. Structure of simulator DB and communication 1 ↔ ∞

Из-за низкой скорости обращения к БД траекторий прицеливания RINGS (а она сохраняется только для неподвижных мишеней КС, но не для реалистичных целей) ее пришлось реализовать не на стандартных компонентах среды разработки Borland Delphi 5.0, а на оптимизированных разработанных процедурах, что позволило повысить быстродействие на порядок и сократить используемую память в 8 раз.

Кроме структурированной БД архива упражнений, ПО тренажера содержит конфигурационные текстовые файлы (с настройками обору-

дованием) и файловую базу в подкаталогах (с учебными группами, со стрелковыми упражнениями и спрайтами мишеней, целей, местных предметов, стрельбищ и со звуковыми эффектами).

Программное обеспечение базы данных упражнений

ПО БД упражнений для просмотра архива и анализа успеваемости разработано в системе программирования Borland Delphi 5.0 на проблемно-ориентированном языке программирования Object Pascal под Windows XP.

Когда в начальном окне ПО ПРЗ выбирается «Архив протоколов» появляется окно рис. 2, где сверху открывается БД архива упражнений с полями: номер упражнения, название группы (отделения), оценка, дата и время проведения, описание упражнения, а активный элемент помечен стрелкой ► и изначально это последнее упражнение. В двух списках ниже отображаются сведения по двум стрелкам: номер рабочего места, имя обучаемого, оружие, оценка, количество выстрелов и попаданий, а под списком сумма выбитых баллов, количество пораженных целей и время на стрельбу. В нижней части дисплея отображаются два окна «Просмотра результатов» по выбранным стрелкам из левого и правого списков, управление в окнах описано в (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 4 за 2023 г.). Можно перебирать либо все мишени по «Номеру» либо «Все выстрелы», при этом отображается мишень с возможными точками прицеливания (квадратная) и поражения

(круглая), связанными линией. Отображается расстояние до мишени и время на ее обстрел и поражение с указанным прицелом и возможными ошибками выстрела. Масштаб отображения мишени можно выбирать кнопками справа внизу от нее (A=V). Слева красным отображается статус выстрела («цель поражена», «близкий промах», «осколки», «мимо цели»). На зеленом поле ниже показано место мишени на стрельбище, а по центру окна общее количество ошибок двух стрелков. Переместив курсор на поле описания, можно увидеть название мишени, а на поле размера – расстояние от точки прицеливания до точки попадания или координаты стрельбища, куда упала пуля (при промахе). При неоднократном поражении можно перебирать номера попаданий. Траектории прицеливания отображаются только по неподвижным стандартным мишениям: 1 сек до выстрела синим цветом и после выстрела бирюзовым.

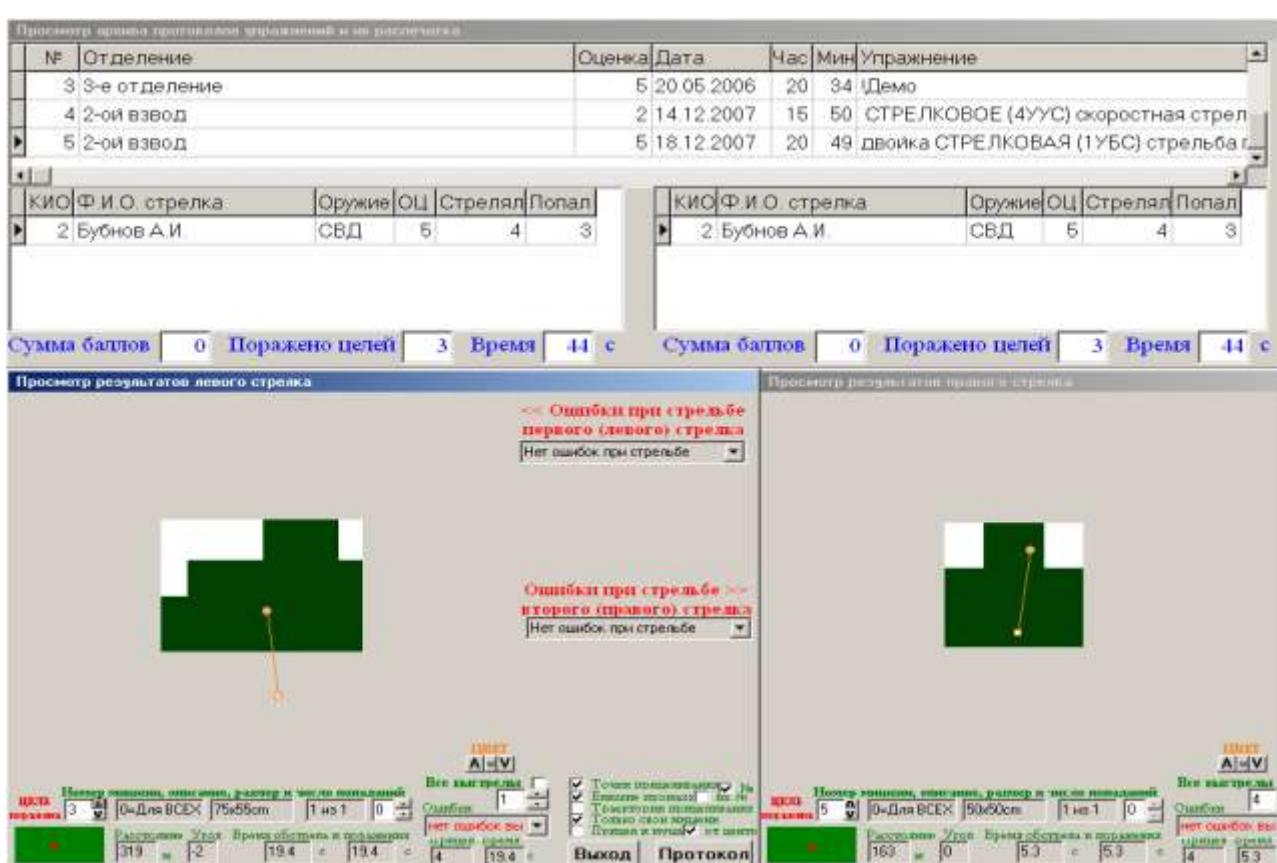


Рис. 2. Просмотр архива упражнений двух обучаемых

Fig. 2. Viewing the archive of exercises of two trainees

После просмотра результатов выбранного упражнения, а редактирование данных уже заблокировано, можно распечатать его протокол

(после предварительного просмотра), нажав кнопку «Протокол» (рис. 2).

