

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПАРАШЮТИСТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЕМ УЧЕБНЫХ СЦЕНАРИЕВ В ПЕРСПЕКТИВНОМ ОБЛИКЕ ТРЕНАЖЕРА

A SYSTEM OF AUTOMATED ASSESSMENT OF THE PARATROOPER ACTIVITY TO MANAGE THE TRAINING PROCESS IN SIMULATORS OF THE FUTURE

V. Abanin

*Summary.* The problematic issues in the development of automated assessment system are considered. The algorithmic diagram for controlling the training process is presented. The mathematically expressed inequality characterizes the fact of leaving the cone of the canopy capabilities by a trained paratrooper.

*Keywords:* automated assessment system, objective control system, prospective simulator, mastering of the planning special-purpose parachute system, training process.

Абанин Владислав Сергеевич

К.т.н., профессор, Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище  
vlad-ac@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрены проблемные вопросы при разработке системы автоматизированной оценки, представлена алгоритмическая схема управления содержанием тренажей, математически выражено неравенство, характеризующее факт выхода обучаемого парашютиста из конуса возможностей купола.

*Ключевые слова:* система автоматизированной оценки, система объективного контроля, перспективный тренажер, освоение планирующей парашютной системы специального назначения, содержание тренажей.

## Введение

Процесс подготовки парашютиста (П) с использованием тренажерного средства при освоении планирующей парашютной системы специального назначения (ППС СпН) можно рассмотреть как сложную систему, направленную на эффективное использование времени работы учебного средства. В последнее время широкое использование мультимедийных средств в учебном процессе значительно упрощают подготовку в целом. Широко применяются так называемые симуляторы [1]. Однако, их отличие от тренажеров заключается в том, что перед симулятором не ставится задача контроля качества обучения специалиста. Следовательно, для тренажеров требуется разработка системы автоматизации оценки и управления учебными сценариями. Вопросам повышения эффективности работы моделирующих устройств и посвящена данная статья.

Обобщенную структуру исходных данных о любом упражнении, отрабатываемом на тренажере освоения ППС СпН с позиции общей теории систем можно описать следующим отношением [195 2]:

$$U_u^S = U_u^{ynp} \times U_u^{zl} \times U_u^{ych} \times U_u^{on} \quad (1)$$

где  $U_u^{ynp}$  — множество формальных отношений (МФО), характеризующие упражнения в целом;

$U_u^{zl}$  — МФО, характеризующие элементы упражнения;  
 $U_u^{ych}$  — МФО, характеризующие участки элементов;  
 $U_u^{on}$  — МФО, характеризующие параметры, оцениваемые на участках элементов упражнения.

Принцип целостности требует организации ее структуры на основе подсистем, каждая из которых обладает системным свойством.

В данном случае, под системным свойством понимается такое свойство, при потере которого система не способна выполнять возложенные на нее функции. С точки зрения динамического описания системы объективного контроля (СОК) эти принципы могут быть соблюдены, если множества состояний входящих элементов будут удовлетворять следующему принципу организации ее структуры: при сохранении целостности состояния СОК, как конечного автомата, ее структурная организация должна обеспечивать такое конструирование текущего состояния автомата, при котором реализуется конкретно необходимые в данный момент функции. Такой принцип структурной организации называют функционально-модульным, а метод, реализующий данный принцип называется функционально-модульным методом организации структуры СОК. Данный метод предполагает построение структуры СОК на основе автономных модулей, каждый из которых ориентирован на реализацию

