

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ
Satbayev University

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Satbayev University

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Satbayev University

SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

1 (451)

JANUARY – FEBRUARY 2022

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакциялық алқа:

ЖӘРМЕНОВ Әбдірәсіл Алдашұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығының бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

КҮЛДЕЕВ Ержан Итеменұлы, геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сатпаев атындағы ҚазҰТЗУ Корпоративтік даму жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н = 3

ӘБСАМЕТОВ Мәліс Құдысұлы, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «У.М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институтының» директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 2

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтайұлы, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Қ.И. Сатпаев атындағы геология ғылымдары институтының директоры (Алматы, Қазақстан) Н=2

СНОУ Дэниел, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Небраска университетінің Су ғылымдары зертханасының директоры (Небраска штаты, АҚШ) Н = 32

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, табиғи тарих мұражайының Жер туралы ғылымдар бөлімінде петрология және пайдалы қазбалар кен орындары саласындағы зерттеулердің жетекшісі (Лондон, Англия) Н = 37

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, техника ғылымдарының докторы, Нанси университетінің профессоры (Нанси, Франция) Н=15

ШЕН Пин, Ph.D, Қытай геологиялық қоғамының тау геологиясы комитеті директорының орынбасары, Американдық экономикалық геологтар қауымдастығының мүшесі (Пекин, Қытай) Н = 25

ФИШЕР Аксель, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) Н = 6

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, РҒА академигі, А.А. Трофимука атындағы мұнай-газ геологиясы және геофизика институты (Новосибирск, Ресей) Н = 19

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты (Алматы, Қазақстан) Н = 5

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, химия ғылымдарының докторы, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) Н = 20

СЕЙТМҰРАТОВА Элеонора Юсуповна, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қ.И. Сатпаев атындағы Геология ғылымдары институты зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=11

САҒЫНТАЕВ Жанай, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Назарбаев университеті (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 11

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, Бикокк Милан университеті қауымдастырылған профессоры (Милан, Италия) Н = 28

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ39VPY00025420** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *геология, мұнай және газды өңдеудің химиялық технологиялары, мұнай химиясы, металдарды алу және олардың қосындыларының технологиясы.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

ЖАРМЕНОВ Абдурасул Алдашевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, генеральный директор Национального центра по комплексной переработке минерального сырья РК (Алматы, Казахстан) Н= 4

КУЛЬДЕЕВ Ержан Итеменович, кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор, проректор по корпоративному развитию КазННТУ им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н = 3

АБСАМЕТОВ Малис Кудысович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН РК, директор Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Алматы, Казахстан) Н = 2

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Института геологических наук им. К.И.Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=2

СНОУ Дэниел, Ph.D, ассоциированный профессор, директор Лаборатории водных наук университета Небраски (штат Небраска, США) Н = 32

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, руководитель исследований в области петрологии и месторождений полезных ископаемых в Отделе наук о Земле Музея естественной истории (Лондон, Англия) Н = 37

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор Университета Нанси (Нанси, Франция) Н=15

ШЕН Пин, Ph.D, заместитель директора Комитета по горной геологии Китайского геологического общества, член Американской ассоциации экономических геологов (Пекин, Китай) Н = 25

ФИШЕР Аксель, ассоциированный профессор, Ph.D, технический университет Дрезден (Дрезден, Берлин) Н = 6

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия) Н = 19

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбаевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова (Алматы, Казахстан) Н = 5

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, доктор химических наук, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, ассоциированный профессор, Технический университет (Дрезден, Берлин) Н = 20

СЕЙТМУРАТОВА Элеонора Юсуповна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, заведующая лабораторией Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=11

САГИНТАЕВ Жанай, Ph.D, ассоциированный профессор, Назарбаев университет (Нурсултан, Казахстан) Н = 11

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, ассоциированный профессор, Миланский университет Бикокок (Милан, Италия) Н = 28

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ39VPY00025420**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *геология, химические технологии переработки нефти и газа, нефтехимия, технологии извлечения металлов и их соединений.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, general director of JSC “Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky» (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

