

## О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ПРИ СОЗДАНИИ И ИССЛЕДОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМ

В. Р. Роганов, И. Ю. Семочкина, М. В. Тюрин

Авиационный тренажер (АТ) создается как комплекс технических средств, каждый из которых является системой, моделирующей поведение отдельных приборов кабинного оборудования в заданный момент времени в зависимости от положения моделей органов управления в кабине авиационного тренажера и условий полета, заданных инструктором. Отдельно следует рассматривать задачу создания вокруг кабины АТ модели окружающего пространства, воспринимаемого обучаемым как трехмерное (с возможностью визуального обучения определению расстояний до видимых моделей окружающей среды для тренировки глазомера, так же как пилот летательного аппарата (ЛА) определяет расстояние до реальных объектов в реальных условиях при реальных полетах). Основная задача АТ – прививать профессиональные навыки управления ЛА, в заданных конкретных учебных ситуациях, как при нормальных режимах полета, так и в предаварийных.

Для получения и закрепления профессиональных навыков на АТ обучаемый пилотирует модель ЛА, представляя, что он пилотирует реальный ЛА. Это чувство возникает у обучаемого за счет комплексной взаимоувязки информации, поступающей к нему от моделей приборов кабинного оборудования (называемых имитаторами<sup>1</sup>) в зависимости от его воздействий на модели органов управления в кабине АТ.

Каждый имитатор – это аппаратно-программный комплекс, построенный с целью создания определенной модели, которая не может быть полной моделью [1]. Следовательно, АТ не может заменить реальный ЛА в процессе обучения [2] и он разрабатывается для обучения пилотирования ЛА в конкретных ситуациях [3], число которых меньше числа всех ситуаций, возникающих при пилотировании ЛА.

Качество обучения на АТ во многом зависит от качества имитатора визуальной обстановки (ИВО), который моделирует в реальном масштабе времени визуальную наблюдаемую часть пространства, окружающего кабину АТ. В настоящее время экспериментально определено, что цикл смены отдельных кадров – не более 120 мс и что все типы устройств индикации (УИ), позволяющие тренировать глазомер, относятся к псевдообъемным устройствам. Термин «псевдообъемные» означает, что зрительный аппарат человека используется в процессе построения трехмерной модели визуальной наблюдаемой части пространства, окружающего кабину АТ. Все люди разные, следовательно, каждый человек по-разному воспринимает трехмерную модель визуальной наблюдаемой части пространства, окружающего кабину АТ.

При анализе всего комплекса АТ из разных имитаторов необходимо учитывать методику восстановления ориентации в полете, по которой проходят обучение все пилоты всех типов ЛА. Решение задачи визуального ориентирования через остекление кабины в АТ должно быть согласовано с получением пилотом информации от других имитаторов, моделирующих изображения на экране радиолокаторов, теле- и тепловизоров, а также с показаниями индикаторов отдельных приборов в кабине АТ. В реальных условиях показания индикаторов отдельных приборов согласовываются за счет предварительной юстировки. В тренажере показания индикаторов зависят и от качества моделирования видимой части внешнего виртуального пространства, и от согласования информации, получаемой обучаемым от каждого  $i$ -го имитатора  $\Omega_i$  [4–7]. Формирование  $\Omega_i$

<sup>1</sup> Имитатор – аппаратно-программный комплекс, моделирующий в реальном масштабе времени информацию, поступающую к обучаемому.

начинается с обработки базы данных конкретной  $i$ -й подсистемы или работы  $j$ -й математической модели соответствующего агрегата АТ и заканчивается выводом информации в виде

$$A_i = f_i(\Omega_i) \quad (1),$$

(это может быть отклонение стрелки соответствующего прибора или формирование визуальной картины, или речевое сообщение бортового информатора и т.д.).

В целом обучаемый должен иметь максимально полное представление об окружающей среде  $S$ . Это возможно при совпадении получаемой информационной модели  $I_T$  от имитаторов АТ с имеющейся у обучаемого информационной моделью полета  $I_O$ , выработанной его опытом:

$$I_T = \sum_{i=1}^N f_t(A_i), \quad M \in N, \quad (2)$$

$$I_O = \sum_{j=1}^M f_o(A_j), \quad I_1 \neq I_2, \quad (3)$$

где  $f_t(A_i)$  – информация, поступающая к обучаемому от  $i$ -й подсистемы тренажера в процессе его работы ( $N$  – число информационных подсистем тренажера);  $f_o(A_j)$  – информация, поступающая к обучаемому от  $j$ -й подсистемы реального ЛА в процессе полета, или прогнозируемая им на основе его жизненного опыта ( $M$  – число информационных подсистем, формирующих у обучаемого его собственное представление об окружающей среде и взаимодействии ЛА с ней,  $N \subset M$ ).

