

2. Шафрановский М. Н., Озеров А. В. Средства учета в системах канализации. Три метода измерения расхода сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника, № 4, 1999 – С. 28-29.
3. Большаков В. Б., Косач Н. И. Стан та перспективи розвитку метрологічного забезпечення вимірювань витрати рідини // Проблеми обліку теплоти та води в Україні. Матеріали III ювілейної міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю УкрЦСМ – заснуванню метрологічної служби в м. Києві: 4-6 червня 2002 р.: тези доп., Київ. – 2002. – С. 38-48.
4. Шаманський С. Й. Облік стічних вод витратомірами змінного перепаду тиску // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Міжнародна науково-практична конференція: 29-30 листопада 2012 р.: тези доп., Львів. – 2012. – С. 280–281.
5. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1975. – 776 с.
6. Пистун Е. П., Лесовой Л. В. Уточнение коэффициента истечения стандартных диафрагм расходомеров переменного перепада давления // Датчики и системы. – 2005. – №5 – С. 14-16.
7. РД 50-213-80 Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами. М.: «Издательство стандартов», 1985. – 319 с.

## References

1. Kravchenko V. S. Vodopostachannya ta kanalizacija: Textbook. – K.: Kondor. – 2003. – 288 p.
2. Shafranovskiy M. N., Ozerov A. V. Sredstva ucheta v sistemah kanalizacii. Tri metoda izmerenija raschoda stochnyh vod // Vodospazbnzhenije i sanitarnaja tehnika, № 4, 1999 – P. 28-29.
3. Bolshakov V. B., Kosach N. I. Stan ta perspektyvy rozvytku metrologichnogo zabezpechennja vymirjuvan vytryaty ridyny // Problemy obliku teploty ta vody v Ukraini. Materials of the 3-d International Theoretical and Practical conference dedicated to 100-th anniversary UkrCSM – foundation of metrological service in Kiev: 4-6 of June 2002: proceedings, Kiev. – 2002. – P. 38–48.
4. Shamanskyi S. I. Oblik stichnyh vod vytratomiramy zminnogo perepadu tysku // Ecologichna bezpeka jak osnova stalogo rozvytku suspilstva. International theoretical and practical conference: 29-30 of November 2012: proceedings, Lviv. – 2012. – P. 280–281.
5. Kremlevskiy P. P. Raschodomery i schetchiki kolichestva. L.: Mashinostroenie, 1975. – 776 p.
6. Pistun E. P., Lesovoi L. V. Utochnenije koefficienta istechenija standartnyh diafragm rashodomerov peremennogo perepada davlenija // Datchiki i sistemy. – 2005. – №5 – P. 14-16.
7. RD 50-213-80 Pravila izmerenija raschoda gazov i zhidkostej standartnymi suzhajushchimi ustroystvami. M.: «Izdatelstvo standartov», 1985. – 319 p.

Рецензія/Peer review : 6.1.2015 р. Надрукована/Printed :24.1.2015 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 621.9.08: УДК 658.52**

**А.И. ШВАЧКА, Е.В. ЧЕРНЕЦКИЙ, О.Ю. ОЛЕЙНИК**

ДВНЗ «Украинский государственный химико-технологический Университет», г Днепропетровск

## **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВНЕШНИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СОСТАВЕ АСУ ТП**

*Исследовано влияние методов измерения внешних тепловых потерь в системе водяного охлаждения доменной печи на точность получаемых значений. Выполнена оценка доверительных границ результатов измерения тепловых потерь в системе водяного охлаждения доменной печи. Проведен анализ различных методов измерения тепловых потерь и разработаны рекомендации для повышения точности измерений.*

*Ключевые слова: погрешность измерения, точность измерения, тепловые потери, информационно-измерительные системы, расхода хладагента*

A.I. SHVACHKA, E.V. CHERNECKIY, O.JU. OLEINIK  
Ukrainian state University of chemical technology", the city of Dnepropetrovsk

## **ASSESSMENT OF MEASUREMENT ERROR OF EXTERNAL THERMAL LOSSES WITH THE USE OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM**

