

–Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/KOTB8442>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Талипов О. М., *доктор PhD*
Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожиллов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожиллов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошкеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 50.05, 50.41

<https://doi.org/10.48081/MEML2309>

***И. А. Пирманов¹, К. Т. Кошекoв², А. Т. Байдилдина²,
Ж. К. Азаматова², А. Т. Нурғалиева²**

¹Академия Гражданской Авиации, Республика Казахстан, г. Алматы,

²Восточно-Казахстанский технический университет имени

Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

*e-mail: i.pirmanov@agakaz.kz

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ DIGITAL TWIN В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС НА ПРИМЕРЕ ОБУЧЕНИЯ РЕМОНТУ АГРЕГАТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Технологии Digital Twin применяется в учебном процессе. Этот процесс дает совершенно новые возможности для предоставления информации и получения как теоретических, так и практических знаний. Данная технология полностью меняет способ взаимодействия пользователей с устройством. Технология Digital Twin дает им свободу экспериментировать и придумывать смелые инновационные приложения или прототипы. Процесс обучения в области ремонта авиационной техники состоит из дорогостоящих оборудование. Для получения эффективного образования необходимо внедрять новые образовательные средства и технологии.

Целью статьи является подход к разработке механизма обучающего программного средства на примере ремонта агрегатов авиационной техники. Программное обеспечение реализовано с помощью технологий DT и 3D моделирования и оценка его эффективности при внедрении в учебный процесс.

Целью исследования является разработка механизм обучающего программного средства на примере ремонта агрегатов авиационной техники, реализованного с помощью технологий DT и 3D моделирования, и оценка его эффективности при внедрении в учебный процесс. Полученное обучающее программное средство

предоставит возможность получения практических навыков в процессе обучения в тех областях.

Ключевые слова: метод интервального повторения, Digital Twin (DT), обучающие программные средства, 3D модель.

Введение

Постоянная эволюция технологий выводит образование на новый уровень, которое становится гораздо более привлекательным для студентов, делает возможным использование новых инструментов, что в свою очередь ведет к эволюции процесса обучения [1]. В результате распространения компьютеров и развития интернета информационные системы стали незаменимым инструментом, поддерживающим учебный процесс. В последние годы они определенно укрепили свои позиции не только как эффективный и действенный инструмент, дополняющий традиционные методы и средства, используемые в образовании, но и как первоисточник знаний и формирования профессиональной компетентности [1,3,4,5]. Проведенные до сих пор исследования показывают, что пользователь, находящийся в иммерсивной среде, эффективно усваивает знания [6, 7]. Благодаря своим преимуществам технология DT широко используется в исследовательских, промышленных и образовательных областях [8]. Относительная дешевизна современных виртуальных гарнитур дает даже малобюджетным учебным заведениям возможность проводить надлежащее практическое обучение [9].

Материалы и методы

Как следует из, модернизация промышленных предприятий происходит благодаря масштабному внедрению цифровых технологий. Трендом трансформации создание и применение цифровых двойников (DT).

По назначению DT классифицируются на следующие группы: компоненты, прототипы, демонстраторы, оптимизаторы, программаторы, тени и менеджеры.

DT для демонстрации используют для следующих целей:

- визуального представления клиентам технологических решений и продукции в соответствии с техническим заданием;
- информирования пользователей: 3D-туры по производству, инструкции и руководства с динамическими изменениями.

Преимуществом демонстрационных DT перед мультимедийными программными продуктами является высокий уровень реалистичности при отображении информации. Благодаря этому свойству данный тип DT нашел широкое применение при реализации технологических процессов настройки, ремонта, обслуживания и монтажа оборудования.

Модель DT агрегатов авиационной техники для ремонта имеет сложную форму и включает математические функции и логические процедуры, при этом на выходе формируется готовый к использованию программный модуль.

$$DT = \begin{cases} [SW] \\ \langle T_1 \rangle = \{3D^M, \langle E_3 \rangle; [SW(VE4)]\}, \\ \langle T_2 \rangle \end{cases} \quad (1)$$

где $[SW] = f(C, V)$ - программный модуль, включающий функции:

C - контроля и V - оценки;

$\langle T_1 \rangle$ – техническая документация (регламент) для разработки $\check{V}R$;

$\langle T_2 \rangle$ – техническая документация для использования/эксплуатации $\check{V}R$;

« E_3 » – экспертные рекомендации по компоновке, расположению элементов, эстетичности и дизайну;

