

тестирования позволяет сравнить результаты освоения дисциплины в различных вузах, которые принимают участие в проекте.

В Белорусско-Российском университете компьютерное тестирование проводится с использованием программной обучающей среды «Moodle», которая позволяет создавать банк данных тестовых заданий, организовывать и проводить тестирование, хранить информацию студентов и студенческих групп.

Содержание тестовых заданий по дисциплинам учебных планов, критерии их оценки, методические рекомендации (указания) по их выполнению разрабатываются и утверждаются на заседании кафедр, за которыми закреплены соответствующие учебные дисциплины.

Особенность тестов по графическим дисциплинам заключается в большом количестве точных чертежей. Все эшюры должны быть выполнены в электронном виде в одинаковом формате и с одинаковым расширением. Тесты охватывают следующие разделы учебной дисциплины «Инженерная графика»: форматы, масштабы, линии, разрезы и сечения, шрифты, простановка размеров.

При прохождении компьютерного тестирования задания для каждого студента выбираются программой случайным образом из общего объема тестовых заданий по дисциплине.

Компьютерное тестирование возможно использовать как текущий контроль знаний, так и как итоговый по окончанию изучения дисциплины или семестра. Преимуществом компьютерного тестирования является автоматическая проверка результатов и исключение влияния человеческого фактора, позволяет преподавателю за небольшое количество времени проверить знания большого количества студентов.

К недостаткам можно отнести такие факторы, как большая вероятность выбора ответа наугад и большие затраты времени на подготовку графических заданий.

УДК 681.625.9

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ БУМАЖНОГО ВОЛОКНА**

**Д. А. Гавриловец**, магистрант, **С. В. Гиль**, канд. техн. наук, доцент

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР), г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: информационные технологии, методы моделирования, графическая система Autodesk Inventor, Solidworks, системы автономного проектирования, оптимизация графической подготовки обучающихся.

Аннотация. На примере решения задачи геометрического моделирования конструкции блока центрифугирования бумажного волокна (циклона) с набором предварительно заданных оптимальных параметров анализируется интеграция в учебный процесс методики практико-ориентированного обучения с применением инновационных технологий проектирования.

Многообразие инженерных методов моделирования систем, процессов, устройств позволяет найти решение практически любой поставленной задачи через множество вариантов изменения параметров, подбирая наиболее оптимальный. Задачи моделирования ранее решались конструкторскими бюро с большими временными затратами обычным ручным перебором вариантов спроектированных моделей. Используемые при этом программы моделирования физических процессов позволяли анализировать работу моделей при изменении характеристик рабочих процессов, но не давали возможности автоматически осуществлять подбор геометрии детали, а также вычленять и отбраковывать неудачные варианты.

При высоком уровне современного технологического обеспечения уменьшение затрат на производство и отладку опытной модели изделия играет огромную роль. Оптимизация каких-либо уже имеющихся разработок узлов и агрегатов имеет также важное значение [3]. Следовательно, применение современных систем автономного изучения и проектирования по заданным параметрам позволяет не только ускорить и оптимизировать решение инженерных задач в условиях современного производства, но и, интегрируя данные методики в процесс обучения на разных его этапах, но и создать комплекс практико-ориентированных задач, использование которых в образовательном процессе будет способствовать повышению его качества и эффективности, сделает его более рациональным и адаптирует компетенции будущих специалистов к требованиям современного производства.

В качестве примера практико-ориентированного обучения рассмотрим задачу геометрического моделирования конструкции блока центрифугирования бумажного волокна (циклона) с набором предварительно заданных наиболее оптимальных параметров этого устройства.

Условие задачи. Найти оптимальные геометрические параметры модели циклона, которая бы разделяла частицы бумажного волокна по их массе с учетом исходных данных, где скорость потока 10 м/с, плотность воздушных масс 1,2754 кг/м<sup>3</sup>, характеристики бумажного волокна: удельная теплоемкость 1009-1500 Дж/(кг×К), плотность 700 – 1150 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводимость 0,1400 Вт/(м/К), диаметр частиц бумаги 0.00104 мм. Схема алгоритма решение задачи представлена на рисунке 1.