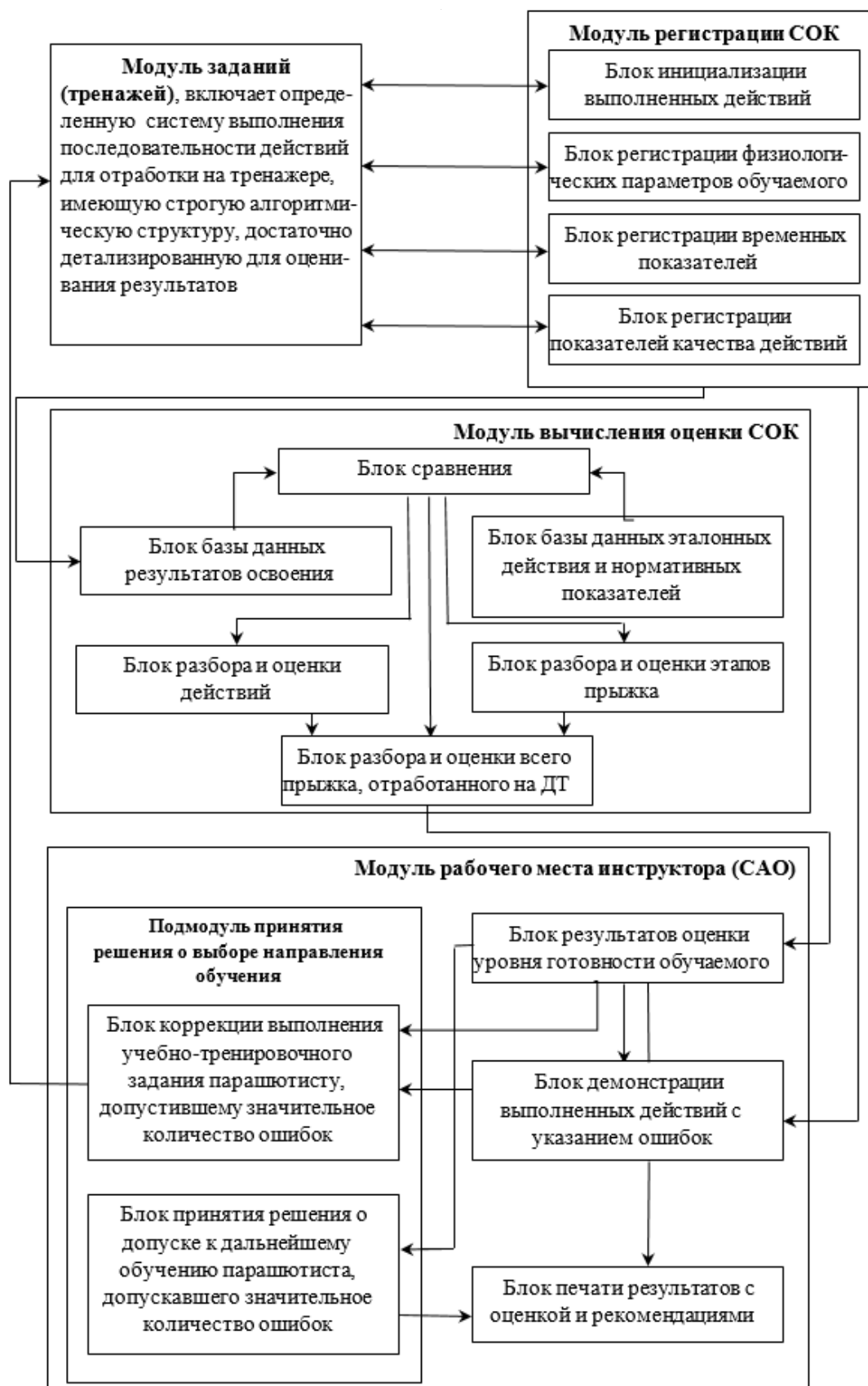


Рис. 1. Принципиальная модульная структура взаимосвязей СОК и САО при отработке учебно-тренировочных заданий на тренажере

одного из методов, применяемых для автоматизированного решения СОК задач.

В постоянном взаимодействии с СОК функционирует и система автоматизированного обучения (САО). Обычно ее роль выполняет инструктор, управляющий общим планом подготовки П. В смежных отраслях существуют автоматизированные системы управления сценариями подготовки, например, в тренажерах и симуляторах летного состава. Все это существенно понижает роль человеческого фактора специалиста на рабочем месте инструктора тренажера при неэффективном выборе дальнейшего плана подготовки П.

Графически можно представить иерархию уровней оценивания подготовки П на динамическом тренажере (рис. 1).

При отработке учебно-тренировочных заданий (УТЗ) на тренажере (содержание, структура их и уровень сложности задается в модуле заданий (тренажер); модуль регистрации системы объективного контроля фиксирует через соответствующие блоки ход выполнения действий, физиологические параметры П, временные показатели действий и прочие показатели качества действий (к ним относятся и данные о интенсивности перемещений частей тела П).

Далее, вся эта получаемая информация с рабочего места обучаемого (после выполненного упражнения П) поступает на блок базы данных результатов освоения модуля вычисления оценки СОК.

В блоке базы данных эталонных действий и нормативных показателей размещены сведения об эталонной деятельности П при управлении ППС СпН, допустимые показатели временных отклонений в зависимости от уровня готовности обучаемого. Методика формирования сведений и об эталонной деятельности более подробно представлена в работах [3,4,5].

