ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

FAXVERK TIZIMLARDA QO‘LLANISHI UCHUN POLIMER KOMPOZIT MATERIALLARNI EGILISHDAGI MUSTAHKAMLIGINI TADQIQ QILISH

Tulaganov Baxrom Abdukabilovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti rektori
Xakimov Qaxramon Qodirovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti mustaqil izlanuvchisi,
SQB Testing and R&D Center direktori

Annotatsiya. Mazkur maqolada shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamlik xossalari eksperimental va sonli tadqiqotlar asosida o‘rganilgan. Tadqiqot jarayonida uch nuqtali egilish sinovlari GOST R 56810–2015 standarti talablariga muvofiq amalga oshirildi. Sinov natijalariga ko‘ra maksimal yuk qiymatlari 2178–2573 N oralig‘ida, egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari esa 570–666 MPa diapazonda aniqlangan. Yuk–vaqt grafigi tahlili materialning elastik bosqichda barqaror ishlashini hamda maksimal yukdan so‘ng mo‘rt buzilish sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Chekli elementlar usuli yordamida o‘tkazilgan sonli modellashtirish natijalari eksperimental ma’lumotlarni tasdiqladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, mazkur kompozit materiallar faxverk tizimlari va boshqa yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarda samarali qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: shisha tolali kompozit, egilish mustahkamligi, uch nuqtali egilish, yuk–vaqt grafigi, FEA, konstruktiv materiallar.

Аннотация. В данной статье исследованы прочностные характеристики стеклопластиковых полимерных композитов при изгибе на основе экспериментальных и численных методов. Испытания проводились по методу трехточечного изгиба в соответствии с требованиями стандарта GOST R 56810–2015. По результатам испытаний максимальная нагрузка составила 2178–2573 Н, а прочность при изгибе – 570–666 МПа. Анализ кривой «нагрузка–время» показал линейное поведение материала в упругой области и хрупкое разрушение после достижения максимальной нагрузки. Результаты численного моделирования методом конечных элементов подтвердили экспериментальные данные. Установлено, что исследуемые материалы могут эффективно применяться в фахверковых системах и несущих конструкциях.

Ключевые слова: стеклопластик, прочность при изгибе, трехточечный изгиб, кривая нагрузка–время, МКЭ, конструкционные материалы.

Abstract. This paper investigates the flexural strength of glass fiber reinforced polymer (GFRP) composites using experimental and numerical methods. Three-point bending tests were conducted in accordance with GOST R 56810–2015

standard. The experimental results showed that the maximum load ranged from 2178 to 2573 N, while the flexural strength varied between 570 and 666 MPa. The load–time curve analysis revealed a linear elastic behavior followed by brittle failure after reaching the maximum load. Finite Element Analysis (FEA) results confirmed the experimental findings. The study demonstrates that these composite materials can be effectively used in half-timbered systems and load-bearing structures.

Keywords: glass fiber composite, flexural strength, three-point bending, load–time curve, FEA, structural materials.

KIRISH.

Zamonaviy qurilish sanoatida yengil, mustahkam va uzoq muddat xizmat qiluvchi materiallarga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori mexanik xossalari, korroziyaga chidamliligi hamda yengilligi bilan ajralib turadi va shu sababli keng qo‘llanilmoqda [1]. Ayniqsa, faxverk tizimlarida bunday materiallardan foydalanish konstruksiyalarning umumiy og‘irligini kamaytirish bilan birga ularning seysmik barqarorligini ham oshirish imkonini beradi [2].

Kompozit materiallarning asosiy afzalliklaridan biri ularning mexanik xossalarini oldindan boshqarish imkoniyati mavjudligidir. Tolalarning yo‘nalishi, matritsa turi va ishlab chiqarish texnologiyasiga qarab materialning mustahkamligi va qattiqligi sezilarli darajada o‘zgaradi [3]. Shu sababli, ularning egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlarini aniqlash konstruktiv qo‘llanilish nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi.