Ведомость

28.01.2004
13 : 38
З-е отделение

ВЕДОМОСТЬ учета результатов выполнения упражнения
СТРЕЛКОВОЕ а(НУСА) начальное упражнение

№ тренировки	Порядковый номер обучаемого; ФИО и вид оружия	Время на стрельбу, сек	Поражена цель (номер)	Число попаданий	Оценка	Расход гранат	Расход патронов	Коды ошибок* (см. примечание)
12	1 Пистолетов В.Н.	ГП-25	16 мишень-8	2	4	5	0	1НЕТ
	2 Автоматов Д.О.	СВД	5 мишень-4	2	4	0	4	2НЕТ 1СРВ
			мишень-4	1				
	3 Пулеметов А.А.	РПГ-26	8 мишень-8	1	4	2	0	2НЕТ

* Коды ошибок: ПРД-не на предохранителе, МГЗ-не отсоединен магазин, ПТР-патрон в стволе, СРВ-срыв крючка, СВЛ-свал слева, СВП-свал вправо, ОТВ-нет отвеса ГП-25, БРН-пулей в бронецель, ОДЧ-одиночный на авто, НЕТ-цель не обстреляна, ЧУЖ-обстрел чужой цели, НАЧ-ошибки подготовки, КОН-ошибки завершения

РЕЗУЛЬТАТЫ СТРЕЛЬБЫ

Основные показатели	Автоматчики	Снайперы	Пулеметчики	Гранатометчики	ИТОГО
Количество обучаемых:	0	1	0	2	3
Отлично	0	0	0	0	0
Хорошо	0	1	0	2	3
Удовлетворительно	0	0	0	0	0
% выполнения	0	100	0	100	100
Общая оценка:					4

РУКОВОДИТЕЛЬ ЗАНЯТИЙ _____

5436% Page 1 of 1

Рис. 3. Предварительный просмотр ведомости перед печатью

Fig. 3. Preview the list before printing

Появляется окно рис. 3, где после просмотра всех страниц протокола выбирается вверху иконка принтера для инициализации печати ведомости учета результатов выполненного упражнения или выбирается кнопка «Close» для отмены печати и возврата в архив протоколов.

Оценка группе (отделению), согласно ТТЗ, выставляется автоматически по логическим формулам:

$$O5 = \left(\left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i \geq 3 \right) \geq 0.9 N_o \right) \& \left(\left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i \geq 5 \right) \geq 0.5 N_o \right) \& \left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i^{RP} \geq 4 \right)$$

$$O4 = \left(\left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i \geq 3 \right) \geq 0.8 N_o \right) \& \left(\left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i \geq 4 \right) \geq 0.5 N_o \right) \& \left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i^{RP} \geq 3 \right)$$

$$O3 = \left(\sum_{i=1}^{N_o} O_i \geq 3 \right) \geq 0.7 N_o$$

где N_o – количество обучаемых в группе и их оценки O_i (5-4-3-2).

Таким образом, ПО БДУ позволяет подробно просмотреть результаты упражнений из архива и распечатать протокол ведомости.

Анализ тактико-технического задания «Ингибитор»

Все 33 пункта ТТЗ [26] полностью выполнены при разработке стрелкового тренажера «Ингибитор» (1У33), но с некоторыми уточнениями:

1. Полностью реализована поддержка АК-74, ГП-25, АКМ, РПК-74, ПКМ, СВД, РПГ-7, РПГ-

26, 9К115, ПМ с ночных и оптическими прицелами.

2. Поддержка горного варианта тренажера реализована условно (см. далее).

3–7. Полностью реализованы.

8. По согласованию с военпредом и представителем заказчика, пункт «Имитация задымления и световой вспышки в поле зрения имитатора оптического устройства при стрельбе из гранатомета и противотанкового комплекса...» исключен из ТТЗ. Задымление от выстрела нельзя реализовать из-за высокой ресурсоемкости прорисовки (до 1/8 проекционного экрана необходимо динамически обновлять, например, для РПГ) и принципиальному

отсутствию привязки положения обучаемого к стрелковой позиции, что приводит к влиянию на соседние рабочие места (но проведенные исследования функций системной палитры цветов выявили возможность низкоресурсной реализации задымления в поле зрения, но и низкореалистичной, т. е. лишь условно похожей на задымление и вносящей существенные искажения в изображение стрельбища (см. статью С. Ф. Егорова и др. в этом журнале № 4 за 2023 г.)).

9–13. Полностью реализованы.

14. Вместо трехмерных местных предметов используются визуально неотличимые 2D-ракурсы объектов с шагом 23° (по согласованию с военпредом).

15–18. Полностью реализованы.

19–20. Полностью реализованы, но средствами сценария упражнения.

21–22. Полностью реализованы.

23. Часть пункта «Движущимся целям должны сопутствовать пыль от ходовой части и выхлопные газы от двигателя, наблюдаемые на соответствующих дистанциях» реализована за счет подготовки соответствующих спрайтов бронетехники (с пылью и выхлопными газами).