В момент времени  $t_k$  полета на тренажере  $S$  не должна исказить взаимодействие находящихся в ней моделей пассивных  $S_p$  элементов числом  $V$  (модели участков земной поверхности с инженерными сооружениями, видимые всегда) и моделей активных элементов  $S_a$  числом  $W$  (модели радиомаяков, подвижных объектов и т. д.) с моделью ЛА  $S_l$ , т.е.

$$S = \bigcup_{p=1}^V S_p \bigcup_{a=1}^W S_a \cup S_l \quad (4)$$

при

$$f_t(S_l) \cap f_o(S) = 1. \quad (5)$$

Учитывая, что показания приборов в кабине летчика, как правило, дублируются в каждый момент времени  $t_i$ , информация  $\Omega t_i = \Omega_i(t_k)$ , полученная обучаемым при считывании показаний соответствующего  $i$ -го прибора или индикатора, или наблюдаемой через остекление кабины части сцены визуализации и т.д., должна быть согласована, т.е.

$$Q_{ji} \cap Q_{iR} = 1, \quad (6)$$

где  $Q_{ji} = f_i(\Omega t_i)$  – множество, описывающее допустимую область нахождения модели  $j$ -го объекта в модели внешней среды  $S$ , сформированное одним из имитаторов АТ, который сформировал  $\Omega t_i$  (что соответствует показанию одного из приборов кабины);  $Q_{iR} = f_R(\Omega t_R)$  – множество, описывающее допустимую область нахождения модели этого же  $j$ -го объекта в модели внешней среды  $S$ , но сформированное другим имитатором АТ, обрабатывающим информацию  $\Omega t_R$  (что соответствует показанию другого прибора кабины или имитатора визуальной обстановки).

В противном случае

$$Q_{ji} \cap Q_{iR} = 0. \quad (7)$$

При выполнении условия (7) тренажер не может быть использован для обучения. В реальных условиях бывают как отдельные моменты времени  $t_k$ , так и интервалы  $\Delta t_k$ , когда выполняется (7). Це-

лесообразно исключить ситуации, описываемые выражением (7), из списка учебных или использовать другие методы моделирования. Устранить ситуации, описываемые выражением (7), можно несколькими способами:

- ввести обратную связь с целью корректировки начальных условий формирования рассматриваемой информации  $\Omega t_i$ ;
- задать время коррекции всех  $\Omega t_i$  для приведения выражения (7) к состоянию, описываемому выражением (6);
- ограничить время обучения на тренажере, задав расчетный интервал  $\Delta t$ , при котором всегда выполняется условие (6);
- использовать математические модели обработки информации, обеспечивающие выполнение условия (6).

Жесткие требования реального времени (цикл обработки информации от 60 до 120 мс) [8–10], как правило, не позволяют выполнить условие (6) во время «полета» на тренажере методом полного пересчета всех необходимых параметров.

Эта задача решается за счет наполнения баз данных, разработанных в нереальном масштабе времени с одновременным согласованием занесенной в них информации по всем необходимым параметрам. При этом существует ряд закономерностей. Рассмотрим их более детально.

Жесткие требования реального времени не позволяют ни одному из существующих и разрабатываемых имитаторов АТ абсолютно точно смоделировать на тренажере показания, которые пилот ЛА получает в полете [11–15]. Но не вся информация, поступающая пилоту в полете от  $k$ -го устройства  $I(k)$ , необходима для обучения. Во множестве полной информации  $I(k)$  существует подмножество информации  $I_u(k)$ , достаточной для обучения:  $I_u(k) \subset I(k)$ . Если  $k$ -й имитатор позволяет получить информацию  $I_u(k)$ , считается, что этого достаточно для целей обучения. В ряде случаев можно выделить дополнительное подмножество желаемой информации  $I_g(k)$ ,  $I_u(k) \subset I_g(k)$ , которое по возможности надо получить от рассматриваемого имитатора. Присутствие  $I_g(k)$  улучшает качество обучения за счет приближения желаемой информации  $I_R(k)$  к полной информации  $I(k)$ ;

$$I_R(k) = I_u(k) + I_g(k). \quad (8)$$

Вместе с тем от  $k$ -го имитатора может поступать дополнительная ложная информация  $I_l(k)$  (или информация, отсутствующая в реальных условиях) и мешать процессу обучения:

$$I_l(k) \cap I(k) = 0. \quad (9)$$

Причинами появления ложной информации  $I_l(k)$  могут служить как несовершенство используемых технических средств, так и заложенное в базах данных или используемых математических моделях нарушение условия, описываемого выражением (5), при сопоставлении «однородной» информации от всех имитаторов АТ.