$[SW(VE4)]$ – программное обеспечение Unreal Engine 4

В выражении (1) «сшитая» трехмерная 3D-модель формируется при помощи программного обеспечения *Blenders*

$$3D^M = \{ \cup_{m=1}^M 3D - V_m^C, V(t), \langle SW(Blenders) \rangle, \langle R \rangle \}. \quad (2)$$

В выражении (2) благодаря процедуре текстурирования, создается цветовое описание неразъемным деталям на основе реального цвета

$$3D - V_m^C = \{ (3D - V_m^D); RGB_{xyz}^m; \langle E_2 \rangle; [SW(SW)] \}, \quad (3)$$

где RGB_{xyz}^m – цветовая система, применяемая для формирования изображений трехмерных моделей неразъемных деталей;

« E_2 » – экспертные рекомендации разработчика по текстурированию моделей.

При обучении с применением цифровых двойников процессов ремонта вертолетной техники необходимо оценивать уровень подготовленности для работы на реальном оборудовании.

Результаты и обсуждения

Экспериментально-статистические исследования были связаны с оценкой подготовленности студентов бакалавриата для образовательной программы «Авиационная техника и технологии» АО «Академия гражданской авиации». В соответствии с разработанным и описанным в предыдущем подразделе алгоритмом составлена таблица параметров цифрового двойника.

В таблице 1 $K[i]$ лингвистический ряд авиационных агрегатов, ранжированный по увеличению числа входящих в агрегат элементов и инструментов $M[i]$.

Исследования проводились для 25 агрегатов, которые были разработаны и внедрены на АО "Авиаремонтный завод №405" цифровые двойники

Таблица 1 – Параметры для определения уровня подготовленности механиков

i	$K[i]$	$M[i]$	t_i^{nor}	t_i^{mes}	Δt_i
1	$K[1]$ – 242-5800-10	12	112	109	0,026786
2	$K[2]$ – 636100	21	198	191	0,035354
3	$K[3]$ – УП-25/2	23	204	201	0,014706
4	$K[4]$ – ГА-59	28	255	244	0,043137
5	$K[5]$ – УП 03/2М	28	295	277	0,061017
6	$K[6]$ – ЭЦН-91Б	28	327	325	0,006116
7	$K[7]$ – АК-50Т	37	380	364	0,042105
8	$K[8]$ – 748Б	41	458	456	0,004367
9	$K[9]$ – АД-50	53	508	507	0,001969
10	$K[10]$ – ГА-192Т	59	512	508	0,007813
11	$K[11]$ – УБШ	59	532	523	0,016917
12	$K[12]$ – 463Б	69	569	568	0,001757
13	$K[13]$ – ГА-77В	74	577	572	0,008666

Таблица 2 – Параметры для определения уровня подготовленности электронщиков

i	$K[i]$	$M[i]$	t_i^{nor}	t_i^{mes}	Δt_i
1	$K[1]$ – КОЧ-1А	8	105	75	0,285714
2	$K[2]$ – ДВ-302	13	129	127	0,015504
3	$K[3]$ – ЭМ-662Т	17	141	132	0,06383
4	$K[4]$ – СД-29	20	168	149	0,113095
5	$K[5]$ – ЭМКО	20	186	174	0,064516
6	$K[6]$ – Д-1М	24	220	217	0,013636
7	$K[7]$ – ФР-100	25	230	229	0,004348
8	$K[8]$ – МП-100С	32	338	337	0,002959
9	$K[9]$ – МСТ-25А	39	448	433	0,033482
10	$K[10]$ – МВ-280Б	44	485	467	0,037113
11	$K[11]$ – ЭМТ-2М	51	476	473	0,006303
12	$K[12]$ – ИТЭ-1(2)	60	565	563	0,00354

Для проведения дальнейшего статистического анализа была составлена матрица коэффициентов корреляции для определения уровня подготовленности механиков (таблица 3) и электронщиков (таблица 4). В данных таблицах Δt_i - оценочный временной параметр, а P_i - обучающийся. Для эксперимента привлекались 50 студентов-механиков и 50 студентов-

электронщиков, прошедших практический курс занятий с применением цифрового двойника в объеме 25 часов по фронтальному методу.