*The influence of methods of measuring external heat losses in the system water-cooled blast furnace on the accuracy of the obtained values. To estimate the confidence limits of results of measurements of the heat loss in the cooling system of the blast furnace. The analysis of different methods of measuring thermal losses and developed recommendations to improve the measurement accuracy.*

*Keywords: measurement error, measurement accuracy, heat loss, information-measuring system, refrigerant flow*

### **Введение**

Эффективное управление невозможно без надежной информации о текущих и будущих условиях, о внутреннем состоянии системы [1]. Никакие самые точные модели и алгоритмы управления не смогут обеспечить успех без надежных исходных данных. Поэтому, важно оценить качество исходной информации, используемой для управления, объективную возможность и технологическую целесообразность его повышения и последствия, вызываемые неточностью исходной информации.

Академик А.С. Некрасов отмечает [2], что переработка информации, необходимая для принятия решения, отстает от темпов производственного процесса, поэтому отмечен разрыв между производством и управлением. При создании информационной системы управления энергетическим хозяйством необходима стандартная форма документов, методов их обработки а также следует руководствоваться основными принципами рационализации: минимум первичной информации; максимум производной вторичной

информации; полное удовлетворение требований, предъявляемых со стороны всех звеньев и уровней управления; организация подачи однородной информации по единому каналу.

Для повышения достоверности прогноза по оптимизационным процедурам в задаче многопараметрической оптимизации авторы [3] особое внимание уделяют возможности сбора исходной информации с заданной степенью точности.

Исходя из сказанного выше, следует, что задачи оптимального управления процессом плавки в доменных печах и составление краткосрочных прогнозов, в значительной степени зависят от точности первичной информации или, другими словами, от точности измерения технологических параметров плавки в доменных печах.

Так же, не следует забывать, что в информационно-измерительных системах (ИИС) и АСУ ТП составляющие методической погрешности измерений, обусловленные особенностью алгоритма вычислений, строго определяющей зависимость результатов вычислений от аргументов измеряемых прямым методом величин, влияют на эффективность указанных систем.

При существенной методической погрешности измерений средних или интегральных значений измеряемой величины, обусловленной ограниченным числом "точек" измерений или отклонениями действительных значений от номинальных значений величин, входящих в функцию преобразования, соответствующее совершенствование методики выполнения измерений дает заметный эффект в повышении точности измерений. Методики выполнения измерений могут быть усовершенствованы изменением алгоритма обработки результатов измерений. В этом случае проводят аттестацию алгоритма в соответствии с нормативными документами.

Разработке и реализации мероприятий по повышению точности измерений должны предшествовать анализ экономической целесообразности таких мероприятий.

Любое мероприятие по повышению точности измерений экономически целесообразно, если это мероприятие уменьшает метрологические издержки, т.е. снижает долю себестоимости продукции и увеличивает долю прибыли предприятия, зависящие от точности измерений.

### Постановка проблемы

Характерной особенностью расчета теплового баланса доменной плавки является разница между приходом и расходом тепла или невязка баланса. Полученная составляющая принимается как величина внешних тепловых потерь. В других вариантах расчета данным показателем вообще пренебрегают. Так, в комплексном методе А.Н. Рамма тепловые потери принимаются постоянными [4].

По анализу состояния доменного производства, выполненному Н.А. Савчуком и И.Ф. Куруновым [5], среди средств контроля и автоматизации доменного процесса в мире считается третьим по важности контроль потерь теплоты рабочего пространства печи (после контроля расхода железорудного сырья и кокса и технологии отработки продуктов плавки). Таким образом мы еще раз получаем подтверждение, того что современные технологии управления доменными печами требуют все более точные методы измерения технологических параметров плавки, в частности тепловых потерь.

В изменяющихся шихтовых и дутьевых условиях тепловые потери доменной печи нестабильны. Потери теплоты в одном агрегате в зависимости от состояния ограждения печи, распределения газового потока и иных факторов изменяются в 2-3 и более раз, что влияет на устойчивость доменного процесса и показатели работы печи.