24–31. Полностью реализованы.

32. Подпункты «имитацию мишениями ведения огня, открытие огня ими через время, необходимое на изготовку к бою из данного вида оружия» и «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 (выстрелаами) должны быть 4–6 с, продолжительность имитации определяется временем показа (движения) цели» реализованы одинаково, как указано во втором подпункте.

33. Полностью реализовано.

Можно еще отметить отсутствие поддержки в ПО тренажера смены двух магазинов, что не требуется по ТТЗ, но присутствует в некоторых упражнениях КС (в итоге весь боезапас для упражнения размещается в одном магазине, даже если превышает его физическую вместимость).

Экономическая эффективность использования электронных стрелковых тренажеров утверждена Актом Государственной Комиссии по испытаниям и показывает окупаемость для мотострелкового полка менее чем за год эксплуатации с учетом обслуживающего персонала и плановых профилактических работ. Проведение начальных и учебных упражнений КС на тренажере и только на контрольные упражнения с выездом на войско-

вое стрельбище позволяет экономить не только на боеприпасах (особенно на гранатах), но и на организационных и транспортных расходах, связанных с выездом на стрельбище. Кроме того, тренироваться на тренажере возможно без жесткого ограничения по времени и количеству выстрелов.

Дополнительное увеличение эффективности можно было получить при поставках сокращенных комплектов тренажера на 2–4 рабочих места (модернизация 1У33-2) с соответствующим уменьшением числа видеопроекторов до 1–2 и ограниченному набору вооружений (например, без 9К115), что приводит к удешевлению тренажера в 1,5–2 раза и уменьшению площади помещения под размещение тренажера. Также рекомендовалось предусмотреть в будущем расширенный (новый) набор вооружений со сценариями упражнений для них из КС.

Итак, анализ ТТЗ и опыта эксплуатации тренажера выявили направления по модернизации для расширения сферы применения и функциональных возможностей:

1. Поддержка современных видов вооружений (например, АК-12 и АК-15).

2. Введение отдельного начального режима тренировки хвата, прицеливания и удержания с контролем срыва спускового крючка и свала оружия.

3. Поддержка режима «ранен» при поражении по периметру мишени.

4. Полноценное использование реалистичной 3D-графики мишени обстановки и местных предметов и их анимации (сделано в тренажере 1У35).

5. Реализация отдачи на 100 % к оригиналам (сделано в тренажере 1У35, но это полностью ограничило перемещение обучаемого).

6. Введение поддержки упражнений по правомочности использования вооружения (для МВД, т. е. когда оценивается не только поражение нужных мишеней, но защиты других и обращение с оружием).

7. Совершенствование методик обучения, особенно тактических [27], например, это действие отделения в обороне, где тренируется командир по управлению отделением с концентрацией огня на «важные» цели и, соответственно, активное поведение целей: уклонение от близких промахов, залегание, ответный огонь (по времени на изготовку их вооружения). А реализация групповых упражнений тактического взаимодействия в атаке уже требует перехода к мобильной версии тренажера (в этом случае, например, используются специальные игровые

платформы контроля подвижности и индивидуальные шлемы виртуальной реальности).

Тренажеры для тяжелого вооружения (самодвижущегося или неподвижного) всегда идеологически проще, т. к. делаются из боевого комплекта компьютерной имитацией видимой мишенной обстановки с баллистикой выстрела и имитацией движения в замкнутом пространстве качающейся, но остающейся на одном месте кабине бойца. Для полноценной имитации стрелкового оружия приходится учитывать все возможности обращения с имитатором оружия (который должен сохранить массо-габаритные характеристики, но быть оснащенным датчиками и коммуникациями) и перемещения с ним на реальной местности. Такие широкие возможности идеологически проще реализовать в физическом пространстве боевого стрельбища с «фанерными» мишенями и резиновыми пулями, особенно для спецслужб в условиях городской обстановки. Но современное развитие индивидуальных технических средств, особенно для игровой индустрии, позволяют разрабатывать и кабинетные стрелковые электронные тренажеры с широкими функциональными возможностями и очень высокой реалистичностью имитации перемещения и обращения с оружием.

Таким образом, тенденции глобального развития электронных стрелковых тренажеров выливаются в разработку семейства мобильных носимых тренажеров виртуальной и дополненной реальности с относительно свободным перемещением и групповыми занятиями с общей реалистичной мишенной обстановкой. Семейство предполагает, например, тренажеры начального уровня для дома и школы, базового уровня для кружков и ДОСААФ, профессионального - для МО и МВД.

Математическая модель горного варианта

Кроме основного положения обучаемых - внизу лежа - имеются два «горных» рабочих места (яруса, требуют «вертикального» развертывания тренажера, рис. 4) на высоте линии прицеливания от пола ≈ 2 м лежа. Получаются углы прицеливания для нижнего яруса для горного варианта $\approx 0^\circ$ до $+40^\circ$ и для верхнего яруса приблизительно от -20° (вниз) до $+25^\circ$ (вверх).

Для поддержки горного варианта реализована и автоматическая коррекция температуры T (в К) и давления p (в мм р.с.) в горах от указанной высоты над уровнем моря по формулам (авторская аппроксимация по таблицам до $y=10000$ м), но возможна и ручная коррекция руководителем значений T и p :

$$T(y) = T_c - 0.0065y$$

$$p(y) = p_c(0.998 - 0.00009275y + 0.000000002692y^2),$$

где $T_c=288.15^\circ\text{K}$ (15°C), $p_c=760$ мм р.с.