Таблица 3 – Матрица коэффициентов корреляции для определения уровня подготовленности механиков

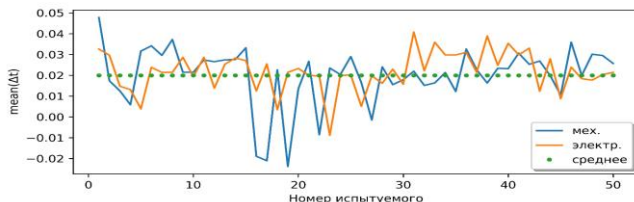
i	$K[i]$	$M[i]$	$\Delta t_i(P_1)$.	$\Delta t_i(P_j)$.	$\Delta t_i(P_{50})$
1	$K[1]$ – 242-5800-10	12	0,026786				
2	$K[2]$ – 636100	21	0,035354				
3	$K[3]$ – УП-25/2	23	0,014706				
4	$K[4]$ – ГА-59	28	0,043137				
5	$K[5]$ – УП 03/2М	28	0,061017				
6	$K[6]$ – ЭЦН-91Б	28	0,006116				
7	$K[7]$ – АК-50Т	37	0,042105				
8	$K[8]$ – 748Б	41	0,004367				
9	$K[9]$ – АД-50	53	0,001969				
10	$K[10]$ – ГА-192Т	59	0,007813				
11	$K[11]$ – УБШ	59	0,016917				
12	$K[12]$ – 463Б	69	0,001757				
13	$K[13]$ – ГА-77В	74	0,008666				

Таблица 4 – Матрица коэффициентов корреляции для определения уровня подготовленности электронщиков

i	$K[i]$	$M[i]$	$\Delta t_i(P_1)$.	$\Delta t_i(P_j)$.	$\Delta t_i(P_{50})$
1	$K[1]$ – КОЧ-1А	8	0,285714				
2	$K[2]$ – ДВ-302	13	0,015504				
3	$K[3]$ – ЭМ-662Т	17	0,06383				
4	$K[4]$ – СД-29	20	0,113095				
5	$K[5]$ – ЭМКО	20	0,064516				
6	$K[6]$ – Д-1М	24	0,013636				
7	$K[7]$ – ФР-100	25	0,004348				
8	$K[8]$ – МП-100С	32	0,002959				
9	$K[9]$ – МСТ-25А	39	0,033482				
10	$K[10]$ – МВ-280Б	44	0,037113				
11	$K[11]$ – ЭМТ-2М	51	0,006303				
12	$K[12]$ – ИТЭ-1(2)	60	0,00354				

По формуле (5) была выполнена оценка полученных значений временного параметра Δt , показанного испытуемыми на различных агрегатах.

На рисунке 2 показано среднее выборочное Δt , а также отдельно значения Δt для механических и электрических агрегатов (механики и электрики соответственно).

Рисунок 1 – Среднее выборочное Δt

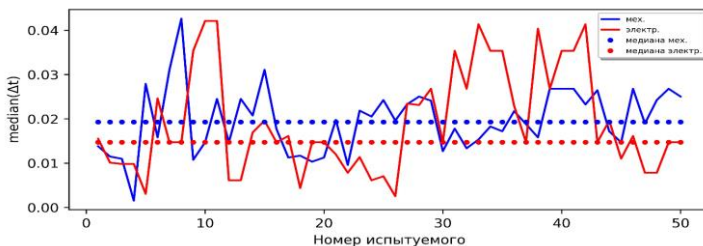
Также на рисунке 2 точками показано общее среднее выборочное, рассчитанное по формуле по значениям Δt совместно для электрических и механических агрегатов

Полученное значение $mean(\Delta t) = 0,0209$, при этом различия для разных типов агрегатов по данному параметру являются незначительными:

$$mean(\Delta t) = 0,0199,$$

$$mean(\Delta t) = 0,0218.$$

Анализируя полученные результаты по Δt можно сделать вывод, что среднее Δt по выборке соответствует предъявляемым нормативам. Однако, средняя оценка является неустойчивой к выбросам. Рассмотрим величину более робастной оценки, которой является медианное значение. На рисунке 3 показаны рассчитанные медианные значения $median(\Delta t)$ для каждого испытуемого. Данные также разделены на показатели для механических и электрических агрегатов.

Рисунок 2 – Медианное значение Δt

На график рисунка 3 точками также нанесены значения медианы для совокупности всех значений Δt отдельно для механических и электрических агрегатов. Основываясь на представленной информации, можно сделать вывод, что время сборки механических агрегатов в общем меньше, чем время для электрических агрегатов. Это следует из того, что линия медианы параметра Δt (голубые точки на рисунке 3) механических приборов располагается выше медианы электрических (красные точки).