Рассмотрим аналитическую взаимосвязь величины внешних тепловых потерь с теплоэнергетическими показателями тепловой работы печи [6]:

$$Q_{\text{прп}} = \frac{m_e \cdot c_e \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{3600 \cdot 10^6} = \frac{V_e \cdot \rho_e \cdot c_e \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{3600 \cdot 10^6}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{прп}}$  - внешние тепловые потери в системе водяного охлаждения доменной печи, МВт;  $m_e$  и  $V_e$  - массовый и объемный расход воды в системе водяного охлаждения, кг/ч и м<sup>3</sup>/ч;  $\rho$  и  $c_e$  - плотность и теплоемкость воды, кг/м<sup>3</sup> и кДж/(кг °С);  $t_{\text{вых}}$  и  $t_{\text{вх}}$  - температура выходящей и входящей воды на охлаждение печи, °С.

Таким образом, оценка тепловых потерь печи производится косвенным методом, путем измерения температур хладагента во входящем и исходящем трубопроводах холодильника, а также измерением расхода хладагента.

### Цель и задачи исследования

Цель исследования – поиск путей повышения точности измерения внешних тепловых потерь в системе водяного охлаждения доменной печи.

Для достижения поставленной цели было сформулировано и решено следующие задачи:

- получить расчетные выражения для оценки доверительных границ погрешности результата измерения тепловых потерь;
- определить влияющие факторы на точность измерения тепловых потерь;
- провести анализ причин изменения доверительных границ погрешности результата измерения тепловых потерь для разных методов и средств измерения .

**Методы исследования**

Для оценки погрешности измерения внешних тепловых потерь рассчитаем границу основной приведенной погрешности [7], %:

$$\delta Q_{прн} = \frac{\Delta Q_{прн}}{Q} 100\%, \tag{2}$$

где  $\Delta Q$  – абсолютная погрешность контроля внешних тепловых потерь, Вт;  $Q$  – номинальное значение величины потерь в текущем измерении, Вт. Согласно выражению (1), измеряемыми параметрами являются расход хладагента и разность температур хладагента между входом и выходом холодильника. Соответственно погрешность измерения тепловых потерь будет рассчитываться по формуле:

$$\Delta Q_{прн} = \sqrt{\left(\frac{\partial m_g}{\partial Q_{прн}}\right)^2 \cdot \Delta m_g^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial Q_{прн}}\right)^2 \cdot \Delta t^2}, \tag{3}$$

где  $\Delta m_g$  и  $\Delta t$  – абсолютная погрешность измерения массового расхода и температуры, кг/час и °С;  $\frac{\partial m_g}{\partial Q_{прн}}$  и  $\frac{\partial t}{\partial Q_{прн}}$  – частные производные функции по расходу и температуре.

$$\frac{\partial m_g}{\partial Q_{прн}} = \frac{c_g \cdot (t_{вых} - t_{вх})}{3600 \cdot 10^6}, \quad \frac{\partial t}{\partial Q_{прн}} = \frac{m_g \cdot c_g}{3600 \cdot 10^6}. \tag{4}$$

На первом этапе рассмотрим инструментальный метод контроля тепловых потерь.

Суть этого метода заключается в том, что температура хладагента на входе и выходе из холодильника измеряется при помощи ручного пирометра, а расход хладагента измеряется по времени истечения объема жидкости в мерную емкость:

$$m_g = \frac{v_g \cdot 1000}{\tau \cdot 3600}, \tag{5}$$

где  $m_g$  – массовый расход, кг/час;  $\tau$  – время истечения жидкости, с;  $v_g$  – объем мерной емкости, м<sup>3</sup>.

Таким образом мы имеем косвенный метод измерения расхода хладагента. Соответственно погрешность измерения расхода, согласно (5), будет вычисляться по формуле:

$$\Delta m_g = \sqrt{\left(\frac{\partial v_g}{\partial m_g}\right)^2 \cdot \Delta v_g^2 + \left(\frac{\partial \tau}{\partial m_g}\right)^2 \cdot \Delta \tau^2} \tag{6}$$

где  $\Delta v_g$  и  $\Delta \tau$  – абсолютная погрешность измерения объема и времени, м<sup>3</sup> и с.

