

**YURAK-QON TOMIR TIZIMI UCHUN QON BOSIMINI  
BAROREFLEKTIV TARTIBGA SOLISHDA MATEMATIK  
MODEL ASOSIDA FOYDALANISH**

**Nurjabova Dilafruz Shukrullaevna**

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti  
Qarshi filiali "Dasturiy injiniring" kafedrasida mustaqil tadqiqotchisi  
Qarshi, O'zbekiston

dilyaranur1986@gmail.com

+998939060772

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7088813>

**ARTICLE INFO**

Received: 11<sup>th</sup> September 2022

Accepted: 13<sup>th</sup> September 2022

Online: 17<sup>th</sup> September 2022

**KEY WORDS**

qonning barorefleks  
regulyatsiyasi, yurak-qon tomir  
tizimi, matematik  
modellashtirish, o'z-o'zini  
tartibga solish, yurakning  
yuqori va ish qismiga ta'siri,  
tibbiy ko'rsatkichlar.

**ABSTRACT**

*Ushbu maqolada matematik model sifatida A. S. Karavaev va boshqa olimlarning yurak-qon tomir tizimi uchun qon bosimining barorefleks regulyatsiyasidan foydalanish tasvirlangan. Taklif etilayotgan modeldagi ba'zi tibbiy ko'rsatkichlar qo'llaniladi va bashorat qilinadi. Ushbu modelda bir nechta bo'g'inlardan iborat murakkab tizim bo'lgan barorefleks yoyi qo'llaniladi.*

**KIRISH**

Hozirgi vaqtda gemodinamikani modellashtirishda tizim tavsifining batafsillik darajasi bilan farq qiluvchi bir nechta modellar qo'llaniladi. Eng oddiy (va haqiqiy uch o'lchamli yurak-qon tomir tizimi modelining "murakkab" yaqinlashuvi bilan tavsiflanadi) konsentrlangan parametrlarga ega modellar (yoki "nol o'lchovli" (0D) modellar).

Ularning asosiy xususiyati - elektr davrning qon aylanish tizimini taqqoslash orqali amalga oshiriladi. Ushbu yondashuv bilan bosim va volumetrik qon oqimining analoglari kuchlanish va elektr toki, tomirlarning analoglari esa elektr davrining alohida segmentlarining qarshiliklari hisoblanadi. Bu katta hisoblash xarajatlariga olib keladi, shuning uchun ko'p

o'lchovli modellar arterial tizimning global tavsifi uchun amalda qo'llanilmaydi, faqat tadqiqotchini qiziqtirgan ichki qismlarda qon oqimining batafsil tavsifi uchun ishlatiladi. Muhim vazifalardan biri insonning yurak-qon tomir tizimini (ingliz tilida CVS) modellashtirishdir. Xususan, bu ishlarning barchasida arterial bosimni barorefektiv tartibga solish tizimi (BRAP) kechikish bilan birinchi tartibli chiziqli differensial tenglama bilan modellashtirilgan orqali amalga oshadi. Qon bosimini tartibga solishning bunday modellari (BP) barqaror o'z-o'zidan tebranishlarni namoyish eta olmaydi. Ularda shovqin ta'sirida va ularga ta'sir qiluvchi tizimning boshqa elementlari ta'sirida faqat majburiy o'z-o'zidan tebranish rejimlari mumkin [5].



