

стко присоединены эти ноги. Деформация тела обеспечивается тремя линейными приводами.

Возможно создание различных вибрирующих роботов с использованием всего одного привода в виде источника вибрации корпуса робота. Нами создана модель вибро-микроробота, представляющего собой полый цилиндр, внутри которого находится ультразвуковой привод. На внешней поверхности цилиндра расположены эластичные короткие стержни так, что вдоль образующей и направляющей имеет место периодическое расположение стержней, при этом стержни обязательно имеют наклон в сторону противоположную направлению движения. При включении источника ультразвуковых колебаний стержни начинают вибрировать так, что при помещении цилиндра в трубу с диаметром несколько большим диаметра цилиндра, робот достаточно быстро перемещается вдоль трубы, что свидетельствует о том, что колебания отдельных стержней синхронизируются в продольном направлении. Основным недостатком такой модели, заключается в том, что не удастся обеспечить реверсивное движение робота внутри трубы.

Некоторые летающие насекомые создают резонансные колебания своих крыльев благодаря периодическому изменению формы и размеров своего жесткого тела. У этих насекомых мускулы соединены не с крыльями, а со стенками жесткого тела и деформируют его. Деформация тела превращается в колебание крыльев. Можно создать движущийся робот, у которого вибрировать будет корпус, а ноги будут лишены приводов. Нужная траектория дистальной части ноги образуется за счет возбуждения в проксимальной части упругой криволинейной ноги высокочастотных колебаний и за счет механической трансформации этих колебаний в низкочастотные. Мы разработали принципиально новую миниатюрную движущуюся систему «Minchrobot».

УДК 681.12.08(047.31)(476)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РАСХОДОМЕРНОЙ УСТАНОВКИ INOTECH

Манкевич О.Д., Жагора Н.А.

*Белорусский государственный институт метрологии
Минск, Республика Беларусь*

В 2011 году в БелГИМ введена в эксплуатацию установка для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа Inotech (далее — расходомерная установка Inotech). В работе [1] описаны конструкция и принцип работы данной установки. После введения ее в эксплуатацию возникла задача по определению метрологических характеристик расходомерной установки Inotech при измерении расхода воздуха. Решение этой задачи основывается на рекомендациях [2] и [3] по

В качестве корпуса и привода используется пьезоэлектрическая биморфная пластина. К ней прикреплены упругие изогнутые ноги на дистальных частях которых можно получить низкочастотные колебания с различными траекториями движения кончика ноги. Трансформация высокочастотных колебаний корпуса робота в низкочастотные колебания концов ног происходит благодаря эластичности ножек, их относительно большой длине и трехмерному изгибу для придания им специфической формы. Наша модель перемещалась по гладкой поверхности со скоростью до 500 мм в секунду.

1. Lysenko, V: Method for improving actuators by modelling the motion of an earthworm. 1. International Conference on Motion Systems, Univ. Jena, 1997
2. V. Lysenko and K. Zimmermann, "Entwurfsmethode für die Entwicklung mobiler Roboter basierend auf einer interaktiven morphologischen Matrix," 49. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2004.
3. K. Zimmermann, V. Lysenko and V. Minchenya, "Minimization of the number of actuators in legged robots using biological objects," 52. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2007.
4. K. Zimmermann, V. Lysenko, V. Minchenya, F. Becker and I. Zeidis, "Vibration driven robots - theoretical investigations, design and prototypes," Proc. of Int. Conf. of Instrument-making, BNTU Minsk, 2010.
5. Victor Lysenko, Anatoly Chigarev, Klaus Zimmermann, Felix Becker "Design of New mobile robot with using anisotropy of friction forces".56 Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2010.

определению метрологических характеристик и оценке неопределенности измерений расходомерных установок, предназначенных для испытаний газовых счетчиков. Основой для оценки неопределенности измерений является «Руководство ISO по выражению неопределенности в измерении» (1993). [4]

В соответствии с [2] и [3] рабочий эталон калибруется при помощи перемещаемого эталона объема. При этом перемещаемый эталон устанавливается в проверочную линию на место,

где обычно располагается испытуемый образец (рабочий эталон при этом условно становится испытуемым образцом). Измеряется абсолютное давление на перемещаемом и рабочем эталонах. Для измерения объема постоянно используются высокочастотные импульсные выходы счетчиков.