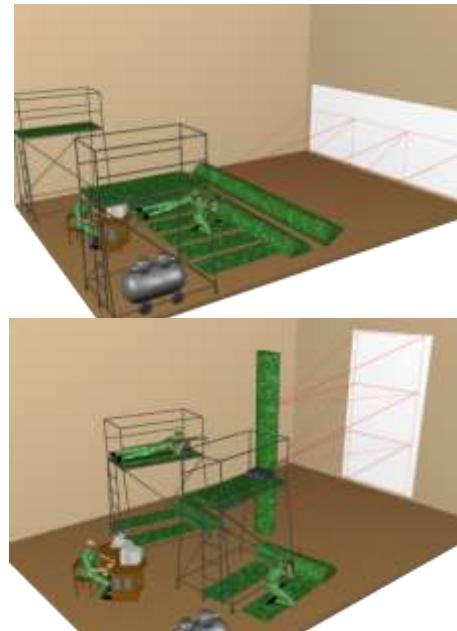


Рис. 4. Равнинный и горный варианты развертывания тренажера

Fig. 4. Flat and mountain versions of simulator deployment

На рис. 5 представлена геометрия получения изображения мишенной обстановки в системе координат тройного экрана (X_3, Y_3) при центральной проекции мишеней с координатами на стрельбище (X, Z) в см на склоне горы (например, на рубежах 300 и 400 м) одинаково для нижнего и для верхнего ярусов в горном варианте с расчетом из подобия треугольников (см. статью С. Ф. Егорова в этом журнале № 1 за 2023 г.):

$$X_3 = W + L_3 \frac{X}{Z} 4.65$$

$$Y_3 = H - (L_3 \frac{BL(X, Z)}{Z} 4.65 + H_3),$$

где 4.65 – количество пикселей экрана в сантиметре; $W=512$ – горизонтальная середина горного экрана в пикселях; $H=2304$ – высота горного экрана в пикселях (может быть и $H=1536$, когда конструктивно всего 2 экрана вверх из-за низких потолков в помещении, например), $BL()$ – функция, возвращающая высоту Y мишени в см над линией прицеливания (ось Z) с учетом высоты стрельбища; $H_3=116.3$ pix – расстояние от нижнего края экрана до оси Z (линии прицеливания) в пикселях; $L_3=500$ см – расстояние до проекционного экрана. Конструктивно экран натянут на установ-

ленную на полу раму и низ изображения выше пола на 15 см, а линия глаз стрелка (ось Z) в положении лежа нижнего яруса считается в 40 см над полом, а верхнего – в 200 см над полом.

Из-за одинаковости изображения мишенной обстановки для нижнего и верхнего ярусов стрелков (изображение мишенной обстановки изначально строится для самого распространенного для упражнений КС положения лежа нижнего яруса) для просчета баллистической кривой приоритетным является угол прицеливания, для чего приходится вводить «фиктивную позицию» стрелка верхнего уровня, т. е. его реальная высота стрельбы

будет зависеть от угла прицеливания и может быть разной для каждого выстрела.

На рис. 5 представлена геометрическая модель получения «фиктивной позиции» верхнего яруса в горном варианте при стрельбе как вниз (на 300 м, фиктивная позиция 1), так и вверх (на 400 м, фиктивная позиция 2). Надо сохранить угол прицеливания и вычислить точку прицеливания в поверхность стрельбища (а точнее высоту) и по ней точку вылета («фиктивную позицию» стрелка), что возможно только с предположением отсутствия в горах складок местности (ориентируемся на регулярный подъем местности без явных «полок», что и наблюдается в действительности в горных стрельбищах тренажера).

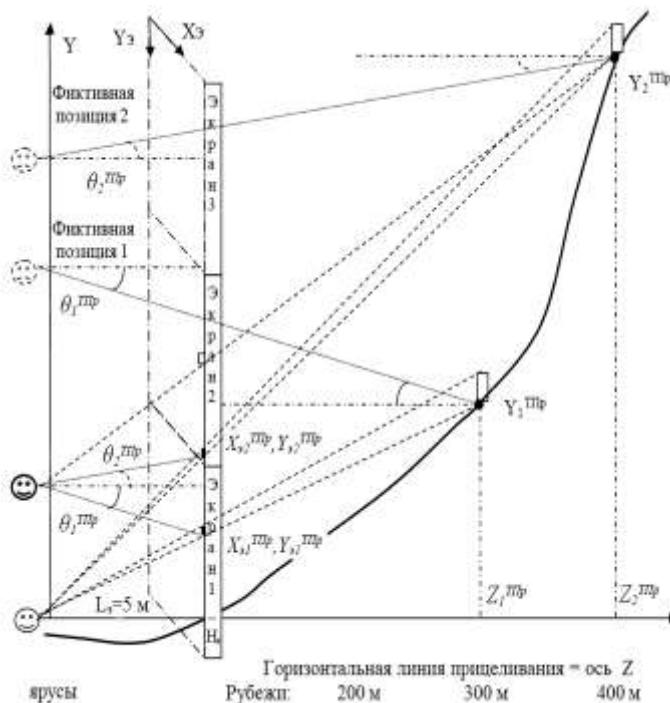


Рис. 5. «Фиктивные позиции» горного варианта

Fig. 5. "Fictitious positions" of the mining option

Высота «фиктивной позиции» вычисляется по углам прицеливания ψ (по горизонтали) и θ (по вертикали) от ТПр (X_3, Y_3), рис. 5 и по высоте на стрельбище мишени $Y_{\text{TPr}}^{\text{ПР}}$ и дальности до нее $Z_{\text{TPr}}^{\text{ПР}}$, точнее не мишени, а ТПр (координаты на экране ТПр ($X_3^{\text{ПР}}, Y_3^{\text{ПР}}$) в дробных пикселях постоянно выдает регистратор точки прицеливания тренажера):

$$\psi^{\text{ПР}} = \arctan \left(\frac{X_3^{\text{ПР}} - 512}{L_3^{\text{pix}}} \right)$$

$$\theta^{\text{ПР}} = \arctan \left(\frac{(2304 - H_3^*) - Y_3^{\text{ПР}}}{L_3^{\text{pix}} / \cos \psi_{\text{ПР}}} \right),$$

