

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИИ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 04 Volume: 96

Published: 29.04.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Aleksey Tarakhovskiy
Sevastopol State University
Associate Professor, Ph.D.,
Russian Federation
aytarakhovskiy@sevsu.ru

EXPERIENCE IN INTEGRATING CAD/CAM/CAE TECHNOLOGIES IN THE BACHELOR'S CURRICULUM

Abstract: The article deals with the issues of digitalization of higher education, the author argues that improving the quality of training at the University is inextricably linked to issues of scientific and innovative activities in education, introduction of modern technologies in the educational process and solution of problems of automation of education based on international standards ISO 9000 and CAD/CAM/CAE. The author comes to the conclusion that the peculiarity of engineering education is that in the course of their work, the engineer is faced with a large amount of graphic information in the form of working drawings of parts, Assembly drawings, General drawings, etc. Also, a modern engineer should be able to choose the most optimal design of a node or mechanism from a wide variety of possible solutions. The selection criteria will be not only economic, but also strength calculations. It is suggested that at all stages of training, starting from the 1st year and ending with the final qualification work, the student should use modern computers and advanced software. Based on the research, the author obtains the following results: changes occurring in technologically developed countries of the world associated with the "digitalization" of the economy necessitate a radical transformation of the process of training engineers in universities. The use of the modules "Digital design" and "programming of CNC machines" in the curriculum ensures the continuity of education; individualization of training, associated primarily with the project approach and the wide application of distance forms and asynchronous learning.

Key words: digitalization of the economy, digitalization of higher education, improving the quality of training at the University, automation of education, CAD/CAM/CAE technologies, digital design, distance learning, asynchronous learning.

Language: Russian

Citation: Tarakhovskiy, A. (2021). Experience in integrating CAD/CAM/CAE technologies in the bachelor's curriculum. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (96), 384-389.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-96-77> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.04.96.77>

Scopus ASCC: 1704.

ОПЫТ ИНТЕГРАЦИИ CAD/CAM/CAE-ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы цифровизации высшего образования, обосновывается утверждение, что повышение качества подготовки специалистов в университете неразрывно связано с вопросами научно – инновационной деятельности в образовании, внедрением современных технологий в образовательный процесс и решением проблем автоматизации образования, базирующимися на международных стандартах серии ISO 9000 и CAD/CAM/CAE-технологий. Автор приходит к выводу, что особенностью инженерного образования является, то, что в процессе своей работы инженер сталкивается с большим объемом графической информации в виде рабочих чертежей деталей, сборочных чертежей, чертежей общего вида и т.д. Так же, современный инженер должен уметь выбрать наиболее оптимальную конструкцию узла или механизма из большого многообразия возможных решений. Критериями выбора будут являться не только экономические, но и прочностные расчеты. Обосновывается

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

предположение что на всем этапе обучения начиная с 1-го курса и заканчивая выпускной квалификационной работой, студент должен использовать современные ЭВМ и передовое программное обеспечение. На основе проведенного исследования автор получает следующие результаты: изменения, происходящие в технологически развитых странах мира, связанные с «цифровизацией» экономики создают необходимость в полном объеме преобразовать процесс подготовки инженеров в университетах. Использование в учебном плане модулей «Цифровое проектирование» и «Программирование станков с ЧПУ» обеспечивает цельность образования; индивидуальные траектории обучения, связанные, прежде всего, с проектным подходом и широким применением дистанционных, сетевых форм и асинхронности обучения.

Ключевые слова: цифровизация экономики, цифровизация высшего образования, повышение качества подготовки специалистов в университете, автоматизация образования, CAD/CAM/CAE-технологии, цифровое проектирование, дистанционная форм обучения, асинхронное обучение.

Введение

УДК 378.14/004.925.8

В последнее время в машиностроении происходят существенные изменения, связанные с широким распространением компьютерных технологий. Такие технологии и построенные на них технологические процессы сегодня все чаще можно объединить одним понятием «цифровизация».

Материалы и методы исследования

«Цифровизация – это процесс внедрения цифровых технологий генерации, обработки, передачи, хранения и визуализации данных в различные сферы человеческой деятельности, а не только в экономику» [1].