$\frac{\partial v_g}{\partial m_g}$  и  $\frac{\partial \tau}{\partial m_g}$  – частные производные функции по объему и времени.

$$\frac{\partial v_g}{\partial m_g} = \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \quad \frac{\partial \tau}{\partial m_g} = \frac{-1 \cdot v_g \cdot 1000}{\tau^2 \cdot 3600}. \tag{7}$$

Выполним имитацию автоматизированного метода измерения с использованием расходомера и ручного пирометра (вариант расчета №2). Кроме того, автоматический режим определим использованием стационарного расходомера и термопары (вариант расчета №3).

**Результаты исследования**

Все результаты исследований разделены на три группы, каждая из которых соответствует определенному методу измерений. Первая группа – инструментальный метод измерения тепловых потерь. Вторая группа – метод измерения тепловых потерь с прямым измерение расхода хладагента. Третий вариант – при замене во втором варианте ручного пирометра на более точное средство измерения, термоэлектрический преобразователь.

Расчет погрешности измерения тепловых потерь выполнен с учетом класса точности датчиков в составе измерительного контура (табл. 1).

Таблица 1

**Погрешности измерения физических величин**

Наименование параметра (измерительный прибор)	Погрешность	
	абсолютная, ед. изм.	относительная, %
<i>Первый вариант</i>		
Температура (пирометр СЕМ DT-8828)	-	1,5
Объем (мерная емкость)	±0,001 м <sup>3</sup>	-
Время (секундомер СОПр-2а-3 Агат)	±0,8 с	-
<i>Второй вариант</i>		
Температура (пирометр СЕМ DT-8828)	-	1,5
Расход (расходомер SITRANS FUS1020)	-	0,5
<i>Третий вариант</i>		
Температура (термопара ТМКн (Т))	-	0,5
Расход (расходомер SITRANS FUS1020)	-	0,5

Примечание: абсолютная и относительная погрешности взяты из паспортных данных на средство измерения.

Исходные данные для первого варианта расчета получены по результатам инструментальных измерений теплотехнической лабораторией ИЧМ НАНУ по ДП №5 ПАО «АМКР». Для второго и третьего варианта результаты измерений взяты те же, но погрешности средств измерений взяты согласно принятому варианту и средству измерений. Согласно выражениям (3, 4, 5) и паспортным данным на средства измерений (табл. 1) были рассчитаны погрешности измерений тепловых потерь по отдельным элементам конструкции охлаждаемой части доменной печи.

Результаты расчета методической погрешности для первого варианта измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Расчет погрешности измерения внешних тепловых потерь на элементах конструкции по ДП5 ДЦ ПАО «АМКР» для существующего метода измерений\***