В блоке сравнения модуля вычисления оценки СОК сопоставляются показатели и принимается решение о допущенных ошибках при выполнении действий, этапов и всего прыжка в целом.

Полученные данные от модуля вычисления оценки СОК поступают на блок результатов оценки уровня готовности обучаемого модуля рабочего места инструктора (САО). В этом блоке определяется уровень успешности подготовки, степень влияния допущенных ошибок на формируемый уровень готовности. При превышении допустимого количества ошибок информация поступает на блок демонстрации выполненных действий с указанием ошибок и блок коррекции выполнения УТЗ парашю-

тисту, допустившему значительное количество ошибок (подмодуль принятия решения о выборе направления обучения). Коррекция выполнения задания заключается в изменении темпа отработки этапов прыжка, добавление голосового сопровождения при комментировании действий, при необходимости остановки моделируемого прыжка и объяснения природы допущенных ошибок. Также возможно изменения времени отработки проблемных вопросов (выделяется больше времени при тренажах на отработку навыков действий).

Демонстрация выполненных действий с указанием ошибок позволяет на основе обобщения данных представить интерактивную модель совершенных действий с комментариями виртуального инструктора. Это, по сути, способствует подкреплению формируемых навыков, а для лиц, допустивших значительное количество ошибок, является обязательным элементом коррекции плана подготовки.

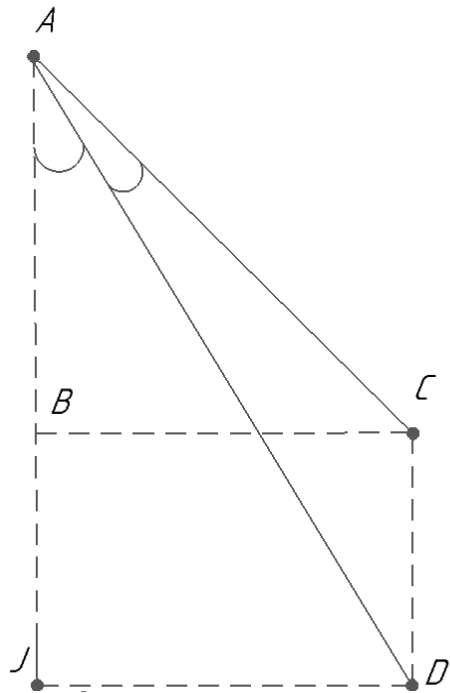
С блока результатов оценки информация поступает на блок принятия решения о допуске к дальнейшему обучению парашютиста, допустившего значительное количество ошибок. Здесь учитывается результативность работы П после коррекции УТЗ. Итоговая информация поступает для печати и вывода рекомендаций обучаемому парашютисту.

Рассмотрим частный пример работы модуля вычисления оценки (СОК). Задача разработки вычислительного блока СОК для выявления нахождения П в конусе возможностей купола является весьма актуальной. Под конусом возможностей купола понимается область в пространстве, находясь в которой парашютист имеет возможность прийти в цель [6].

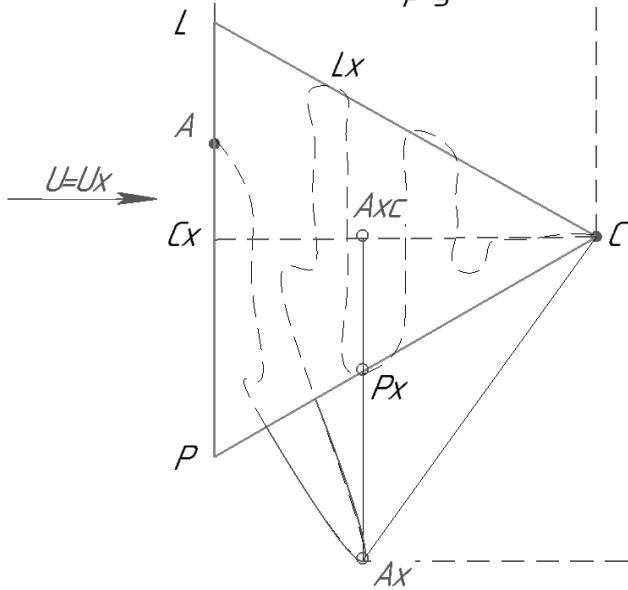
В автоматическом режиме оценивание положения тела П при его различных управляющих воздействиях позволяет судить об уровне сформированности навыка «уровень обученности по пилотированию до исходного района» и всех прочих его составляющих, связанных с отработкой действий по траекторному снижению. Следует отметить, что критерием для оценки сформированности навыка будет лишь факт нахождения в конусе возможностей или выход за его пределы.

