

3 Kornilov V. I., Lysenko V. I. Investigation of the aerodynamic characteristics of cylindrical bodies in a supersonic gas flow // Bulletin of the NSU. The "Physics" series. – 2011. – Vol. 6, Issue 4. – pp. 16-24.

4 Moh M., Saad M., Asmuin N. Comparison of Horizontal Axis Wind Turbines and Vertical Axis Wind Turbines // IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). – 2014. – Vol. 4, Issue 8. – P. 27-30.

5 Dyusembayeva A. et al. Numerical Simulation to Investigate the Effect of Adding a Fixed Blade to a Magnus Wind Turbine //Energies. – 2024. – Vol. 17. – no. 16. – P. 4054.

ЖЫЛУ АҒЫНЫН ӨЛШЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ СЕЗІМТАЛ ЭЛЕМЕНТІ ТЕРМОЖҰПТАРДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

С.Е.Сулейменова, П.Ә. Қисабекова

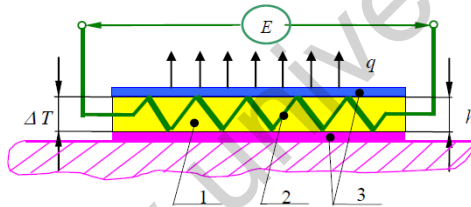
Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, докторант, Қарағанды, Қазақстан, saniy_93@mail.ru:

Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, аға оқытушы, Қарағанды, Қазақстан

Жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғыларды әзірлеу үшін екі әртүрлі өткізгіштен тұратын терможұптар негізгі сезімтал элемент болып табылады. Терможұптар — температураны өлшеу үшін қолданылатын маңызды құрылғылар, олар әртүрлі ғылыми және техникалық зерттеулерде, сондай-ақ өнеркәсіптік қосымшаларда кеңінен пайдаланылады. Терможұптардың дәлдігін арттыру үшін олардың градуирлеуі қажет, яғни термоэлектр қозғаушы күшінің (термо-ЭҚК) температураға тәуелділігін анықтау керек. Осы зерттеу аясында мыс-константан типті терможұптар градуирленіп, температураның ауытқуларын дәл өлшеу үшін қажетті мәліметтер алынған. Мыс-константан жұбының термо-ЭҚК мәндері төмен температурада тұрақты және сенімді болатыны белгілі, бұл оны көптеген жағдайда қолдануға тиімді етеді. Сонымен қатар, мыс-константан терможұпы 70°C-қа дейінгі диапазонда жақсы сезімталдыққа ие, әрі қолжетімді және арзан материал ретінде бағаланады. Зерттеу нәтижелері терможұптардың тиімді түрін таңдауға, оның ішінде мыс-константанның артықшылықтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздері: жылу ағыны, термо-ЭҚК, терможұп, мыс-константан терможұбы, температура айырымы.

Кез келген өлшеу құралының немесе өлшеу жүйесінің бастапқы буыны – өлшенетін шамалар туралы ақпарат алуға арналған құралдар, яғни термоэлектрлік батареялық түрлендіргіштер болып табылады (1-сурет). Термоэлектрлік түрлендіргіш температура мен жылу ағынын өлшейтін бастапқы өлшеу түрлендіргіші болып саналады. Термоэлектрлік батареялық түрлендіргіш ретінде сезімтал элемент технологиялық процестерді реттеу және мониторинг жүргізу жүйелерінің құрамында қолданылады. Сезімтал элемент – бұл екі түйіскен әртүрлі өткізгіштен тұратын термоэлектрлік тізбек болып табылатын терможұп. Температура мен жылу ағынын термоэлектрлік түрлендіргіштер арқылы өлшеу әдісі әртүрлі өткізгіштерден тұратын тізбекте пайда болатын термоэлектр қозғаушы күш пен осы өткізгіштердің түйісу нүктелерінің температурасы арасындағы белгілі бір тәуелділіктерге негізделген [1, 2].



