

(объекта изучения) на уровне памяти, т.е. неосознанное воспроизведение;

- Третий уровень – действие по воспроизведению требований систем менеджмента (объекта изучения) на уровне понимания (осознанное воспроизведение), описание и анализ понятий и требований систем менеджмента без их практического понимания;

- Четвертый уровень – действия по применению знаний по системам менеджмента в знакомой ситуации по образцу, выполнение действий с четко обозначенными правилами, применение знаний на основе обобщенного алгоритма, для решения новой задачи;

- Пятый уровень – применение знаний (умений) по системам менеджмента в незнакомой ситуации для решения нового круга задач, способность самостоятельно проектировать процессы менеджмента, применять техники менеджмента для решения новых задач и возникающих проблем, способность видения проблем.

По уровням сложности баллы распределяются следующим образом:

- Первый уровень – 1 балл;
- Второй уровень – 2 балла;
- Третий уровень – 3 балла;
- Четвертый уровень – 4 балла;
- Пятый уровень – 5 баллов.

Сравнение методов по уровню усвоения материалов представлено на рисунке.

В семинаре отсутствуют некоторые компоненты, представленные в игре (например, семинар не предполагает участие обучаемого в роли лектора, исполнителя, эксперта), поэтому даже самый содержательный семинар можно отнести к

более низкому уровню усвоения материала, чем игра, – к четвертому уровню усвоения материала.

5 баллов		
4 балла		
3 балла		
2 балла		
1 балл		
	Игра	Семинар

Рисунок – Сравнение методов по уровню усвоения материала

#### Литература

1. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь: СТБ ISO 9000-2015. – Введ. 01.03.16. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 60 с.

2. Толковый словарь Ушакова. Д.Н.: толковый словарь в 4 т. / Д. Н. Ушаков. – М.: Гос. ин-т "Сов. энцикл.", 1935-1940. – 4 т.

3. Менеджмент качества. Руководящие указания по обеспечению вовлеченности и компетентности персонала: СТБ ISO 10018-2015. – Введ. 01.03.16. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 28 с.

4. Системы менеджмента качества. Требования: СТБ ISO 9001-2015. – Введ. 01.03.16. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 36 с.

5. Студенческая библиотека онлайн [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://studbooks.net/>.

6. Студопедия [Электронный ресурс]. – Электронные данные: <https://studopedia.ru/>.

УДК 681.2.083

### ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В БНТУ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММЫ 3DS MAX

Лысенко В.Г., Тарасенко В.И., Шевчук В.А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Современные информационные технологии обеспечивают взаимодействие индивидуального пользователя и компьютера, открывая при этом новые возможности в области проектирования. Они позволяют создавать принципиально новые средства исследования и обучения, а также обеспечивают высокий уровень взаимодействия конструктора, исследователя или обучающегося с компьютерными программами.

В рамках работы по совершенствованию методического обеспечения учебного процесса на кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы», с помощью 3DS MAX разработан метод отображения механизма действия

систематических погрешностей при линейно-угловых измерений, а также способ исследовать возможные причины их возникновения (напрямик отклонения формы и расположения поверхностей деталей измерительного прибора) в разных направлениях и получить численные значения отдельных составляющих погрешности.

3DS MAX – профессиональное ПО, разработанное и постоянно совершенствующееся компанией AutoDesk. Данное ПО позволяет: создавать 3D модели на основе неоднородных рациональных B-сплайнов, поверхностей Безье, сплайнов с применением различных модификаторов; работать с текстурами и визуальными эффектами; со-

здавать 3D анимацию и динамические модели; работать со скриптами за счет встроенного языка макропрограммирования; работать с плагинами; создавать макросы.

При наличии 3DS MAX с полным пакетом дополнений, данное ПО может быть востребовано дизайнерами в различных сферах, специалистами по рекламной графике и анимации, разработчиками компьютерных игр, архитекторами, а также в учебном процессе и исследованиях. Графическая оболочка 3ds Max дает возможность очень гибко управлять графикой, создавая самые разнообразные эффекты – от создания анимированных массивов объектов до моделирования систематических погрешностей измерений, в том числе инструментальной составляющей погрешности, без создания материальной модели. К недостаткам данного ПО можно отнести следующие: 1 – для нормальной работы необходим достаточно мощный ПК; 2 – неудобный интерфейс; 3 – процесс создания сцены анимации и последующего рендеринга занимает много времени.

С помощью данного программного продукта были проведены успешные попытки визуализировать источники погрешностей, возникающие при измерении отклонений профиля продольного сечения цилиндрической детали, обусловленные погрешностями изготовления деталей измерительного прибора. Эта визуализация позволяет наглядно представить принцип информационной компенсации инструментальной погрешности.

При этом наблюдатель может быть вовлечен в процесс исследования, так как может произвольно изменять исходные параметры, не только такие как размеры и точность деталей измерительного прибора, но и контролируемые параметры объекта измерения.

При использовании такой программы для объяснения процесса возникновения погрешностей средств измерения обеспечивается простота изложения и высокая наглядность источников возникновения систематических погрешностей, возникающих при линейно-угловых измерениях. Программа позволяет создавать виртуальные модели различных приборов на ранних стадиях проектирования (Рисунок 1.).