Наименование объекта	Температура, °С		Время истеч., с	Расход, м <sup>3</sup> /час	Тепловые потери, кВт	Погрешность расчета потерь, %		
	Вход	Выход				Первая группа	Вторая группа	Третья группа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ холодильника	Запечники ДП5 (замеры 14.06.07)							
4	34,2	39,3	40	2,34	13,86	12,35	11,57	3,89
5	34,2	36,3	24	3,90	09,51	26,42	8,77	8,66
6	34,2	35,7	15	6,24	10,87	36,30	35,73	11,99
7	34,2	36,4	22	4,26	10,87	25,38	24,86	8,41
8	34,2	36,2	15	6,24	14,49	27,94	27,19	9,17
9	34,2	36,0	16	5,85	12,23	30,66	30,04	10,11
10	34,2	36,0	19	5,20	10,87	30,57	30,04	10,11
11	34,2	35,9	20	4,68	09,24	32,16	31,71	10,67
12	34,2	35,8	23	4,07	07,56	33,96	33,60	11,29
13	33,0	37,8	34	2,75	15,34	12,64	11,91	4,21
15	33,0	37,0	25	3,74	17,39	14,75	13,96	4,86
16	33,0	37,5	25	2,67	13,97	13,28	12,59	4,43
17	33,0	37,3	31	3,02	15,08	13,81	13,10	4,59
19	33,0	35,4	15	6,24	17,39	23,08	22,18	7,53
20	33,0	37,3	32	2,93	14,6	13,8	13,10	4,59
21	33,0	36,8	20	4,68	20,65	15,55	14,60	5,70
22	33,0	36,3	15	6,24	23,91	17,76	16,57	5,70
23	33,0	36,4	25	3,74	14,78	16,82	16,13	5,56
24	33,0	37,0	19	4,93	22,88	15,00	13,96	4,86
25	34,8	56,0	135	0,69	17,07	5,55	4,24	2,00
26	34,8	66,0	212	0,44	15,99	5,00	3,51	1,84
27	34,8	47	81	1,16	16,37	7,01	5,97	2,44
28	34,8	43,3	47	1,99	19,66	8,72	7,79	2,96
34	34,8	37,7	26	3,60	12,12	20,11	19,56	6,67
35	34,8	38,6	35	2,67	11,80	15,88	15,31	5,30
36	34,8	40,0	29	3,23	19,49	12,47	11,64	4,13
№ холодильника	Маратор ДП5							
9-10	33,5	35,9	32	2,93	08,15	22,90	22,49	7,63
5-6	33,5	36,1	24	3,9	11,77	21,44	20,88	7,10
неизвестно	33,5	35,7	22	4,23	10,87	24,91	24,39	8,25
неизвестно	33,5	35,5	19	4,93	11,44	27,23	26,67	9,00
13-14	33,0	34,3	17	5,51	08,31	40,04	39,61	13,28
15-16	33,0	40,5	81	1,16	10,06	9,02	8,24	3,09
11-12	33,0	35,5	27	3,47	10,06	21,85	21,35	7,26
23-24	34,2	39,6	44	2,13	13,34	11,79	11,10	3,96
21-22	34,2	36,8	23	4,07	12,29	21,86	21,28	7,23
25-26	34,2	37,8	53	1,77	07,38	16,28	15,82	5,46
33-34	34,1	37,3	11	8,51	31,62	19,32	17,55	6,02
31-32	34,1	40,6	27	3,47	26,16	10,55	9,49	3,47
№ холодильника	Шахта, 2-й ряд холодильников, ДП5							
5-6	33,5	35,4	17	5,51	12,15	28,60	27,99	9,44
7-8	33,5	35,4	17	5,51	12,15	28,60	27,99	9,44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3-4	33,5	34,7	15	6,24	8,69	43,87	43,4	14,54	
1-2	33,5	37,4	27	3,47	15,70	15,18	14,46	5,02	
неизвестно	33,5	34,3	11	8,51	7,90	64,84	64,33	21,49	
13-14	33,0	36,4	53	1,77	6,97	16,58	16,13	5,56	
17-18	33,0	46,0	137	0,68	10,31	6,58	5,52	2,32	
неизвестно	34,2	36,6	51	1,84	5,11	23,25	22,92	7,77	
№ холо- дильника	Шахта, 3-й ряд холодильников, ДП5								
20-21	34,5	43,0	33	2,84	27,99	8,85	7,36	2,94	
18-19	34,5	38,4	18	5,20	23,55	15,90	14,85	5,15	
№ холо- дильника	Шахта, 4-й ряд холодильников, ДП5								
16-17	35,0	41,0	23	4,07	28,35	11,49	10,36	3,73	
18-19	35,0	37,1	21	4,46	10,87	27,05	26,54	8,96	
20-21	35,0	36,9	19	4,93	10,87	29,69	29,17	9,83	
№ холо- дильника	Шахта, 5-й ряд холодильников, ДП5								
20-21	34,8	41,7	21	4,46	35,71	10,56	9,19	3,37	
12-13	35,1	38,2	29	3,23	11,62	19,08	18,55	6,34	
№ холо- дильника	Шахта, 6-й ряд холодильников, ДП5								
20-21	34,8	38,5	21	4,46	19,15	16,52	15,68	5,42	
13-14	35,1	38,8	40	2,34	10,05	16,32	15,80	5,45	
№ холо- дильника	Шахта, 7-й ряд холодильников, ДП5								
17	34,8	36,6	30	3,12	06,52	30,86	30,54	10,28	
№ холо- дильника	Шахта, 8-й ряд холодильников, ДП5								
16	34,8	48	138	0,68	10,40	6,7	5,66	2,36	
№ холо- дильника	Шахта, 9-й ряд холодильников, ДП5								
20-21	34,5	39,2	50	1,87	10,21	13,19	12,6	4,43	
№ холо- дильника	Шахта, 10-й ряд холодильников, ДП5								
20-21	34,5	41,2	180	0,52	4,05	10,00	9,35	3,42	