ZHARMENOV Abdurasul Aldashevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director General of the National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H=4

KULDEEV Yerzhan Itemenovich, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Corporate Development, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H = 3

ABSAMETOV Malis Kudysovich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the Akhmedsafin Institute of hydrogeology and hydrophysics (Almaty, Kazakhstan) H = 2

ZHOLTAEV Geroy Zholtaevich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, director of the institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) H=2

SNOW Daniel, Ph.D, associate professor, director of the laboratory of water sciences, Nebraska University (Nebraska, USA) H = 32

Zeltman Reymar, Ph.D, head of research department in petrology and mineral deposits in the Earth sciences section of the museum of natural history (London, England) H = 37

PANFILOV Mikhail Borisovich, doctor of technical sciences, professor at the Nancy University (Nancy, France) H=15

SHEN Ping, Ph.D, deputy director of the Committee for Mining geology of the China geological Society, Fellow of the American association of economic geologists (Beijing, China) H = 25

FISCHER Axel, Ph.D, associate professor, Dresden University of technology (Dresden, Germany) H = 6

KONTOROVICH Aleksey Emilievich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of RAS, Trofimuk Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia) H = 19

ABSADYKOV Bakhyt Narikbaevich, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, Bekturov Institute of chemical sciences (Almaty, Kazakhstan) H = 5

AGABEKOV Vladimir Enokovich, doctor of chemistry, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

KATALIN Stephan, Ph.D, associate professor, Technical university (Dresden, Berlin) H = 20

SEITMURATOVA Eleonora Yusupovna, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, head of the laboratory of the Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) H=11

SAGINTAYEV Zhanay, Ph.D, associate professor, Nazarbayev University (Nursultan, Kazakhstan) H = 11

FRATTINI Paolo, Ph.D, associate professor, university of Milano-Bicocca (Milan, Italy) H = 28

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ39VPY00025420**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *geology, chemical technologies for oil and gas processing, petrochemistry, technologies for extracting metals and their connections.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 451 (2022), 175-180

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.155>

UDC 625.7/8

Zhurinov M.Zh.¹, Teltayev B.B.^{2*}, Aitbayev K.A.², Loprencipe G.³, Tileu K.B.²

¹JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan;

²Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan;

³Sapienza University of Rome.

E-mail: ao_kazdornii@mail.ru

MODELING OF NON-STATIONARY TEMPERATURE MODE OF A MULTI-LAYER ROAD STRUCTURE

Abstract. The article presents an analysis of changes in the temperature regime in the road pavement and soil foundation of the section of the road “Kyzylorda - Shymkent” based on the results of experimental studies and calculations on a mathematical model. Experimental temperature measurement was carried out using special sensors from the 1st till the 31st of July in 2014. Theoretical calculations were carried out on a one-dimensional model of non-stationary thermal conductivity in a multilayer road structure developed by authors. It accounts thermo conductivity properties and thermo resistance of materials of all layers of a pavement structure and subgrade, and also thermo fluxes of convection, solar radiation and thermo flux from a pavement surface. By comparing the experimental and calculated values of the temperature at the points of the pavement, the adequacy of the proposed mathematical model of the non-stationary temperature regime was proved.

An adequate mathematical model gives possibility to predict temperature regimes in a pavement structure and subgrade of a road at different changes of air temperature and weather conditions.

Results of the experimental measurements showed that in the south region of the republic in July in the afternoon air temperature reaches 40°C. Its daily average value was more than 30°C. And a temperature of the asphalt pavement surface exceeds 50°C, which is more by 15°C than air temperature. A temperature in layers of the subgrade decreases with depth. For example, at depth of 15 cm from the pavement surface a temperature is 8-10°C lower than the pavement surface temperature.

Key words: mathematical model, finite element method, pavement, temperature sensor, temperature, non-stationary temperature field.

Introduction. Properties of bitumens, asphalt concretes and materials with organic binders depend strongly on a temperature [1-5]. Therefore it is necessary to investigate in detail temperature regimes of pavements and subgrade of roads in different climatic conditions.