где $L_3^{\text{pix}} = 500 * 4.56 = 2280$ пикселей до экрана по горизонтали, а $H_3^* = (200-25) * 4.56 \approx 814$ пикселяй до линии прицеливания верхнего яруса от низа экрана.

$$Y^{\text{ПР}}, Z^{\text{ПР}} = BL^*(X_3^{\text{ПР}}, Y_3^{\text{ПР}}),$$

$$Y_{\phi\pi} = Y^{\text{ПР}} - Z^{\text{ПР}} \operatorname{tg}(\theta^{\text{ПР}}),$$

где BL^* – функция (см. статью Егорова С.Ф. и др. в этом журнале №4 за 2023 г.), возвращающая высоту Y и дальность Z в см на стрельбище точки экрана ($X_3^{\text{ПР}}, Y_3^{\text{ПР}}$) в долях пикселя с учетом высоты рельефа, но эта функция принципиально не гарантирует точные значения, если горный рельеф не монотонно возрастающий (поиск осуществля-

ется методом полного перебора дальностей по описанию рельефа стрельбища до ближайшей высоты соответствующей координатам ТПр). После чего точка прицеливания для верхнего яруса становится $(0, Y_{\text{ФП}}, 0)$ с сохранением угла θ (рис. 5) и превращается в «фиктивную» позицию стрелка.

Кроме такого универсального, но принципиально не очень точного по реализации подхода к математической модели горного варианта, возможен подход с изменением математической модели мишенной обстановки только под верхний ярус (т. е. тренироваться могут только два стрелка на верхних ярусах), когда центральная проекция стрельбища сходится не в точке $(0, 0, 0)$ – лежа внизу, а в точке $(0, 175, 0)$ – лежа вверху.

В этом случае изображения мишеней 1 и 2 (рис. 5, показана только мишень 2) будут выше на экранах и полностью соответствовать углам прицеливания верхнего яруса. Такая реализация горного варианта позволяет, например, выполнять упражнение КС по стрельбе из вертолета вниз по движущимся мишеням (7УУС).

Таким образом, из-за принципиальной невозможности корректной реализации математической модели горного варианта с расположением стрелков как на верхнем ярусе, так и на нижнем в тренажере «Ингибитор» из-за одинакового отображения мишенной обстановки для всех используется постоянное смещение точки центральной проекции только для верхнего яруса на +175 см по Y .

Выводы

Анализ ТТЗ тренажера и программного обеспечения БД показал:

1. ТТЗ выполнено полностью, тренажер «Ингибитор» прошел военную приемку и был принят на вооружение под индексом 1У33 (хотя математическая модель горного варианта реализована с некоторыми ограничениями для верхнего яруса размещения стрелков).

2. Математическая модель базы данных, модифицированная автором для быстродействия и компактности, поддерживает просмотр и анализ результатов стрелковых упражнений, что позволяет следить за прогрессом обучаемых и своевременно корректировать ход обучения на тренажере.

3. После выставления оценки и сохранения результатов упражнений в базе данных возможно в любой момент просмотреть все мишени и выстрелы с ошибками, проследить за динамикой успеваемости по стрелкам, что облегчает анализ эффективности стрелковых тренажеров и автоматически выставляется оценка всему отделению.

4. В условиях войсковых формирований электронный стрелковый тренажер окупается менее чем за год благодаря экономии на боеприпасах (особенно реактивных гранатах) и организационных мероприятиях по выезду 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, что было подтверждено на военной приемке тренажера.

Таким образом, исходя из актуальности дальнейшей разработки и использования электронных стрелковых тренажеров предлагается базироваться на исследованном и испытанном программном обеспечении тренажера «Ингибитор», которое позволяет в том числе сохранять данные стрелковых упражнений в базе с последующим просмотром и анализом.

Библиографические ссылки

1. Muñoz J.E., Pope A.T., Velez L.E. Integrating Bio-cybernetic Adaptation in Virtual Reality Training Concentration and Calmness in Target Shooting. // Physiological Computing Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol 10057. 2019. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27950-9_12.
2. Lábr M., Hagara L. Using open source on multi-parametric measuring system of shooting // ICMT 2019 - 7th International Conference on Military Technologies. DOI: 10.1109/MILTECHS.2019.8870093.
3. Fan YC., Wen CY. A Virtual Reality Soldier Simulator with Body Area Networks for Team Training // SENSORS. 2019, vol. 19, no. 451. DOI: 10.3390/s19030451.
4. de Armas C., Tori R., Netto A. V. Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review // Multimed Tools Appl. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08141-8>.
5. Fedaravičius A., Pilkauskas K., Slizys E., Survila A. Research and development of training pistols for laser shooting simulation system // Defence Technology. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.06.018>.
6. Maciejewski M., Piszczeck M., Pomianek, M., Palka N. Optoelectronic tracking system for shooting simulator - tests in a virtual reality application // PHOTONICS LETTERS OF POLAND. 2020, vol. 12, no. 2, pp. 61-63. DOI: 10.4302/plp.v12i2.1025.
7. Taylor P. Dispatch Priming and the Police Decision to Use Deadly Force // POLICE QUARTERLY. 2020, vol. 23, no. 3, pp. 311-332. DOI: 10.1177/1098611119896653.
8. Maciejewski M., Piszczeck M., Pomianek M., Palka N. Design and Evaluation of a SteamVR Tracker for Training Applications – Simulations and Measurements // METROLOGY AND MEASUREMENT SYSTEMS. 2020, vol. 27, no. 4, pp. 601-614. DOI: 10.24425/mms.2020.134841.