При строгом рассмотрении любого имитатора АТ информация  $I_l(k)$  присутствует всегда. Соответственно, его появление ухудшает формирование у летчика навыков пилотирования ЛА. Для снижения информации  $I_l(k)$  и выполнения условия

$$I_l(k) \ll I(k) \quad (10)$$

необходимо проводить ряд мероприятий, как при разработке каждого имитатора АТ, так и при объединении их в единый комплекс. Кроме этого, при разработке методик обучения с использованием АТ также необходимо учитывать наличие информации  $I_l(k)$ .

В каждом конкретном случае выполнения условия, описываемого выражением (10), добиваются разными путями. Эти операции проводятся на этапе разработки тренажеров для каждого имитатора в отдельности и для совокупности имитаторов в целом. В других случаях возможно ограничение набора учебных ситуаций, а также модернизация или замена отдельных имитаторов.

В частности, при создании баз данных, в первую очередь, предложено заносить модели объектов, позволяющих выполнить условие (10). Ранжирование объектов, как правило, проводится по определенным правилам, называемым запросами. Основными характеристиками проведенного ранжирования объектов являются полнота и точность поиска требуемых объектов. Для получения полноты информации необходимо учитывать парадигматические (или родовитые) отношения между отдельными объектами, модели которых воспроизводятся разными имитаторами АТ. Парадигматические отношения устанавливаются на основании опыта разработчиков АТ. Полученная информация о парадигматических отношениях фиксируется в тезаурусе запроса.

Обработка общего списка объектов внешней среды по запросам должна помочь получить ассоциативные отношения между моделями объектов, одновременно отражаемых различными имитаторами. В дальнейшем полученные ассоциативные отношения могут быть применены вместо парадигматических отношений для уточнения информации  $I_R(k)$ .

Обработка списка объектов внешней среды для получения ранжированного списка может проводиться с применением систем с векторным поиском или с булевой либо булево-контекстовой логикой. В ряде случаев для этих целей можно успешно применять системы с ранжированием по методу ассоциативных отношений.

Разработка метода ранжирования сводится к нахождению первоначальной формализованной меры смысла появления данной модели конкретного объекта в модели внешней среды. В качестве меры смысла используется вероятность увеличения информации  $I_R(k)$  с целью выполнения условия (10). Будем считать, что имеем формализованную процедуру обработки запроса необходимости включения модели рассматриваемого объекта в модель внешней среды. При этом считаем, что необходимость включения модели рассматриваемого объекта в модель внешней среды может быть описана терминами, соединенными булевыми или контекстными операторами.

Процедура ранжирования – это просмотр всех известных баз данных и составление списка наиболее часто встречающихся объектов. Списки можно обрабатывать, используя выраженные в специальных терминах запросы. Как правило, запросы обозначают имя конкретного объекта (озеро, дом, взлетно-посадочная полоса (ВПП) и т.п.). Для большей полноты это имя может сопровождаться прилагательным, изменяющим вес запроса (например, «основная ВПП»).

В соответствии с принятыми условиями для начала рассмотрим запрос, состоящий из единственного термина  $T_1$ . Этот термин является именем понятия  $E_1$ . Если термин  $T_1$  является именем нескольких различных понятий, то в этом случае  $E_1$  представляет собой совокупность этих понятий. Если в модель внешней среды входит термин  $T_1$ , то это не означает, что действительно мы имеем  $E_1$ . Будем говорить о вероятности рассмотрения понятия  $E_1$  или о вероятности релевантности рассматриваемой модели объекта внешней среды понятию  $E_1$  при условии, что в моделях баз данных внешней среды АТ при описании модели рассматриваемого объекта имеется термин  $T_1$ .

