

УДК 004.942:62-53

А.Г. ЧУХРАЙ, З.В. ТОМЧЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЫ ОБУЧЕНИЯ СИНТЕЗУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

*Предложен подход к созданию на основе современных педагогических принципов компьютерной обучающей среды, позволяющей получить опыт решения задачи синтеза регулятора в системах автоматического позиционирования. Описаны основные требования к такой среде на примере обучения решению задачи управления углом поворота паруса для обеспечения максимальной скорости движения парусной яхты. Представлены особенности разработки, математическая модель объекта управления, функции среды. Показаны возможности такой компьютерной среды, в том числе, как средства повышения мотивации студентов за счет реализации принципа соревнования.*

**Ключевые слова:** компьютерная среда обучения, система автоматического позиционирования, парусная яхта.

### 1. Актуальность исследования

Главная цель деятельности любого ВУЗа – подготовка профессионально компетентных специалистов (для промышленности, медицины, транспорта и других отраслей). Вместе с тем при обучении стандартной группы студентов, как правило, состоящей из 20 – 25 студентов, преподаватель непременно сталкивается с неодинаковыми стартовыми уровнями знаний и умений обучаемых, их психофизиологическими особенностями изучения нового материала, различными мотивациями.

Ограниченность кратковременной памяти человека [1] не дает преподавателю возможности отслеживать индивидуальный путь каждого студента в процессе обучения требуемым компонентам компетенции.

В этих условиях перспективным путем может стать разработка и внедрение интеллектуальных компьютерных обучающих сред (ИКОС), практически не имеющих ограничений по объему хранимой информации и обладающих развитыми адаптивными и интерактивными способностями.

Анализ известных разработок показывает, что основными тенденциями в области ИКОС являются проблемно-ориентированное обучение, реализация внешнего и внутреннего цикла для адаптивного выбора для каждого обучаемого следующей задачи и следующего шага при решении текущей задачи соответственно, реализация современных педагогических принципов: самодиагностирования, «постепенного отвыкания от подпорок», соревнования и других [2 – 5].

Таким образом, актуальной научной проблемой

является создание эффективных и отвечающих вышеперечисленным тенденциям компьютерных сред обучения профессиональным компетенциям по различным направлениям подготовки специалистов с высшим образованием.

В статье изложен опыт авторов по решению задачи разработки компьютерной среды обучения синтезу систем автоматического позиционирования.

### 2. Основные требования к среде обучения

В качестве окружения для проблемно-ориентированного обучения синтезу систем автоматического позиционирования была выбрана виртуальная модель парусной регаты и задача управления углом поворота паруса для обеспечения максимальной скорости движения парусной яхты.

Выбор именно таких средств обучения обусловлен, во-первых, относительной простотой базовой задачи управления и, вместе с тем, возможностью наращивания ее сложности, во-вторых, наглядностью эффективности решений задач управления отдельными студентами путем проведения виртуальной регаты: соревнования между яхтами. Вместе с тем, в таком окружении могут быть реализованы и другие современные педагогические принципы и тенденции в области ИКОС, указанные в п. 1.

Таким образом, основная задача данной разработки заключается в предоставлении студенту интерактивных возможностей по приобретению практических умений синтеза систем автоматического позиционирования, а также по наглядному оцениванию эффективности синтезированных систем.

Задача разработки была декомпозирована на ряд подзадач:

- разработка моделей и механизма моделирования парусной яхты;
- разработка интуитивно понятной среды синтеза систем автоматического позиционирования;
- разработка наглядного способа демонстрации и проверки результатов работы студента в виде виртуальной парусной регаты.

### 3. Особенности разработки

Динамика движения яхты в пространстве описывается на основе уравнений аэродинамики и гидродинамики, учитывающих такие параметры как скорость и направление ветра, площадь паруса, форма паруса, угол поворота паруса относительно курса и направления ветра, форма и площадь подводной части, плотность воздуха, плотность воды и другие. Разработка системы управления с учетом всех вышеперечисленных параметров является сложной задачей, поэтому, исходя из педагогического принципа «от менее сложного – к более сложному», для задач стартового уровня были выбраны следующие ограничения:

- судно движется по прямой, не меняя курса;
- отсутствуют течения;
- скорость ветра постоянна;
- плотности сред постоянны.

