

## Список литературы

1. Световая мишень : пат. 2213320 Рос. Федерация : МПК7 F41J005/02 / Афанасьева Н. Ю., Веркиенко Ю. В., Казаков В. С., Коробейников В. В. ; заявитель и патентообладатель Ин-т прикладной механики УрО РАН. – № 2002116940/02 ; заявл. 24.06.02 ; опубл. 27.09.03.
2. *Кортаев В. Н., Аминов И. Р., Афанасьева Н. Ю.* Уменьшение погрешности световой мишени из-за нутации полета тела // Вестн. ИжГТУ. – 2007. – № 1. – С. 26–29.
3. АКТАКОМ – Измерительные приборы, паяльное оборудование, промышленная мебель. URL: <http://www.aktakom.ru/> (дата обращения: 22.10.2010).
4. USB осциллографы, портативные осциллографы, генераторы, логические анализаторы Qingdap Hantek Electronic Co. Ltd. URL: <http://www.hantek.ru/> (дата обращения: 22.10.2010).

\* \* \*

*V. S. Kazakov*, Candidate of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
*S. V. Kazakov*, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS

## Development of Measuring Systems for Small-Arms Weapon on Modern Technological Basis

*Engineering solutions for construction of information and measuring systems for small-arms weapon on modern technological basis are considered. Application of a virtual digital oscilloscope for measuring is described.*

**Keywords:** information and measuring systems, automated target, virtual oscilloscope, bullet weapon, small-arms weapon

Получено 21.10.10

УДК 623.592

*V. S. Kazakov*, кандидат технических наук, профессор;  
 Ижевский государственный технический университет  
*V. V. Korobeynikov*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;  
*S. F. Egorov*, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник;  
 Институт прикладной механики Уральского отделения РАН  
*I. G. Kornilov*, кандидат технических наук, доцент  
 Ижевский государственный технический университет

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СТРЕЛКОВЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

*Формулируются требования к современному электронному стрелковому тренажеру. Приводятся возможные технические решения и дальнейшие перспективы развития тренажеров.*

**Ключевые слова:** стрелковый тренажер, мишенная обстановка, имитация стрельбы

Стрелковые тренажеры являются обязательным атрибутом современной Российской армии. Каждый вид стрелкового оружия, согласно российскому законодательству, требует принятия на вооружение и соответствующего тренажера (с учетом всех типов прицелов и боеприпасов). В большинстве своем в воинских частях присутствуют механические тренажеры, но в настоящее время все активнее внедряются и электронные.

Отличительными особенностями электронных тренажеров являются наличие на имитаторе оружия всевозможных датчиков для контроля за состоянием оружия, полная имитация действий при оружии (заряжение, прицеливание, процесс стрель-

бы с ходом подвижных частей и отдачей, разряжение оружия) с обязательной фиксацией ошибок («срыв», «свал», «гуляющий» прицел и т. п.), реалистичная имитация мишенной обстановки и эффектов боя средствами 3D-графики (на большом проекционном экране или на индивидуальных очках).

Кроме того, современный тренажер должен обеспечивать тактическое взаимодействие внутри отделения при разведке местности, в обороне и наступлении, что требует современной технической базы с использованием беспроводных интерфейсов и полностью носимого комплекта поддержки имитаторов оружия, не ограничивающих передвижение обучаемых.

Датчики фиксации состояния имитатора оружия необходимо делать бесконтактными (например, на датчиках Холла) для повышения надежности и ресурсоемкости и использовать цифровые беспроводные интерфейсы связи (например, Bluetooth v2.0+EDR) для передачи информации на головной компьютер. Также на имитаторе оружия необходимо размещать контроллер с автономным источником питания, и все это не должно нарушать массогабаритных характеристик имитатора оружия и не препятствовать ходу подвижных частей при имитации стрельбы. На данный момент развития технических средств решение этой задачи является реальным.

Для повышения возможностей обучения необходимо контролировать на имитаторе оружия с частотой 100 Гц и на протяжении 0,2...1 секунды до и после выстрела следующие параметры, сильно влияющие на точность стрельбы:

- 1) траекторию прицеливания до момента выхода пули из ствола;
- 2) скорость нажатия на спусковой крючок (так называемый срыв);
- 3) усилие прижатия приклада к плечу;
- 4) угол свала оружия (отклонения от вертикали).

Анализ этих параметров позволяет выявлять основные ошибки обучаемых, а динамический контроль облегчает выработку правильных навыков.

