

2. **Тронь В.В.** Аналіз методів ідентифікації систем автоматичного керування технологічними процесами збагачення залізорудної сировини / **В.В. Тронь** // Вісник КНУ, 2013. - Вип. 35. - С. 198-201.
3. **Моркун В.С.** Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_∞ -нормы / **В.С. Моркун, Н.В. Моркун, В.В. Тронь** // Гірничий вісник, Кривий Ріг: КНУ, 2014. - Вип. 98. - С. 83-85.
4. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник КНУ, 2014. - Вип. 36. - С. 275-280.
5. **Тронь В.В.** Формування адаптивного керування процесом подрібнення залізорудної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта / **В.В. Тронь, К.В. Масвський** // Гірничий вісник. - Кривий Ріг: КНУ, 2015. - Вип. 99. - С. 27-32.
6. **Моркун В.С.** Моделирование процесса классификации железорудной пульпы в гидроциклоне с учетом ее физико-механических характеристик / **В.С. Моркун, В.М. Радионон** // Вісник КНУ. - Кривий Ріг: КНУ, 2012. - Вип. 33. - С. 48-53.
7. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / **Купін А.І.** – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. - 204с.
8. **Луткин Н.И.** Приборы для контроля технологического процесса в потоке / **Н.И. Луткин, К.К. Морар.** - М.: Колос, 1978. - 160 с.
9. А.с. 1530258 СССР, МКИ В 03 В 13/00. Способ определения продуктивности спирального классификатора по пескам / **Е.Ф. Морозов** (СССР). – № 4385577/22-03; заявл. 29.02.88; опубл. 23.12.89, Бюл. № 47.
10. **Шупов Л.П.** Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения / **Шупов Л.П.** - М.: Недра, 1980. - 288 с.
11. **Козин В.З.** Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых / **Козин В.З.** - М.: Недра, 1984. - 112 с.
12. **Кузнецов Ю.М.** Теорія технічних систем / **Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А.**; під заг. ред. **Ю.М. Кузнецова.** - К.-Тернопіль, 1998. - 310 с.
13. Ідентифікація та моделювання технологічних процесів / **[Рожков П.П., Кранобаєв В.А., Фурман І.О. та ін.]**; під заг. ред. **І.О. Фурмана.** - Харків: Факт, 2007. - 240 с.
14. **Дубовой В.М.** Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування / **Дубовой В.М.** - Вінниця: ВНТУ, 2012. - 308 с.
15. **Боголюбов А.Н.** Основы математического моделирования / **Боголюбов А.Н.** - М.: МГУ, 2003. - 136 с.
16. Введение в математическое моделирование: учебн. пособие / **[Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э. и др.]**; под ред. П.В. Трусова. - М.: Логос, 2005. - 440 с.
17. **Асанов А.З.** Введение в математическое моделирование динамических систем / **Асанов А.З.** - Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2007. - 205 с.
18. **Прудковский Б.А.** Зачем металлургу математические модели? / **Прудковский Б.А.**; отв. Ред. **П.И. Полухин.** - [3^е изд.]- М.: Изд-во ЛКИ, 2010. - 200 с.
19. **Федоткин И.М.** Математическое моделирование технологических процессов / **Федоткин И.М.** - [2^е изд.]- М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. - 416с.
20. **Бронштейн И.Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / **И. Бронштейн, К. Семендяев.** - [8^е изд., стереотипное]- М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1959. - 608 с.

Рукопис подано до редакції 07.12.15

УДК 621.01: 681.3: 658.5

А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті викладено підхід можливого підвищення ефективності роботи виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій, що відповідає би світовим тенденціям розвитку промисловості та був заснований на максимально-ефективному використанні кадрів, матеріальної бази, програмного забезпечення, площ ВНЗ і підприємства. Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування призводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю. Для вирішення проблеми відсутності єдності програмного забезпечення, та систем управління даними пропонується замінити існуючі системи управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Відмічено, що для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону. Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню

спеціалізацію студентів (деякі студенти стають працівниками підприємства ще до завершення навчання); виконувати курсові проекти і кваліфікаційні роботи за реальною виробничою тематикою; організувати стажування на підприємствах для молодих викладачів. Впровадження цих систем в навчальний процес дає можливість вести навчання на якісно новому рівні та сформувати фахівця високої кваліфікації, здатного орієнтуватися в різноманітних програмних модулях із практичним їх впровадженням на виробництві, яке дає змогу скоротити ресурси, час та підвищити продуктивність роботи.