Для математического описания необходимо учитывать два важных момента. Во-первых, необходимо постоянно знать геометрию конуса возможности купола на этапе снижения от точки начала снижения (ТНС) до точки контрольной проверки (ТКП). Во-вторых, требуется постоянно оценивать возможности купола по попаданию в ТКП на заданной высоте  $H_{кп}$ . Используя эти показатели, появляется возможность объективно оценить допущенные ошибки обучаемым как в ходе реальных

*Вид сбоку (на плоскость, образуемую вектором направления ветра)*



*Вид сверху*



*Вид сзади (горизонтальная плоскость перпендикулярная вектору направления ветра)*

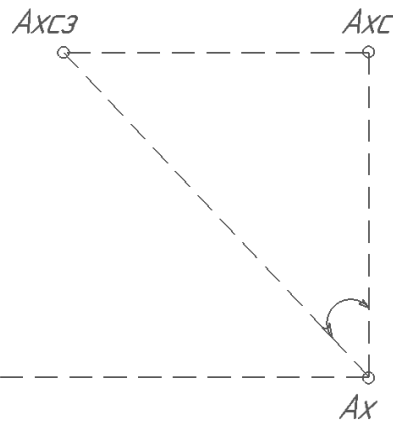


Рис. 2. Схема движения парашютиста от точки начала снижения до точки контрольной проверки

прыжков, так и при отработке навыков по управлению ППС СпН на динамическом тренажере.

На рисунке 2 показана условная схема движения парашютиста как материальной точки  $A_x$ . В начальный момент времени  $A_x$  совпадает с точкой  $A$  (ТНС). Отрезок

$AC$  — траектория движения точки  $A_x$  в проекции на плоскость, образуемую перпендикуляром, восстановленным из точки  $C$  (ТКП), строго параллельным с вектором направления ветра. Второй, образующий плоскость перпендикуляр, восстановлен из точки  $C$  к поверхности земли и сориентирован под углом  $90^\circ$  к первому.

Для оценки возможности планирования до точки  $C$  необходимо учитывать текущую высоту  $H_x$  на протяжении всего этапа управляемого снижения.

В ходе реальных прыжков она измеряется по высоте-меру, а в зависимости она определяется как отношение:

$$H_x = (H_{dec} - H_{nad}) - V_g t_x \quad (2)$$

где  $H_{dec}$  — высота выброски, м,  
 $H_{nad}$  — высота падения до полного раскрытия ППС СпН, м,  
 $V_g$  — расчетная вертикальная скорость снижения, м/с,  
 $t_x$  — переменное общее время снижения при планировании с постоянной скоростью ( $V_g$ ), с.

Для определения возможности планирования введем угол  $\alpha_{hx3}$ , характеризующийся величиной между условной линией визирования  $A_x A_{hx3}$ , нацеленной перпендикулярно к отрезку  $C_x C$  и линией  $A_x A_{xc}$  параллельной поверхности земли. Следовательно, запишем:

$$AC = \sqrt{(AJ - CD)^2 + \left(\frac{AJ}{ctg \alpha_{h3}}\right)^2} \geq (t_n - t_{oct}) \sqrt{V_g^2 + V_g^2}$$

При условии что  $(t_n - t_{oct}) \geq 0$

где  $t_n$  — суммарное время полета от точки ТНС, с,  
 $t_{oct}$  — минимальное время полета для завершения этапа после прохождения точки  $C$  (ТКП), с (принимается для ППС «Арбалет-2» 60с),  
 $V_g$  — максимально возможная горизонтальная составляющая скорости планирования, м/с,  
 $V_g$  — максимально возможная вертикальная составляющая скорости планирования, м/с.

Неравенство (3) показывает, способен ли парашютист, управляющий ППС СпН в любой момент пилотирования определить возможности попадания на точку КП на заданной высоте. Ограничениями для выражения (3) является отсутствие ветра (штиль).

Рассмотрим наличие ветрового сноса. На рисунке 2 (вид сверху) показано направление ветра  $U=U_x$ . Требуется учесть снос ветра, и как он оказывает влияние на точность попадания условного парашютиста (точка  $A_x$ ).