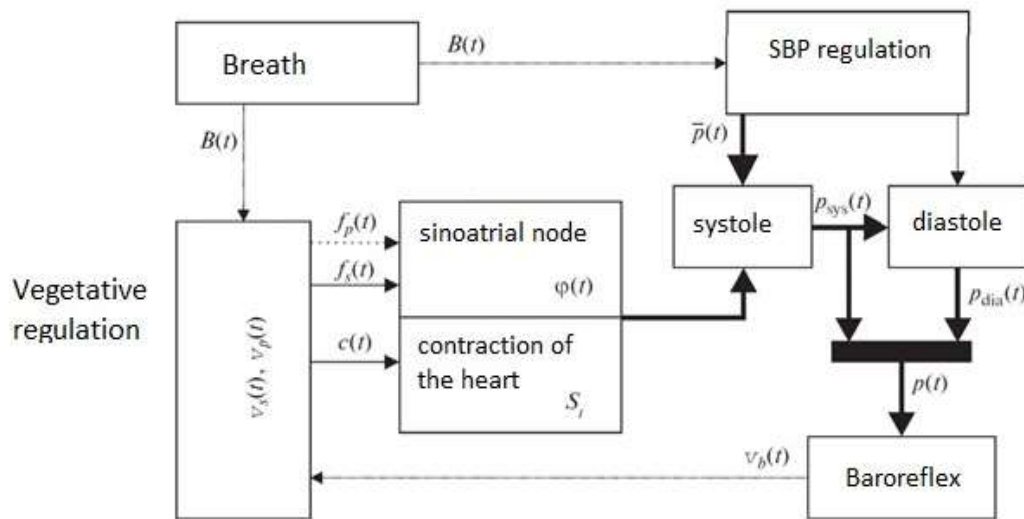
Umurtqali hayvonlarning yurak-qon tomir tizimi gipermetropiyaga vazokonstriksiya, gipertenziya, bradikardiya va yurak pulsiningining pasayishi bilan amalga oshadi. Ushbu fiziologik jarayonlar uzoq vaqtdan beri ma'lum bo'lib, adabiyotlarda qon aylanishini kamaytirish orqali organizmga ortiqcha (toksik) kislorodni olishni cheklashga qaratilgan bir-biridan mustaqil adaptiv reaksiyalar sifatida qaraladi. Gipermetropiyada kuzatilgan vazokonstriksiya, qon bosimining oshishi, yurak tezligining sekinlashishi va yurak chiqishining pasayishi arterial barorefleksi faollashtirishning yagona mexanizmiga bog'liq deb taxmin qilamiz.

Barorefleks qon bosimini (BP) tartibga solishda muhim rol o'ynaydi. Barorefleks yoyi bir nechta bo'g'inlardan iborat murakkab tizimdir. Uning elementlaridan birining muvaffaqiyatsizligi barorefleks tartibga solishning buzilishiga olib kelishi mumkin. Buning sababi ham avvaldan paydo bo'lgan sharoitlar (Groll - Hirschowitz sindromi) va orttirilgan organik o'zgarishlar bo'lishi mumkin. Barorefleksiv regulyatsiyaning buzilishi ko'pincha uzoq vaqt davomida arterial gipertenziya bilan amalga oshgan, bu asosan miyokard infarktidan aziyat chekkan, ateroskleroz belgilari va yurak etishmovchiligi belgilari bo'lgan bemorlarda uchraydi. Ushbu maqolada biz matematik modelda quyidagi tibbiy atamalardan foydalanamiz: qon bosimining barorefleksiv regulyatsiyasi, shovqin ta'sirida o'z-o'zidan paydo bo'lgan tebranishlar, vegetativ tartibga solish, sistola, diastola, sistolik qon bosimini tartibga solish, qon bosimining o'z-o'zini tebranish xususiyati, tizim, periferik tomirlarning qarshiligi.

## USULLAR VA MODELLAR

Mualliflar AS Karavaev, Yu. M. Ishbulatov, AR Kiselev, VI Ponomarenko, MD Proxorov, SA Mironov, VA Shvarts, VI Gridnev, P. Bezruchko "Odam fiziologiyasi" jurnalida "O'rtacha arteriyani tartibga solish uchun avtonom konturli inson yurak-qon tomir tizimining modeli" maqolasida bosim" 2017, jild. 43, (70-80 b) o'rganilgan noxiziqliklar va o'z-o'zidan tebranuvchi tizim ko'rinishidagi avtonom o'rtacha arterial bosimni tartibga solish sxemasini joriy etish model signallarining statistik va spektral xususiyatlarini eksperimental ma'lumotlarning xususiyatlariga sifat va miqdoriy jihatdan yaqinlashtirish imkonini beradi. Taklif etilayotgan model, shuningdek, taxminan 10 s o'z tebranish davriga ega bo'lgan o'rtacha arterial bosimni tartibga solish sxemasini majburiy nafas olish orqali sinxronizatsiyaning eksperimental kuzatilgan ta'sirini takrorlash imkonini beradi. Ushbu maqolada in vivo va in vitro eksperimental ma'lumotlarni taqdim etadi, ya'ni laboratoriya sharoitida kuzatilgan sichqonlarda blyashka o'sishining bir nechta kuzatuvlarini takrorlaydi va in vivo va in vitro eksperimental ma'lumotlardan foydalanadi.

