

SIMULATEURS VIRTUELS DANS D'ENSEIGNEMENT DE L'INGÉNIERIE: LE PONT ENTRE L'EXPÉRIENCE VIRTUELLE ET PHYSIQUE

Datsun N., Datsun K. (UNTD, Donetsk, Ukraine)

Tél. +38 (062) 3010856; E-mail: datsun@pmi.dgtu.donetsk.ua

Abstract: *The Worldwide CDIO Initiative is directed on gap reduction between global crisis of engineering education and revolution in modern technologies. CDIO pays special attention to the hands-on learning of product, process, and system building. Technology of virtual instruments are used to create engineering workspaces and laboratories. Model of a virtual simulator is defined. It is based on blending virtual and physical manipulations with objects of subject domain in the educational process. Approach to creation of virtual simulators for mechatronics at the Festo stands, based on this model, is described.*

Key words: *CDIO, engineering workspaces, virtual laboratory, virtual simulator, blending*

Problèmes de l'enseignement de l'ingénierie moderne. Le système moderne traditionnel de l'enseignement de l'ingénierie (EI) a émergé d'une période de la société industrielle. Il n'a pas subi pratiquement les changements, bien que le monde vive déjà dans la société d'information.

Mais tout de même des changements importants ont eu lieu en relation avec les professeurs de l'université technique. D'une part, cela "la diversification du portefeuille" les connaissances de l'étudiant. Le professeur n'est pas la seule source de ces connaissances, donc le professeur a cessé d'être déjà "le réémetteur" des connaissances pour les étudiants. D'autre part, le potentiel du professeur reste inexploité à cause de la routine d'activités de formation et le caractère artisanal de son travail [1]. Dans le même temps, la continuité de la rénovation des compétences de l'ingénierie du professeur est attendue que dans les conditions modernes est le plus souvent irréalisable.

Cela détermine en grande partie la rupture sémantique entre la crise globale de l'enseignement de l'ingénierie et de la révolution dans les technologies modernes.

Worldwide CDIO Initiative comme la voie de la réformation EI. CDIO [2] est le résultat de la compréhension de la rupture indiquée et la tentative de lui réduire. La conception CDIO est basé sur l'unité des quatre entités: *Conceive - Design - Implement - Operate*. Le modèle de base « 3P-A » (Planifier – Projeter – Produire – Appliquer) est appliqué à des systèmes, procédés et produits réels sur le marché international. Le projet CDIO vise principalement à éliminer les contradictions entre la théorie et la pratique dans la formation des cadres d'ingénieurs. Il s'agit d'augmenter l'orientation pratique de l'enseignement.

Un de sept normes de l'initiative CDIO (Standard 6) est consacré aux questions de la garantie et du soutien de l'activité pratique des étudiants lors de l'enseignement: « Engineering workspaces and laboratories that support and encourage hands-on learning of product, process, and system building, disciplinary knowledge, and social learning » [2].

C'est pourquoi le rôle du travail pratique en laboratoire se modifie considérablement dans un enseignement de l'ingénierie moderne.

Enseignement de l'ingénierie et formation en laboratoire. Dans l'enseignement de l'ingénierie on prévoit l'acquisition par les étudiants des compétences pratiques et des habitudes du travail professionnel lors de la formation. C'est pourquoi le processus d'apprentissage dans les universités techniques comprend une formation en classe sur les machines, stands et autres équipements. Par exemple, en 2000 aux universités techniques principales de la Fédération de Russie (l'Université d'Etat polytechnique de Saint-Petersbourg « UEPSp » et l'Institut de l'énergie de Moscou « MEI ») le temps pour le travail pratique en

laboratoire dans le volume total des études en classe faisait 15-25 % [3]. En 2012 dans chacune des trois grandes universités de recherche en Russie (« MEI », l'Université technique Bauman, l'Université Polytechnique de Tomsk) de 60 à 100 chaires assurent la formation dans le système l'enseignement de l'ingénierie, et plus de 140 chaires de l'Université d'Etat polytechnique de Saint-Pétersbourg [1]. Par conséquent, les études en class dans une université technique, directement ou indirectement liés à l'utilisation de l'espace de travail pour l'ingénierie et les laboratoires, sont assez haute charge sur l'équipement de laboratoire existant.