Egilishdagi mustahkamlik kompozit materiallarning eng muhim mexanik xossalaridan biri bo‘lib, u tashqi yuk ta’sirida materialning deformatsiyalanish va buzilishga qarshi turish qobiliyatini belgilab beradi [4]. Mazkur ko‘rsatkich, ayniqsa, elementlar egilish yuklariga duch keladigan konstruksiyalarda muhim hisoblanadi. Shu bois, ushbu xossani aniqlash uchun standart sinov usullaridan foydalanish talab etiladi.

Xalqaro va milliy standartlarga muvofiq, polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamligi odatda uch nuqtali egilish sinovlari orqali aniqlanadi. Ushbu usul materialning real ish sharoitlariga yaqin bo‘lgan holatda uning yuk ko‘tarish qobiliyatini baholash imkonini beradi [5]. Sinov jarayonida yuk va deformatsiya o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanib, olingan natijalar asosida materialning mustahkamlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqiladi.

So‘nggi yillarda kompozit materiallarning xatti-harakatini chuqurroq o‘rganish uchun eksperimental tadqiqotlar bilan bir qatorda sonli modellashtirish usullaridan ham keng foydalanilmoqda [6]. Xususan, chekli elementlar usuli

ISSN 3030-3907

(FEA) yordamida material ichidagi kuchlanishlarning taqsimlanishini aniqlash va sinov natijalarini tasdiqlash imkoniyati yaratilmoqda [7, 8].

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, ushbu tadqiqot ishining asosiy maqsadi shisha tolali polimer kompozit profillarning egilishdagi mustahkamligini eksperimental sinovlar asosida aniqlash hamda olingan natijalarni tahlil qilishdan iborat.

TADQIQOT USULLARI. Mazkur tadqiqot ishining maqsadi polimer kompozit profillarning egilishdagi mustahkamligini aniqlash usullarini o‘rganish, shu bilan birga tadqiqot sinovlari orqali ularning baholashdan iborat.

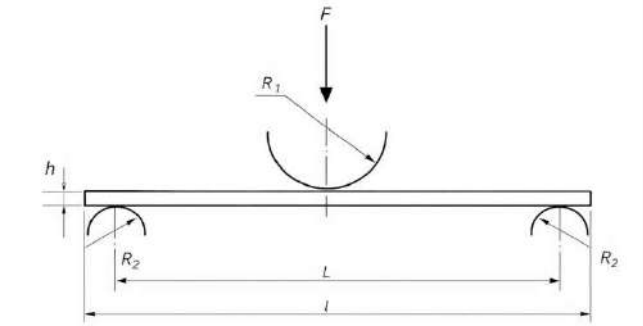
Tadqiqot jarayonida tadqiq etilayotgan namunalarning mexanik xossalarini aniqlash uchun zamonaviy o‘lchash va sinov jixozlaridan foydalanildi. Geometrik o‘lchamlarini aniqlashda mikrometrlar hamda shtangensirkullar qo‘llanildi. Ushbu vositalari qalinlikni ±0,025 mm aniqlikda, uzunlik va kenglikni esa ±0,1 mm aniqlikda o‘lchash imkonini beradi. Uzunliklarni aniqlashda esa metall lineykalardan foydalanildi.