Предположим, что вероятность релевантности рассматриваемой модели объекта внешней среды понятию  $E_1$  возрастает с увеличением частоты термина  $T_1$  при рассмотрении баз данных различных имитаторов АТ. Кроме того, вероятность релевантности рассматриваемой модели объекта внешней среды зависит также от значимости термина – имени понятия. Таким образом, вероятность релевантности рассматриваемой модели объекта внешней среды понятию  $E_1$  зависит от частоты термина  $T_1$  в рассматриваемых базах данных АТ и его значимости. В работах [9–11] при описании метода ранжирования для составления запросов с булевой логикой учитывается частота и значимость терминов запроса. Тогда  $P(T_1)$  – вероятность релевантности модели рассматриваемого объекта внешней среды понятию  $E_1$  равна

$$P(T_1) = 1 - \frac{A_1(N_1)}{N_1 + 1}, \quad (11)$$

где  $N_1$  – число появлений термина в базах данных имитаторов АТ;  $A_1(N_1)$  вычисляется по рекуррентной формуле, обеспечивающей ограничение его роста для терминов с малой значимостью с увеличением, в частности:

$$A_1(0) = 1, \quad A_1(1) = \frac{D_{\max} - D_1}{D_{\max} - D_{\min}}, \quad (12)$$

где  $D_{\max}$  и  $D_{\min}$  – соответственно, максимальная и минимальная значимость среди всех терминов, входящих в информационный фонд.

В выражениях (12) не учтены отношения между терминами. Так например, при отсутствии в базах данных имитаторов АТ термина  $T_1$  именами понятия  $E_1$  могут быть другие термины баз данных (что наблюдается, когда один и тот же объект может быть описан неоднократно, но в одном имитаторе он играет первостепенное значение, а в другом – второстепенное, как, например, невысокий обрывистый берег озера, практически неразличимый в обычном зрительном диапазоне, но существенный при составлении базы данных имитатора радиолокационной обстановки, так как этот обрыв «делает» озеро «читаемым» на экране радиолокатора), и вероятность  $P(T_1)$  в этом случае тоже отлична от нуля. Тогда вероятность релевантности рассматриваемых моделей объекта внешней среды в базах данных АТ понятию  $E_1$  при учете ассоциативных отношений между терминами выразится следующим образом:

$$P(T_1) = 1 - \prod_{j=1}^K [1 - P(\frac{T_i}{T_j}) P_0(T_j)], \quad (13)$$

где  $P(\frac{T_i}{T_j})$  – вероятность релевантности рассматриваемых моделей объекта внешней среды в базах данных АТ понятию  $E_1$  при условии, что именем этого понятия является термин  $T_j$ ;  $K$  – число различных терминов, описывающих модели объектов внешней среды в базах данных АТ;  $P_0(T_j)$  – вероятность релевантности модели объекта внешней среды в базах данных АТ понятию  $E_1$  при условии, что именем этого понятия является только термин  $T_1$ ;  $P_0(T_j)$  вычисляется на основании выражения (11).

При построении ассоциативных отношений определяется количественная оценка совместной встречаемости терминов. Эта оценка и может быть использована в качестве значения  $P(T_i / T_j)$ . Следует отметить, что выражение (13) можно использовать и в случае поиска по построенному тезаурусу. В таком тезаурусе обычно указывается только наличие парадигматических отношений между терминами, т.е. вероятность  $P(T_i / T_j)$  принимает лишь значения 0 и 1. Однако парадигматическому отношению можно приписать вес из интервала (0, 1) (например, когда термин  $T_1$  синонимичен термину  $T_2$  с вероятностью 0,8). Этот вес и является значением  $P(T_i / T_j)$  для определенного вида парадигматических отношений. Окончательное значение вероятности  $P(T_i / T_j)$  может быть получено экспериментальным или расчетным путем определения относительной важности различных типов парадигматических отношений.

Рассмотрим запросы при обработке более сложных терминов, состоящих из нескольких терминов, соединенных булевыми и контекстными операторами. Это может быть дизъюнктивный запрос при оценке повторяемости в локальных базах данных в целом несвязанных никакими понятиями объектов (например, сложный запрос: «озеро» и «дом») или конъюнктивный запрос, когда в запросе указываются качественные характеристики объекта поиска (например, запрос: «основная ВПП»). Рассмотрим для начала дизъюнктивный запрос из  $L$  терминов, соединенных оператором ИЛИ.