Vieillesse physique et l'obsolescence des équipements de laboratoire des universités techniques dans le degré défini ont déterminé la politique de l'informatisation dans ces institutions. L'un des plus importants domaines de l'utilisation des technologies d'information et de communication (TIC) est une « virtualisation » du travail de pratique en laboratoire dans le le processus d'apprentissage. Les technologies des dispositifs virtuels de mesure, les appareils virtuels, les mécanismes virtuels, les stands virtuels, les simulateurs virtuels sont utilisées de plus au lieu des dispositifs physiques réels.

Définition du terme « simulateur virtuel ». La définition du terme « simulateur virtuel », qui est fixé une norme, n'existe pas. La norme de la Fédération de Russie *OCT.19-98* « Systèmes automatisés du travail de pratique de laboratoire » peut être accepté comme le point de départ. Elle donne une définition: « Ensemble d'outils techniques, logiciels et d'outils méthodiques assurant la tenue automatisée des travaux de laboratoire et les études expérimentales directement sur les objets physiques et (ou) les modèles mathématiques ». Une des définitions modernes du terme « le travail virtuel de laboratoire » (TVL) prend en considération les possibilités des TIC. C'est « système d'information modelant interactivement l'objet réel technique et ses propriétés essentielles pour l'étude avec l'application de l'imagerie par ordinateur en trois dimensions » [4]. Le plus souvent TVL utilisé comme un « simulateur virtuel » pour la préparation de l'exécution du travail de pratique dans un vrai laboratoire. Dans ce cas, les manipulations virtuels et physiques les identiques.

La technologie des dispositifs virtuels de mesure permet de « créer un système de mesure, de gestion et de diagnostic des différentes applications de pratiquement toute la productivité et la complexité ». Dans la définition du terme « l'appareil virtuel » un d'aspects de cette notion est examiné comme un simulateur virtuel: « Modèle informatique qui simule le fonctionnement de l'équipement physique (instruments, appareils) dans des conditions différentes, et crée l'illusion des actions avec l'équipement physique ».

La troisième variante de l'application « des simulateurs virtuels » dans la formation de génie existe: le simulateur est examiné comme l'élément obligatoire de la ressource pédagogique électronique (RPE), par exemple, comme l'élément du livre électronique ou du manuel électronique. Le simulateur virtuel de RPE permet d'acquérir des compétences et les habitudes du travail avec les objets réels de l'ingénierie.

Certains auteurs ont proposé une classification des « laboratoires d'apprentissage virtuels » (LAV) comme des systèmes d'information basés sur la typologie des modèles de représentation des connaissances: type de procédure, déclarative et hybride (procédurales et déclaratives). Les laboratoires virtuels du type procédural sont fondés sur les paquets des programmes appliqués (d'apprentissage ou industriels) qui sont destinés à l'automatisation du travail professionnel. Par conséquent, les simulateurs basés sur ces paquets sont les systèmes du type de procédure. La technologie des appareils virtuels est fondée sur l'approche hybride de la création des LAV.

Ainsi, le simulateur virtuel dans l'enseignement de l'ingénierie est le composant interactif de l'enseignement électronique, « destiné pour l'étude et la fixation des diverses habitudes pratiques » pour le travail avec les objets réels d'apprentissage.

Outils pour la création et domaines d'utilisation de simulateurs virtuels. Il existe une classification des simulateurs virtuels :

- pour l'apprentissage des connaissances (les manuels électroniques) ;
- pour le contrôle (le système du test) ;
- pour l'apprentissage des compétences (les simulateurs multimédia et/ou d'animation des actions avec les objets du domaine objectif).

Dans cet article on examine seulement les simulateurs virtuels pour l'apprentissage des compétences.