С одной стороны, цифровые технологии смогут обеспечить конкурентоспособность российской промышленности [2]:

- делает производство прибыльным и конкурентоспособным;
- цифровые технологии позволяют отслеживать продукт на всех этапах жизненного цикла, а следовательно своевременно вносить какие-либо изменения как в производственный процесс, так и в послепродажное сопровождение и обслуживание.

А с другой стороны цифровые технологии ставят новые задачи перед системой образования, ведь развитие производства напрямую связано с приобретенными компетентностями молодых специалистов [3, 4].

Согласно докладу «Навыки будущего. Что нужно знать и уметь в новом сложном мире» [5] можно выделить тренды, формирующих экономический уклад будущего:

- цифровизация всех сфер жизни;
- автоматизация и роботизация;
- глобализация (экономическая, технологическая и культурная);
- экологизация;
- ускорение.

Классическая система образования готовила специалистов, готовых решать рутинные задачи, свойственные индустриальной эпохе. В новом мире уменьшается количество типовых,

шаблонных профессий, и возрастает роль специалиста, готового к воплощению в жизнь коллективных и индивидуальных целей. Уже сейчас встречается ситуация, когда навыки устаревают быстрее, чем студент завершит весь курс обучения и получит диплом. Поэтому необходим новый подход к образованию.

Одним из образцов образования будущего может служить идея, заложенная в FutureSkills. «FutureSkills – это одна из приоритетных инициатив движения «Молодые профессионалы» (WorldSkillsRussia), направленная на опережающую подготовку кадров. Развитие проекта обусловлено стремительными глобальными изменениями в сфере технологий и производства, которые диктуют новые требования к кадрам и к их подготовке» [6].

«Повышение качества подготовки специалистов в университете неразрывно связано с вопросами научно – инновационной деятельности в образовании, внедрением современных технологий в образовательный процесс и решением проблем автоматизации образования, базирующимся на международных стандартах серии ISO 9000 и CAD/CAM/CAE-технологий» [7, 8].

Согласно ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (уровень бакалавриата) [9] у выпускника должны быть сформированы определенные общепрофессиональные и профессиональные компетенции, связанные с использованием современных информационных технологий, такие как:

- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-2);
- способностью использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-3);

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

- способностью участвовать в разработке проектов изделий машиностроения, средств технологического оснащения, автоматизации и диагностики машиностроительных производств, технологических процессов их изготовления и модернизации с учетом технологических, эксплуатационных, эстетических, экономических, управленческих параметров и использованием современных информационных технологий и вычислительной техники, а также выбирать эти средства и проводить диагностику объектов машиностроительных производств с применением необходимых методов и средств анализа (ПК-4).

Особенностью инженерного образования является, то, что в процессе своей работы инженер сталкивается с большим объемом графической информации в виде рабочих чертежей деталей, сборочных чертежей, чертежей общего вида и т.д. Так же, современный инженер должен уметь выбрать наиболее оптимальную конструкцию узла или механизма из большого многообразия возможных решений. Критериями выбора будут являться не только экономические, но и прочностные расчеты. Из вышеизложенного можно сказать, что на всем этапе обучения начиная с 1-го курса и заканчивая выпускной квалификационной работой, студент должен использовать современные ЭВМ и передовое программное обеспечение. Бакалавр по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств должен знать и применять на практике инновационные технологии такие как:

- средства проектирования CAD (Computer Aided Design);
- средства инженерного анализа CAE (Computer Aided Engineering);
- средства подготовки автоматизированного производства CAM (Computer Aided Manufacturing);
- средства планирования технологических процессов CAPP (Computer Aided Process Planning);
- средства управления документооборотом PDM (Product Document Management).

Принимая во внимание, что инженерное образование имеет свои особенности и является составной частью высшего образования в целом, общие тенденции последнего заслуживают своего рассмотрения [10].

В различных источниках встречаются разные наборы тенденций и их ранжирование:

- непрерывность образования [11, 12];
- актуализация индивидуального подхода в образовании [13, 14];
- развитие асинхронного образования [15–17];

- расширение дистанционного образования [18–19];

- рассмотрение образования как инвестиционного проекта [20].