принято, что выполняется наполнение емкости объемом 0,026 м<sup>3</sup>

Выполним анализ результатов расчета относительной погрешности измерения для первой группы (табл. 2). Максимальное из рассчитанных значений составило 64,84 %, минимальное – 5%. Такой разброс погрешностей обусловлен тем, что при малых перепадах температур, в диапазоне от 0 до 2 °С, между входом и выходом хладагента из холодильника, увеличивается влияние погрешности измерения температуры на результирующую погрешность измерения тепловых потерь (согласно табл.2 относительная погрешность измерения тепловых потерь может составлять от 30,57 % до 64,84 %). Таким образом мы получаем ситуацию, когда результат измерения разности температур соизмерим с погрешностью измерения температуры переносным ручным пирометром.

Согласно анализу составляющих погрешности измерения расхода хладагента, увеличение временного интервала, за который истекает 26 л воды из трубопровода холодильника, приводит к повышению точности измерения тепловых потерь. Это происходит за счет того, что механические секундомеры имеют фиксированную абсолютную погрешность, которая может изменяться в диапазоне от 0,2 до 1,6 с в зависимости от модели и диапазона измерения секундомера и соответственно с увеличением временного интервала будет уменьшаться относительная погрешность измерения времени и как следствие будет уменьшаться погрешность определения расхода воды и тепловых потерь (согласно табл.2 относительная погрешность измерения тепловых потерь может составлять от 5,00 % до 7,01 %).

Однако следует учитывать весовые коэффициенты составляющих погрешности измерения

тепловых потерь (погрешность измерения расхода и температуры). Так весовой коэффициент для погрешности измерения расхода составляет порядка 0,006, а весовой коэффициент для погрешности измерения температуры составляет порядка 2,13. Таким образом, мы видим, что даже трехкратное повышение точности измерения расхода хладагента, путем установки стационарного средства измерения (расходомера), в конечном итоге даст незначительный прирост точности определения тепловых потерь (небольшая разница погрешностей в первом и втором варианте). А погрешность измерения температуры будет существенно влиять на конечную точность измерения тепловых потерь, так трехкратное повышение точности измерения приводит к трехкратному повышению точности измерения тепловых потерь.

Полученные результаты, для существующего метода измерения тепловых потерь, и анализ погрешности измерения, говорит о том, что с метрологической точки зрения, указанный метод измерения имеет существенное ограничение. Его нельзя использовать при перепадах температур хладагента, между входом и выходом из холодильника, до 2 °С так, как это приводит к появлению большой погрешности. При этом 71,2 % результатов измерений имеют относительную погрешность от 10,00 % до 30,57 %.

#### Обсуждение результатов

Таким образом, проведенный анализ показывает существенное изменение доверительных границ погрешности результатов измерения тепловых потерь на холодильниках печи при изменении метода и средств измерений. При этом следует понимать, что повышение температуры может говорить о том, что произошел сход гарнисажа или прогар тела холодильника. И поэтому точное отслеживание необоснованных повышений тепловых потерь в печи позволит своевременно реагировать и устранять нарушения режима работы печи.