В таком случае математическая модель яхты может быть представлена в виде:

$$|\vec{v}| = f(\alpha_B(t), \alpha_P(t)), \quad (1)$$

где  $|\vec{v}|$  – скорость движения яхты;

$\alpha_P(t)$  – угол поворота паруса;

$\alpha_B(t)$  – угол ветра.

Функцию изменения угла поворота паруса можно представить как:

$$\alpha_P = f(\alpha_B(t)). \quad (2)$$

Исходя из формулы (1) с учетом (2) можно сформулировать задачу студента как обеспечение максимально возможной скорости путем синтеза функции  $f(\alpha_B(t))$ .

Эквивалентом искомой функции на функциональной схеме системы управления является участник, приведенный на рис. 1:



Рис. 1. Фрагмент функциональной схемы, доступный для редактирования студентом

Согласно принципу декомпозиции данную схему можно представить как отдельную систему управления [6]. В таком случае объектом управления будет являться сервопривод с передаточной функцией второго порядка.

На основе схемы на рис. 1 построим структурную схему системы (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема системы

В качестве передаточной функции объекта управления примем следующую функцию:

$$W_{Oy}(s) = \frac{\alpha_P(s)}{\varepsilon(s)} = \frac{k_{Oy}}{s(T_{Oy}s + 1)}, \quad (3)$$

где  $k_{Oy}$  – коэффициент передачи;

$T_{Oy}$  – постоянная времени.

Таким образом, задание студента сводится к синтезу передаточной функции корректирующего устройства, обеспечивающей наилучшие показатели качества при повороте паруса, и, как следствие, в движении яхты.

Для предоставления возможности интерактивного синтеза системы в программе реализовано справочное руководство, включающее в себя справку по работе с программой, словарь основных терминов, описание методики и пошаговое руководство к выполнению работы. В педагогических целях в пошаговом руководстве не дается оптимального решения для регулятора.

В случае недостаточного уровня начальной подготовки студента и применения им пошагового руководства наглядная неэффективность решения вынудит его углубленно изучить материал и повторить разработку. Для введения результатов работы студента в программу используется графический редактор. Обучаемый имеет возможность расстановки базовых звеньев, передаточные функции которых не поддаются дальнейшему разложению на составляющие, указания их параметров, а также комбинирования для получения передаточных функций с порядком больше двух и других типов регуляторов. Экранная форма редактора изображена на рис. 3.

Для определения эффективности полученного студенческого решения производится пошаговый расчет значений скорости от времени. Зная скорость на промежутке времени и длительность этого промежутка, можно найти расстояние, пройденное яхтой за это время.