9. Егоров С. Ф. Семейство электронных стрелковых тренажеров «СТрИж»: уровни реализации и структура свободного программного обеспечения // Приборы и методы измерений. 2023. Т. 14. № 4. С. 251–267. DOI: 10.21122/2220-9506-2023-14-4-251-267. EDN: OXELHB.
10. Егоров С. Ф. Семейство электронных стрелковых тренажеров «СТрИж»: исследование математических моделей регистраторов точки прицеливания начального и базового уровней // Приборы и методы измерений. 2024. Т. 15. № 4. С. 295–306. DOI: 10.21122/2220-9506-2024-15-4-295-306. EDN: JXJDGU.
11. Жемчужников А. В. Современное состояние и перспективы технического развития электронных стрелковых комплексов // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2021. № 4 (4). С. 116–119. EDN: HEYJEY.
12. Коряковцев Д. А., Плецков А. В., Гурылев В. И. Использование стрелковых тренажеров на занятиях по огневой подготовке в образовательных организациях МВД России // Эпоха науки. 2021. № 25. С. 96–98. DOI: 10.24412/2409-3203-2021-25-96-98. EDN: USWHDY.
13. Першин А. Т., Большакова В. А., Гусевская К. С. Использование стрелковых тренажеров «Рубин» в профессиональной подготовке сотрудников полиции // Символ науки: международный научный журнал. 2021. № 4. С. 101–103. EDN: MPETNB.
14. Юрков М. Н. Применение современных стрелковых тренажеров при проведении занятий по огневой подготовки курсантов образовательных учреждений ФСИН России // Молодой ученый. 2021. № 5 (347). С. 374–375. EDN: KAXZNC.
15. Огрыза А. В., Ульрих С. А., Таран А. Н. Практическая значимость использования электронных тренажеров на занятиях по огневой подготовке // Евразийский юридический журнал. 2022. № 1 (164). С. 419–420. EDN: QBM CZQ.
16. Иньшин Ю. Ю., Липаткин А. В. Стрелять хорошо и много: инновационные подходы в обучении курсантов стрельбе с использованием боевого лазерного интерактивного высокоточного комплекса «БЛИК-ВТ» // Вестник военного образования. 2022. № 3 (36). С. 28–33. EDN: RRPXMR.
17. Моисеенко А. А., Еноткина Д. М. Применение инновационных технологий в процессе обучения огневой подготовке курсантов и слушателей образовательных организаций МВД России // Вестник Барнаульского юридического института МВД России. 2023. № 1 (44). С. 343–346. EDN: RAHWJK.
18. Горлов О. Ю. Методика разработки упражнений учебных стрельб из пистолета в типовых ситуациях служебной деятельности (на примере охранно-конвойных подразделений полиции) // Полицейская деятельность. 2023. № 1. С. 43–54. DOI: 10.7256/2454-0692.2023.1.38047. EDN: EVSCAQ.
19. Булавин А. А., Ватылев Г. М. Внедрение игрового и соревновательного методов обучения в практические занятия по огневой подготовке со слушателями УИС // Вестник МПА ВПА (сборник научных трудов). 2023. № 3. С. 132–137. EDN: GOIZVN.
20. Митрофанов О. А., Безнедельный С. В., Воеводин А. А. Разработка комплекса мер по актуализации и совершенствованию обучения сотрудников МЧС огневой подготовке // Современный ученый. 2024. № 1. С. 206–211. EDN: GPILIM.
21. Рожков И. А. Тир в школе // Директор школы. 2024. № 2 (285). С. 74–80. EDN: JFGRMR.
22. Викторов А. А. Анализ материально-технического обеспечения дисциплины «огневая подготовка» // Символ науки: международный научный журнал. 2024. Т. 1. № 3-2. С. 139–143. EDN: NIRMU.
23. Воробьева С. М. Развитие массового студенческого спорта на примере секции пулевой стрельбы Московского авиационного института // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2024. № 11. С. 68–74. DOI: 10.24412/2305-8404-2024-11-68-74. EDN: LYPGVA.
24. Петрушин А. В. Совершенствование качества стрельбы из положения стоя у квалифицированных биатлонистов с использованием стрелкового тренажера СКАТ // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2024. № 8. С. 166–169. EDN: ZQHOEV.
25. Егоров С. Ф. Стрелковый тренажер «Ингебитор»: функциональная схема программного обеспечения // Интеллектуальные системы в производстве. 2019. Т. 17, № 2. С. 19–29. DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-19-29. EDN: CWOBMI.
26. Егоров С. Ф. Стрелковый тренажер «Ингебитор»: функциональная схема программного обеспечения // Интеллектуальные системы в производстве. 2019. Т. 17, № 2. С. 19–29. DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-19-29. EDN: CWOBMI.
27. Аминов И. Р., Казаков В. С., Егоров С. Ф. Военная тактика в стрелковых тренажерах // Высокие технологии - 2004. Сб. тр. науч.-техн. форума с междунар. участием : в 4 ч. Ч. 3. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. С. 9–11.