Учитывая сказанное и полученные результаты анализа можно утверждать, что использование третьего варианта измерений (стационарный расходомер и измеритель температуры) позволяет в три раза повысить точность метода измерения тепловых потерь. При этом так же не стоит забывать о том, согласно результатам анализа составляющих погрешности измерения тепловых потерь, точность измерения расхода хладагента не будет сильно влиять на результирующую точность измерения. По этому экономически не целесообразно заменять метод измерения расхода хладагента, а необходимо повышать точность измерения температуры. Но при этом не стоит забывать, что измерение расхода хладагента и его температуры это процессы разнесенный во времени так, как рабочий не может одновременно считывать показания температуры и определять расход, что в свою очередь так же ведет к увеличению погрешности измерения тепловых потерь. Этот фактор не учитывался в данном анализе так, как не было исходных данных для оценки данной составляющей погрешности измерения тепловых потерь.

Исходя из изложенного выше, приходим к выводу, что использование стационарной термопары, позволит существенно повысить точность измерений и повысить качество процесса управления режимами работы доменной печи.

#### Выводы

1. Определено для различных методов измерения влияющие факторы:
  - при первом варианте измерения тепловых потерь, большая часть измерений, порядка 86,44 %, имеет погрешность более 10 %. На формирование погрешности наиболее влияет разность температур и время измерения истечения хладагента;
  - во втором варианте измерений изменение метода измерения расхода хладагента не существенно повышает точность определения тепловых потерь;
  - для третьего варианта измерения тепловых потерь основным влияющим фактором повышения точности измерения тепловых потерь будет класс точности измерителя температуры.
2. Получено расчетные выражения (3, 4, 5) для определения погрешности измерения тепловых потерь во втором и третьем варианте измерений.
3. Проведенный анализ влияющих факторов методов и средств измерений позволяет утверждать, что применение стационарно установленных средств измерений температуры позволит повысить точность измерения тепловых потерь до 3 раз.
4. Применение в ИИС и АСУ ТП предложенных методов измерения тепловых потерь позволяют уменьшить методическую составляющую погрешности и как следствие повысить эффективность указанных систем.

#### Литература

1. Компьютерные методы моделирования доменного процесса/ Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ- УПИ, 2005. 301с.
2. Некрасов З.И. Анализ влияния размеров доменных печей на показатели доменной плавки [Текст] / З.И. Некрасов, И.Г. Товаровский, М.Д. Жембус // Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема: Тематический сборник научных трудов/ МЧС СССР(ИЧМ).- М.:Металлургия.- 1977.-№3.- С. 7-19.
3. Optimization of blast furnace productivity coupled with CO<sub>2</sub> emissions reduction/ Pasquale Cavaliere, Angelo Perrone// Steel Research International. 2014, v. 85, № 1, p. 89-98
4. Рамм А.Н. Современный доменный процесс [Текст] / А.Н. Рамм. - М.: Metallurgia, 1980. - 340с.

5. Савчук Н.А. Доменное производство на рубеже XXI века [Текст] / Н.А. Савчук, И.Ф. Курунов // Новости черной металлургии за рубежом. - 2000. - 42с.
6. Домна в энергетическом измерении/ А.В. Бородулин, А.Д. Горбунов, В.И. Романенко, Г.И. Орел.- Кривой Рог- 2004, 436с.
7. Маркин Н.С. Основы теории обработки результатов измерений: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Издательство стандартов, 1991, - 176 с., ил.