The temperature field in the road structure is formed under the influence of many factors, among which the influence of such factors as air temperature and the level of solar radiation prevails. It is clear that the amount of solar radiation mainly depends on the latitude of the area along which the road passes, since the length of daylight hours and the maximum height of the solar disk at noon in a given area depend on the geographical latitude of the area.

In this work, the non-stationary process of heat transfer in a multilayer pavement and subsoil is modeled by the finite element method.

Materials and methods. Mathematical model. The differential equation for one-dimensional unsteady heat conduction has the form [6, 7]:

$$K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \lambda \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

where

K - thermal conductivity coefficient of the material;

T - temperature;
 ρ - density;
 c - heat capacity;
 t - time;
 $\lambda = \rho c$.

Equation (1) is solved together with the boundary conditions:

- $T = T_h(t)$ the temperature is set at the lower boundary of the calculated area;

- $q = q(t)$ the total heat flow is applied to the upper boundary of the calculated area.

The finite element analog of equation (1) has the form [8-10]:

$$\left\{ [K] + \frac{2}{\Delta t} [C] \right\} \{T\}_1 = \left\{ \frac{2}{\Delta t} [C] - [K] \right\} \{T\}_0 - \{F\} \quad (2)$$

were

$[K]$ - thermal conductivity matrix of the system;

$[C]$ - thermal inertia matrix of the system;

$\{F\}$ - vector of nodal heat loads;

Δt - time step;

$\{T\}_0$ - the vector of temperatures at time t_0 ;

$\{T\}_1$ - the desired temperature vector at time t_1 .

System thermal conductivity matrices $[K]$, system thermal inertia matrices $[C]$ and vector of nodal heat loads $\{F\}$ are calculated by summing the thermal conductivity matrices $[k^{(e)}]$, thermal inertia matrices $[c^{(e)}]$ and vectors of nodal thermal loads of finite elements:

$$[K] = \sum_{e=1}^E [k^{(e)}] \quad [C] = \sum_{e=1}^E [c^{(e)}] \quad \{F\} = \sum_{e=1}^E \{f^{(e)}\},$$

where E - finite element count.

Matrices $[k^{(e)}]$, $[c^{(e)}]$ and vector $\{f^{(e)}\}$ for each finite element, they are calculated using integral expressions:

$$[k^{(e)}] = \int_V [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] dV; \quad (3)$$

$$[c^{(e)}] = \int_{V^{(e)}} \lambda [N^{(e)}]^T [N^{(e)}] dV; \quad (4)$$

$$\{f^{(e)}\} = \int_{S_1} q [N^{(e)}]^T dS, \quad (5)$$

where

$[N^{(e)}]$ - finite element shape function matrix;

$[B^{(e)}]$ - finite element gradient matrix;

$[D^{(e)}]$ - finite element thermal conductivity matrix;

s - cross-sectional area of a finite element;

V - finite element volume.

The total heat flux entering the road surface is formed as a result of the influence of various external factors, including due to the temperature difference between the air and the road surface, which causes convective heat transfer between the two media.

In the general case, the total heat flux $q(t)$ arrives at the surface of the road surface [6-8] at the moment, which is determined as follows [8]:

$$q(t) = q_c(t) + q_s(t) + q_a(t) + q_e(t), \quad (6)$$

where

q_c – energy transported by convection, defined by the difference between the air temperature and the temperature of the road surface;

q_s – energy supplied by total solar radiation;

q_a – energy supplied by atmospheric radiation;

q_e – road surface radiation energy.

Results and discussion. In this work, a comparison is made of the temperatures at the points of the road pavement, determined by calculation by a mathematical model and from a full-scale experiment on the section of the Kyzylorda-Shymkent highway (km 2057).

In 2013, in the summer-autumn period, a set of temperature and humidity sensors was laid in the specified area. A diagram of the road structures of this section of the road and the location of the sensors is shown in Figure 1. Data on temperature and humidity at points of the road surface and soil base on this section are measured every hour in automatic mode and stored.

