

составляющей независимо от ее координат в среде является полноценным откликом на изменение давления в форме изменений размеров и объема. Вместе с тем, такая деформация совокупности пузырьков диспергированной газовой фазы означает изменения показателя удерживающей способности, что должно сопровождаться изменениями набухания ДН. Снижение давления до номинального должно закончиться стабилизацией параметров на прежнем уровне. Очевидно, что при таких условиях результат силового воздействия зависит от динамики изменения последнего и его величины, и вполне достижимо давление, которое приведет диспергированную газовую фазу к коллапсу. Такая ситуация должна оцениваться полным аналогом кавитационных эффектов с паровой фазой. Поскольку физической основой коллапса газовых пузырьков является давление, то с учетом градиента гидростатического давления, он будет происходить, начиная с нижних слоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Піддубний В.А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12 / Піддубний Володимир Антонович; НУХТ. – К., 2007. – 421 с.
2. Соколенко А.І. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях. / А.І.Соколенко, А.А.Мазаракі, В.А.Піддубний – К.: Фенікс, 2012. – 484 с.
3. Особливості трансформацій матеріальних і енергетичних потоків у бродильних середовищах / О. Ю.Шевченко, І. М. Винниченко, О. І. Стеанець, О. О. Бойко. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2017. – №23. – С. 107–115.
4. Бойко, О. Динаміка і особливості масообміну в процесах бродіння / О.О. Бойко, В.М. Криворотько // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014. – Ч. 2. – С. 170-172.
5. Інтенсифікація зброджування цукровмісних середовищ / А. О. Чагайда, В. А. Піддубний, І. Ф. Максименко, О. О. Бойко. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2013. – №51. – С. 77–83.

УДК 378.014(072.8)

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ НА КОМПЬЮТЕРЕ

канд. пед. наук, доцент *Сторожилев А.И.*, БНТУ, г. Минск

*Резюме – Рассматриваются инновации в повышении эффективности обучения студентов экономических специальностей инженерной графике. Излагается сущность инновационных методов обучения на основе трехмерного компьютерного моделирования, необходимость перехода на использование современных обучающих средств и методов решения учебных задач.*

**Введение.** Освоение студентами экономических специальностей, ориентированных на практическую деятельность в промышленности, одной из наиболее важных учебных дисциплин - инженерной графики, играет в их общетехнической подготовке ключевую роль.

Ориентированность специалиста связанного с областью техники, технологии производства, умения работать с технической документацией и, главное, умения оценивать эффективность и перспективность проектов и инноваций, способность видеть такие направления не может не основываться на общей эрудиции специалиста и предметных знаниях основ проектирования и производства, качественного управления этими процессами.

Общеизвестно, что стремительное развитие науки и техники, новые направления совершенствования технологий производства уже сегодня способствуют быстрому моральному старению знаний, и этот процесс далее будет только ускоряться. Поэтому процесс подготовки специалистов не может не учитывать данные тенденции.

Так, рассматривая математические методы анализа и решения инженерных, экономических и любых других видов задач, мы сталкиваемся с неоправданной сложностью и трудоемкостью их решения. Мы изучаем эти методы, но пользуемся на практике готовыми, ранее разработанными, проверенными и переведенными в автоматизированную форму решения с помощью компьютера. Таким образом, концентрируются знания, приобретенные зачастую всем человечеством за все время его существования. Эти достижения необходимо развивать и совершенствовать дальше.

**Основная часть.** Анализируя традиционные методы решения задач инженерной графики, сегодня уже нельзя не видеть существенного противоречия между относительно низкой продуктивностью, сложностью их освоения, недостаточной эффективностью и существованием современных высокоэффективных, наглядных и потому простых для понимания методов автоматизированного синтеза и анализа квазиреальных моделей рассматриваемых объектов и явлений. Происходит объективное диалектическое взаимопроникновение и развитие одной из наук - математики (точнее ее раздела - геометрии). Две ветви геометрии - аналитическая и начертательная, с помощью геометрии вычислительной, рожденной относительно недавно с появлением компьютерных методов вычислений, снова объединяются в одну науку на существенно более высоком уровне.

Отсюда вывод: необходимо осваивать более современные и эффективные методы трехмерного компьютерного моделирования при обучении инженерной графике и решению, в частности, геометрических задач. Это было доказано нами еще в 2000 году в работах [1, 2], однако, еще и сегодня в большинстве вузов инженерную графику изучают на основе начертательной геометрии и традиционного черчения, вопреки тому факту, что традиционно

чертежи в практике уже нигде не чертят. Их исполнение на компьютере не меняет существа дела, так как меняются только используемые инструменты.