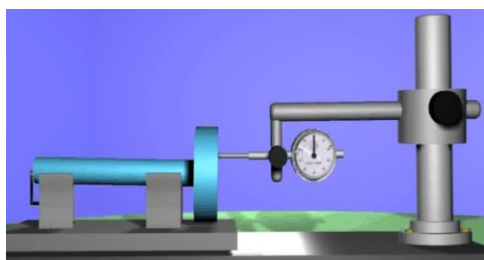


Рисунок 1 – Пример виртуальной модели средства измерения торцевого биения фланца ступенчатого вала

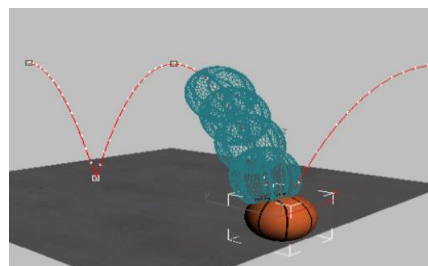


Рисунок 2 – Задание траектории подвижного элемента виртуальной модели

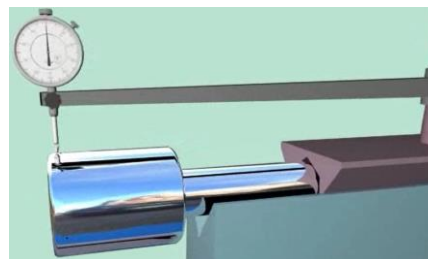


Рисунок 3 – Виртуальная модель приспособления для контроля радиального биения

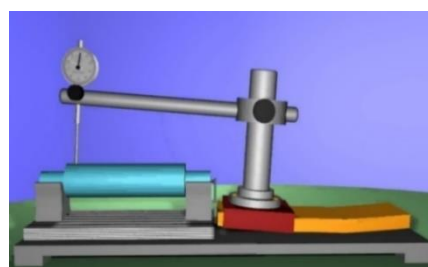


Рисунок 4 – Первое положение каретки

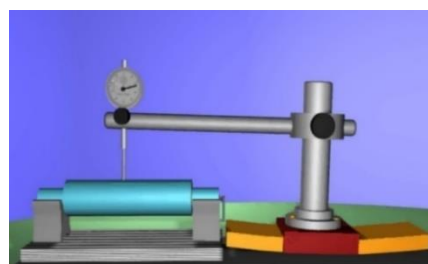


Рисунок 5 – Второе положение каретки

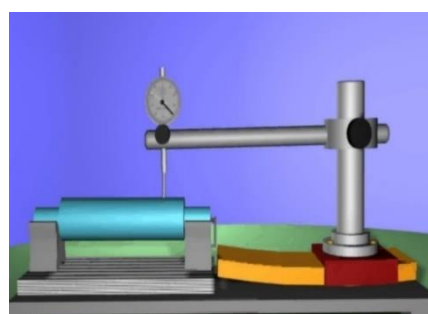


Рисунок 6 – Третье положение каретки

При использовании программы проектирования средств измерения обеспечивается возможность оценки источников систематических погрешностей различных приборов.

В процессе исследования погрешностей, авторы данного исследования являлись не просто наблюдателями, но и могли участвовать в процессе визуализации погрешностей, изменяя численные значения параметров геометрической модели (например, увеличивая или уменьшая отклонение направляющей устройства вспомогательного перемещения от прямолинейности) и наблюдая изменения погрешности системы в результате изменения параметров. Результаты измерения аттестованной детали фиксировались на дисплее как источники поправок результатов дальнейших измерений, позволяя произвести информационную компенсацию инструментальных систематических погрешностей.

Программа позволяет задавать движение отдельных элементов виртуальной модели по произвольно выбранной траектории и таким образом визуализировать процессы возникновения погрешностей измерительных приборов, содержащих подвижные детали и узлы.

На рисунке 2 представлен процесс задания траектории движения тела в оболочке 3DS MAX.

На примере контрольного приспособления для контроля отклонения формы продольного сечения проведена визуализация инструментальной погрешности, практически, без построения

аналитической модели, с помощью программного обеспечения 3DS MAX.

Рассмотрена составляющая погрешности измерения вызванная отклонением от прямолинейности направляющей.

На рисунках 4–6 гипертрофированно изображено отклонение направляющей от прямолинейности и влияние этого параметра на погрешность контроля профиля продольного сечения в трех различных сечениях при различных положениях каретки, несущей стойку с индикатором.

Студенты наблюдают за перемещением каретки и отчетливо видят перемещение индикатора в вертикальной плоскости вдоль линии измерения приводящее к возникновению погрешности измерения. Можно изменять отклонение направляющей от прямолинейности и таким образом влиять на величину возникающей погрешности. Скорость и уровень понимания проблем, возникающих при контроле деталей, у наблюдающих процедуру студентов значительно возрастает. Это приводит к лучшему усвоению всего учебного материала и повышению успеваемости по данной дисциплине.

Такая визуализация позволяет студентам, обучающимся на специальностях, связанных с метрологическими направлениями, хорошо усвоить учебный материал по дисциплинам, связанным с процессом контроля деталей и с возможностью информационной компенсации погрешностей при линейно-угловых измерениях.

УДК 681.2.083

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛА SOLID WORKS

Лысенко В.Г., Тарасенко В.И., Шевчук В.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Авторами, для дальнейшего использования в процессе обучения студентов, была проведена графическая визуализация характера погрешностей при линейно-угловых измерениях на примере контрольно-измерительного приспособления для контроля прямолинейности.

В компьютерных исследовательских, учебных и производственных информационных технологиях можно использовать ПО SolidWorks – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. SolidWorks обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.

Система SolidWorks стала первой САПР, поддерживающей твердотельное моделирование для платформы Windows.

Программа обладает широким спектром возможностей по отношению к решаемым задачам, к которому можно отнести:

– гибридное параметрическое моделирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхностей, каркасное моделирование и их комбинация без ограничения степени сложности (рисунок 1);

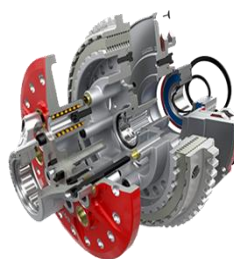


Рисунок 1 – Трёхмерная модель, созданная в SW