Отдачу оружия при стрельбе рекомендуется делать на пневматическом приводе, а значит, необходимо размещать на имитаторе оружия баллон со сжатым воздухом и систему управления (например, в магазине имитатора). Решить эту задачу не нарушая массогабаритных характеристик имитатора оружия и поддерживая уровень отдачи в 60 % от реальной (стандартные требования к стрелковым тренажерам) на сегодняшний момент затруднительно. Но ограничив уровень отдачи 20...30 % от реальной и количество выстрелов 30 можно уложиться в вышеперечисленные ограничения.

Для реализации процесса стрельбы в тренажере необходимо фиксировать положение точки прицеливания оружия. Для задания точки прицеливания рекомендуется использовать инфракрасный лазер, а для регистрации его пятна на проекционном экране с мишенной обстановкой использовать быстродействующие видеокамеры или фоточувствительные линейки и соответствующий контроллер, распознающий координаты пятна в реальном времени. Для современного стрелкового оружия фиксировать точку прицеливания необходимо с частотой не менее 100 Гц и точностью не менее 0,3 тысячных деления угломера. Разработка соответствующего контроллера лазерного излучателя и регистратора пятна для всего отделения (в режиме разделения времени, когда частота опроса достигает 1 кГц) является нетривиальной технической задачей и в настоящее время решена авторами.

Проекционный экран с обзором не менее 60° по горизонтали и 16° по вертикали, расположенный на расстоянии 5,5...6 м от обучаемых, позволяет реализовать имитацию реалистичной мишенной обстановки и обеспечить реальный процесс прицеливания. Для формирования изображения на экране необходимы в этом слу-

чае три современных проектора. Управляющий компьютер формирует панорамную картину стрельбища в 3D-режиме, позволяет перемещать «точку зрения», имитируя нахождение обучаемых на движущейся бронетехнике или в вертолете (в последнем случае в состав тренажера включают специальные фермы для размещения обучаемых на высоте около 2 м).

При формировании мишенной обстановки [1] сначала прорисовывается фоновая местность (это может быть и обычная фотография реального стрельбища или другой тренировочной обстановки). Затем на нее накладываются местные предметы (здания, деревья, укрытия и т. п.), за которыми могут прятаться цели (при этом некоторые укрытия могут быть пулепроницаемыми, как, например, кусты). Деревья и кусты (а также дымы) должны колыхаться от ветра в зависимости от его силы, что позволяет делать соответствующие упреждения и вырабатывать правильные навыки стрельбы. Кроме местных предметов, на местности могут появляться и исчезать специальные эффекты боя (туман, сносимые дымовые завесы, разрывы от гранат и фонтанчики от пуль и т. п.). Последними накладываются мишени и цели. Далее общая картина размывается в зависимости от дальности до объектов (накладывается «дымка»), а также проводится коррекция яркости изображения для имитации времени суток (день/ночь). Подобная коррекция повышает реалистичность изображения и позволяет отрабатывать обучаемыми упражнения ночных стрельб (при которых может использоваться также имитация подсветки местности осветительными ракетами и другие способы демаскировки целей).

Мишени и цели должны появляться и исчезать на местности на заданное время, передвигаться по заданным траекториям с указанной скоростью. При поражении (можно задать, после какого числа попаданий) мишени должны исчезать, а цели оставлять после себя метки. Для целей необходимо различать фатальные (смертельные) попадания и ранения (несколько ранений могут стать фатальными). При стрельбе по специальным мишеням должно фиксироваться количество выбитых очков. Кроме этого, для повышения реалистичности, цели могут вести ответный огонь, приседать, залегать, переползать, а также уклоняться от близких промахов.

Кроме обычных целей, для стрельбы из гранатометов необходима и реалистично прорисованная бронетехника. Кроме внешнего вида и движения, требуется имитировать звук двигателя, выхлопные дымы, ответные выстрелы, взрыв и горение при поражении.

Во время учебного занятия необходимо в реальном времени отображать для обучаемых текущие попадания/промахи с возможными ошибками прицеливания для коррекции дальнейшей стрельбы и быстрого закрепления правильных навыков.

Для полной имитации присутствия на поле боя необходимо звуковое сопровождение. Стереозвук требуется подавать как на индивидуальные шлемофоны обучаемых, так и на стереоколонки, размещенные у проекционного экрана. Звуковое сопровождение должно включать стереозвук собственного выстрела и выстрелов других обучаемых с возможностью определения направления на источник звука (локальный звук). Кроме этого должны воспроизводиться звуковые эффекты боя (глобальный звук): фоновые звуки местности, звуки от разрыва боеприпасов, шум мотора бронетехники с учетом законов восприятия (задержка возникновения звука в зависимости от дальности до источника, ослабление громкости от дальности, стереокартина по направлению на источник звука).