Мы далеки от мысли отрицания начертательной геометрии как науки, чертежа как средства коммуникации. Более того, мы изучаем со студентами основы решения геометрических задач на базе проекционного чертежа, наряду и в сравнении с методами трехмерного компьютерного моделирования. Рассматриваются также методы преобразования модели в чертеж, т.к. это еще необходимо.

Практический опыт показывает, что студенты все более охотно выбирают из двух предложенных методов второй – моделирование, как более понятный и эффективный. Кроме того, обоснование выбора базируется на осознании преимуществ метода моделирования при освоении последующих учебных дисциплин и практической деятельности.

Рассматривая конкретные направления совершенствования процессов разработки и освоения новых видов продукции, новых методов производства и управления в промышленности, следует отметить следующее.

Бурное развитие в последние десятилетия компьютерных средств и методов обработки информации привело к созданию новых и совершенствованию существующих технологий во многих областях человеческой деятельности и в машиностроении в частности.

Широкое распространение в последнее время получили так называемые 3D принтеры, принцип действия которых не отличается от технологического оборудования стереолитографии. По таким технологиям будущего, которые называют «аддитивными», уже изготавливаются детали в машиностроении, некоторые изделия в пищевой и легкой промышленности, здания и сооружения в строительстве, ведутся работы по «выращиванию» искусственных органов человека в медицине.

В методах формообразования в машиностроении (литье, прессование, штамповка) очевидны перспективы совершенствования технологий на основе использования компьютерного моделирования и прототипирования.

Например, технология литья по выплавляемым (выжигаемым) моделям уже не потребует проектирования и изготовления прессформ для моделей («восковок»). В мелкосерийном производстве они могут изготавливаться на 3D принтерах уже без разработки чертежей. Для массового производства можно использовать, например, технологии напыления.

В штамповке, для изготовления рабочих частей штампов могут быть использованы высокоэффективные электроэрозионные методы, модели-электроды для которых также могут быть изготовлены без чертежей на 3D принтерах. Более широкое распространение может получить штамповка с использованием полиуретана и других материалов.

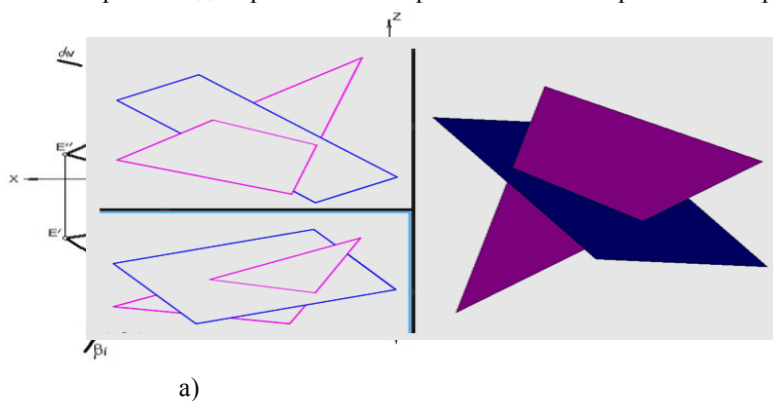
Безусловное развитие должна получить порошковая металлургия, модели для которой также могут изготавливаться на тех же 3D принтерах по безбумажной технологии.

Наконец, металлообработка получает готовые управляющие программы для станков с ЧПУ по той же безбумажной технологии или вообще, оборудование может управляться непосредственно компьютером.

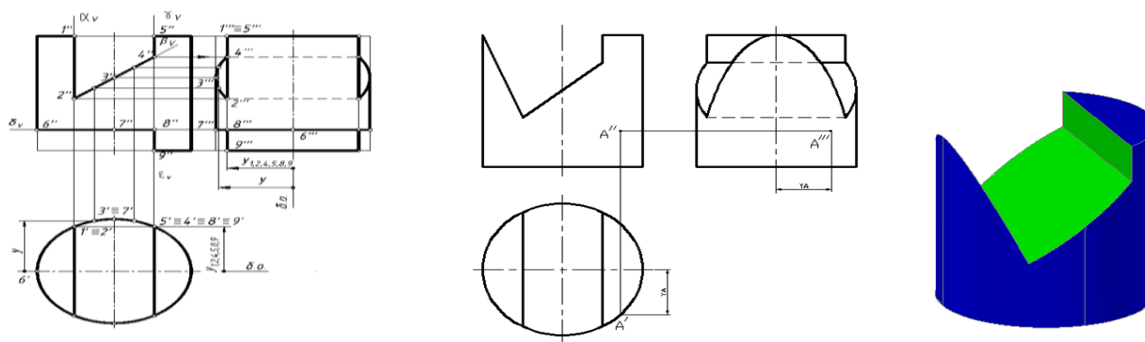
На основе разработки комплексной автоматизированной системы управления производством, информация об изделии уже может быть использована на протяжении всего его жизненного цикла, сократив или исключив в некоторых случаях огромный управленческий аппарат предприятий.