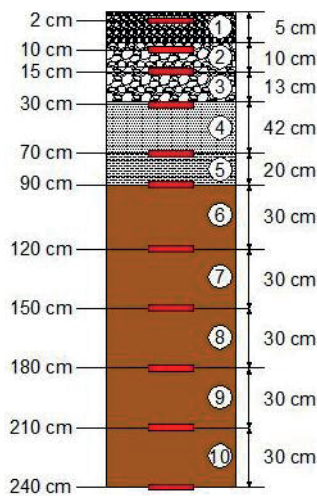


Fig. 1 - Scheme for location of sensors in the pavement and subgrade of the highway: (1-5) are pavement layers; (6-10) is subgrade; (—) – temperature and moisture sensors

A special feature of these sensors is that one temperature sensor operating on the principle of changing thermal resistance and one humidity sensor operating on the principle of changing the dielectric constant are mounted in one metal capsule. Such a combined design of sensors allows obtaining information about temperature and humidity at points of the road structure simultaneously. The temperature and humidity values accumulated in the memory of the measuring complexes are processed and formatted in tables.

Figure 2 shows the combined graphs of changes in air temperature and the surface of the road surface on the section of the road “Kyzylorda - Shymkent”, km 2057 in the period from July 1 to July 31, 2014, determined experimentally. The figure clearly shows that in the daytime in the extreme south of the republic (Turkistan) the air temperature in July in the afternoon reaches 40°C, and its average daily value is much higher than 30°C. Moreover, the maximum temperature on the surface of the road surface on the road “Kyzylorda - Shymkent”, km 2057-2111 exceeds 50°C, which is almost 15°C higher than the air temperature.

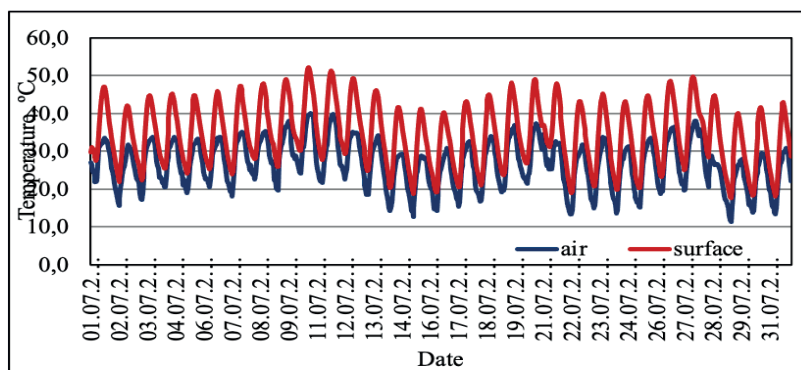


Fig. 2 - Temperatures of air and surface of asphalt concrete pavement on the section of the road “Kyzylorda - Shymkent”, km 2057 in the period from July 1 to July 31, 2014

Figures 3 and 4 show the results of comparing the experimental and calculated temperatures on the surface of the asphalt concrete pavement and at a depth of 15 cm.