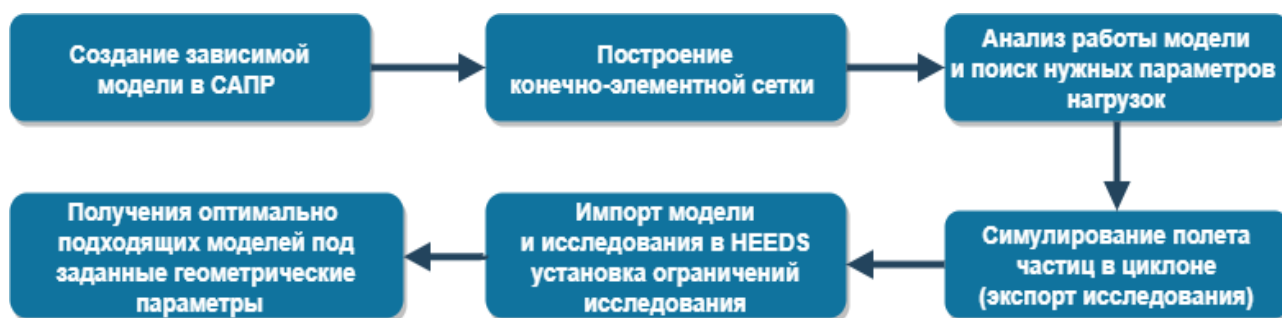


Рисунок 1 – Схема решения задачи

Создание зависимой модели в САПР Autodesk Inventor представлено на рисунке 2.

Зависимая модель требует определенных правил ее создания для оптимальной автоматизации изменения геометрических параметров [2]. Разработанная модель должна иметь наиболее удобные возможности изменения своей геометрии.

Метод конечных элементов и его практическая реализация в созданной 3D-модели циклона представлена на рисунке 3.