Ключові слова: комп'ютерні технології, Лоцман:PLM, машинобудування, життєвий цикл виробу.

Проблема і її зв'язок з практичними задачами. Стислі терміни і висока якість технологічної підготовки є ключовими чинниками ефективності сучасного машинобудівного виробництва. У сучасних умовах стрімкого розвитку комп'ютерних технологій, вимог до якості та темпів виробництва нової продукції, що постійно змінюються, управління документами і даними, планування і моніторинг потоків робіт є невід'ємним компонентом ефективної організації процесів конструкторсько-технологічного проектування, підготовки виробництва, функціонування виробничих підрозділів [1].

Сучасні інформаційні технології з невинною швидкістю охоплюють все більші сегменти виробництва і соціальної сфери, і тим самим поглиблюють глобальну конкуренцію. У сучасних ринкових умовах все більш актуальним стає необхідність скорочення виробничих циклів по випуску нових виробів, так як при зростаючій конкуренції необхідно оперативно вирішувати питання розширення і зміни номенклатури продукції, що випускається.

На сьогоднішній день для сучасної промисловості потрібно належним чином переоснащити робочі місця фахівців-виробників з урахуванням розвинутих можливостей обчислювальної техніки та систем автоматизованого проектування. Але використання ліцензійних програмних продуктів для сучасної промисловості є найгострішою проблемою. Вирішення цієї проблеми вимагає значних витрат: необхідність підготовки фахівців, які б володіли комп'ютерними технологіями. При впровадженні автоматизованих інформаційних систем людський фактор значно уповільнює цей процес. Зазвичай виникають конфлікти компетенцій і повноважень. Завжди нові та більш ефективні технології витісняють старі, так як процес розвитку є незворотним. Основна задача полягає в визначенні допустимих витрат при впровадженні цих технологій. Визначитись з пріоритетами в даному випадку - це найголовніше завдання.

Аналіз досліджень та публікацій. Протягом останніх п'яти років виробничі підприємства отримують дохід від порівняно нових виробів, у розмірі близько 30 % [2]. Але такі суперечливі завдання як: просування інновацій, збільшення доходу, дотримання жорстких термінів випуску продукції на ринок і забезпечення її високої якості, доводиться вирішувати для швидкої розробки нової продукції. Вивчення ринку дозволяє виділити наступні цільові показники від впровадження сучасних інформаційних технологій, а саме: зменшення витрат; збільшення ефективності; збільшення швидкості розробки, скорочення термінів; підвищення прибутковості; підвищення конкурентоспроможності підприємства; захист і збереження даних; підвищення якості управління підприємством.

Тенденції переходу на нову якість проектування виробів і технологій привели до появи нового технологічного укладу, заснованого на інтеграції в машинобудуванні всіх етапів робіт і реалізації концепції інформаційної підтримки життєвого циклу виробів (ЖЦВ) при переході самих підприємств на безлюдні технології автоматизованих виробництв. Технологія управління життєвим циклом виробу (PLM - Product Lifecycle Management) приходить на допомогу вирішення цих проблем. За допомогою цієї технології створюється середовище для наскрізного управління процесами проектування, тестування, виробництва, обслуговування, списування і утилізації продуктів. Передумовою для реалізації концепції ЖЦВ є перехід в процесі проектування від паперової та двомірної електронної документації до твердотілого 3D-моделювання виробів і їх компонентів в САД-середовищах. Створена на етапі проектування віртуальна модель виробу несе в собі інформацію про топології і геометрії деталей і виробу в цілому, фізико-механічні характеристики матеріалу.