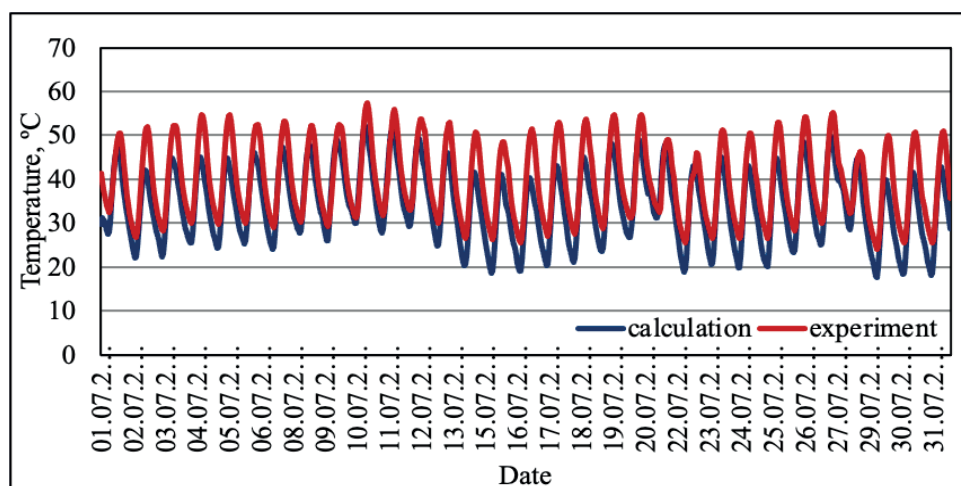


Fig. 3 - Comparison of calculated and experimental values of temperature on the surface of asphalt concrete pavement in July 2014 on the section of the road “Kyzylorda - Shymkent”, km 2057-2111

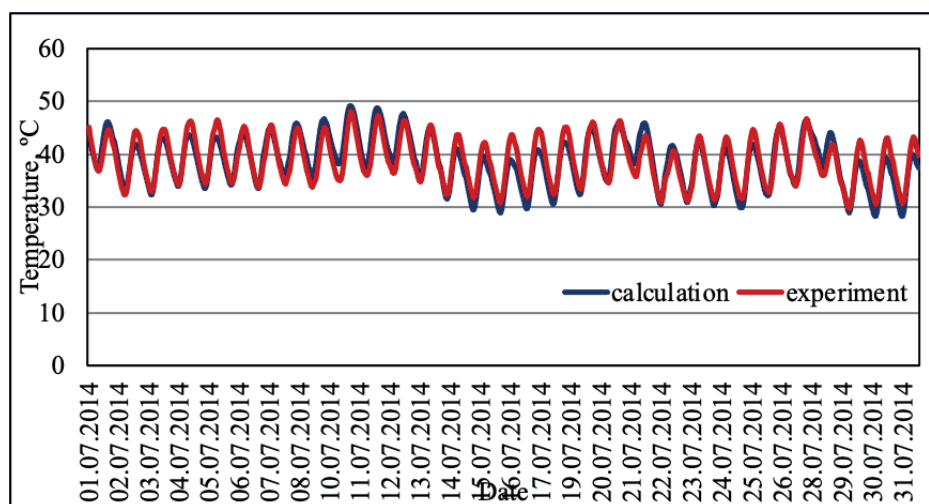


Fig. 4 - Comparison of calculated and experimental temperature values at a depth of 15 cm in July 2014 on the section of the Kyzylorda - Shymkent highway, km 2057-2111

Conclusion. The obtained satisfactory coincidence of theoretical and calculated values of temperatures testifies to the adequacy of the constructed mathematical model of non-stationary thermal conductivity in multilayer road structures.

Жұрынов М.Ж.¹, Телтаев Б.Б.², Айтбаев Қ.А.², Лоренцире G.³, Тілеу Қ.Б.²

¹«Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

²«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

³ Сапиенца Рим Университеті, Рим, Италия.

E-mail: ao_kazdornii@mail.ru

КӨП ҚАБАТТЫ ЖОЛ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ

Аннотация. Бұл мақалада тәжірибелік зерттеу және математикалық модель бойынша есептеулер нәтижелері негізінде «Қызылорда-Шымкент» автомобиль жолының жол төсемесіндегі температуралық режимнің өзгеруін талдау нәтижелері келтірілген. 2014 жылғы 1 шілдеден 31 шілде аралығында

бір ай бойы температураны тәжірибелік өлшеу арнайы датчиктердің көмегімен жүзеге асырылды. Теориялық есептеулер авторлар әзірлеген көп қабатты жол құрылымында стационарлық емес жылу өткізгіштіктің бір өлшемді математикалық моделіне сәйкес жүргізілді. Математикалық модель – бұл бір өлшемді жылу өткізгіштік үшін дифференциалдық тендеудің шектік элементтік аналогы. Ол жол төсемесінің барлық қабаттары мен жер төсемесінің материалдарының жылу өткізгіштік қасиетін және жылу кедергісін, сондай-ақ конвекцияның жылу ағындарын, күн радиациясын және жол құрылысының жылу ағынын ескереді.

Жол төсемесінің нүктелеріндегі температураның тәжірибелік өлшенген және есептелген мәндерін салыстыру арқылы стационарлық емес температуралық өрістің ұсынылған математикалық моделінің барабарлығы анықталды. Барабар математикалық модель ауа температурасы мен ауа-райының әртүрлі өзгерістері кезінде автомобиль жолдарының жол төсемелері мен жер төсемелеріндегі температуралық жағдайларды болжауға мүмкіндік береді.

Тәжірибелік өлшеулер республиканың оңтүстігінде шілде айында түстен кейін ауа температурасы 40°C-қа жететінін көрсетті. Оның орташа тәуліктік мәні 30°C-тан асады. Ал асфальтбетон жамылғысының беткі температурасы 50°C-тан асады, ол ауа температурасынан 15°C-қа жоғары. Тереңдеген сайын жол жамылғысының қабатындағы температура айтарлықтай төмендейді. Сонымен, асфальтбетон жамылғысының бетінен 15 см тереңдікте температура жамылғы бетімен салыстырғанда 8-10°C төмен.

Түйінді сөздер: математикалық модель, шектік элементтер әдісі, жол төсемесі, температура датчигі, температура, стационарлық емес температуралық өріс.

Журинов М.Ж.¹, Телтаев В.В.², Айтбаев К.А.², Lorencipe G.³, Тилеу К.В.²

¹“Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского”, Алматы, Казахстан;

²АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Алматы, Казахстан;

³Сапиенца Римский университет, Рим, Италия.

E-mail: ao_kazdornii@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МНОГОСЛОЙНОЙ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. Приведены результаты анализа изменения температурного режима в дорожной одежде автомобильной дороги «Кызылорда-Шымкент» на основе результатов экспериментального исследования и расчетов по математической модели. Экспериментальное измерение температуры в течение одного месяца с 1 по 31 июля 2014 года было осуществлено с помощью специальных датчиков. Теоретические расчеты были выполнены по разработанной авторами одномерной математической модели нестационарной теплопроводности в многослойной дорожной конструкции. Математическая модель представляет собой конечно-элементный аналог дифференциального уравнения для одномерной теплопроводности. Она учитывает теплопроводящее свойство и термосопротивление материалов всех слоев конструкции дорожной одежды и грунта земляного полотна, а также тепловые потоки конвекции, солнечной радиации и поток тепла из дорожной конструкции.

Путем сравнения экспериментально измеренных и рассчитанных значений температуры в точках дорожной одежды установлена адекватность предложенной математической модели нестационарного температурного поля. Адекватная математическая модель дает возможность прогнозировать температурные режимы в дорожной одежде и земляном полотне автомобильной дороги при разных изменениях температуры воздуха и погодных условий.

Экспериментальные измерения показали, что на юге республики в июле месяце после полудня температура воздуха достигает 40°C. Её среднее суточное значение больше 30°C. А температура поверхности асфальтбетонного покрытия превышает 50°C, которая почти на 15°C выше, чем температура воздуха. С глубиной температура в слоях дорожной одежды заметно уменьшается. Так, на глубине 15 см от поверхности асфальтбетонного покрытия температура ниже на 8-10°C по сравнению с поверхностью покрытия.

Ключевые слова: математическая модель, метод конечных элементов, дорожная одежда, температурный датчик, температура, нестационарное температурное поле.

Information about authors:

Zhurinov Murat Zhurinovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician, President of NAS RK, <https://orcid.org/0000-0001-5314-1219>, E-mail: nanrk.mzh@mail.ru;

Teltayev Bagdat Burkhanbaiuly – Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of NAS RK, Professor, President of JSC “Kazakhstan Highway Research Institute”, <https://orcid.org/0000-0002-8463-9965>, E-mail: bagdatbt@yahoo.com;

Aitbayev Koblanbek Aitbayevich – Leading Researcher of the JSC “Kazakhstan Highway Research Institute”, <https://orcid.org/0000-0003-1588-2491>, E-mail: aytbaev53@mail.ru;

Loprencipe Giuseppe – Dr. PhD, Professor of Sapienza University of Rome, Italy, <https://orcid.org/0000-0003-1003-8849>, E-mail: giuseppe.loprencipe@uniroma1.it;

Tileu Kurmangazy Baigaziuly – Junior Researcher of the JSC “Kazakhstan Highway Research Institute”, <https://orcid.org/0000-0002-4322-5803>, E-mail: tileu.kurmangazy@gmail.com.

REFERENCES

[1] AASHTO MEPDG-1. Mechanistic-Empirical pavement design guide. Interim edition: A manual of practice, Washington, D.C., USA. 2008.

[2] Huang Y. Pavement analysis and design, (2nd Edition). Pearson Education, Upper Saddle River. New Jersey, USA. 2004.

[3] MS-4. The Asphalt Handbook (7th Edition), Asphalt institute. Lexington. KY. USA. 2007.

[4] Papagiannakis A., Masad E. Pavement design and materials. John Wiley and Sons, New York, USA. 2008.

[5] Yoder E., Witczak M. Principles of pavement design. John Wiley and Sons, New Jersey, USA. 1975. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470172919>.

[6] Segerlind L. Applied finite element analysis. John Wiley and Sons, New Jersey. USA. 1976.

[7] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. and Zhu J.Z. The finite element method: Its basis and fundamentals. 7th Edition, Butterworth-Heinemann, Waltham, MA, USA.

[8] Bagdat Teltayev, Koblanbek Aitbayev. Modeling of transient temperature distribution in multilayer asphalt pavement. Gomechanics and Engineering. 2015. Vol. 8, № 2. P. 133-152. DOI:10.12989/gae.2015.8.2.133.

[9] Bagdat Teltayev, Koblanbek Aitbayev. Modeling of temperature field in flexible pavement. Indian Geotechnical Journal. 2015. P. 371-377. DOI:10.1007/s40098-014-0122-6.

[10] Bagdat B. Teltayev, Koblanbek Aitbayev, Satzan A. Ablaliyev. Modeling of transient temperature distribution in multilayer asphalt pavement. International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2016. Vol. 108 No. 3. P. 709-722. DOI:10.12732/ijpam.v108i3.18.