Для обеспечения компетенций согласно ФГОС на кафедре «Технологии машиностроения» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в учебный план внесены модули «Цифровое проектирование» и «Программирование станков с ЧПУ», которые включают в себя следующие дисциплины:

1. «Начертательная геометрия»;
2. «Инженерная графика в САД системах»;
3. «Компьютерная графика и основы трехмерного моделирования»;
4. «CALS-технологии в машиностроении»;
5. «САД системы в машиностроении»;
6. «САЕ системы в машиностроении»;
7. «САПР технологических процессов»;
8. «Основы программирования станков с ЧПУ»;
9. «САМ системы подготовки программ для станков с ЧПУ».

Цель изучения дисциплины «Начертательная геометрия» – формирование базового (начального) уровня компетенции, заключающийся в готовности и способности обучающегося на основе полученных знаний, умений и владений создавать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями современных высокотехнологических производств.

Цель изучения дисциплины «Инженерная графика в САД системах» – формирование у студентов необходимых знаний в области компьютерной графики и решение инженерно-геометрических задач с использованием графических редакторов, и САПР.

Цель изучения дисциплины «Компьютерная графика и основы трехмерного моделирования» – формирование у студентов системы теоретических и практических знаний в области использования средств компьютерной графики при конструировании изделий и средств оснащения технологических процессов.

Цель изучения дисциплины «CALS-технологии в машиностроении» – изучение основ и информационного обеспечения жизненного цикла изделия.

Цель изучения дисциплины «САД системы в машиностроении» – является приобретение знаний о существующих комплексах автоматизированного проектирования; формирование умений и навыков, необходимых для геометрического моделирования; теоретических и практических основ построения пакетов машинной графики, ориентированных на применение в инженерной деятельности;

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

практических умений и навыков создания и построения различных трехмерных моделей.

Цель изучения дисциплины «CAE системы в машиностроении» – является формирование у студентов базовых знаний о применении современных технологий компьютерного моделирования для решения задач конструкторской и технологической подготовки производства изучение основ и информационного обеспечения жизненного цикла изделия.

Цель изучения дисциплины «САПР технологических процессов» – формирование знаний по проектированию технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц с использованием систем автоматизированного проектирования, и подготовке к решению профессиональных задач. Привитие профессиональных навыков работы в специализированных САПР.

Цель изучения дисциплины «Основы программирования станков с ЧПУ» – ознакомление студентов с основами программирования станков с ЧПУ.

Цель изучения дисциплины «САМ системы подготовки программ для станков с ЧПУ» – формирование у студентов навыков создания управляющих программ обработки для станков с ЧПУ с помощью САМ систем.

Дисциплины модуля «Цифровое проектирование» изучаются последовательно с 1-го по 8-й семестр, что обеспечивает непрерывность образования и овладение навыками работы в CAD/CAE/CAPP системах. САМ системы изучаются с 6-го по 8-й семестр в модуле «Программирование станков с ЧПУ».

Часть дисциплин имеют поддержку в виде онлайн-курсов, развернутых на базе системы управления курсами Moodle, что дает возможность дистанционного и асинхронного обучения [21, 22].

При прохождении учебной и производственной практик студенты на действующих предприятиях выполняют реальные проекты, согласно заданию по практике, что зачастую способствует рассмотрению ими образования как инвестиционного проекта в свое будущее.

При выполнении выпускной квалификационной работы студенты используют полученные знания по модулям «Цифровое проектирование» и «Программирование станков с ЧПУ», и имеют возможность работы с Электронными библиотечными системами ведущих российских издательств – ЭБС «Znanium.com», ЭБС «Лань», ЭБС «Юрайт», где представлена самая современная литература по интересующей области знаний. Так же необходимую информацию по действующим ГОСТам можно получить при помощи профессиональных справочных систем «Кодекс» и «Техэксперт». В визуализации технических и технологических разработок помогает использование Российского инженерного ПО «Компас-3D» (АСКОН). Для автоматизации проектирования технологических процессов используется «САПР ТП Вертикаль», в которой так же можно производить расчёт режимов резания и нормирования. Выбор современного металлорежущего инструмента возможен при помощи официальных сайтов фирм SandvikCoromant [23] и Korloy [24]. На сайте фирмы Sandvik Coromant так же представлен калькулятор, при помощи которого можно посчитать режимы резания для выбранного инструмента.