У загальному об'ємі усієї трудомісткості підготовки виробництва питому долю складає саме технологічна підготовка виробництва. Ефективність виробництва і якість виробів, що випускаються безпосередньо залежить від того наскільки якісно виконана ця підготовка. В свою чергу до технологічної підготовки виробництва можна віднести наступне: призначення оптимальних заготовок, технологічний контроль креслень, розробку технологічних процесів виготовлення деталей і складальних одиниць по різному виду виробництва, нормування витрати

основних і допоміжних матеріалів, видача завдання на проектування і виготовлення/доопрацювання оснащення, складання план-графіку підготовки виробництва, проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення та ін. Досягнути цього можна шляхом автоматизації та створення єдиного інформаційного середовища для конструкторів та технологів і повторного використання компонентів та скорочення термінів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Мета досліджень. Дослідження можливостей підвищення ефективності роботи машинобудівного виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій.

Викладення матеріалу та результати. На підприємствах Криворіжжя відсутня єдність програмного забезпечення, тому при існуючій системі управління даними про виріб не представляється можливим підвищення ефективності роботи підприємств. Відсутність взаємозв'язку між підприємствами, можливості автоматизації підготовки виробництва, технології управління інженерними даними та життєвим циклом виробу стримують розвиток підприємства. Система управління даними, яка використовується на підприємствах не забезпечує наочності, що необхідна, як досвідченим інженерам, так і молодим фахівцям. Відсутність контролю над життєвим циклом виробу, призводить до додаткових витрат.

Для вирішення проблеми пропонується замінити існуючу систему управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Автоматизація підготовки виробництва, технології управління інженерними даними та життєвим циклом виробу - запорука збільшення ефективності роботи підприємства, скорочення кількості помилок при проектуванні і запуску виробу у виробництво, зростання швидкості розробок. В кінцевому рахунку - це джерело підвищення прибутковості [3]. Система ЛОЦМАН:PLM надає користувачам наступні функціональні можливості [4-6]:

забезпечується високопродуктивна і стійка робота при одночасному підключенні необмеженої кількості користувачів;

реалізується зберігання всього комплексу інформації на захищених серверах, при цьому розмежовані права доступу до кожного конкретного об'єкта (документу);

забезпечується робота з тривимірними моделями та кресленнями систем КОМПАС, Unigraphics, SolidWorks, Solid Edge, Inventor, AutoCAD;

в рамках єдиного інтерфейсу здійснюється облік як конструкторсько-технологічної, так і організаційно-розпорядчої документації;

система має вбудовані засоби перегляду і анотування документів і моделей зазначених інженерних форматів, а також растрових форматів і форматів офісних додатків;

можна описати складні бізнес-процеси підприємства (зі вкладеними підпроцесами, підтримкою умов, циклів і ін.) з графічним представленням алгоритмів бізнес-процесів;

вбудовані засоби маршрутизації документів (Workflow) інтегровані з системами електронної пошти, що підтримують SMTP-сервер;

є відкритий інтерфейс для підключення будь-якого сертифікованого засобу "електронний цифровий підпис";

система відкрита для функціонального розширення. Вона надає великий набір функцій API, які дозволяють фахівцям підприємств створювати власні додатки;

ЛОЦМАН:PLM дає можливість провести інтеграцію з усіма представленими на ринку MRP/ERP-системами.

Система ЛОЦМАН:PLM дозволяє створити єдиний інформаційний простір на підприємстві, забезпечити скорочення термінів підготовки виробничої документації, надійно захистити дані від несанкціонованого доступу, а отже, надає перевагу перед конкурентами на сучасному ринку товарів та послуг. Завдання, які вирішуються за допомогою цієї системи очевидні і насувні для більшості промислових підприємств регіону. Рішення кожного з них послідовно призводить до кінцевої мети – створення комплексної автоматизованої системи управління.