1-сурет. Жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғының схемасы: 1 – сезімтал элемент, 2 - термоэлектрлік батареялық түрлендіргіш, 3 – қабылдау пластиналары

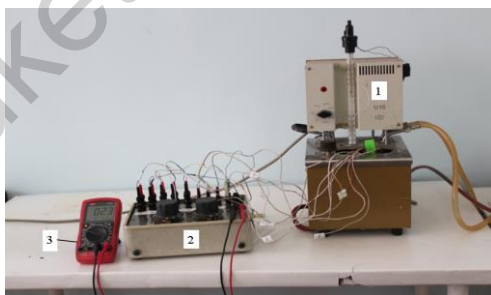
Терможұптар, температура айырымын дәл өлшеу және оны термо-ЭҚК-ке айналдыру қабілетінің арқасында, жылу ағынын өлшеу процесінде ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында маңызды рөл атқарады. Терможұптарға негізделген құралдарды әзірлеу, жоғары дәлдікті қажет ететін процестерде, мысалы, энергетикалық қондырғыларда, жылуалмасу жүйелерінде және басқа технологиялық процестерде температура өзгерістерін дәл бақылау үшін қажет болып отыр. Терможұптарды зерттеу олардың жылу ағындарын өлшеуге арналған негізгі сезімтал элемент ретінде қолданылуында, бұл әртүрлі салалардағы температуралық режимдерді дәл талдауға және тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Демек, құрылғының сезімталдығын арттыру үшін сезімтал элементтің бірлік ауданына келетін термобатареядағы «ыстық» түйіндер саны арттырылады. Сондай-ақ, бұл термобатареяның жылу сыйымдылығын төмендету және оның

тармақтары арқылы жылу таралуын азайту есебінен «ыстық» түйіндердің температурасын арттыруға ықпал етеді [3].

Терможұптардың жұмыс принципі термоэлектрлік эффектке негізделген. Термоэлектрлік эффект температура айырымының әсерінен пайда болатын термо-ЭҚК арқылы қалыптасады. Түйіндер арасындағы температура айырымының өзгеруі ток бағытының өзгеруімен қатар жүреді. Белгілі бір температура диапазонында өлшеулер жүргізу үшін осы диапазонда сызықтық коэффициенті ең аз өзгертін терможұпты таңдау қажет. Терможұптардың өлшеу дәлдігін арттыру үшін терможұптарды градуирлеу маңызды, яғни термо-ЭҚК-нің температураға тәуелділігін анықтау қажет [4, 5].

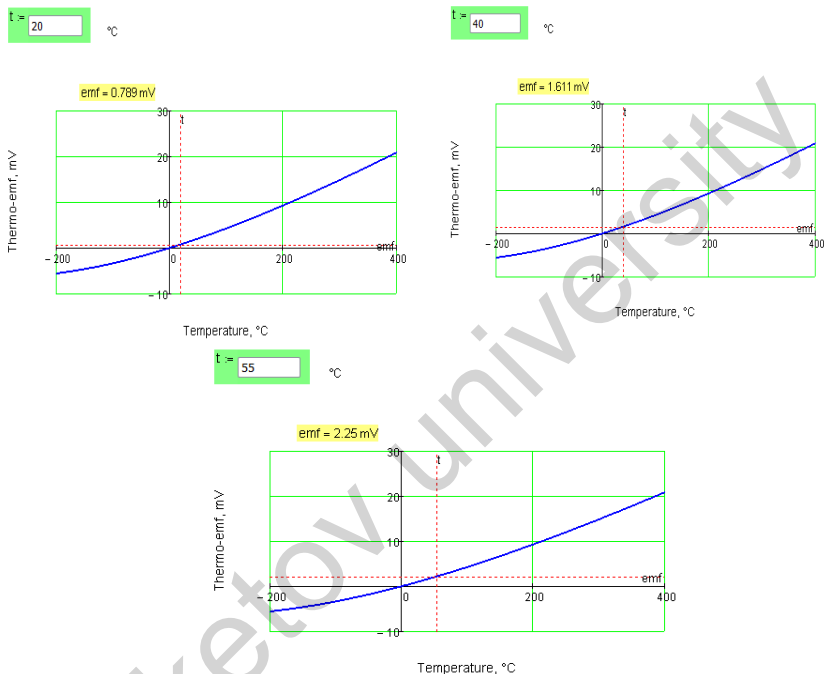
Зерттеу жұмысының негізгі бөлігіне дайындық ретінде жүргізілген алдын ала зерттеулер аясында мыс-константан типті терможұбы градуирленді. Бұл терможұп температураның ауытқуын дәл өлшеуге арналған, бұл жылуфизикалық процестерді одан әрі талдау үшін маңызды.

Термо-ЭҚК бойынша эксперименттік мәліметтер, өлшеу құрылғысына жалғанған мыс-константан терможұптарынан тұратын арнайы зертханалық қондырғының көмегімен алынды. Терможұптарды ажыратып-қосқышқа мыс-константаннан жасалған терможұптардың бір ұштары жалғанып, ал екінші ұштары температураны тұрақты ұстап тұратын термостатқа орналастырылды. Термостаттың температурасын өзгертіп отырып, терможұптарды ажыратып-қосқышқа қосылған мультиметр арқылы термо-ЭҚК-і өлшенді. Өлшеулер 20°C-тан 70°C-қа дейінгі температуралық диапазонда 5°C қадаммен жүргізілді. Терможұптарды градуирлеуге арналған зертханалық стенд 2-суретте көрсетілген.



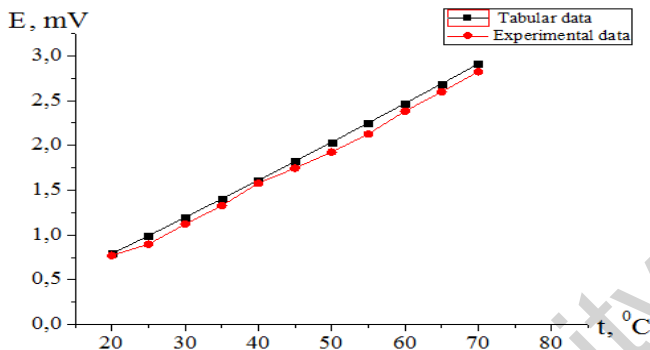
2-сурет. Терможұптарды градуирлеуге арналған зертханалық стенд: 1 - термостат, 2 - терможұптарды ажыратып-қосқыш, 3 – өлшеу аспабы

Сондай-ақ, термо-ЭҚК кестелік мәндерін тексеру үшін, Mathcad бағдарламасының мүмкіндіктері арқылы, зерттеу жүргізілген температура аралығында мыс-константан терможұбының мәндері есептелді. Mathcad бағдарламасының мүмкіндіктері арқылы анықталған зерттеу нәтижелерінің кейбір тәуелділіктерінің графиктері келесі суреттерде көрсетілген (3-сурет).



3-сурет. Әр түрлі температурадағы мыс-константан терможұбының термо-ЭҚК-і

Эксперименттің нәтижесінде алынған мыс-константан терможұптарының термо-ЭҚК-інің өлшеу нәтижелері негізінде кестелік мәндерімен терможұптардың градуирлеу графигі тұрғызылды. Бұл график терможұптардың шығыс сигналы мен температура арасындағы нақты байланысты көрсетеді (4-сурет).



4-сурет. Мыс-константан терможұбын градуирлеу графигі

Графикке сәйкес, мыс-константан терможұптары зерттелген температура аралығында термо-ЭКК-інің температураға тура пропорционал екенін көрсетті, бұл Зеебек заңымен расталады. Сызықтық регрессия әдісінің көмегімен, мыс-константан терможұбы үшін термо-ЭКК-нің температураға тәуелділігі анықталды: $E = 0.0394t + 0.009$ (мұндағы E – термо-ЭКК (мВ), t - температура (°C)). Регрессия теңдеуінен мыс-константан үшін Зеебек коэффициенті $0.0394 \text{ мВ/}^\circ\text{C}$ екені анықталды. Ал, кестелік мәні бойынша мыс-константан үшін Зеебек коэффициенті $0,043 \text{ мВ/}^\circ\text{C}$ мәнінде алынды. Бұл мыс-константанның температура өзгерістеріне сезімталдығы жоғары екенін көрсетеді.

Алынған деректерді талдау барысында эксперименттік және кестелік термо-ЭКК-інің мәндері арасындағы қателік шамалы болып, терможұп үшін $3,5\%$ аспайтыны анықталды. Ал, мыс-константан терможұбының орташа қателігі $0,96\%$ құрады. Эксперименттік және кестелік термо-ЭКК мәндерін салыстыру нәтижелері олардың арасындағы жақсы сәйкестігін көрсетті, демек бұл өлшеулердің жоғары дәлдігін және қолданылған сызықтық регрессия әдісінің дұрыстығын растайды.

Сонымен қатар, тізбектей жалғанған мыс-константан терможұптары санының температура датчигінің сезімталдық көрсеткішіне әсерін зерттеу жұмыстарын жүргіздік. Терможұптар түйіндері арасындағы температура айырмасына пропорционалды электр тогын тудыратыны белгілі. Бірнеше терможұптарды тізбектей жалғау арқылы датчиктің шығыс сигналының (термо-ЭКК) берілген температура айырымы үшін өсуін қамтамасыз етуге болады. Датчик

сезімталдығының терможұптар санына тәуелділігін эксперименттік жолмен дәлелдеу үшін, терможұптар бірдей жылу ағынына ұшырауы үшін бір-бірінен жақын қашықтықта орналастырылды. Қыздырғыш элементті қосып, температура тұрақтанғаннан кейін, әр түрлі температуралық мәндерде әрбір терможұптар тобының термо-ЭҚК-і өлшенді. Алынған мәліметтер 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте- Терможұптар санының термо-ЭҚК-не тәуелділігі

Терм ожұптар саны	20°C температурад ағы термоЭҚК (мВ)	25°C температурад ағы термоЭҚК (мВ)	30°C температурад ағы термоЭҚК (мВ)	Сезі мталдық (мВ/°C)
5	3.1	5.6	7.2	0.41
10	4.6	7.8	10.5	0.59
15	6.2	11.2	14.1	0.78
20	9.3	16.8	21.2	1.17

Есептеу нәтижелері көрсеткендей, датчик сезімталдығы терможұптар санының ұлғаюымен сызықтық тәуелді. Бұл терможұптарды тізбектей жалғау температура өзгерістеріне датчиктің сезімталдығын арттыратынын растайды, бұл температураның шамалы өзгерістерін неғұрлым дәл өлшеуге мүмкіндік береді.

Мыс-константан терможұптарының сипаттамалық параметрлеріне жүргізілген талдау, яғни сезімталдығына, жұмыс температурасының диапазонына және бағасына қойылатын талаптарға сәйкес терможұптың тиімді түрін таңдауға мүмкіндік береді. Мыс-константан терможұбы 70°C-қа дейінгі диапазон үшін жеткілікті сезімталдыққа ие және қолжетімді, әрі арзан материал. Мыс-константан жұбының термоЭҚК мәндері төмен температураларда тұрақты және сенімді, жоғары температураларда тотығуға төзімсіз болғанымен, төмен температураларда бұл қасиет маңызды емес, сондай-ақ олардың электрлік қасиеттері жоғары деңгейде.

Зерттеу барысында төмен температураларда тұрақты және дәл өлшеу талап етілген жағдайда мыс-константан терможұбын таңдау ең оңтайлы шешім болып табылады. Оның сезімталдығы мен термоЭҚК мәндерінің тұрақтылығы бұл терможұпты төмен температура диапазонын зерттеу үшін аса тиімді етеді. Бұл аса жоғары сезімталдық пен ажырату қабілетіне ие жылу ағынының тығыздығын өлшейтін құрылғыны жасауға мүмкіндік береді.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Теплометрия: теория, метрология, практика. Монография в трех книгах. Кн. 3: Теплометрическая аппаратура для решения прикладных задач: в 2 томах. Том 1 / Т.Г. Грищенко, Л.В. Декуша, Л.И. Воробьев и др.; под ред. д-ра техн. наук. Т.Г. Грищенко – К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2018.– 433 с.

2. Курбатова Н.А. Разработка и исследование радиационно-конвективного метода и установки эталонного назначения для поверки датчиков теплового потока: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.19. – Новосибирск, 2011. – 22 с.

3. Декуша Л.В. Теплометрические измерительные преобразователи для исследования сложного теплообмена: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.04. – Киев, 1990. – 278 с.

4. Геращенко О.А. Прикладные возможности современных теплометрических средств // В кн.: Современные экспериментальные методы исследования процессов теплообмена. – Минск, 1981. – С. 3-21.

5. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Справочник под ред. А.В.Клименко и В.М.Зорина, книга 2. - М.: МЭИ, 2001. - 561 с.