Далее оценим параметр среднеквадратического отклонения $\sigma(\Delta t)$, т.е. насколько стабильное время показывают испытуемые на сборке агрегатов.

На рисунке 4 представлены рассчитанные значения $\sigma(\Delta t)$ для механических и электрических агрегатов. У определенной группы испытуемых имеется отличный от остальных разброс по времени при сборке механических агрегатов. Об этом свидетельствуют значения среднеквадратического отклонения. Из этого наблюдения можно предположить, что некоторые участники исследования имели трудности при сборке определенных типов механических агрегатов.

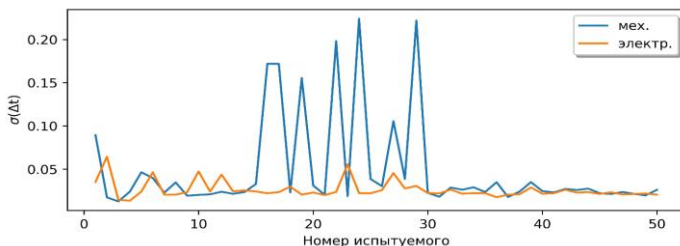


Рисунок 4 – Среднеквадратическое отклонение Δt

Далее определим величины для наилучшего и наихудшего значения Δt для каждого испытуемого. Эти данные показаны на рисунке 4 и рисунке 5 соответственно.

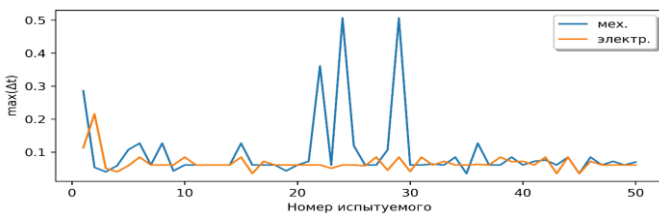


Рисунок 4 – Лучшее значение Δt для каждого испытуемого

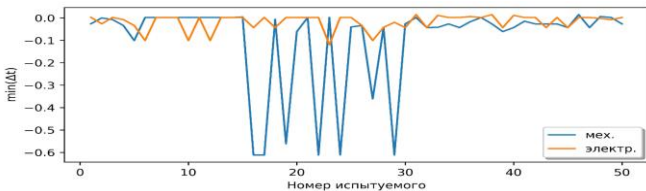


Рисунок 5 – Худшее значение Δt для каждого испытуемого

Анализ данных рисунков 4 и 5 показывает, что часто одни и те же испытуемые демонстрируют высокие показатели при сборке одного типа агрегатов и низкие показатели при сборке других. Это может свидетельствовать о не усвоении материала по сборке конкретных типов приборов и необходимости проведения дополнительных обучающих по данному направлению.

Таким образом, можно утверждать, что статистические данные по оценке Δt несут чрезвычайно полезную информацию о процессе обучения испытуемых. На основании этих данных можно выполнить корректировку процесса обучения.

На рисунке 6 показано значение коэффициента корреляции Пирсона, рассчитанное для каждого испытуемого.

Из рисунка 6 видно, что линейная зависимость между числом деталей и Δt практически отсутствует. Из этого следует, что параметр Δt может эффективно отображать полученные навыки в сборке агрегатов независимо от его типа и числа входящих в его состав компонентов.

Для определения испытуемых, которые показали лучшие или худшие результаты на сборке конкретного агрегата можно воспользоваться графиком на рисунке 7. На данном рисунке приводятся данные для величины Δt для каждого испытуемого по каждому механическому агрегату. На рисунке 8 приводится аналогичная информация по электрическим агрегатам.

На рисунках 7 и 8 следует, что каждый агрегат помечен своим цветом в зависимости от числа деталей N в нем.