Для описания этого процесса будем проецировать все переменные величины на линию  $CC_x$  образуемую пересечением плоскости ( $CC_x D$ ). Причем точка  $D$  является проекцией точки  $C$  (ТКП) в горизонтальной плоскости земли.

Для определения возможности планирования введем угол  $\alpha_{hx3}$ , характеризующийся величиной между условной линией визирования  $A_x A_{hx3}$ , нацеленной перпендикулярно к отрезку  $C_x C$  и линией  $A_x A_{xc}$  параллельной поверхности земли. Следовательно, запишем:

$$\frac{A_x A_{xc}}{(AJ - V_g t_n)/V_g} - U_x \leq V_g \quad (4)$$

Для определения  $A_x A_{xc}$  необходимо знать угол  $\alpha_{hx3}$  и текущую высоту

$A_x A_{xc}$ . Угол определяется фактическими измерениями в ходе реальных прыжков, а при моделировании в тренажере по координатным данным точки  $A_x$ . Расстояние  $A_x A_{xc}$  определяется через тангенс угла  $\alpha_{hx3}$ . Таким образом, выражение (4) примет вид:

$$\frac{A_{hx3} A_{xc}}{tg(\alpha_{hx3})(AJ - V_g t_n)/V_g} - U_x \leq V_g \quad (5)$$

Неравенство (5) позволяет оценить возможности ППС СпН в любой точке нахождения траектории с позиции попадания в точку контрольной проверки на заданной высоте. Следовательно, получая результат сравнения для каждого конкретного момента управляемого снижения можно оценивать и общий уровень навыка пилотирования купола (по нахождению в конусе возможностей).

## ВЫВОДЫ

Таким образом, система автоматизированной оценки деятельности парашютиста за счет введения полученных зависимостей в вычислительный блок СОК перспективного тренажера позволяет для любых моделируемых метеоусловий определять такие ошибки парашютиста как «выход из конуса возможностей купола». Данный принцип вычислений можно развить и для всех остальных этапов прыжка, требующего траекторного контроля за положением парашютиста. В конечном счете, после выявления места ошибки (координат положения) не составит труда осуществить просмотр записанной деятельности специалиста по управлению ППС СпН.

Система алгоритмического управления содержанием тренажей при подготовке парашютиста на ППС СпН на основе функционально-модульного метода раскрыта при:

- ♦ построении СОК на основе автономных иерархически организованных функциональных модулей, ориентированных на автоматизированное решение задач оценивания результатов выполнения упражнений. Установлено, что для задач подготовки парашютиста на ППС СпН требуется модуль регистрации СОК и модуль вычисления оценки СОК. Каждый из них имеет блочную структуру;

- ♦ реализации метода принятия автоматизированного решения, возложенного на систему автоматизированного обучения и управления планом подготовки в виде задач на основе функциональ-

ных модулей и связи ее с модулями СОК. Установлены взаимосвязи СОК и САО в модуле рабочего места инструктора (САО), определены направления каналов передачи информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абанин В. С. Обоснование концепции создания динамического тренажера освоения парашютной системы специального назначения // Сборник научных трудов по итогам IX Всероссийской научно-технической конференции: Концептуальные подходы и перспективы развития технических средств обучения на период до 2027 года. парк «Патриот» г. Кубинка, 2018. С. 187–200.
2. Лапшин Э.В., Данилов А. М., Гарькина И. А., Ключев Б. В., Юрков Н. К. Авиационные тренажеры модульной архитектуры // монография. — Пенза, 2008. 260 с.
3. Осипов А.В., Абанин В. С. Перспективы моделирования действий десантника парашютиста по управлению парашютной системой специального назначения. Ежеквартальный научный журнал «Научный резерв» — № 1. (РВВДКУ). Рязань, 2018. С. 49–53
4. Осипов А.В., Абанин В. С. Математические основы моделирования деятельности десантника-парашютиста по управлению парашютными системами специального назначения // Наука и военная безопасность Научно-практический журнал № 2 (ОАБИИ) Омск, 2018 С. 99–103.
5. Осипов А.В., Абанин В. С. Разработка динамических моделей деятельности десантника по управлению парашютными системами специального назначения // Сборник докладов и выступлений научно-деловой программы Международного военно-технического форума «АРМИЯ — 2018» // Москва — 2018 С. 219–222.
6. Skydivevatulino // URL: <http://www.parashut.com/library/32> (дата обращения 12.11.2019).

© Абанин Владислав Сергеевич ( vlad-ac@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Рязань