При проведении работ по калибровке этим методом определяют значение объема, измеренное расходомерной установкой и следующие значения неопределенности:

– неопределенность измерений объема рабочим эталоном при его калибровке $U_{V_{ist,GN}}$;

– неопределенность калибровочного значения рабочего эталона при применении полинома выравнивания U_{GN} ;

– неопределенность измерений $U_{V_{ist,P}}$ объема расходомерной установкой при применении рабочего образца, откалиброванного с неопределенностью U_{GN} .

При этом $U_{V_{ist,P}}$ – это суммарная неопределенность, которая принимается в качестве неопределенности расходомерной установки.

1. Неопределенность измерений объема рабочим эталоном при его калибровке $U_{V_{ist,GN}}$.

Неопределенность измерений объема рабочим эталоном определяется путем сравнения объемов, измеренных рабочим и перемещаемым эталонами. При этом объем, измеренный рабочим эталоном, определяется по формуле

$$V_{istGN} = \frac{T_{GN} P_{TN} V_{istTN}}{T_{TN} P_{GN}}, \quad (1)$$

где T_{GN} — температура на рабочем эталоне;

P_{TN} — давление на перемещаемом эталоне;

V_{istTN} — объем, измеренный перемещаемым эталоном;

T_{TN} — температура на перемещаемом эталоне;

P_{GN} — давление на рабочем эталоне.

В случае некоррелированных входных величин стандартная суммарная неопределенность при измерении объема рабочим эталоном рассчитывается по формуле

$$U_{V_{istGN}} = \sqrt{2c_p^2 U_P^2 + 2U_T^2 + U_{TN}^2 + 2U_V^2}, \quad (2)$$

где c_p — коэффициент чувствительности;

U_P — неопределенность при измерении давления и перепада давлений;

U_T — неопределенность при измерении температуры;

U_{TN} — неопределенность измерений объема перемещаемого эталона;

U_V — неопределенность при индикации объема.

2. Неопределенность калибровочного значения рабочего эталона при применении полинома выравнивания U_{GN}

Отклонения погрешности измерений от полинома выравнивания обладают определенной флуктуацией, которая при применении этого полинома выравнивания должна рассматриваться как дополнительная неопределенность U_{Appr} калибровочного значения. В [3] для этого значения в качестве минимального требования установлена верхняя граница $U_{Appr} = 0,18\%$.

Неопределенность калибровочного значения U_{GN} рабочего эталона рассчитывается по формуле

$$U_{GN} = \sqrt{U_{V_{istGN}}^2 + U_{Appr}^2}. \quad (3)$$

3. Неопределенность измерения $U_{V_{ist,P}}$ объема расходомерной установкой при применении рабочего эталона, откалиброванного с неопределенностью U_{GN} рассчитывается по формуле

$$U_{V_{istP}} = \sqrt{2c_p^2 U_P^2 + 2U_T^2 + U_{GN}^2 + 2U_V^2}. \quad (4)$$

Составляющие неопределенности, входящие в формулу (4) рассчитываются аналогично, как для рабочего эталона при его калибровке.

В настоящее время в БелГИМ отсутствует возможность технической реализации метода калибровки расходомерной установки, описанного выше. Поэтому была разработана методика оценки неопределенности измерений расхода воздуха, прошедшего на вход эталонного счетчика расходомерной установки Inotech, как суммарной неопределенности всех измерительных каналов, входящих в состав установки.

При оценке неопределенности математическая модель измерений имеет следующий вид:

$$Q_{эм} = \frac{V_{эм}}{\tau} = \frac{970481,125 \cdot N_{эм} \cdot P_{эм}}{(c_{эм} + \delta c) \cdot (100 + f_N) \cdot T_{эм} \cdot \tau_{эм}}, \quad (5)$$

где число, равное 970481,125 — значение, полученное при перемножении постоянных коэффициентов;

$N_{эм}$ — количество импульсов от эталонного счетчика, имп;

$P_{эм}$ — абсолютное давление на эталонном счетчике, кПа;

$c_{эм}$ — вес импульса эталонного счетчика, имп/м³;

δc — поправка вследствие округленного значения веса импульса эталонного счетчика, имп/м³;

f_N — погрешность эталонного счетчика, %;

$T_{эм}$ — температура на эталонном счетчике, К;

$\tau_{эм}$ — время измерений эталонным счетчиком, с.

За оценки таких входных величин, как количество импульсов от эталонного счетчика, абсолютное давление, температура, время измерений

принимаются средние арифметические значения n повторных наблюдений. Вес импульса эталонного счетчика является постоянной величиной, значение которой указано на маркировочной табличке счетчика.