Выводы.

Таким образом можно сделать вывод, что:

1. Изменения, происходящие в технологически развитых странах мира, связанные с «цифровизацией» экономики обуславливают необходимость кардинальной трансформации процесса подготовки инженеров в университетах.

2. Использование в учебном плане модулей «Цифровое проектирование» и «Программирование станков с ЧПУ» обеспечивает непрерывность образования; индивидуализация обучения, связанную, прежде всего, с проектным подходом и широким применением дистанционных форм и асинхронности обучения.

References:

1. Plotnikov, V.A. (2018). Cifrovizaciya proizvodstva: teoreticheskaya sushchnost' i perspektivy razvitiya v rossijskoj ekonomike. *Izvestiya SPbGUE*, №4 (112).

<https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-proizvodstva-teoreticheskaya-suschnost-i-perspektivy-razvitiya-v-rossiyskoj-ekonomike>

Impact Factor:

ISRA (India) = **6.317**
ISI (Dubai, UAE) = **1.582**
GIF (Australia) = **0.564**
JIF = **1.500**

SIS (USA) = **0.912**
PIHII (Russia) = **0.126**
ESJI (KZ) = **9.035**
SJIF (Morocco) = **7.184**

ICV (Poland) = **6.630**
PIF (India) = **1.940**
IBI (India) = **4.260**
OAJI (USA) = **0.350**