Mualliflar AS Karavaev, Yu. M. Ishbulatov, A.R.Kiselev, V.I.Ponomarenko, M.D.Proxorov, S.A.Mironov, V.A Shvarts, V.I.Gridnev, P.Bezruchko olim J.V.Ringvud va S.K.Malpas [15] matematik model ishlarining eng boshlanishi bilan natijalariga asoslanib shu modelni taklif qiladilar, hayvonlar ustida vitro tadqiqotlari, sutemizuvchilarda esa qon bosimini barorefleks tartibga solish tizimining avtonom matematik modelini birinchi tartibli chiziqli bo'lmagan differensial tenglama shaklida taklif qildilar.



**Rasm. 1. Taklif etilayotgan modelning blok-sxemasi. Vagusning ta'siri nuqta chiziq bilan, simpatik faollik qalin chiziq bilan, BP qalin chiziq bilan va boshqa ta'sir nuqtali chiziq bilan belgilanadi.**

K. Kotani va boshqalar tomonidan taklif qilingan mashhur modelni amalga oshirish [4], bu model uchun CVS tartibga solish tizimlarining dinamikasi xususiyatlarini eng batafsil ko'rib chiqishda farqlanadi. Taklif etilgan dinamik model to'rtta birinchi darajali differensial tenglamalarni o'z ichiga oladi, ularning ba'zilari yurak-qon tomir tizimining avtonom regulyatsiyasining kechikish modeliga ega.

Matematik model insonning yurak-qon tomir tizimining modeli taklif qilindi. Uning imkoniyatlari va qo'llanilishi chegaralari K. Kotani va boshqalarning ishida ilgari taklif qilingan modelning

eksperimental signallari va vaqtinchalik amalga oshirilishini tahlil qilish natijalari bilan taqqoslandi [4]. Shu bilan birga, ularning modeli uchun ikkita parametr to'plami ishlatilgan. Birinchisi asl ishda taklif qilingan [4]. Model parametrlari K. Kotani va boshqalar. [4], o'zining ishida o'zgartirilgan.

Ikkinchi to'plamni A.S Karavaev, Yu, M. Ishbulatov, A.R Kiselev, V.I. Ponomarenko, M.D.Proxorov, S.A.Mironov, V.A.Shvarts, V.I.Gridnev, B.P Bezruchko modelni eksperimental ma'lumotlar bilan yaxshiroq moslashtirish uchun va u ushbu model uchun quyidagi jadvaldan ham foydalangan.

**Jadval1. Karavaev va boshqalar tomonidan taklif qilingan modelda qo'llaniladigan parametrlari.**



$T_0$	0,55 s	$\varepsilon$	2.0	$k$	0,02 1/mm rt. st.	$k_\phi^c$	1.6
$\acute{S}$	35 mm rt. st.	$t$	3,6 s	$k_I$	0,00125 c/mm rt. st.	$\acute{c}$	2.0
$n_c$	3	$k_m^r$	2.5	$p_0$	50 mm rt. st	$n_c$	2.0
$k_S^c$	40 mm rt. st.	$f_r$	0,29 1/c	$V_S^0$	0,8	$k_\phi^p$	5.8
$k_S^t$	10 1/mm rt. st.	$G$	1.65	$k_S^b$	0,7	$s_p$	0,5 c
$T_{sys}$	0,125 c	$r^*$	2	$k_S^r$	0,025	$\tilde{V}_p$	2.5
$k_p^M$	3 mm rt. st.	$\alpha$	1	$V_p^0$	0,0	$n_c, n_p$	2.0
$R_0 C$	1,5 s	$\beta$	2	$k_p^b$	0.3	$t_c$	2.0
$k_v^M$	0,015	$x^*$	0,5	$k_p^r$	0,025	$k_c^S$	1.2
$t_c$	3.24 c	$y^*$	0	$std \xi(t)$	0.1	$s_c$	1,65 c

Eslatma:  $T_0$  - denervatsiya qilingan yurakning qisqarish davri;  $n_c$  - norepinefrin kontsentratsiyasini aniqlaydi, uning ortiqcha bo'lishi yurak qisqarishi intensivligining yanada oshishiga olib kelmaydi;  $T_{sys}$  - yurak qisqarishining sistolik fazasining davomiyligi;  $R_0$  - dam olishda periferik tomirlarning qarshiligi;  $C$  - aortaning elastikligi;  $t_c$  - periferik tomirlar tonusini tartibga solish sxemasidagi efferent kechikish;  $e$  - tomirlarning inertial xossalari;  $t$  - periferik tomirlar tonusini tartibga solish sxemasida umumiy kechikish;  $f_r$  - nafas olish tezligi;  $G$  - markaziy asab tizimining muvaffaqiyati;  $p_0$  -

