

(5, 6). Данные с детектора, усиленные транзистором (6) поступают на внешний АЦП, с помощью которого уже можно получить преобразованную интенсивность проходящего через световод излучения в электрический потенциал. Многомодовый планарный световод изготавливается из широко распространенного листового силикона, при необходимости может быть окружен эластичной защитной оболочкой. Технический результат – создание компактного, простого и дешевого датчика изгиба, имеющего относительно линейные характеристики.

Принцип действия датчика следующий. Оптический датчик закрепляют на исследуемом объекте так, чтобы многомодовый световод был расположен в зоне деформации (или оценки амплитуды движений). Источник светового излучения формирует световой сигнал, распространяющийся по многомодовому световоду. Работа датчика основана на использовании известных процессов отражения и преломления оптической волны на границе раздела двух сред с различными оптическими свойствами в многомодовом световоде согласно закону Снеллиуса. При падении луча на границу раздела двух сред в общем случае появляются преломленная и отраженная волны.

При деформации происходит падение (или рост) интенсивности проходящего через световод излучения, вследствие чего фототранзистор начинает закрываться (открываться), что изменяет ток, текущий через него, соответственно и напряжение, падающее на нагрузочном резисторе. Уровень снимаемого напряжения поступает на АЦП, таким образом интенсивность света преобразуется в некое числовое значение, используемое затем для оценки динамики изменения амплитуды деформации. Вследствие упругости материала световода, он реагирует на достаточно небольшие амплитуды движения, что позволяет применять датчик в качестве датчика вибрации.

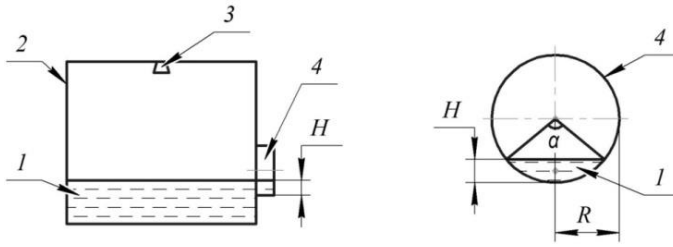
УДК 62-543.3

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ВНУТРЕНнюю ПОВЕРХНОСТЬ ТРУБЫ**

М.И. Зарецкая, И.С. Зарецкий  
Самарский университет, г. Самара

Целью исследований является разработка математической модели движения материала в информационно-измерительной и управляющей системе нанесения покрытий на внутреннюю поверхность трубы [1], описывающую зависимость скорости течения от свойств обрабатываемого изделия и конструктивных параметров отдельных блоков. Рассмотрим

течение через круглое отверстие при неполном заполнении сечения трубы, как показано на рисунке 1.



1 – шликер, 2 – наполняющая колонка, 3 – датчик уровня, 4 – сливной штуцер  
 Рисунок 1 – Иллюстрация к математическому описанию движения материала через не полностью заполненное отверстие

При определенных допущениях, связанных с тем, что движение невихревое и нетурбулентное, мгновенный расход жидкости через отверстие произвольной формы при сливе определяется следующим выражением [2]:

$$dQ = \mu dS \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где  $dQ$  – мгновенный расход,  $\mu$  – определяется опытным путем, зависит от формы отверстия и условий подхода жидкости к отверстию, ее вязкости, а так же от шероховатости сливной трубы и скорости вращения,  $dS$  – элементарная площадь сечения,  $g$  – ускорение свободного падения,  $H$  – уровень жидкости над нижним краем сливного отверстия, высота сегмента.

Поток через сечение, имеющее форму сегмента круга, будет определяться интегрированием мгновенного расхода по высоте при поддержании постоянного уровня жидкости в сливной колонке, что обеспечивает стабильную скорость движения материала покрытия в полости трубы. Зная, что поток жидкости определяется как  $Q = VS$ , где  $V$  – скорость движения материала через сечение [3], получаем выражение для скорости движения жидкости через заданное сечение:

$$v(H) = \frac{Q(H)}{S(H)} = \frac{4\mu\sqrt{2gR} \left( 8\sqrt{2} \sqrt{2 - \frac{H}{R}} + \left( \frac{4H}{R} \left( \frac{2H}{R} + 1 \right) - \left( 16 + \frac{3H^3}{R^3} \right) \right) \right)}{15\sqrt{2 - \frac{H}{R}} \left( \arccos \left( 1 - \frac{H}{R} \right) - \left( \left( 1 - \frac{H}{R} \right) \sqrt{\frac{2H}{R} - \frac{H^2}{R^2}} \right) \right)}. \quad (2)$$

Результаты расчетов хорошо согласуются с известными данными, приведенными в [3], в частности по диапазонам изменения скорости, при указанных геометрических параметрах трубы. Полученные результаты

могут иметь применение так же при учете расхода в системах водоотведения по не напорным трубопроводам и в нефтехимической промышленности. Внедрение рассмотренного способа нанесения покрытия позволяет избежать использования сложных подъемных механизмов благодаря наклонному расположению трубы, что способствует повышению производительности труда.

#### Список использованной литературы

1. Заявка 2017124756 Российская Федерация. Способ нанесения изолирующих покрытий на внутреннюю поверхность трубы формы / Скворцов Б.В., Зарецкая М.И.; Зарецкий И.С., Таипова Д.Р.; заявитель и патентообладатель Самарский университет – 2017124756; приоритет 11.07.2017 г.

2. Триандафилов А.Ф., Ефимова С.Г. Гидравлика и гидродинамические машины: учебное пособие. – Сыктывкар: СЛИ, 2012. – 212 с.

3. Методы и устройства нанесения покрытий на внутреннюю поверхность труб: Монография / Б.В. Скворцов, М.И. Зарецкая, С.А. Борминский. - Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2015. – 120 с.

УДК 621.37/.39.001.63; 621.37/.39.001.66

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ БОРТОВОГО МОДУЛЯ АНАЛИЗА ВИДЕОДАНЫХ**

В.А. Зеленский, Д.Н. Овакимян, А.С. Автаев, Н.Е. Нуржауов  
Самарский университет, г. Самара

Моделирование и анализ тепловых процессов в электронных устройствах является актуальной научно-технической задачей [1]. Разработана модель тепловых процессов и выполнен стационарный тепловой расчёт бортового модуля анализа видеоданных (БМАВ) беспилотного летательного аппарата «Фотон-601».

Условия эксплуатации БМАВ следующие: диапазон температур - 30...+30 °С, материал корпуса - пластик, размер печатного узла 85x56x17 мм, размер корпуса 91x62x29 мм, суммарная мощность тепловыделения 1 Вт. Осуществляется конвективный теплообмен между воздухом внутри корпуса и снаружи. На рисунке 1 показана компоновка элементов печатного узла, расположенного внутри корпуса БМАВ. Цифрами на рисунке 1 обозначены: 1 - интерфейс ввода/вывода; 2 - микропроцессор; 3 - модуль *Wi-Fi*; 4 - порт подключения дисплея *DSI*; 5 - слот под *microSD*; 6 - порт питания *MicroUSB*; 7 - порт *HDMI*; 8 – порт подключения камеры; 9 - аудиопорт; 10 - порт *LAN*; 11 - 2 порта *USB*; 12 - *USB/Ethernet* контроллер.