#### References

1. Komp'juternye metody modelirovaniya domennogo processa/ Pod red. N.A. Spirina. Ekaterinburg: UGTU- UPI, 2005. 301s.
2. Nekrasov Z.I. Analiz vlijaniya razmerov domennyh pechej na pokazateli domennoj plavki [Tekst] / Z.I. Nekrasov, I.G. Tovarovskij, M.D. Zhembus // Intensifikacija processov domennoj plavki i osvoenie pechej bol'shogo ob#ema: Tempticheskij sbornik nauchnyh trudov/ MChS SSSR(IChM).- М.:Metallurgija.- 1977.-№3.- S. 7-19.
3. Optimization of blast furnace productivity coupled with CO2 emissions reduction/ Pasquale Cavaliere, Angelo Perrone// Steel Research International. 2014, v. 85, № 1, p. 89-98
4. Ramm A.N. Sovremennyj domennyj process [Tekst] / A.N. Ramm. - М.: Metallurgija, 1980. - 340s.
5. Savchuk N.A. Domennoe proizvodstvo na rubezhe XXI veka [Tekst] / N.A. Savchuk, I.F. Kurunov // Novosti chernoj metallurgii za rubezhom. - 2000. - 42s.
6. Домна в енергетическом измерении/ А.В. Бородулин, А.Д. Горбунов, В.И. Романенко, Г.И. Орел.- Кривой Рог- 2004, 436с.
7. Markin N.S. Osnovy teorii obrabotki rezul'tatov izmerenij: Uchebnoe posobie dlja srednih special'nyh uchebnyh zavedenij. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1991, - 176 с., il.

Рецензія/Peer review : 6.1.2015 р. Надрукована/Printed :24.1.2015 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 53.082.4, 502.084, 574.22**

**М.М. ФЕДОРЯК, В.Л. ВОЛОШИН, В.В. БРАЙЛОВСЬКИЙ, П.М. ОЛЕКСЮК**  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

### **ПРИЛАД ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПРЕФЕРЕНДУМІВ ЧЛЕНИСТОНОГИХ**

*Описано прилад для дослідження температурних преферендумів членистоногих в умовах штучно створеного температурного поля. Максимальна температура гарячого кінця теплопровідного каналу  $90 \pm 0.1$  °C, діапазон зміни величини градієнта температури в каналі  $0 \div 1.2$  °C /cm, номінальна потужність не більше 130 Вт, а максимальна 505 Вт.*

*Ключові слова: температура, температурний градієнт, термопара, тепловтрати, тепловий потік, електромагнітне поле.*

M.M. FEDORIAK, V.L. VOLOSHYN, V.V. BRAYLOVSKY, P.M. OLEKSYUK  
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

### **THE DEVICE TO DETERMINE TEMPERATURE PREFERENCES OF ARTHROPODA**

*The device to determine temperature preferences of Arthropoda on artificial thermal gradient has been described°. The maximum temperature of the hot end of the heat conducting canal is  $90 \pm 0.10$  °C, the range of thermal gradient change in the canal is  $0 \div 1.2$  °C/cm, nominal power is less than 130 watts and the maximum is 505 watts.*

Key words: temperature, thermal gradient, thermocouple, heat loss, thermal current, electromagnetic field.

**Вступ.** Теплота – основа кінетики хімічних реакцій, які забезпечують життєдіяльність організму. Тому температурні умови належать до найважливіших екологічних факторів. Відомо, що існує діапазон температур, у межах якого кожен вид організмів може розвиватися і розмножуватися – так зване температурне вікно (*thermal window*) виду [6, 10, 11]. В умовах глобальних кліматичних змін і прискорення темпів урбанізації, що супроводжується синантропізацією багатьох видів членистоногих, збільшенням чисельності та розширенням ареалів певних видів, у тому числі й шкідників, переносників збудників захворювань тощо, особливої актуальності набуває вивчення температурних вікон і преферендумів синантропних членистоногих [2, 6]. Вивчення температурних преферендумів молодих бджіл із використанням приладу штучної реалізації одновимірного температурного градієнта в межах 10-50 °C дозволило показати, що поодинокі бджоли надають перевагу температурі 36 °C, яка відповідає такій у вивідковій камері бджолоного вулика [9]. У подальшому подібні дослідження термопреферендумів поодиноких бджіл і бджіл у складі груп дозволили зробити цікаві висновки щодо динаміки прийняття бджолами колективного рішення [7].

**Мета роботи:** розроблення та виготовлення приладу, який забезпечить можливість штучно створювати та підтримувати заданий рівень температури та температурного градієнту в замкнутому об'ємі, ізольованому від впливу зовнішнього середовища, не створюючи при цьому додаткових чинників, які могли би впливати на поведінку членистоногих.

**Основні вимоги до розроблюваного приладу.** Поставлена мета досягалася дотриманням вимог