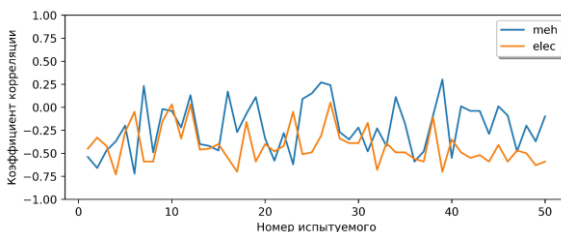


Рисунок 6 – Линейная корреляция между числом элементов в агрегате и значением Δt

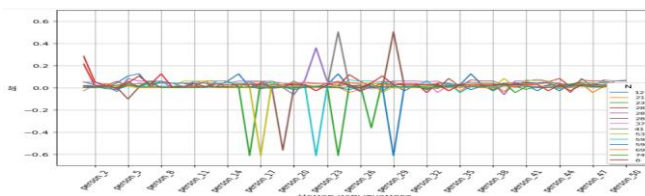


Рисунок 7 – Зависимость Δt по каждому механическому агрегату для каждого испытуемого

Графики рисунков 6 и 7 позволяют проанализировать общую тенденцию сборки каждого отдельного агрегата и определить наиболее сложные для освоения.

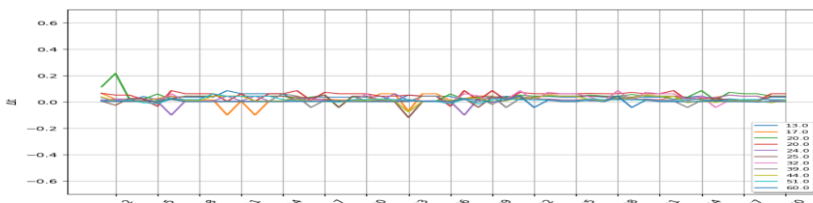


Рисунок 8 – Зависимость Δt по каждому электрическому агрегату для каждого испытуемого

Выводы

В обучении вместо дорогостоящих инструментов и лабораторий экономичнее применять их копии в виде 3D-моделей с идентичными физическими свойствами. DT технология позволяет проводить учебные мероприятия, которые сложно реализовать на обычных лабораторных занятиях.

Опыт внедрения виртуальной реальности в образовательный процесс показал преимущество перед традиционными технологиями обучения, так как обучаемый активен и может улучшить свои навыки на прототипе реальной практики. Однако самое эффективное – это обучение с применением цифровых двойников на VR и на реальных объектах.

Приведены результаты экспериментальных исследований с применением метода анализа аттестации обучающихся с применением цифровых двойников при сборке авиационных агрегатов. Установлено, что на производственном участке авиаремонтного предприятия эффективно применять обучение на первом этапе с применением цифровых двойников, а на втором – с применением реальных объектов.

Опыт внедрения данной технологии в образовательный процесс показал преимущество перед традиционными технологиями обучения, так как обучаемый активен и может улучшить свои навыки на прототипе реальной практики.

Благодарность

Статья подготовлена в рамках проекта по грантовому финансированию Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 гг. ИРН: AP19680080

Разработка тренажерного комплекса с системой инженерной поддержки технической эксплуатации военной и специальной авиационной транспортной техники

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Piovesan S. D., Passerino L. M., Pereira Ad. S.** Virtual reality as a tool in the education // IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA); Madrid, Spain; 2012. – P. 295–298.

2 **Qurat-ul-Ain, Shahid F., Aleem M., Islam A., Iqbal M., Yousaf M.** A review of technological tools in teaching and learning computer science // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education; 2019. 15(11). P. 17. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109611>

3 **Seegerer S., Romeike R.** Computer science as a fundamental competence for teachers in other disciplines // In Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE); New York, USA; 2018. P. 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1145/3265757.3265787>

4 **Stošić L., Stošić I.** Perceptions of teachers regarding the implementation of the internet in education // Computers in Human Behavior; 2015. – 53. P. 462-468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.027>

5 **Tatnall A., Davey B.** Reflections on the history of computers in education // IFIP Advances in Information and Communication Technology; USA; 2014. 424. P. 129–152.

6 **Collins A., Halverson R.** Rethinking Education in the Age of Technology: The Digital Revolution and Schooling in America // Teachers College Press; New York, USA; 2018. R. 12.