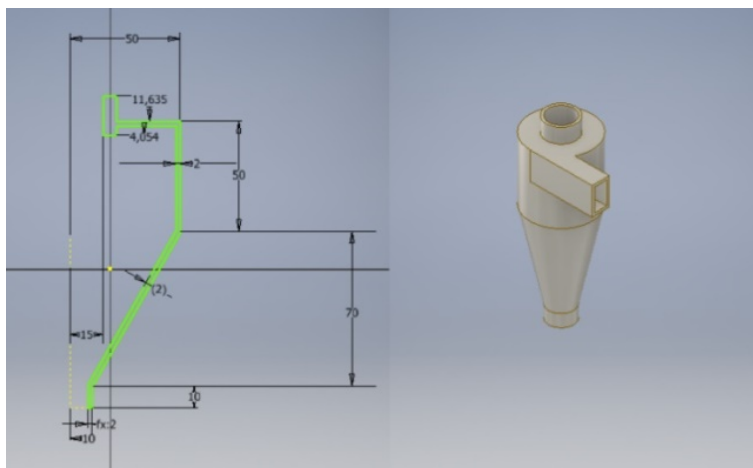


Рисунок 2 – Зависимая 3D модель циклона в Autodesk Inventor

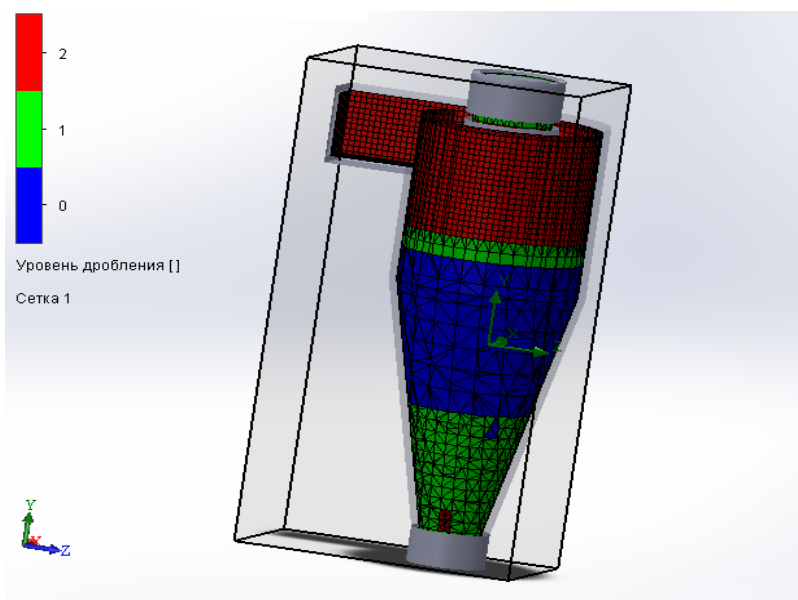


Рисунок 3 – Конечно-элементная сетка 3D-модели циклона

Анализ процессов и симуляция работы модели требуют некоторых начальных расчетов скорости потока воздуха по формуле (1) на входе воздушного потока. Массовый расход [1] может быть вычислен через плотность вещества, площадь сечения потока и среднюю скорость потока в этом сечении:

$$Q_M = \rho \times V \times S;$$

где  $\rho$  — плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V$  — средняя скорость потока, м/с;  
 $S$  — площадь сечения потока, м<sup>2</sup>.

$$Q_M = 1,2754 \times 10 \times 242 \times 10^{-6} = 3086,468 \times 10^{-6}, \text{ кг/с.}$$

При симуляции процессов в Solidworks Flow Simulation принимаем массу частиц – **a** (желтого цвета) = 0,00104 г. и **b** (черного цвета) = 0.00106 г. Поток воздуха ламинарный.

Как видно из рисунка 4, частицы желтого цвета не разделены от черных. Условные размеры геометрических параметров выбирались произвольно и теперь будут обрабатываться алгоритмами программы HEEDS, которая будет искать в автономном режиме необходимый согласно условию параметр.

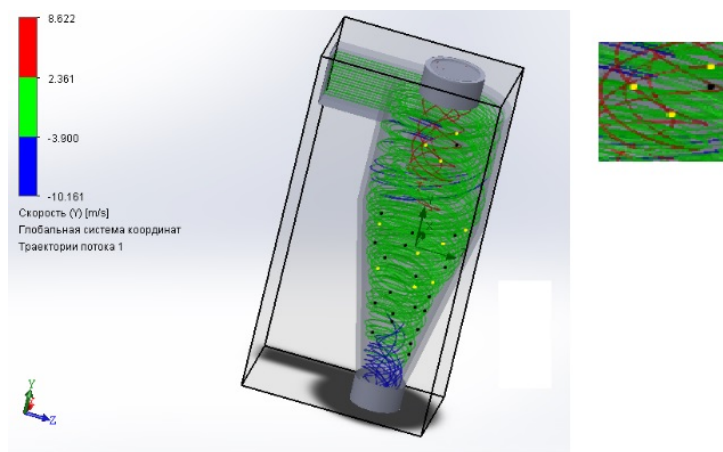


Рисунок 4 – Модель полета частиц в циклоне с потоками воздуха

Важно указать min и max величины размеров, которые будут варьироваться, а также шаг их изменения. Также важно указать, какой параметр необходимо найти, и определить критерии оценки допуска этого параметра для данного процесса моделирования.

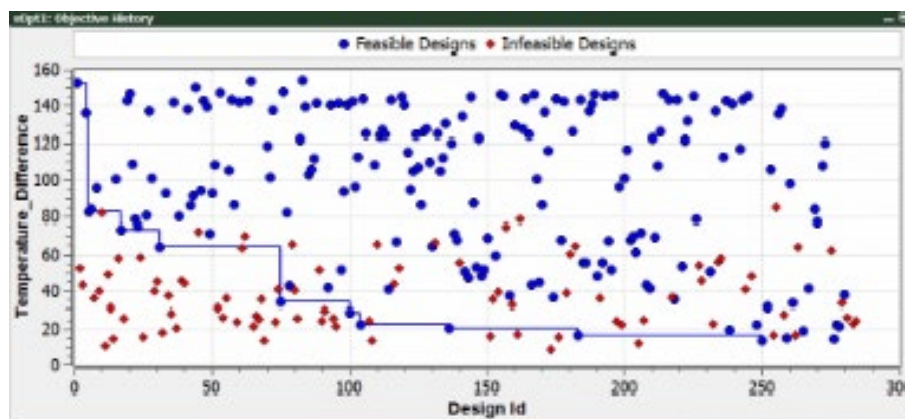


Рисунок 5 – График полученных моделей

Полученный график (рисунок 5) отражает дерево созданных моделей за несколько часов работы программы HEEDS. Каждую созданную модель можно открыть и проанализировать все изменения параметров на каждом шаге.