References

1. Muñoz J.E., Pope A.T., Velez L.E. Integrating Biocybernetic Adaptation in Virtual Reality Training Concentration and Calmness in Target Shooting. Physiological Computing Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol 10057. 2019. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27950-9_12.
2. Lábr M., Hagara L. Using open source on multiparametric measuring system of shooting. ICMT 2019 - 7th International Conference on Military Technologies. DOI: 10.1109/MILTECHS.2019.8870093.
3. Fan YC., Wen CY. A Virtual Reality Soldier Simulator with Body Area Networks for Team Training. SENSORS. 2019, vol. 19, no. 451. DOI: 10.3390/s19030451.
4. de Armas C., Tori R., Netto A. V. Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review. Multimed

- Tools Appl. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08141-8>.
5. Fedaravičius A., Pilkauskas K., Slizys E., Survila A. Research and development of training pistols for laser shooting simulation system. Defence Technology. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.06.018>.
6. Maciejewski M., Piszczek M., Pomianek, M., Palka N. Optoelectronic tracking system for shooting simulator - tests in a virtual reality application. PHOTONICS LETTERS OF POLAND. 2020, vol. 12, no. 2, pp. 61-63. DOI: 10.4302/plp.v12i2.1025.
7. Taylor P. Dispatch Priming and the Police Decision to Use Deadly Force. POLICE QUARTERLY. 2020, vol. 23, no. 3, pp. 311-332 (1098611119896653). DOI: 10.1177/1098611119896653.
8. Maciejewski M., Piszczek M., Pomianek M., Palka N. Design and Evaluation of a SteamVR Tracker for Training Applications – Simulations and Measurements. METROLOGY AND MEASUREMENT SYSTEMS. 2020, vol. 27, no. 4, pp. 601-614. DOI: 10.24425/mms.2020.134841.
9. Egorov S.F. Semeistvo elektronnykh strelkovykh trenazherov «STrIzh»: urovni realizatsii i struktura svobodnogo programmnogo obespecheniya [Family of electronic shooting simulators «STrIzh»: levels of implementation and structure of free software] Pribyr i metody izmerenii. 2023, vol. 14, no. 4, pp. 251-267 (in Russ.). DOI: 10.21122/2220-9506-2023-14-4-251-267. EDN: OXELHB.
10. Egorov S.F. Semeistvo elektronnykh strelkovykh trenazherov «STrIzh»: issledovanie matematicheskikh modeli registratorov tochki pritselivaniya nachal'nogo i bazo-vogo urovnei [Research of Mathematical Models of Target Point Determiners of Entry and Basic Levels] Pribyr i metody izmerenii. 2024, vol. 15, no. 4, pp. 295-306 (in Russ.). DOI: 10.21122/2220-9506-2024-15-4-295-306. EDN: JXJDGU.
11. Zhemchuzhnikov A.V. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy tekhnicheskogo razvitiya elektronnykh strelkovykh kompleksov [The current state and prospects for the technical development of electronic rifle complexes] Al'manakh Permskogo voennogo instituta voisk natsional'noi gvardii. 2021, no. 4 (4), pp. 116-119 (in Russ.). EDN: HEYJEY.
12. Koryakovtsev D.A., Pleshkov A.V., Gurylev V.I. Ispol'zovanie strelkovykh trenazherov na zanyatiyakh po ognevoi podgotovke v obrazovatel'nykh organizatsiyakh MVD Rossii [The use of shooting simulators in fire training classes in educational organizations of the MIA of Russia] Epokha nauki. 2021, no. 25, pp. 96-98 (in Russ.) DOI: 10.24412/2409-3203-2021-25-96-98. EDN: USWHDY.
13. Pershin A.T., Bol'shakova V.A., Gusevskaya K.S. Ispol'zovanie strelkovykh trenazherov «Rubin» v professional'noi podgotovke sotrudnikov politsei [The use of «Rubin» rifle simulators in the professional training of police officers] Simvol nauki: mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal. 2021, no. № 4, pp. 101-103 (in Russ.). EDN: MPETNB.
14. Yurkov M.N. Primenenie sovremennykh strelkovykh trenazherov pri provedenii zanyatii po ognevoi podgotovki kursantov obrazovatel'nykh uchrezhdenii FSIN Rossii [The use of modern shooting simulators when conducting fire training classes for cadets of educational institutions of the FPS of Russia] Molodoi uchenyi. 2021, no. № 5 (347), pp. 374-375 (in Russ.). EDN: KAXZNC.
15. Ogryza A.V., Ul'rikh S.A., Taran A.N. Prakticheskaya znachimost' ispol'zovaniya elektronnykh trenazherov na zanyatiyakh po ognevoi podgotovke [Practical significance of using electronic simulators in fire training classes] Evraziiskii yuridicheskii zhurnal. 2022, no. № 1 (164). pp. 419-420 (in Russ.). EDN: QBMCZQ.
16. In'shin Yu.Yu., Lipatkin A.V. Strelyat' khoro-sho i mnogo innovatsionnye podkhody v obuchenii kursantov strel'be s ispol'zovaniem boevogo lazernogo interaktivnogo vy-sokotochnogo kompleksa «BLIK-VT» [Shoot well and many innovative approaches in training cadets in shooting using the combat laser interactive high-precision complex "BLIK-VT"] Vestnik voennogo obrazovaniya. 2022, no. 3 (36). pp. 28-33 (in Russ.). EDN: RRPXMR.
17. Moiseenko A.A., Enotkina D.M. Primenenie innovatsionnykh tekhnologii v protsesse obucheniya ognevoi podgotovke kursantov i slushatelei obrazovatel'nykh organizatsii MVD Rossii [The use of innovative technologies in the process of training in the fire training of cadets and students of educational organizations of the MIA of Russia] Vestnik Barnaul'skogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. 2023, no. 1 (44), pp. 343-346 (in Russ.). EDN: RAHWJK.
18. Gorlov O.Yu. Metodika razrabotki uprashnenii uchebnykh strel'b iz pistoleta v tipovykh situatsiyakh sluzhebnoi deyatelnosti (na primere okhranno-konvoinykh podrazdelenii politsei) [Methodology for the development of training exercises from a pistol in typical situations of official activity (using the example of security and escort police units)] Politseiskaya deyatelnost'. 2023, no. 1, pp. 43-54 (in Russ.). DOI: 10.7256/2454-0692.2023.1.38047. EDN: EVSCAQ.
19. Bulavin A.A., Vatylev G.M. Vnedrenie igro-vogo i sorevnovatel'nogo metodov obucheniya v prakticheskie zanyatiya po ognevoi podgotovke so slushatelyami UIS [Implementation of game and competitive training methods in practical fire training sessions with UIS students] Vestnik MPA VPA (sbornik nauchnykh trudov). 2023, no. 3, pp. 132-137 (in Russ.). EDN: GOIZVN.
20. Mitrofanov O.A., Beznedel'nyi S.V., Voevodin A.A. Razrabotka kompleksa mer po aktualizatsii i sovershenstvovaniyu obucheniya sotrudnikov MChS ognevoi podgotovke [Development of a set of measures to update and improve the training of employees of the Ministry of Emergency Situations in fire training] Sovremennyi uchenyi. 2024, no. 1, pp. 206-211 (in Russ.). EDN: GPILIM.
21. Rozhkov I.A. Tir v shkole [Tire at school] Direktor shkoly. 2024, no. 1, pp. 74-80 (in Russ.). EDN: JFGRMR.