baroreseptorlar javob beradigan minimal bosim;  $V_S^0$  - dam olish vaqtida simpatik tizimning faoliyati;  $V_p^0$  - tinch holatda parasimpatik tizimning faoliyati;  $std \xi(t)$  -  $1/f$  shovqinning standart og'ishi  $\xi(t)$ ;  $s_p$  - atsetilxolin kontsentratsiyasining o'zgarish tezligining chekliligi tufayli yuzaga keladigan vaqt kechikishi;  $n_s, n_p$  - norepinefrin va atsetilxolinning kontsentratsiyasini aniqlash, ularning ortishi simpatik va parasempatik omillarning yanada oshishiga olib kelmaydi;  $t_c$  - norepinefrin kontsentratsiyasining xarakterli bo'shashish vaqti;  $s_c$  - mushak



devoridagi norepinefrin  
kontsentratsiyasining o'zgarishiga  
yurakning reaksiyasining rivojlanish vaqti  
tufayli yuzaga keladigan kechikish.

## MODEL IMKONIYATLARNING NATIJALARINI TAHLIL QILISH

Maykl G. Uotson, Xelen M. Birn,  
Charli Makaskill va Meri R. Myerskough  
"Journal of Mathematical Biology 81 sonida,  
725-767 pp.(2020)", " A multiphase model  
of growth factor-regulated atherosclerotic  
cap formation" maqolasida arteriyaning  
ichki devoridagi yog'li plitalarning o'sishi  
bilan tavsiflangan aterosklerozni  
o'rganilgan. Yurak blyashkalarda qon tomir  
silliq mushak hujayralari (SMC) yog'li  
blyashka yadrosigagi kollagen boshini  
joylashtirish uchun qo'shni to'qimalardan  
olinadi .

Ular endoteliydan tarqaladigan  
o'sish omili signallariga javoban SMC  
kollagen boshining shakllanishini o'rganish  
uchun nostandart chegara shartlari bilan  
ko'p fazali PDE modelini ishlab chiqdilar. In  
vivo va in vitro eksperimental  
ma'lumotlardan foydalangan holda  
parametrlangan model sichqonlarda  
blyashka o'sishining bir nechta kuzatuv  
jarayonalri takrorlandi .

Mualliflar Diego Sadler, Jeanne M.  
DeCara, Kardio-Onkologiya xalqaro  
hamkorlik tarmog'i "Cardio-  
Oncology volume 6,  
Article number: 28 (2020)", " *Perspectives  
on the COVID-19 pandemic impact on cardio-  
oncology: results from the COVID-19  
International Collaborative Network survey*"  
maqolasida " bir ming to'rt yuz o'n beshta  
provayder (43 ta davlat): 986 nafar  
kardiolog, 306 nafar onkolog va 118 nafar  
stajyor/terapevt ishtirokini etdi va

o'rganildi. Onkologlarning 63% (195/306)  
va kardiologlarning 92% (896/976)  
davolash/tanlangan muolajalar  
to'xtatilganligi haqida xabar berishdi ( $p =$   
0,01). Kardiologlarning 46% (442/970) va  
onkologlarning 25% (76/303) o'zlarining  
amaliyot doirasini o'zgartirdilar ( $p =$   
<0,001). Akademik shifokorlar (74,5%)  
akademik bo'lmagan shifokorlarga nisbatan  
shaxsiy himoya vositalari (PPE) bilan  
yaxshiroq ta'minlanganligini his qilishdi  
(74,5% va 67,2%;  $p = 0,018$ ). Telemeditsina  
Evropada 81% (74/91) va Lotin  
Amerikasida 64% (101/158) bilan AQShda  
88% (950/1097) ( $p = <0,001$ ) bilan kamroq  
tarqalgan. Barcha guruhlarining 95% tibbiy  
professional jamoalarning faolroq  
etakchiligini qo'llab-quvvatladi.