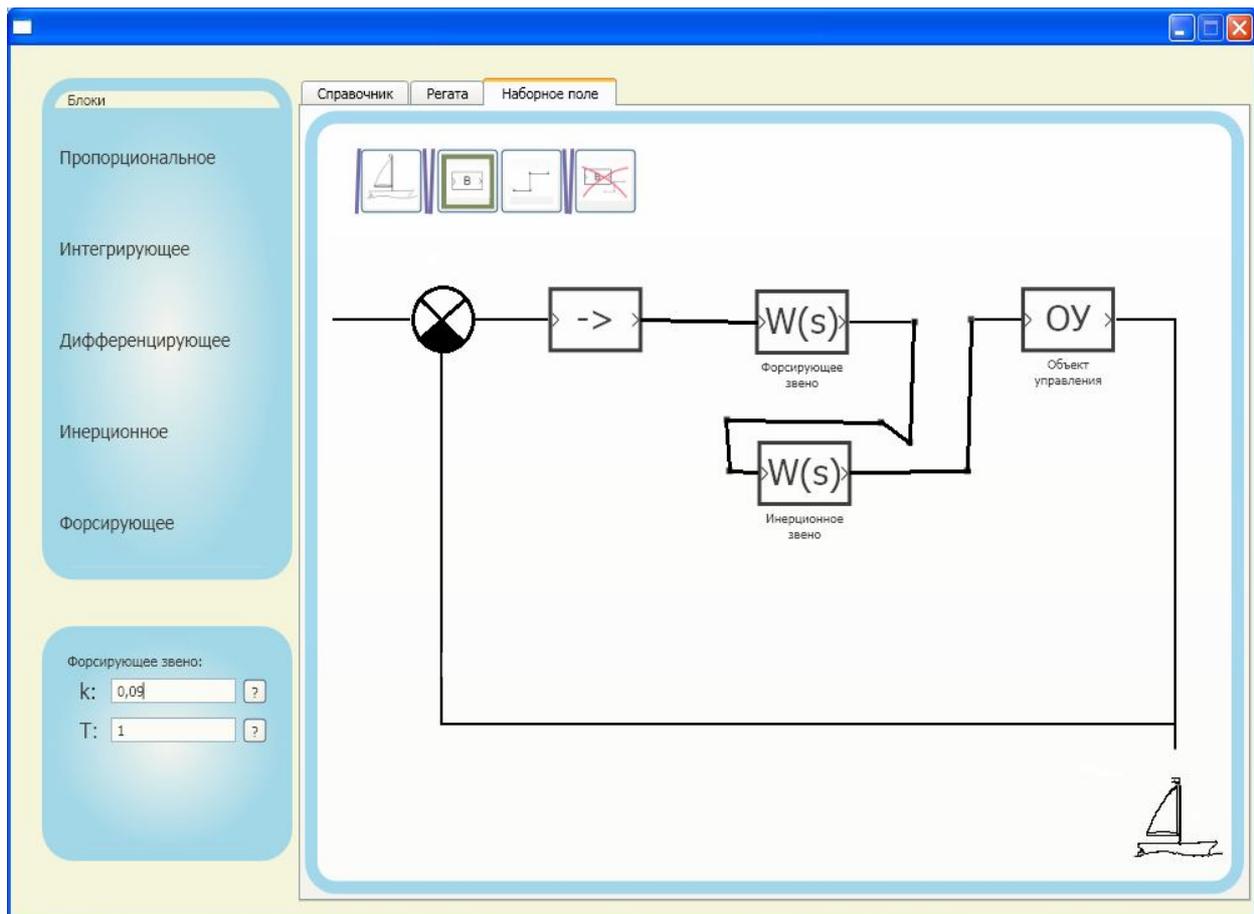


Рис. 3. Форма настройки теста

Зная длину дистанции и пройденное расстояние на данный момент времени легко определить время, за которое дистанция была преодолена.

Время, затраченное на преодоление дистанции, служит критерием оценивания работы студента. Оценка выставляется в зависимости от попадания студента в определенный временной интервал. Так как итогом работы студента в обучающей программе является регата, то и определение интервалов представляется неявно в соревновательной форме.

Были разработаны модели регуляторов, соответствующие определенным уровням учений обучаемого. Данные модели доступны при выборе противника. Выбрав их, студент может проверить свое решение относительно существующих уровней и получить оценку своей работы. Так модели компьютерных противников запрограммированы заранее и всегда проходят дистанцию с одной и той же скоростью. Следовательно, с точки зрения студента получение оценки зависит от количества компьютерных противников, показавших худший по сравнению с ним результат.

Помимо абсолютной оценки студент также получает относительную оценку, получаемую в ре-

зультате соревнований с яхтами других студентов. Данная оценка не является обязательной, однако возможность ее получения предоставляет педагогу обширные возможности по организации учебного процесса, например проведение соревнований между отдельными студентами, командами из студентов и т.д. При такой организации учебного процесса у студентов возникает мотивация получить наилучший результат, и, как следствие, лучше освоить материал.

Для реализации данного подхода необходима визуализация регаты, способная в деталях раскрывать процесс соревнования между студентами, сделать его захватывающим и интересным [7].

В качестве визуализации используется трехмерная анимация движения моделей яхт в режиме реального времени.