2. (2021). Cifrovizaciya, promyshlennyj internet veshchej i Industriya 4.0. [Elektronnyj resurs]. Retrieved 01.04.2021 from https://neftegaz.ru/tech_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-i-Industriya-4.0.-Kratko
3. Vodolazskaya, N.V., & Ul'yancev, A.V. (2019). *Primenenie informacionnyh tekhnologij pri reshenii tekhnicheskikh zadach*. Gorinskie chteniya. Nauka molodyh - innovacionnomu razvitiyu APK : Materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii (28-29 marta 2019 goda): v 4 t. Tom 4. p. (p.41). Majsij: Izdatel'stvo FGBOU VO Belgorodskij GAU.
4. Tarakhovskiy, A.YU. (2020) Vuzovskij chempionat i demonstracionnyj ekzamen po standartam WORLDSKILLS: opyt i perspektivy. *Avtomatizirovannoe proektirovanie v mashinostroenii*, № 8, pp. 51-53.
5. Loshkareva, E., Luksha, P., Ninenko, I., Smgin, I., & Sudakov, D. (n.d.). *Navyki budushchego. CHto nuzhno znat' i umet' v novom slozhnom mire*. Retrieved 29.03.2021 from http://worldskills.ru/assets/docs/media/WSdoklad_12_0kt_rus.pdf
6. Tarakhovskiy, A.YU. (2019). *Sovremennye informacionnye tekhnologii i razvitie kompetencij studentov napravleniya «Konstruktorsko-tekhnologicheskoe obespechenie mashinostroitel'nyh proizvodstv»*. Perspektivnye napravleniya razvitiya otdelochno-uprochnyayushchej obrabotki i vibrovolnovnyh tekhnologij [Elektronnyj resurs] : sb. tr. nauchnogo seminar, posvyashchennogo pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki i tekhniki RF, doktora tekhnicheskikh nauk, pochotnogo professora DGTU A.P. Babicheva / otv. red. V.A. Lebedev ; Donskoj gos. tekhn. un-t. – Elektron. tekstovye dan. (pp.209-213). Rostov-na-Donu: DGTU. Retrieved 01.08.2020 from <https://ntb.donstu.ru/content/2019616> EBS DGTU.
7. Emelyanov, N.V. (2016). Innovative technologies in the process of the two-level teaching and scientific studies. *Modern Science*, № 11, pp. 14-17.
8. Lavrov, E. A., Vodolazskaya, N.V., Pas'ko, N. B., & Krivodub, A.S. (2015). Komp'yuterizaciya ergonomicheskoy podgotovki inzhenernyh kadrov APK. *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*, № 1 (5), pp.11 – 17.
9. (2016). *Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'-nyj standart po napravleniyu podgotovki 15.03.05 «Konstruktorsko-tekhnologicheskoe obespechenie mashinostroitel'nyh proizvodstv» vysshego obrazovaniya (bakalavriat), utverzhdennyj prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ot «25» avgusta 2016 g. №1000*.
10. Shchurov, I.A., & Vaulin, S.D. (2018). Transformaciya nepreryvnogo obrazovaniya inzhenerov v usloviyah forsirovannogo razvitiya i primeneniya informacionno-kommunikacionnyh tekhnologij. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki»*, T. 10, № 1, pp.78–101. DOI: 10.14529/ped180111
11. (2014). *Dopolnitel'noe professional'noe obrazovanie v usloviyah modernizacii: materialy shestojs vserossijskoj nauch.-prakt. internet-konf. (s mezhdunar. uchastiem) / pod nauch. red. M.V. Novikova*. (p.240). YAroslavl':Izd-vo YAGPU.
12. (2017). *Kvantorium. Novaya model' dopolnitelnogo obrazovaniya*. (p.106). Moscow: Agentstvo strategicheskikh iniciativ.
13. Martynova, O.N. (2008). *Potencial samorealizacii budushchih inzhenerov: monogr.* (p.204). Samara: Izd-vo Samar.gos. aerokosm. un-ta.
14. Zasedatel', V.S., Zaharova, U.S., & Serbin, V.A. (2016). *Osobennosti konstruirovaniya personal'noj obrazovatel'noj sredy studentov Tomsk gosudarstvennogo universiteta na primere mobil'nyh prilozhenij*. *Sovremennoe obrazovanie: sodержanie, tekhnologii, kachestvo*. XXII Mezhdunar. nauch.-metod. konf., 20 apr. 2016 g. (pp.177-180). SPb.: LETI, T. 1.
15. D'yakonov, B.P. (2014). Asinhronnoe obuchenie kak faktor Razvitiya sub"ektnosti studentov. *Problemy sovremennoho obrazovaniya*, № 3, pp. 139–145.
16. Jordan J., et al. (2013). Asynchronous vs didactic education: it's too early to throw in the towel on tradition. *BMC Medical Education*, № 13 (1), pp. 1–8. DOI: 10.1186/1472-6920-13-105
17. D'yakonov, B.P. (2016). Gejmifikaciya v asinhronnom obrazovatel'nom processe. *Istoricheskaya i social'no obrazovatel'naya mysl'*, T. 8, № 1/1, pp.143–147. DOI: 10.17748/2075-9908-2016-8-1/1-143-147
18. Grigorash, O.V. (2014). Distancionnoe obuchenie v sisteme vysshego obrazovaniya: preimushchestva, nedostatki i perspektivy. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, № 101 (07), pp.1–12.
19. Smirnova, ZH.V., & Chajkina, ZH.V. (2017). Distancionnoe obrazovanie kak process upravleniya obucheniem. *Mir nauki*, T. 5, № 2, pp. 1–7.
20. Fridman, M. (2006). Kapitalizm i svoboda: per. s angl.. (p.240). Moscow: Novoe izd-vo.
21. Tarakhovskiy, A.YU. (2019). *Geometricheskoe modelirovanie i avtomatizaciya processa ego*

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	PIHII (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

- izucheniya. V sbornike: Obrazovanie v cifrovuyu epohu. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii prepodavatelej, studentov, aspirantov, doktorantov i za-interesovannyh lic., pp. 68-72.*
22. Tarakhovskiy, A.YU. (2019). Ispol'zovanie sredy MOODLE v kontekste smeshannogo obucheniya, studentov tekhnicheskikh special'nostej. *Sovremennye problemy teorii mashin*, № 8, pp. 25-27.
23. (2019). *SandvikCoromant* [Elektronnyj resurs]. - Retrieved 01.08.2019 from <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/>
24. (n.d.). *KORLOY* [Elektronnyj resurs]. - Retrieved 01.08.2019 from <http://korloy-tools.ru/>