Mualliflar Javid J. Moslehi , Ronald M.  
Vitteles "Journal of the American College of  
Cardiology, Volume 77, Issue 4, 2 February  
2021, 402-404 sahifalarida yurak  
disfunktsiyasi terapiyasi bilan bog'liq  
(CTRCD) xavfi bo'lgan sarataon bilan  
og'rikan bemorlarni o'rganishdi, kardio-  
himoya terapiyasini (CPT) boshlanishing  
chap qorincha (LV) funktsiyasidagi kichik  
o'zgarishlarga ejeksiyon fraktsiyasining  
(EF) past sezgirligi bilan cheklanadi. Global  
uzunluksiz kuchlanish (GLS) LV  
disfunktsiyasining ishonchli va sezgir  
belgisidir, ammo mavjud kuzatuv  
ma'lumotlari standart GLS-ga asoslangan  
CPT strategiyasini qo'llab-quvvatlash uchun  
etarli emas edi.

Mualliflar Ikue Tai - Nagara, Yukiko  
Xasumi, Dai Kusumoto, Hisashi Xasumi,  
Keisuke Okabe, Tomofumi Ando, Fumio  
Matsuzaki, Fumiko Itoh , Hideyuki Saya,  
Chang Liu, Venling Li, Yoh-Suke  
Mukouyama, V. Marston Linexan, Xinyi Liu,  
Masanori Xirashima , Yutaka Suzuki,



Shintaro Funasaki, Yorifumi Satou, Mitsuko Furuya, Masaya Baba va Yoshiaki Kubota “[Nature Communications](#) volume 11, Article number: 6314 (2020)” jurnalining “Blood and lymphatic systems are segregated by the FLCN tumor suppressor” maqolasida o'rganilgan qon va limfa tomirlari hech qachon tizimli ravishda o'xshash emas, lekin hech qachon bir-biriga o'xshamaydi. Limfa tomirlari dastlab embrion venalardan paydo bo'lgan bo'lsa-da, bu ikki tizimning ajralishini ta'minlaydigan molekulyar mexanizm aniqlanmagan. Bu erda mualliflar follikulinning genetik etishmovchiligi, o'simtani bostiruvchi, sichqonlar va odamlarda qon va limfa tomirlarining noto'g'ri bog'lanishiga olib kelishini ko'rsatadi. Follikulinning yo'qligi limfatik spetsifikatsiyaning asosiy transkripsiya omili bo'lgan Prox1 ning ektopik ifodalanishidan kelib chiqqan limfatik venoz endotelial hujayralarga olib keladi.

Jurnal mualliflari Niccolò Dal Santo va Andrea Manzoni [Advances in Computational Mathematics](#) volume 45, pages 2463–2501(2019)” hamda “Hyper-reduced order models for parametrized unsteady Navier-Stokes equations on domains with variable shape” maqolasida, hisoblash nuqtai nazaridan umumiy va samarali, o'zgaruvchan shaklga ega bo'lgan hududlarda aniqlangan statsionar bo'lmagan Navier -Stokes tenglamalari bilan modellashtirilgan parametrlangan suyuqlik oqimlarini yechish usuli, qisqartirilgan bazis usuli, moslashuvchan chegara parametrlarini qo'llash va deformatsiyalarni yaratish haqida gap boradi. Garmonik kengayish yoki chiziqli elastiklik nazariyasi muammolari

yechimlari bilan olingan qattiq kengayish yordamida mustahkam chiziqli nazariyalarda amalga oshadi.

## MUHOKAMA

Biologik tabiatli tizimlarning matematik modellarini yaratish, ularning sifat va miqdoriy tavsifini talab qilish tirik tizimlarni o'rganishning muhim bosqichidir. Bunday modellarning mavjudligi o'rganilayotgan tizimlarning tuzilishi va ularning elementlarining o'zaro ta'siri haqida muhim fundamental ma'lumotlarni berishi mumkin, vaqt o'tishi bilan va boshqaruv parametrlarini o'zgartirganda tizimlarning hatti-harakatlarini o'rganishga fiziologik namunalarda va tizimdagi dori-darmonlar imkon beradi.

## XULOSA

Ushbu modelda inson yurak-qon tomir tizimining modeli taklif qilingan. Uning imkoniyatlari va qo'llanilishi chegaralari Karavaev va boshqalar tomonidan taklif qilingan eksperimental signallarni tahlil qilish natijalari va modelning vaqtincha amalga oshirilishi bilan solishtirildi. Modelni qisqacha nazariy ko'rib chiqish va boshqa olimlar bilan taqqoslash amalga oshirilgan. Keyin quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

1. Natijada yurak faoliyatining dinamikasi va integrallarini aniq tasvirlab bera olamiz.

2. Umumiy qon aylanish tizimi tizimning yuz minglab qon tomir segmentlarini o'z ichiga olgan yopiq qon aylanish tarmog'ini simulyatsiya qiladi. Kasallikning rivojlanish bosqichi va erta o'lim va kasallikning oldini olish.