Данная анимация была разработана на основе графической библиотеки OpenGL и поддерживает до 4-х яхт одновременно, набор фиксированных камер (стартовая, финишная), а также летающую камеру. Летающая камера позволяет осматривать регату с любого ракурса.

Снимок экрана представлен на рис. 4.

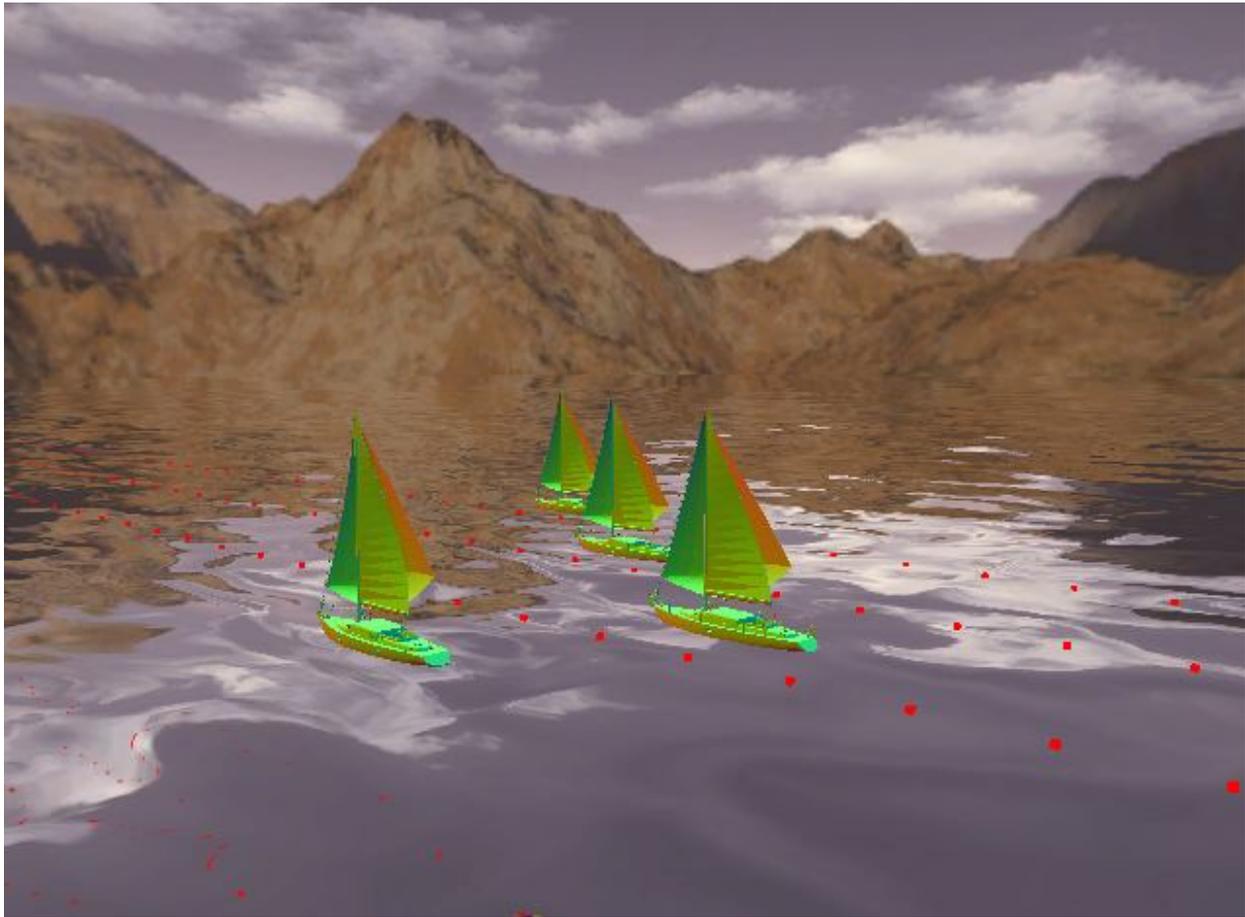


Рис. 4. Визуалізація регати

### Выводы

Предложен подход к созданию на основе современных педагогических принципов компьютерной обучающей среды, позволяющей получить опыт решения задачи синтеза регулятора в системах автоматического позиционирования. В качестве дальнейших направлений развития подхода возможны следующие:

- реализация возможности интерактивной и интеллектуальной подсказки обучаемому;
- сбор и систематизация результатов процесса обучения конкретного студента;
- добавление возможностей дополнительной визуализации. Под этим подразумевается возможность промежуточного построения графиков зависимостей, отражающих переходные и частотные характеристики системы. Эта позволит улучшить процесс обучения анализу соответствующих зависимостей;
- добавление новых объектов управления в составе яхты;
- прогнозирование результатов работы конкретного студента в зависимости от его начальных результатов и сравнения с имеющимися моделями

студента, полученными на основе работы предыдущих академических групп с целью определения проблемных мест и индивидуальной фокусировки среды на текущих компетенциях конкретного студента;

- экспериментальная отработка подхода.

### Литература

1. Miller G. *The Magical Number Seven Plus Or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Information Processing* / G. Miller // *The Psychology Review*. – 1956. – Vol. 63, N 2. – P. 82-97.
2. *Integrating pedagogical agents into virtual environments. Presence* / W. Johnson, J. Rickel, R. Stiles, A. Munro // *Teleoperators and Virtual Environments*. – 1998. – 7 (6). – P. 523-546.
3. Alevin V. *Limitations of student control: Do students know when they need help?* / V. Alevin, K.R. Koedinger // *Intelligent Tutoring Systems: 5th International Conference, Montreal, 19 – 23 June 2000*. – 2000. – P. 292-303.
4. VanLehn K. *The Behavior of Tutoring Systems* / K. VanLehn // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2006. – Vol. 16, Is. 3. – P. 227-265.
5. Кулик А.С. *Задачи разработки адаптивного компьютерного средства обучения SQL* / А.С. Ку-

лик, А.Г. Чухрай, П. Анценбергер // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2009. – № 7. – 2009. – С. 19-25.

6. Кулик А.С. *Введение в теорию цифровых систем автоматического управления: учеб. пос.* / А.С. Кулик, И.Ю. Дыбская; Мин-во образования и

науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: Нац. аэрокосм. ун-та «Харьк. авиац. ин-т», 2007. – 165 с.

7. Jarke J. van Wijk *Views on Visualization.* / van Wijk Jarke J. // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2005. – № 15(3). – P. 147-204.

Поступила в редакцію 8.11.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. інформатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

### РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ СИНТЕЗУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ

*А.Г. Чухрай, З.В. Томченко*

Запропоновано підхід до створення на основі сучасних педагогічних принципів комп'ютерного навчального середовища, що дозволяє одержати досвід вирішення задачі синтезу регулятора в системах автоматичного позиціонування. Наведено основні вимоги до такого середовища на прикладі навчання вирішенню задачі керування кутом повороту вітрила для забезпечення максимальної швидкості руху вітрильної яхти. Описано особливості розробки, математичну модель об'єкта керування, функції середовища. Показано можливість такого комп'ютерного середовища, у тому числі, як засобу підвищення мотивації студентів за рахунок реалізації принципу змагання.

**Ключові слова:** комп'ютерне навчальне середовище, система автоматичного позиціонування, вітрильна яхта.

### DEVELOPMENT OF COMPUTER ENVIRONMENT FOR SYNTHESIS OF AUTOMATIC POSITIONING SYSTEMS TUTORING

*A.G. Chukhray, Z.V. Tomchenco*

The approach to creation on the basis of modern pedagogical principles of computer environment for getting experience of regulator synthesis in the systems of automatic positioning is proposed. The basic requirements are described to such environment on the example of sail corner turn control for providing of high speed of the wind-driven yacht motion. The features of development are described such as the mathematical model, the functions of environment. The possibility of developed environment also as a tool for increasing students motivation with the help of competition principle implementation are shown.

**Keywords:** computer tutoring environment, system of automatic positioning, wind-driven yacht.

**Чухрай Андрей Григорьевич** – канд. техн. наук, доцент, докторант каф. систем управления летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Томченко Захар Владимирович** – студент каф. систем управления летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.