7 **Kaminska D., Sapinski T., Wiak S., Tikk T., Haamer R., Avots E., Helmi A., Ozcinar C., Anbarjafari G.** Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey // Information; Switzerland. – 2019. – 10(10):318. – P. 20. – <https://doi.org/10.3390/info10100318>

8 **Lazar I., Panisoara I. O.** Understanding the role of modern technologies in education: A scoping review protocol // Psychreg Journal of Psychology; University of Bucharest, Romania. – 2018. 2. P. 74–86. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1788345>

9 **Lan Y. J.** Immersion into virtual reality for language learning. // Psychology of Learning and Motivation. – 2020. – 72. P. 1–26. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2020.03.001>

10 **Paszkievicz A., Salach M., Strzalka D., Budzik Gr., Nikodem A., Wojcik H., Witek M.** VR Education Support System A Case Study of Digital Circuits Design // Selected Issues of Electrical Engineering, Electronics and Mechatronics. – 2022. 15(1). P. 277–301. <https://doi.org/10.3390/en15010277>

11 **Hurtado C.V., Valerio A.R., Sanchez L.R.** Virtual Reality Robotics System for Education and Training // In 2010 IEEE Electronics, Robotics and automotive mechanics conference; 2010. – P. 162–167.
<https://doi.org/10.1109/CERMA.2010.98>

Поступило в редакцию 10.02.24.

Поступило с исправлениями 10.02.24.

Принято в печать 06.03.24.

* И. А. Пирманов¹, К. Т. Кошеков², А. Т. Байдилдина²,

Ж. К. Азаматова², А. Т. Нурғалиева²

¹Азаматтық авиация академиясы, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.

10.02.24 ж. баспаға түсті.

10.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

06.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

АВИАЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ЖӨНДЕУГЕ ОҚЫТУ МЫСАЛЫНДА ОҚУ ҮРДІСІНЕ ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЕНГІЗУ

Оқу процесінде Digital Twin технологиясын пайдалану ерекше қызығушылық тудырады, өйткені ол ақпарат беру және теориялық және практикалық білім алу үшін мүлдем жаңа мүмкіндіктер береді. Digital Twin технологиясы пайдаланушылардың құрылғымен өзара әрекеттесу тәсілін толығымен өзгертіп, оларға эксперимент жасауға және қымбат жабдықты зақымдаудан қорықпай батыл, инновациялық қолданбаларды немесе прототиптерді шығаруға еркіндік береді. Әуе кемелерін жөндеу саласында оқыту процесі күрделі және қымбат. Нәтижелі білім алу үшін жаңа білім беру құралдары мен технологияларын енгізу қажет. Мақаланың мақсаты – DT және 3D модельдеу технологияларын қолдану арқылы жүзеге асырылатын авиациялық техника блоктарын жөндеу мысалында оқытудың бағдарламалық механизмін әзірлеуге көзқарасты көрсету және оқу процесіне енгізу кезінде оның тиімділігін бағалау.

Зерттеудің мақсаты – DT және 3D модельдеу технологияларын қолдану арқылы жүзеге асырылатын ұшақ агрегаттарын жөндеу мысалында оқыту бағдарламалық құралының механизмін әзірлеу және оқу процесіне енгізу кезінде оның тиімділігін бағалау. Алынған оқу бағдарламалық жасақтамасы сол салалардағы оқу үдерісінде практикалық дағдыларды алуға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: аралық қайталау әдісі, Digital Twin (DT), оқыту бағдарламалық құралы, 3D моделі.

* I. Pirmanov¹, K. Koshekov¹, A. Baidildina², Zh. Azamatova², A. Nurgaliyeva²

¹Academy of Civil Aviation, Republic of Kazakhstan, Almaty;

²D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,
Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.

Received 10.02.24.

Received in revised form 10.02.24.

Accepted for publication 06.03.24.

INTRODUCTION OF DIGITAL TWIN TECHNOLOGY IN THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE EXAMPLE OF TRAINING TO REPAIR AVIATION EQUIPMENT UNITS

The use of Digital Twin technology in the educational process is of particular interest, as it provides completely new opportunities for providing information and obtaining both theoretical and practical knowledge. Digital Twin technology completely changes the way users interact with a device, giving them the freedom to experiment and come up with bold, innovative applications or prototypes without worrying about damaging expensive hardware. The process of training in the field of aircraft repair is complex and expensive. To obtain effective education, it is necessary to introduce new educational tools and technologies. The purpose of the article is to present an approach to the development of a training software mechanism using the example of repair of aircraft equipment units, implemented using DT and 3D modeling technologies,

and to evaluate its effectiveness when introduced into the educational process.

The purpose of the study is to develop a mechanism for a training software tool using the example of repair of aircraft units, implemented using DT and 3D modeling technologies, and to evaluate its effectiveness when implemented in the educational process. The resulting training software will provide the opportunity to gain practical skills in the learning process in those areas.

Keywords: spaced repetition method, Digital Twin (DT), training software, 3D model.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4204

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz