

REVIEW
of the Foreign Scientific Supervisor
on the PhD Dissertation of Yelnar Yerdesh
entitled “Thermodynamic Optimization of Ground Source Heat Pump Systems with Four Thermal Reservoirs”
within the educational program 8D05403 – Mechanics

The dissertation of Mr. Yelnar Yerdesh is devoted to an important and timely scientific and engineering problem - the improvement of efficiency and sustainability of ground source heat pump (GSHP) systems under continental climatic conditions. The study focuses on the development of theoretical and methodological foundations for thermodynamic optimization of GSHPs through the combined use of **finite-time thermodynamics (FTT)** and **3E (energy–exergy–environmental)** analysis, which represents a novel and rigorous scientific approach.

The author has successfully developed an original optimization framework that extends finite-time thermodynamics to GSHPs modeled as a cycle coupled with four finite thermal reservoirs. Analytical relations for the optimal distribution of heat exchanger effectiveness and capacity rates have been derived, and the effects of irreversibility and temperature lift on the coefficient of performance (COP) have been systematically investigated. These results demonstrate strong scientific novelty and provide theoretical insight into the real performance limits of GSHP systems.

The second part of the dissertation presents a comprehensive 3E analysis validated by experimental data obtained from a GSHP installation in Almaty, Kazakhstan. The integration of thermodynamic modeling and environmental impact assessment (TEWI) confirms the applicability of the developed methodology to practical system design in cold continental climates. The dissertation is well structured, methodologically sound, and reflects a deep understanding of both theoretical and experimental aspects of heat pump technologies.

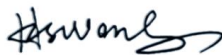
Mr. Yerdesh has demonstrated a high level of scientific competence, analytical thinking, and independence in conducting theoretical modeling, programming, data analysis, and validation. His ability to bridge finite-time thermodynamic theory with practical energy engineering applications is commendable. The results of the dissertation have been published in peer-reviewed international journals indexed in Scopus and Web of Science, and presented at reputable international conferences, reflecting active dissemination and recognition of the research outcomes within the global scientific community.

The dissertation fully meets the requirements for the award of the degree of **Doctor of Philosophy (PhD)** in the specialty *8D05403 – Mechanics*. It is distinguished by its **scientific originality, methodological rigor, and practical relevance** to the sustainable energy transition in cold-climate regions.

I highly recommend the PhD dissertation of Mr. Yelnar Yerdesh titled “*Thermodynamic Optimization of Ground Source Heat Pump Systems with Four Thermal Reservoirs*” for successful defense and award of the PhD degree in Mechanics.

Foreign Scientific Supervisor:

Professor **Huasheng Wang**,



School of Engineering and Materials Science
Queen Mary University of London, United Kingdom

London, 2025

ШКІР

докторант Елнар Ердештің

«Thermodynamic Optimization of Ground Source Heat Pump Systems with Four Thermal Reservoirs» тақырыбындағы PhD диссертациясына 8D05403 – Механика білім беру бағдарламасы бойынша шетелдік ғылыми кеңесшінің пікірі

Докторант Елнар Ердештің диссертациялық жұмысы континенттік климат жағдайларында жер асты жылу сорғылары (GSHP) жүйелерінің тиімділігі мен тұрақтылығын арттыруға арналған маңызды әрі өзекті ғылыми-инженерлік мәселеге бағытталған. Зерттеу finite-time thermodynamics (FTT) және 3E (energy-exergy-environmental) әдістерін біріктіре отырып, жылу сорғы жүйелерінің термодинамикалық оңтайландыруының теориялық және әдістемелік негіздерін дамытуға бағытталған, бұл өз кезегінде жаңа әрі ғылыми тұрғыдан терең тәсілді білдіреді.

Автор finite-time thermodynamics теориясын төрт шекті жылулық резервуармен байланысқан цикл ретінде қарастырылатын GSHP жүйелеріне кеңейтіп, түпнұсқалық оңтайландыру моделін ұсынған. Ол жылуалмастырғыштардың тиімділігін және жылу сыйымдылықтарының оңтайлы бөлінуін анықтайтын аналитикалық тәуелділіктерді шығарып, қайтымсыздық пен температуралық айырманың жүйенің өнімділік коэффициентіне (COP) әсерін кешенді түрде зерттеген. Бұл нәтижелер жоғары ғылыми жаңашылдығымен және GSHP жүйелерінің нақты жұмыс шектерін теориялық тұрғыда түсіндіруімен ерекшеленеді.

Диссертацияның екінші бөлігінде Алматы қаласында орнатылған тәжірибелік GSHP қондырғысынан алынған деректер негізінде валидацияланған жан-жақты 3E талдау ұсынылған. Термодинамикалық модельдеу мен экологиялық әсерді бағалау (TEWI) нәтижелерін біріктіру автор ұсынған әдістеменің суық климат жағдайларында жылу жүйелерін жобалауға жарамды екенін дәлелдейді. Жұмыс құрылымы жағынан жүйелі, әдістемелік тұрғыдан дәл және теориялық пен тәжірибелік бөлімдердің терең ұштасқанын көрсетеді.

Докторант Елнар Ердеш жоғары ғылыми біліктілік пен аналитикалық ойлау қабілетін, сондай-ақ теориялық модельдеу, бағдарламалау, деректерді талдау және нәтижелерді тексеру салаларындағы тәуелсіз ғылыми дағдыларын айқын көрсетті. Finite-time thermodynamics теориясын энергия инженериясының практикалық қолданбаларымен ұштастыра білуі – зерттеушінің кәсіби жетіктігінің дәлелі. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері Scopus және Web of Science базаларында индекстелетін беделді халықаралық журналдарда жарияланып, жетекші конференцияларда баяндалды, бұл оның халықаралық ғылыми қауымдастық тарапынан мойындалғанын көрсетеді.

Диссертациялық жұмыс 8D05403 – Механика мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу талаптарына толық сәйкес келеді. Ол ғылыми жаңалығының жоғары деңгейімен, әдістемелік нақтылығымен және суық климат аймақтарындағы тұрақты энергия жүйелеріне практикалық маңыздылығымен ерекшеленеді.

Сондықтан Елнар Ердештің “Thermodynamic Optimization of Ground Source Heat Pump Systems with Four Thermal Reservoirs” тақырыбындағы PhD диссертациясын қорғауға ұсынамын және оған механика мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруді қолдаймын.

Шетелдік ғылыми кеңесші:
профессор Хуашың Ван (Huasheng Wang)

/колы бар/

Инженерия және материалтану мектебі

Queen Mary University of London, Ұлыбритания, Лондон, 2025 жыл