CONTENTS

Absametov M.K., Itemen N.M., Murtazin Ye.Zh., Zhexembayev E.Sh., Toktaganov T.Sh. FEATURES OF THE ISOTOPIC COMPOSITION OF GROUNDWATER IN THE MANGYSTAU REGION.....	6
Akimbek G.A., Aliyarov B.K., Badaker V.C., Akimbekova Sh.A. METHODOLOGY AND EXPERIMENTAL SETUP FOR THE STUDY OF RELATIVE ABRASIVENESS OF BULK SOLIDS.....	14
Baibolov K., Artykbaev D., Aldiyarov Zh., Karshyga G. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE COARSE-GRAINED SOIL IN THE DAM OF THE PSKEM HEP.....	21
Bolatova A., Kutybayev A., Kainazarov A., Hryhoriev Yu., Lutsenko S. USE OF MINING AND METALLURGICAL WASTE AS A BACKFILL OF WORKED-OUT SPACES.....	33
Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Dadashova Kh.D. IMPACT OF URBAN LANDSCAPE POLLUTION ON HUMAN HEALTH.....	39
Hayitov O.G., Zokirov R.T., Agzamov O.O., Gafurov Sh.O., Umirzoqov A.A. CLASSIFICATION OF HYDROCARBON DEPOSITS IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BUKHARA-KHIVA REGION, JUSTIFICATION OF ITS METHODOLOGY AND ANALYSIS OF THE RESULTS.....	46
Kabylbekov K.A., Abdrakhmanova Kh.K., Kuatbekova R.A., Makhanov T.S., Urmashiev B. COMPUTER SIMULATION OF RADIONUCLIDE ISOTOPE SEPARATION USED IN NUCLEAR ENERGY AND MEDICINE.....	53
Kassenov A.Zh., Abishev K.K., Absadykov B.N., Yessaulkov V.S., Bolatova A.B. ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF THE LAYOUT OF A MULTIPURPOSE MACHINE FOR THE DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS.....	63
Kaumetova D.S., Koizhanova A.K., Toktar.G., Magomedov D.R., Abdyldaev N.N. STUDY OF THE FINELY-DISPERSED GOLD RECOVERY PARAMETERS.....	69
Rakhmanova S.N., Umirova G.K., Ablessenova Z.N. STUDY OF THE GREATER KARATAU'S SOUTH-WEST BY RANGE OF GEOPHYSICAL SURVEYS IN SEARCH OF THE CRUST-KARST TYPE POLYMETALLIC MINERALISATION.....	76
Oitseva T.A., D'yachkov B.A., Kuzmina O.N., Bissatova A.Y., Ageyeva O.V. LI-BEARING PEGMATITES OF THE KALBA-NARYM METALLOGENIC ZONE (EAST KAZAKHSTAN): MINERAL POTENTIAL AND EXPLORATION CRITERIA.....	83
Sarmurzina R.G., Boiko G.I., Lyubchenko N.P., Karabalin U.S., Demeubayeva N.S. ALLOYS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN AND ACTIVE ALUMINUM OXIDE.....	91
Suleyev D.K., Uzbekov N.B., Sadykova A.B. MODERN APPROACHES TO SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN.....	99
Temirbekova M.N., Temirbekov N.M., Wojcik W., Aliyarova M.B., Elemanova A.A. THE USE OF ORGANIC FRACTION OF SOLID HOUSEHOLD WASTE TO GENERATE ETHANOL AND BIOGAS USING A SIMULATION MODEL.....	105

Tulegulov A.D., Yergaliyev D.S., Bazhaev N.A., Keribayeva T.B., Akishev K.M. METHODS FOR IMPROVING PROCESS AUTOMATION IN THE MINING INDUSTRY.....	115
Tulemisova G., Abdinov R., Amangosova A., Batyrbaeva G. STUDY OF THE BOTTOM SEDIMENTS OF RESERVOIRS OF URAL-CASPIAN BASIN.....	126
Turgazinov I.K. Mukanov D.B. ANALYSIS OF FLUID FILTRATION MECHANISMS IN FRACTURED RESERVOIRS.....	135
Uakhitova B., Ramatullaeva L.I., Imangazin M.K., Taizhigitova M.M., Uakhitov R.U. ANALYSIS OF THE LEVEL OF OCCUPATIONAL INJURIES ON THE EXAMPLE OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE OF A METALLURGICAL CLUSTER.....	145
Yurii Feshchuk, Vadym Nizhnyk, Valeriia Nekora, Oleksandr Teslenko IMPROVING THE SYSTEM FOR RESPONDING TO FIRE IN AREAS CONTAMINATED BY THE CHERNOBYL DISASTER.....	152
Sherov A.K., Myrzakhmet B., Sherov K.T., Absadykov B.N., Sikhimbayev M.R. METHOD FOR SELECTING THE LOCATION OF THE CLEARANCE FIELDS OF THE LANDING SURFACES OF GEAR PUMP PARTS WITH A BIAXIAL CONNECTION.....	159
Khamroyev J.Kh., Akmalaiuly K., Fayzullayev N. MECHANICAL ACTIVATION OF NAVBAHORSK BENTONITE AND ITS TEXTURAL AND ADSORPTION CHARACTERISTICS.....	167
Zhurinov M.Zh., Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Loprencipe G., Tileu K.B. MODELING OF NON-STATIONARY TEMPERATURE MODE OF A MULTI-LAYER ROAD STRUCTURE.....	175

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 14.02.2022.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

11,5 п.л. Тираж 300. Заказ 1.