Программное обеспечение тренажера должно содержать базу упражнений и формировать базу результатов стрельб по обучаемым с сохранением всех «ошиб-

бок» и возможностью их просмотра и анализа. Кроме этого необходимо предоставить возможность руководителю занятий создавать свои собственные упражнения, используя базу фонов стрельбищ, местных предметов, мишеней, целей и эффектов боя. Может пригодиться и режим видеоупражнений, когда руководитель обучения самостоятельно снимает на видеокамеру актерскую имитацию боевой обстановки на ограниченном пространстве (засада, проникновение на охраняемый объект, захват поста под прикрытием, нападение на охранников и т. п.) с разветвлением сюжета и проигрывает ее после некоторой обработки на тренажере. При этом упражнении необходимо быстро выявить объекты, идентифицировать противника, поразить цели и не поразить «своих».

Кроме решения научно-исследовательских задач, при проектировании стрелковых тренажеров встречается множество прикладных проблем. Так, при производстве и отладке макетных образцов тренажера предыдущего поколения (см. рис.) вскрылись следующие недостатки первоначального проекта [2]:

1) перекрытие рабочих диапазонов излучения современных проекторов и лазеров не позволяло надежно идентифицировать координаты пятна (проблема решилась выбором проекторов жидкокристаллического типа и использованием на объективах специальных фильтров);

2) взаимовлияние аналоговых мультисканальных линий передачи приводило к помехам (проблема решилась переходом на цифровые линии и физическим разнесением линий передачи);

3) низкий ресурс имитаторов оружия при использовании уровня отдачи в 60 % от реальной (для решения рекомендовано увеличить состав ЗИП для имитаторов оружия и написать подробную инструкцию по ремонту, повысить надежность датчиков);

4) высокая зависимость точности регистратора пятна лазера от жесткости конструкции экрана и несущей фермы (для решения рекомендовано закреплять экран и ферму на распорках и ежедневно использовать юстировку регистратора).



Внешний вид разработанного авторами и принятого на вооружение оптико-электронного тренажера 1У33 стрелкового оружия, гранатометов и огнеметов

В настоящее время Институт прикладной механики УрО РАН совместно с ОАО «Концерн „Ижмаш“» и Ижевским государственным техническим университетом проводит исследования по проработке структуры современного электронного стрелкового тренажера.

В перспективе планируется разработка полностью автономного индивидуально-беспроводного тренажера с использованием проекционных очков для формирования изображения, с размещением обучаемого во вращающейся сфере на роликах для фиксации перемещения и использующего гироскопы на каске и имитаторе оружия для фиксации направления взгляда обучаемого и линии прицеливания. Подобные тренажеры будут объединены в сеть для моделирования боевого взаимодействия армейских подразделений.

#### Список литературы

1. Егоров С. Ф., Казаков С. В. Моделирование мишенной обстановки и спецэффектов в стрелковом тренажере // Информационные системы в промышленности и образовании : сб. тр. молодых ученых / Ижев. гос. техн. ун-т. – Ижевск : ИПМ УрО РАН, 2008. – Вып. 3. – С. 66–67.
2. Тренажер оптико-электронный для стрелкового оружия / Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, В. В. Коробейников и др. // Вестн. Акад. воен. наук. – 2008. – № 4. – С. 84–89.

\* \* \*

*V. S. Kazakov*, Candidate of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
*V. V. Korobeynikov*, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS

*S. F. Egorov*, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS

*I. G. Kornilov*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

#### Development Prospects of Electronic Small-Arms Training Systems

*Requirements to modern electronic small-arms training systems are formulated. Possible technical solutions and development prospects of the training systems are presented.*

**Keywords:** small-arms training system, targets conditions, shooting imitation

Получено 27.10.10

УДК 621.396.2

*Е. А. Кытин*, соискатель;

*В. Е. Лялин*, доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор  
 Ижевский государственный технический университет

#### СИНТЕЗ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ И ФАЗОКОРРЕКТИРУЮЩИХ ЦЕПЕЙ РАДИОТЕЛЕФОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ЧАСТОТ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ

*Рассмотрено решение задачи синтеза параметров фазокорректирующей цепи, линеаризующей рабочий участок зависимости группового времени запаздывания на основе предложенных математических критериев для верификации расположения нулей и полюсов передаточной функции фазокорректирующей цепи относительно частотных областей.*

**Ключевые слова:** фазокорректирующая цепь, полосовые фильтры, синтез параметров

**Постановка задачи.** Задача рационального расположения собственных частот фазокорректирующих цепей в соответствии с заданной характеристикой группово-