Pour ce type des simulateurs, il y a telles variantes logicielles :

- applications bureautiques ;
- applications Web et mobile ;
- vidéo (ou animation) ;
- simulateurs dans le système de l'enseignement à distance (SED) ;
- l'accès à distance aux dispositifs physiques.

Plusieurs variantes du logiciel des simulateurs virtuels comme des applications bureautiques sont utilisés :

- systèmes universelles d'ingénierie professionnelle (LabVIEW, Multisim, KOMIAC, etc.) ;
- systèmes étroitement spécialisées, qui sont créés dans les langages de programmation universels (les disciplines de formation en sciences naturelles ou le perfectionnement du personnel technique des productions industrielles) ;
- système hybride comme une extension des systèmes d'ingénierie professionnelle (la programmation pour l'automatisation industrielle, la formation des disciplines sciences de la nature, etc.).

Les simulateurs virtuels comme les applications Web/mobil sont réalisés le plus souvent sur la base des Flash-technologies.

Les simulateurs dans les formats vidéo sont destinés pour la pratique des compétences et des habitudes professionnelles (les actions de personnel opérationnel et technique à l'industrie.)

Plusieurs variantes du logiciel des simulateurs virtuels comme des modules du système d'enseignement à distance sont utilisés :

- systèmes universelles d'ingénierie professionnelle ;
- modules, qui sont créés sur la base de langage PHP ;
- modules, qui sont créés sur la base des Flash-technologies.

Les simulateurs virtuels de la formation technique professionnelle avec l'accès à distance aux dispositifs créés sur la base des appareils à écran tactile moderne. Ces simulateurs sont basés sur la technologies de l'interaction sans contact avec la possibilité supplémentaire de la télécommande de la planchette et la visualisation en 3D.

La réduction des dépenses pour la formation des spécialistes définit l'efficacité économique de l'application des simulateurs virtuels. Par exemple, le coût de simulateur virtuel des poids de transport est de 10-12 fois moins que le coût des dispositifs réels [5]. Par conséquent, l'utilisation de simulateurs virtuels comme de l'outil de perfectionnement professionnel de personnel est est l'élément le plus important de la politique du personnel des corporations industrielles.

Simulateur virtuel et/ou physique? Cette question est étudiée depuis le début de l'application des simulateurs virtuels dans l'EI. D'une part, les étudiants croient que le simulateur virtuel n'est pas en mesure de remplacer le travail avec un équipement réel (le sondage, «UEPSPb», 2000) [6]. D'autre part, les utilisateurs de SED attendent l'élargissement des fonctionnalités de cette système pour l'exécution des laboratoires virtuels (le sondage, l'Université d'Etat de Kherson, 2011) [7]. La comparaison des manipulations

physiques et virtuelles dans les expériences de laboratoire a montré la nécessité de la création du système du mélange de ces méthodes [1, 8].

Simulateurs virtuels en mécatronique dans les stands Festo. L'Université nationale technique de Donetsk (UNTD) a les stands Festo pour la décision des tâches mécatronique à l'apprentissage et de recherche. En règle générale, les étudiants utilisent le logiciel *Festo Didactic* pour la préparation de l'exécution des travaux de laboratoire [9]. Toutefois, ce logiciel est une application complète fonctionnelle bureautiques pour la conception et la simulation des systèmes. Par conséquent, à l'étape initiale de l'enseignement, elle est redondante. En outre, lorsque les étudiants travaillent avec cette application, il n'y a pas liaison en retour automatique avec l'enseignant. Cela amène à ce que l'admission à effectuer des travaux sur un vrai stand doit être accomplie par l'enseignant au laboratoire. À l'UNTD le modèle était proposé, la conception de la structure était fait et des simulateurs virtuels de mécatronique sur les stands Festo étaient élaborés [10]. L'ensemble de programme est destiné au travail indépendant des étudiants pour l'assemblage des schémas des pneumoéléments sur le stand Festo. Chaque simulateur virtuel reproduit l'extérieur du stand Festo et des éléments pneumatiques, ainsi que la réaction de ces éléments aux influences des étudiants. Les simulateurs virtuels sont intégrés dans au système de l'enseignement à distance de l'UNTD et sont disponibles à Internet pour les utilisateurs enregistés du cours en ligne.