За оценку входной величины f_N принимается значение погрешности эталонного счетчика, отображаемое в соответствующем окне ПО.

Для некоррелированных величин суммарную стандартную неопределенность измерений расхода воздуха, пришедшего на вход эталонного счетчика следует находить по формуле

$$u(Q_{cm}) = \sqrt{\sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)^2 u^2(x_j)} = \sqrt{\sum_{j=1}^N [c_j u(x_j)]^2}, \quad (6)$$

где $u(x_j)$ — стандартная неопределенность величины x_j ;

$c_j = \frac{\partial f}{\partial x_j}$ — коэффициент чувствительности;

$u_j(Q_{cm})$ — вклад в суммарную стандартную неопределенность.

Таким образом, суммарная стандартная неопределенность измерений расхода воздуха, пришедшего на вход эталонного счетчика, рассчитывается по формуле

$$u(Q_{cm}) = \sqrt{c_{N_{эм}}^2 u^2(N_{эм}) + c_{P_{эм}}^2 u^2(P_{эм}) + c_t^2 u^2(t) + c_{\delta c}^2 u^2(\delta c) + c_{f_N}^2 u^2(f_N) + c_{\tau_{эм}}^2 u^2(\tau_{эм})}, \quad (7)$$

где $u(N_{эм})$ — стандартная неопределенность измерений количества импульсов, пришедших на вход блока управления установкой от эталонного счетчика и отображенная на экране компьютера;

УДК 006.86

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ВАЛИДАЦИИ ПРОЦЕССА УПАКОВКИ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В БЛИСТЕРЫ

Минько Д.В.¹, Тимофеева Т.Л.¹, Тимощук И.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²ЗАО «Алтимед», Минск, Республика Беларусь

За последнее время острота проблемы внутрибольничных инфекций не только не уменьшается, но и сохраняет тенденцию роста, несмотря на многообразие новых средств, и методов дезинфекции и стерилизации. Основной причиной внутрибольничных инфекций является нарушение стерильности медицинских изделий и изделий медицинского назначения (далее – ИМН).

Одним из составляющих компонентов успешного сохранения стерильности ИМН является финишная упаковка.

Основными задачами финишной упаковки для ИМН, подлежащих стерилизации, являются: защита стерильного материала от повторного

$u(P_{эм})$ – стандартная неопределенность измерений давления на эталонном счетчике;

$u(t)$ – стандартная неопределенность измерений температуры на эталонном счетчике;

$u(\delta c)$ – поправка вследствие округленного значения веса импульса эталонного счетчика;

$u(f_N)$ – стандартная неопределенность при определении погрешности эталонного счетчика;

$u(\tau_{эм})$ – стандартная неопределенность измерений времени измерений эталонным счетчиком.

Как видно из вышеизложенного, при оценке неопределенности измерений расхода воздуха расходомерными установками можно использовать различные подходы, но, несмотря на выбранный метод калибровки, при расчете неопределенности измерений необходимо учитывать большое количество влияющих величин.

1. Создание эталонного расходомерного комплекса до 6500 м³/ч/ Жагора Н.А., Мартынов Н.Е., Манкевич О.Д.// Метрология и приборостроение. Научно-технический журнал – 2013, № 1(60).
2. Dietrich, H.; Hotze, H.-J.; Jarosch, B.; Jünger, F.-J.; Kämpf, M.; Kramer, R.; Mickan, B.; Nath, B.; Polzin, H.; Wendt, G. Band 29: Messgeräte für Gas – Gaszähler: Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei Atmosphärendruck. – 2003.
3. Wendt, G., Dietrich, H.; Hotze, H.-J.; Jarosch, B.; Jünger, F.-J.; Kämpf, M.; Kramer, R.; Mickan, B.; Nath, B.; Polzin, H. Band 30: Messgeräte für Gas – Hochdruckprüfung von Gaszählern – 2003.
4. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – ISO. Switzerland – 1993.

загрязнения после стерилизации, возможность асептическим образом извлекать изделие из упаковки после стерилизации, сохранение стерильности упакованных ИМН при хранении и транспортировке.

Система упаковки для ИМН, подлежащих финишной стерилизации, должна обеспечивать физическую защиту, поддержание стерильности и асептического состояния готовности до момента использования ИМН.

В Республике Беларусь требования к процессу упаковки для ИМН, подлежащих финишной стерилизации, устанавливают стандарты серии СТБ ISO 11607 «Упаковка медицинских