По правилам булевой алгебры в нашем случае модель объекта внешней среды не будет релевантна дизъюнктивному запросу в том случае, если она не релевантна каждому из понятий. Поэтому вероятность релевантности баз данных запросу составит

$$P_d = 1 - \prod_{i=1}^L (1 - P(T_i)). \quad (14)$$

При использовании запроса конъюнктивного типа из  $L$  терминов, соединенных логическим оператором И, а также контекстными операторами, задающими совместную встречаемость тер-

минов в различных базах данных, модель объекта внешней среды будет релевантна запросу в том случае, если он релевантен каждому из понятий. Поэтому вероятность релевантности базы данных запросу можно определить следующим образом:

$$P_c = 1 - \prod_{i=1}^L (1 - P(T_i)). \quad (15)$$

Это выражение соответствует случаю независимости терминов, входящих в конъюнктивный запрос. Предположение не всегда выполняется. Однако выражение (15) может быть использовано для ранжирования объектов баз данных по убыванию их соответствия запросу. Поэтому более важно определение не точной релевантности рассматриваемой модели объекта внешней среды запросу, а относительной вероятности для различных баз данных. Из выражения (15) наибольшие вероятности будут присвоены тем моделям объектов внешней среды, в которых достаточно полно освещаются все понятия, соответствующие терминам запроса. Поэтому на практике для получения приемлемых результатов выражение (15) вполне допустимо.

Зная вероятности релевантности моделей объектов внешней среды дизъюнктивному и конъюнктивному запросам, легко получить вероятность релевантности моделей объектов внешней среды любому запросу, содержащему логические операторы *ИЛИ*, *И*, а также контекстные операторы. Например, вероятность релевантности моделей объектов внешней среды комбинированному конъюнктивному запросу можно выразить в виде

$$P = 1 - \prod_{i=1}^L [(1 - \prod_{j=1}^{M_i} (1 - P(T_{ij})))] \quad (16)$$

При определении вероятности релевантности рассматриваемой базы данных запросу логический оператор *НЕ* учитывается аналогично оператору *И*. Так, при запросе  $Q = T_1 \text{ НЕ } T_2$  вероятность релевантности базы данных составит

$$P = H(T_1)[1 - P(T_2)]. \quad (17)$$

Для определения значимости терминов чаще всего применяют метод оценки различительной силы. По этому методу предлагается считать хорошим объектом базы данных тот объект, который, будучи удален, делает базы данных максимально непохожими друг на друга, т.е. увеличивает различие между ними. Эта хорошо заметная различительная сила определяется как разность между средним по парным подобиям объектов в базах данных, когда объект в них присутствует [12–15].

Таким образом, проранжировав объекты всех баз данных отдельных имитаторов АТ по их значимости и встречаемости и создав единый список объектов модели внешней среды  $S$ , можем:

- избежать (8) за счет согласования информации от разных имитаторов, а также за счет проведения единой политики формирования  $S$ ;
- выбрать из имеющихся компьютерных генераторов изображений (КГИ) тот, мощность которого позволяет моделировать необходимое виртуальное пространство, необходимое для обучения действиям обучаемого в заданной ситуации;
- убрать из баз данных КГИ информацию об объектах, моделирование которых несущественно с точки зрения выполнения программы обучения.

### Список литературы

1. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования / В. А. Веников. – М., 1976. – 479 с.
2. Роганов, В. Р. Методы формирования виртуальной реальности / В. Р. Роганов. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2002. – 127 с.
3. Роганов, В. Р. Организация визуальных баз данных и управление компьютерными генераторами изображений имитаторов визуальной обстановки тренажеров : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Роганов В. Р. – Пенза, 1995.
4. Четвергова, М. В. Использование оптико-аппаратно-программных комплексов для обучения управления подвижными объектами / М. В. Четвергова, В. Р. Роганов, А. В. Семочкин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 174.