У відповідності сучасним вимогам розвитку науки і техніки гостро стоїть питання про характер підготовки фахівців-машинобудівників, професіоналів здатних здійснювати якісні зміни у сфері машинобудування.

Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування приводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю.

На сьогодні до сучасного фахівця-машинобудівника ставляться певні вимоги. З метою своєчасної адаптації до умов виробництва, що змінюються, фахівець-машинобудівник повинен мати високий рівень знань і умінь, вміти передбачати і оцінювати соціальні і економічні наслідки інженерної діяльності і досконало володіти комп'ютерними технологіями.

Для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону, такими як: ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", ПАО "КЗГО", ПАТ "Кривбасзалізрудком", ООО "ПромГруп", ВАТ "ЦГЗК", ВАТ "Північний гірничо-збагачувальний комбінат", ВАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат", ООО НПП "Адамант", ООО "Нива-Кривбас" та передбачали вивчення технологій 3D-моделювання деталей і складальних одиниць в найбільш широко застосовуваних на підприємствах регіону CAD/CAM/CAE, PDM та PLM- середовищах зі створенням електронних моделей виробів.

Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню спеціалізацію студентів (деякі студенти стають працівниками підприємства ще до завершення навчання); виконувати курсові проекти і кваліфікаційні роботи за реальною виробничою тематикою; організувати стажування на підприємствах для молодих викладачів [3].

На механіко-машинобудівному факультеті ДВНЗ "Криворізький національний університет" активно використовуються продукти компанії АСКОН для виконання робіт на замовлення машинобудівної промисловості. В процесі обчислювальної практики студенти знайомляться з основами проектування конструкцій і виконують практичні заняття в системі "КОМАС-3D".

Протягом навчання студенти мають можливість освоїти використання комп'ютерної техніки на основному і допоміжному виробництвах. На базі PDM-рішення ЛОЦМАН: PLM компанії АСКОН студенти отримують уявлення про системи управління життєвим циклом виробу.

Вивчення методів проектування заготовок і визначення припусків на обробку, проектування технологічних процесів, ознайомлення з методами і програмами виготовлення деталей на верстатах з ЧПК підкріплюється проходженням технологічної практики на підприємствах міста, що дозволяє не тільки розширити світогляд студента, а також істотно підвищити якість засвоєння основного курсу навчання завдяки використанню комп'ютерних технологій.

Навчання комп'ютерним технологіям, з метою підготовки кваліфікованих бакалаврів та магістрів, вимагає застосування принципу безперервної графічної підготовки у ВНЗ, починаючи з першого курсу і закінчуючи дипломним проектуванням [7].

Для вирішення цієї задачі на кафедрі для організації наскрізної графічної підготовки студентів використовуються сучасні системи САПР, CAD/CAE/CAM, PDM, PLM системи (КОМАС-3D, Компас-Графік, Вертикаль, Лоцман:PLM, SolidWork, T-Flex, Art-Cam. Оволодівши цими комп'ютерними технологіями випускник повинен отримати професійні навички, в тому числі: організувати роботу малих колективів-виконавців та міждисциплінарні проекти; здійснювати роботу, пов'язану з керуванням діяльністю окремих працівників; моделювати технічні об'єкти і технологічні процеси з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизованого проектування; розраховувати і проектувати деталі та вузли машинобудівних конструкцій згідно з технічними завданнями та використанням стандартних засобів автоматизації проектування; брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності; застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів виробів машинобудування.

Впровадження системи ЛОЦМАН:PLM в навчальний процес дозволяє студентам всіх курсів та рівнів графічної підготовки брати участь у проектних і конструкторських розробках випускаючих кафедр [8-10]. Схема роботи ЛОЦМАН:PLM при вирішенні вищезазначених завдань полягає в організації зв'язку між кафедрами, які здійснюють викладання графічних дисциплін, та студентами різних курсів, об'єднаних виконанням одного курсового проекту. Коор-

динатором проекту виступає студент старших курсів, розподіляє виконання окремих частин проекту між студентами молодших курсів по мірі складності завдань.