Созданная оптимальная модель циклона, представленная на рисунке 6, демонстрирует изменение геометрических параметров по сравнению с прототипом и увеличение эффективности работы во много раз.

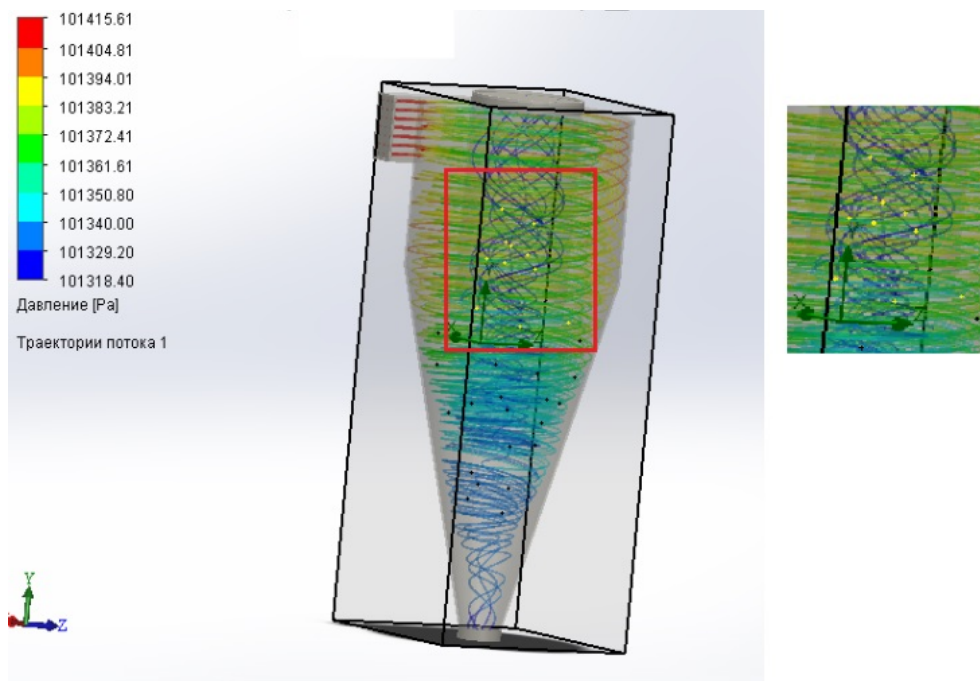


Рисунок 6 – Оптимальная модель циклона, созданная средствами программы HEEDS

Таким образом, представленная методика автономного изучения и проектирования по заданным параметрам на основе созданной 3D модели является на современном этапе наиболее перспективной, поскольку разгружает конструктора от рутинной работы и расширяет возможности для полного анализа зависимости моделируемых процессов с геометрическими параметрами проектируемых узлов, агрегатов и систем. Комплекс практико-ориентированных заданий подобного типа, разработанный и внедренный в учебный процесс, сделает его современным, адаптирует обучающихся к решению конкретных инженерных задач с применением инновационных технологий проектирования.

#### Список литературы:

1. **Госмен, А.Д.** Численные методы исследования течений вязкой жидкости / А.Д. Госмен [и др.]. – М.: Мир, 1972. – 324 с.
2. **Семенов, Е.В.** Моделирование кинетики осаждения частиц во вращающихся потоках жидкости / Е.В. Семенов, В.А. Карамзин // Теоретические основы химических технологий. – 1988. – Т. 22. – № 4. – С. 518–521.
3. **Кривошапко, С.Н.** Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек / С.Н. Кривошапко, В.Н. Иванов, С.М. Халаби. – М.: Наука, 2006. – 544 с.