Возвращаясь к сфере научных исследований, проектированию, следует отметить, что в большинстве случаев сегодня еще используются традиционные методы проектирования, основанные на построении плоских проекционных чертежей. Решение же геометрических и других проектных задач чаще всего выполняется аналитическими, расчетными методами на основе плоских расчетных схем. Использование трехмерных виртуальных компьютерных моделей рассматривается часто всего лишь как визуализация результата проектирования, в то время как уже более половины изделий в Мире проектируется в виде трехмерных компьютерных моделей.

Нами разработано учебно-методическое обеспечение такой технологии [1-7] с изложением методов решения учебных задач по всему курсу инженерной графики как традиционных, так и основанных на трехмерном компьютерном моделировании в их сравнении. Некоторые из них приведены ниже, на рис. 1, 2.



а) б)  
Рисунок 1. Решение задачи построения линии пересечения плоскостей  
а) – традиционным методом, б) – методом трехмерного компьютерного моделирования



а)  
б)

Рисунок 2. Решение задачи построения цилиндра с вырезами  
а) – традиционным методом, б) - методом трехмерного компьютерного моделирования

**Заключение.** Таким образом, подготовка специалистов, основанная на знаниях традиционной инженерной графики, без свободного владения методами трехмерного компьютерного моделирования, сегодня уже никак не обеспечивает возросших требований, предъявляемых к специалисту. С развитием методов и средств реализации трехмерного компьютерного моделирования в инженерной практике и производстве, все более очевидной становится необходимость переориентации учебных заведений на новые информационные технологии подготовки специалистов, инновационные технологии обучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка принципов и методических подходов к решению инженерных геометро-графических задач на базе трёхмерного компьютерного моделирования [Текст] : Отчёт о НИР (заключ.)/ БГПА; рук. Л.С. Шабека; исполн.: А.И. Сторожилов [и др.]. –Минск, 2000. –143с.
2. Сторожилов А.И. Обучение студентов решению геометрических задач с использованием трёхмерного компьютерного моделирования. [Текст]: дисс. ... канд. пед. Наук: 13.00.02: защищена 09.01.02: /Сторожилов Алексей Иванович. – Минск, Бел. гос. пед. ун-т. – 143 с.
3. Сторожилов А.И. «Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть I.» Электронное учебное издание/А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ. Рег. №ЭИ БНТУ/ФММП 101-32.2014.
4. Сторожилов А.И. «Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть II.» Электронное учебное издание / А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ. Рег. № ЭИБНТУ/ФММП 101-48.2016.
5. Сторожилов А.И. Инженерная графика на компьютере. Лабораторный практикум. Часть I. [Текст]/ А. И. Сторожилов; LAP Lambert Academic Publishing Heinrich-Böcking -Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany, 2015- 170 с. ISBN 978-3-659-32780-3.
6. Сторожилов А.И. «Инженерная графика (на компьютере). Электронный учебно-методический комплекс.» Электронное учебное издание /А.И. Сторожилов. Репозиторий БНТУ.Рег. свид. НИИРУП «ИППС» № 1141711676 от 28.04.2017 г.Рег. № БНТУ-ЭУМК-ФММП101-316 от 17.05.2017 г.
7. Сторожилов А.И. Инженерная графика и компьютерное моделирование. Учебное пособие. /А. И. Сторожилов: в печати – 188 с.

УДК 621.793.79

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ НА АДГЕЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ

доктор техн. наук, профессор **Н.М. Чигринова, О.Г. Власенко**, магистрант БНТУ, г. Минск

*Резюме – В статье описан новый подход к получению комбинированных покрытий на основе композиции металл-полимер с применением интегральной технологии электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием и современных аддитивных технологий. Отмечено, что первоначальное профилирование поверхности металлического объекта с помощью метода ЭИЛ с УЗВ, на которой на следующей этапе будет формироваться полимерный слой, требует подбора определенных схем и режимов электроискрового метода.*

**Введение.** Одной из основных проблем машиностроения является срок службы различных комплектующих узлов и механизмов. Поскольку подавляющее большинство изделий машиностроения изготавливают из сталей, их способность противопоставлять коррозионным рискам и интенсивному механическому износу приобретает первостепенное значение.