3. Mintaqada va uning atrofiga qimmat operatsiyalarni amalga oshirish uchun tibbiyot iqtisodiyoti yetarli darajada

yaxshilaandi. Bu qimmat operatsiyalarni virtual tahlil qilish uchun mutlaqo yangi imkoniyatlarni ochadi.

## References:

1. Ottesen JT Dinamik barorefleks-teskari aloqa nazoratini modellashtirish /Matematik va kompyuter modellashtirish.2000. V. 31. B. 167.
2. Silvani A., Magosso E., Bastianini S. va boshqalar. Yurak-qon tomir birikmasini matematik modellashtirish: Markaziy avtonom buyruqlar va barorefleks nazorati // Avtonom nevrologiya: asosiy va klinik . 2011. V. 162. B. 66.
3. Seidel H., Herzog H. Baroreseptor -yurak refleksining chiziqli bo'lmagan modelidagi bifurkatsiyalar // Physica D: Nonlinear hodisalar. 1998. V. 115. B. 145.
4. Kotani K., Struzik ZR, Takamasu K. va boshqalar. Sog'lik va kasalliklarda yurak urish tezligining murakkab dinamikasi uchun model // Fizika tekshiruvi E. 2005. V. 72. P. 041904.
5. Burgess DE, Hundley JC, Brown DR va boshqalar. Barorefleks uchun birinchi darajali differentsial kechikish tenglamasi kalamushlarda 0,4 Gts qon bosimi ritmini bashorat qiladi // Am. J. Fiziologiya. 1997. V. 273. P. R1878.
6. Dilafruz Shukrullaevna Nurjabova , Ravshan Narzullaevich Abdullaev , JournalNX ,ISSN (E): 2581-4230 Jurnalning ta'sir faktori: 7.232 Bosh muharrir Dr. Rajinder Singx Sodxi , 7-jild, 9-son | Sentyabr, 2021 , NAVIER-STOKS TENGLAMALARI VA CHIZIQLI NAVIER-STOKS TENGLAMALARINI SON YECHIMDAN FOYDALANISH QON TOMIRLARI DEVORLARI UCHUN VISKOS NYUTON SUYUQLIK MODEL, 175-179 p.
7. Dilafruz Shukrullaevna Nurjabova , JournalNX , ISSN (E): 2581-4230 Jurnalning ta'sir faktori: 7.232 Bosh muharrir doktor Rajinder Singx Sodxi , 7-jild, 9-son | Sentyabr, 2021 , QONUNNING ISHLAB CHIQUV VA MODELLASHTIRISH QON TOMIRLARI DEVORLARI UCHUN siqilmaydigan VISKOS NYUTON SUYUQLIK OQIMINING UCH OLAMLI MODEL, 172-174 p.
8. Dilafruz Shukrullaevna Nurjabova , Har . Edu.a.sci.rev . 0362-8027 1-jild. 1 - son 96-106.10.5281/zenodo.5670030 sahifalar, Qon tomirlari devorlari uchun chiziqli bo'lmagan navier -stokes tenglamalarining suyuqlik modelining raqamli yechimidan foydalanish .
9. Dilafruz Shukrullaevna Nurjabova , Sojida Rayimberdi qizi Ochilova 197-201 , QON TOMIRI DEVORLARI UCHUN ELASTIK O'ZGARCHI MODELLAR QURILISHDA QON OQIMI PATOLOGIYASI BO'YICHA EERGIYA QONUNINDAN FOYDALANISH VA MODELLASHTIRISH , Ko'p tarmoqli tengdoshlar tomonidan ko'rib chiqilgan jurnalning 7-jild, 5-son, 2021 yil may ISSN: 2581-4230 Ta'sir faktori: 7.232.
10. Dilafruz Shukrullaevna Nurjabova , 217-221 PATOLOGIYALARNING QON OKIMIGA TA'SIRINI MODELLASH VA-TOZULLAR DEVORLARINI ELASTIK MODELINI O'zgartirish Ko'p tarmoqli tengdoshlar tomonidan ko'rib chiqilgan jurnalning 7-jild, soni, may, 2021 yil ISSN: 2581-4230 Ta'sir faktori: 7.23.