Le projet a été réalisé pour créer un modèle mélangé d'un simulateur virtuel pour les travaux de laboratoire mécatronique :

- l'étape du travail indépendant à Internet (les études des informations théoriques et la réception des compétences pratiques de l'assemblage du schéma des pneumoéléments au stand virtuel à l'aide du simulateur) ;

- l'étape du travail en laboratoire (l'assemblage du schéma des pneumoéléments au stand réel et l'exécution des expériences physiques).

L'assemblage du schéma dans le simulateur virtuel est effectuée successivement en trois étapes (Fig. 1) :

- l'étape 1 : l'assemblage du schéma dans les désignations conventionnelles ;
- l'étape 2 : l'assemblage du schéma des pneumoéléments au stand virtuel ;
- l'étape 3 : la mise en marche du schéma au stand virtuel.

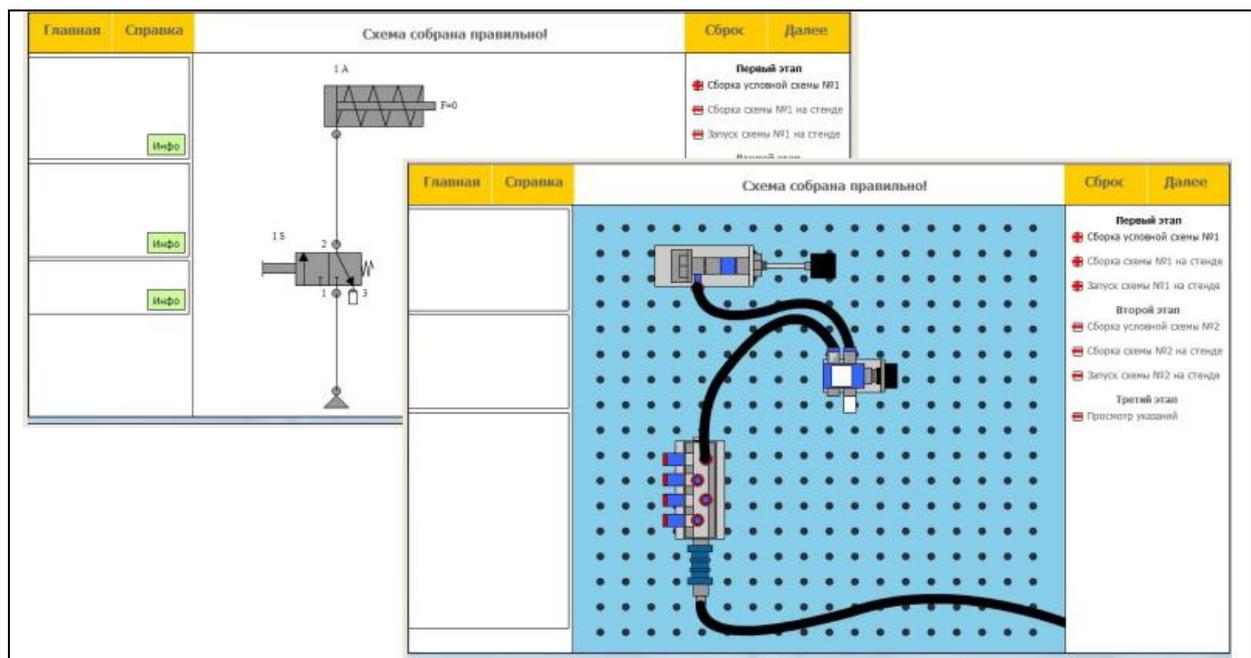


Fig. 1. Les résultats des étapes du travail avec le simulateur virtuel

Le pas suivant devient accessible seulement après l'exécution fructueuse du pas en cours. L'information sur l'achèvement du dernier pas est transmise au l'enseignant en forme de la lettre à e-mail. La réussite de toutes les pas sur le simulateur virtuel est est l'admission pour effectuer des travaux de laboratoire pendant les heures d'enseignement en classe.