22. Viktorov A.A. *Analiz material'no-tehnicheskogo obespecheniya distsipliny «ognevaya podgotovka»* [Analysis of material and technical support of the discipline "Fire training"] *Simvol nauki: mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*. 2024, vol. 1, no. № 3-2, pp. 139-143 (in Russ.). EDN: NIRMU.
23. Vorob'eva S.M. *Razvitiye massovogo studencheskogo sporta na primere sektssi pulevoi strel'by Moskovskogo aviationsonnogo instituta* [The development of mass university sports on the example of the bullet shooting section of the Moscow Aviation Institute] *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport*. 2024, no. 1, pp. 68-74 (in Russ.). DOI: 10.24412/2305-8404-2024-11-68-74. EDN: LYPGVA.
24. Petrushin A.V. *Sovershenstvovanie kachestva strel'by iz polozheniya stoya u kvalifitsirovannykh biatlonistov s ispol'zovaniem strelkovogo trenazhera SKATT* [Improving the quality of shooting from a standing position among qualified biathletes using the SKATT shooting simulator] *Uchenye zapiski universi-*
- teta imeni P.F. Lesgafta*. 2024, no. 8, pp. 166-169 (in Russ.). EDN: ZQHOEV.
25. Egorov S.F. *Strelkovyi trenazher «Ingibitor»: funktsional'naya skhema programmnogo obespecheniya* [Shooting simulator «Inhibitor»: functional diagram of the software]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2019, vol. 17, no. 2, pp. 19-29 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-19-29. EDN: CWOBMI.
26. Egorov S.F. *Strelkovyi trenazher «Ingibitor»: funktsional'naya skhema programmnogo obespecheniya* [Shooting simulator «Inhibitor»: functional diagram of the software]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2019, vol. 17, no. 2, pp. 19-29 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-19-29. EDN: CWOBMI.
27. Aminov I.R., Kazakov V.S., Egorov S.F. *Voennaya taktika v strelkovykh trenazherakh* [Military tactics in shooting simulators]. *Vysokie tekhnologii - 2004* [High Technology - 2004] Izhevsk, 2004, vol. 4, pp. 9-11 (in Russ.).

* * *

Shooting Simulator «Inhibitor»: Technical Assignment Analysis

S. F. Egorov, PhD in Engineering, Associate Professor; Senior Scientific Associate,
Udmurt Federal Research Center UB RAS

The structure of the software of the shooting simulator, including the database of exercises for monitoring academic performance, is described and an analysis of the tactical and technical task is carried out with proposals for improving the optoelectronic shooting simulator "Inhibitor" developed—at Institute of mechanics UdmFRC UB RAS and at Computer facilities department of Kalashnikov ISTU jointly with JSC «Kalashnikov Concern». Analysis of the tactical and technical task for the simulator showed that all items out of 33 were fully completed, except for two. One (displaying the smoke effects of a grenade launcher shot) was completely removed from the requirements due to high resource intensity, the other (supporting the upper tier for placing shooters of the mountain version of the simulator deployment) was made conditionally due to the fundamental impossibility of displaying a simultaneous target situation for the upper and lower tiers. Two mathematical models of the mountain variant are studied: with the "fictitious" position of the upper-level shooter and with a change in the projection of the target situation only for the upper tier. From the experience of operating the simulator, plans are formulated for modernization (simplified version for 2-3 jobs, expansion of the range of supported weapons) and improvement (mobile simulator with virtual reality elements). The description of the last component of the simulator software is given - the structure of the database of shooting exercises with the interface of analysis of results and printout of protocols. The literature review confirms the promise of further research and development of electronic shooting simulators through the improvement of computing tools and the development of software libraries in order to increase the information accessibility of the results of shooting exercises for analysis. It is necessary to constantly expand the capabilities of electronic shooting simulators and reduce the cost, and, therefore, increase their competitiveness

Keywords: shooting simulator, database, exercise assessment, mountain variant, simulator efficiency.

Получено: 31.03.25

Образец цитирования

Егоров С. Ф. Стрелковый тренажер «Ингибитор»: анализ технического задания // Интеллектуальные системы в производстве. 2025. Т. 23, № 3. С. 50–62. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-2-50-62.

For Citation

Egorov S.F. [Shooting simulator «inhibitor»: technical assignment analysis]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2025, vol. 23, no. 2, pp. 50-62. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-50-62.