5. Проектирование систем виртуальной реальности с позиции системного подхода / В. Р. Роганов, М. В. Четвергова, А. В. Семочкин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 199.
6. Problem of virtual space modelling in aviation simulators / V. R. Roganov, E. A. Asmolova, A. N. Seredkin, M. V. Chetvergova, N. B. Andreeva, V. O. Filippenko // Life Science Journal. – 2014. – Т. 11, № 12. – P. 1097.
7. Capacity assessment of visual conditions imitators / V. R. Roganov, M. J. Miheev, A. N. Seredkin, V. O. Filippenko, A. V. Semochkin // Eastern European Scientific Journal. – 2014. – № 6. – P. 321–326.
8. Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии : монография / В. Р. Роганов, А. А. Казанцев, А. М. Бабич [и др.]. – Пенза : Приволжский Дом знаний ; М. : МИЭМП, 2012. – 132 с.
9. Растрин, Л. А. Математические модели обучения / Л. А. Растрин, М. Х. Эренштейн // Адаптация в системах обработки информации. – Рига : Зинайне, 1977. – 148 с.
10. Прохоров, А. В. Ранжирование документов по убыванию их смыслового соответствия запросу на основе автоматического учета построенных ассоциативных отношений / А. В. Прохоров, Н. П. Харин // Экспертные системы реального времени : материалы семинара. – М. : Центральный Российский Дом знаний, 1995. – С. 113–131.
11. Обработка информационных потоков в авиационных тренажерах / А. И. Годунов, М. В. Петухов, В. Р. Роганов [и др.] // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем. – 1997. – № 2 (4). – С. 37–47.
12. Годунов, А. И. Обеспечение комплексной адекватности авиационных тренажеров / А. И. Годунов, Б. К. Кемалов, Н. К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – № 3 (19). – С. 15–24.
13. Программа инженерного расчета температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его тепловода / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2012. – Т. 1. – С. 340.
14. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2014. – Т. 1. – С. 101–102.
15. Шишкин, В. В. Методика обеспечения информационной безопасности / В. В. Шишкин, Н. К. Юрков, Н. Ж. Мусин // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 9–13.

***Роганов Владимир Робертович***

кандидат технических наук, профессор,  
кафедра информационных технологий и систем,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/  
ул. Гагарина, 1а/11)  
E-mail: vladimir\_roganov@mail.ru,

***Семочкина Ирина Юриевна***

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра информационных технологий и систем,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/  
ул. Гагарина, 1а/11)  
E-mail: ius1961@gmail.com

***Тюрин Михаил Владимирович***

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
Научно-исследовательский институт  
физических измерений  
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8)  
E-mail: preobrazovatel@niifi.ru

***Аннотация.*** Авиационный тренажер (АТ) создается как комплекс технических средств, каждый из которых является системой, моделирующей поведение отдельных приборов кабинного оборудования в заданный момент времени в зависимости от положения

***Roganov Vladimir Robertovich***

candidate of technical sciences, professor,  
sub-department of information technology and systems,  
Penza State University of Technology  
(440039, 1a/11 Baydukov avenue/Gagarin street,  
Penza, Russia)

***Semochkina Irina Yurievna***

candidate of technical sciences, associate professor,  
sub-department of information technology and systems,  
Penza State University of Technology  
(440039, 1a/11 Baydukov avenue/Gagarin street,  
Penza, Russia)

***Tyurin Mikhail Vladimirovich***

candidate of technical sciences,  
senior staff scientist,  
Scientific Research Institute of Physical Measurement  
(440026, 8 Volodarsky street, Penza, Russia)

***Abstract.*** Flight simulator (FS) is created as a set of technical tools, each of which is a system for simulating the behavior of individual devices cabin equipment at a given time, depending on the position of the model controls in the cockpit flight simulator and flight conditions

ния моделей органов управления в кабине авиационного тренажера и условий полета, заданных инструктором. Обучаемый при полетах на АТ приобретает профессиональные навыки управления летательным аппаратом (ЛА) в заданных учебных ситуациях. Как и любая модель, АТ не может заменить обучение пилотов на летательном аппарате. Кроме этого, при разработке АТ необходимо проводить согласование информации, получаемой обучаемым от каждого имитатора в каждый момент времени, для уменьшения ложных навыков управления летательным аппаратом в конкретной учебной ситуации. В статье приводится математический аппарат, позволяющий оценить вклад отдельного имитатора в создание общей модели перемещения АТ в виртуальном пространстве.

**Ключевые слова:** информационные модели, виртуальное пространство, имитатор, авиационный тренажер.

specified instructor. Trained at flights to the FS acquires skills in the management of the aircraft specified educational situations. As with any model, the FS can not replace the pilot training on the aircraft. In addition, the development of antibodies necessary to carry out coordination of data obtained from each simulator trained at any one time to reduce false skills of aircraft control in each learning situation. The article provides a mathematical tool for assessing the contribution of a single simulator to create a common model of the FS movement in virtual space.

**Key words:** information models, virtual space, simulator, flight simulator.

УДК 51-74, 004.047

**Роганов, В. Р.**

**О необходимости учета комплексного подхода при создании и исследовании информационных моделей виртуального пространства тренажерных систем / В. Р. Роганов, И. Ю. Семочкина, М. В. Тюрин // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 4 (12). – С. 38–45.**