Le logiciel des simulateurs virtuels est créé dans la langue ActionScript 3.0 en l'environnement de développement FlashDevelop. Trois simulateurs virtuels sont installés sur le site <http://dist.donntu.edu.ua/course/view.php?id=471>.

L'application des simulateurs virtuels dans la formation des ingénieurs à l'Institut de formation post-universitaire de l'UNTD est la perspective de leur utilisation.

Conclusions.

Il y a la rupture sémantique entre la crise globale de l'enseignement de l'ingénierie et de la révolution dans les technologies modernes. Worldwide CDIO Initiative est orientée sur la réduction de cette rupture. CDIO se concentre sur la maîtrise pratique des méthodes de la création des produits, les procès, les systèmes par les futurs ingénieurs. Un des moyens d'assurer « Engineering workspaces and laboratories » est d'utiliser de la technologie des appareils virtuels et des laboratoires virtuels basés sur eux. Le modèle du simulateur est défini à la base de l'analyse des approches modernes de la création de simulateurs virtuels. Ce modèle prévoit le mélange dans le processus d'apprentissage des manipulations virtuelles et physiques avec les objets. Une approche à la création de simulateurs virtuels en mécatronique sur les stands Festo, basés sur ce modèle, est décrit.

Remerciement. Les auteurs remercient Oustimenko T.A. et Oul'yanitsky T.V. pour leur collaboration sur la création de simulateurs virtuels sur les stands Festo.

Bibliographie: 1. Маслов С.И., Серебрянников С.В., Тихонов А.И. Российское инженерное образование: вызовы и новые подходы на основе информационных технологий// Открытое образование. – 2012, № 6. - С.34-44. 2. Site officiel de CDIO. – www.cdio.org (page consultée 15 juillet 2013). 3. Новый подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам/ Арбузов Ю.В., Леньшин В.Н., Маслов С.И. и др. Под ред. А.А. Полякова. – М.: Центр-Пресс, 2000. – 238 с. 4. Троицкий Д.И. Виртуальные лабораторные работы в инженерном образовании// Качество. Инновации. Образование. – 2008, №2. - С.69-73. 5. Круг П.Г. Обучение на весовых тренажерах// Мир транспорта. – 2006, №3. - С.122-128. 6. Цикин И.А., Сороцкий В.А. Виртуальный лабораторный практикум в инженерном образовании. – www.ict.edu.ru/vconf/files/tm01_677.doc (page consultée 15 juillet 2013). 7. Козловский Е.О., Кравцов Г.М. Виртуальная лаборатория в структуре системы дистанционного обучения// Информационные технологии в образовании. – 2011, № 10. - С. 102-109. 8. G. Olympiou, Z.C. Zacharia. Towards a framework for blending physical and virtual manipulatives in science laboratory experimentation/ 62nd Annual Conference International Council for Education Media ICEM 2012 – 26-29 September 2012, Nicosia.– http://icem2012.cadet.org/resources/proceedings/DAY1/Day1_session4_Olympiou-et-al.pdf (page consultée 15 juillet 2013). 9. Festo. Программное обеспечение – Изучение, управление, моделирование. — <http://www.festo-didactic.com/> (page consultée 15 juillet 2013). 10. Ульяницкий Т.В., Дацун Н.Н., Устименко Т.А. Программный комплекс виртуальных лабораторных работ по мехатронике на стендах FESTO. Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг 2013 (ІУСКМ -2013): IV Міжнародна науково-технічна конференція студентів та молодих вчених/ 24-25 квітня 2013р. м.Донецьк : зб. доп. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – в 2 тт. - Т.1. – С.325-330.s