Роль координатора – слідкувати за виконанням завдання, здійснювати координацію діяльності студентів і викладачів різних кафедр і збирати воедино окремі частини проекту та конструкторської документації. Крім того, у студентів виробляються навички керівництва проектною групою.

В системі Компас-Графік і КОМПАС-3D, SolidWork студенти виконують конструкторську частину проекту, за допомогою системи Вертикаль – технологічну, а у системі Лоцман:PLM їм вдається поєднати всі етапи конструкторсько-технологічної підготовки та виконання дипломного проектування, організувати всю документацію по проекту, а також задіяти та розмістити у логічній послідовності всіх учасників, а саме Виконавець - Нормоконтролер - Основні рецензенти - Рецензент з охорони праці - Рецензент економічної частини - Зав.кафедри - Працівник архіву, з можливістю цифрового підпису розділів.

Впровадження цих систем в навчальний процес дає можливість вести навчання на якісно новому рівні та сформувавши фахівця високої кваліфікації, здатного орієнтуватися в різноманітних програмних модулях із практичним їх впровадженням на виробництві, яке дає змогу скоротити ресурси, час та підвищити продуктивність роботи.

Студенти, що вивчають ці програми, стають фахівцями високого класу, що володіють усіма необхідними в сучасних умовах професійними навичками. Завдяки всебічній комп'ютерній підготовці випускники кафедри «Технології машинобудування» здатні в ринковій структурі швидко адаптуватися до різного виробничого середовища, включаючи як невеликі фірми, так і сучасні машинобудівні підприємства і проектні організації, працюючи в якості інженера-технолога, інженера по автоматизації, механіка, конструктора, дослідника, керівника виробничих підрозділів і служб підприємств по виготовленню, технічної експлуатації і ремонту машин, керівника власного підприємства.

Щорічно випускники кафедри, незважаючи на кризові явища в машинобудуванні, є затребуваними виробничим і проектним машинобудуванням.

Висновок. Всебічна комп'ютерно-орієнтована підготовка студентів машинобудівного напрямку, дозволяє їм успішно виконувати завдання, які постають перед ними на виробництві і тим самим побудувати міцний фундамент для впровадження сучасних комп'ютерних технологій та підвищення ефективності виробництва підприємств машинобудування.

Список літератури

1. Шендра В.А. Технологическая подготовка производства: пути повышения эффективности / В.А. Шендра // САПР и графика. 2011. - №9. - С. 32-37.
2. Гореткіна Е. Ринок PLM: бочка меду і ложка дьогтю // PC Week / RE №45. - 2007. - Режим доступу: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=104395>
3. Головина Л. Н. Системный подход к организации конструкторско-технологической подготовки машиностроителей / Л. Н. Головина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Том 14, № 1 (2). С. 693- 696.
4. ЛОЦМАН:PLM.- Режим доступу: <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=167&prpid=889>
5. Волков Д.А. Что входит в задачи PLM? /Д.А. Волков // Computerworld. -2003. -№39. -С. 15-17
6. Меньов А.В. Теоретические основы автоматизированного управления: Учеб.пособие. – М.:МГУП.– 2002. – 176 с.
7. Кондаков А.И. САПР технологических процессов.– М.: Издательский центр Академия.– 2007.– 272с.
8. Голубева И.Л., Альтапов А.Р. Использование системы «Лоцман:PLM» для организации непрерывного обучения студентов направления 151000.62 – Технологические машины и оборудование / И.Л. Голубева, А.Р. Альтапов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т.15, №17. – С. 348-349
9. АСКОН - комплексні рішення для автоматизації інженерної діяльності та управління виробництвом CAD / AEC / PLM. - Режим доступу <http://ascon.ru/>.
10. Безменова Ю.В. Анализ современных требований и средств автоматизации технической подготовки производства / Ю.В. Безменова // Вестн.ИГЭУ. - 2005. – Вып. 4. – С. 49-51

Рукопис подано до редакції 07.12.15