1-rasm. Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi huzuridagi Texnik me’yorlash va standartlashtirish ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriyasida sinov jarayonlari

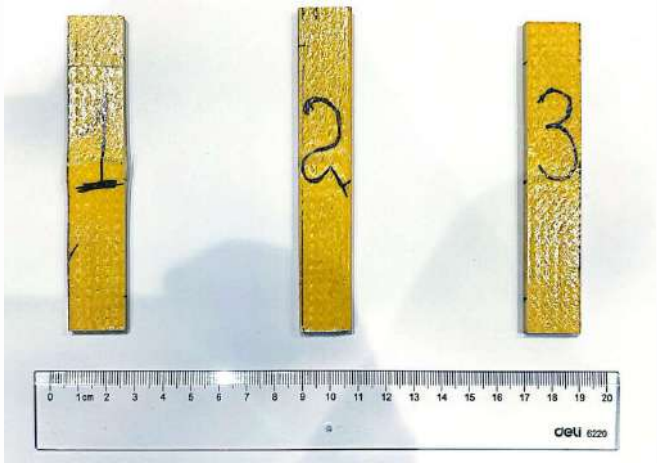
Tadqiqot sinovlar materiallarni siqilish sharoitida tekshirish imkonini beruvchi universal sinov mashinasida (UTM) GOST R 56810 – 2015 talablariga muvofiq o‘tkazildi. Sinov mashinasi namunalarga yukni qisqich harakati orqali doimiy tezlik bilan berishini ta’minlaydi. Jarayon davomida berilayotgan yuk qiymatini o‘lchash aniqligi o‘lchanayotgan kattalikning ±1 % aniqlikda bo‘lishi ta’minlandi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Tadqiqot jarayonlari va sinov namunasiga yuk berish sxemasi. h — namuna qalinligi; l — namuna uzunligi; L — tayanchlar orasidagi masofa; R_1 — puansonning yumaloqlanish radiusi; R_2 — tayanch qirralarining yumaloqlanish radiusi; F — yuk.

Jixoz konstruktsiyasida ikki tayanch hamda markazlashtirilgan yuk beruvchi puanson mavjud, ular traversa bo‘ylab o‘rnatilgan. Tayanchlar va puanson termik toblangan po‘latdan tayyorlangan. Ularning qattiqligi Rokvel bo‘yicha 40 HRC ni tashkil etadi. Tayanchlar hamda puanson yuzalarining sirt g‘adir budurligi Ra = 0,63 mkm dan oshmasligi ta’minlangan.



3-rasm. Sinov uchun tadqiqot namunalari

Sinov jarayonida namunani aniq markazlash muhimdir. Shu sababli tayanchlar jixozda harakatsiz mahkamlandi. Tadqiqot namunasining uzunlik o‘qi yuk ta’sir etuvchi yo‘nalish bilan mosligi ta’minlandi. Shu bilan birga, namunaning simmetriya markazi yuk qo‘yish o‘qi bilan bir chiziqda joylashtirildi. Bunda, tayanchlar va puanson yuzalarining gorizontal tekislikdagi parallellikdan ruxsat etilgan og‘ishi bo‘yicha 0,005 mm dan oshmasligi inobatga olingan.

Tadqiqotda uch nuqtali egilish sinovlarini o‘tkazish uchun to‘g‘ri to‘rtburchak kesimli tasma shaklidagi namunalar qo‘llanildi. Namuna o‘lchamlari standar talablariga muvofiq tayyorlandi (1-jadval). Tadqiqotlar davomida tavsiya etilgan 16:1 nisbatdan tashqari 32:1, 40:1 yoki 60:1 nisbatlardan ham foydalanish mumkinligi hisobga olindi.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Tavsiya etilgan namunalar o‘lchamlari

Qalinlik, *h*	Kenglik, *b*	Uzunlik, *l*	Tayanchlar orasidagi masofa, *L*
<1.6	(12±1)	51	(25.0±0.5)
1.6≤*h*≤3.2	(12±1)	>19*h*	(16±1)*h*
>3.2	<4*h*		

Mustahkamlovchi tolalarning joylashuvi namunaning o‘rta tekisligiga nisbatan simmetrik bo‘lishi va mustahkamlanish tekisligiga parallel holda o‘rnatilishi ta’minlandi. Namunalarni tayyorlash usuli va texnologik rejimi belgilangan standartlar hamda texnik talablar muvofiq amalga oshirildi. Namunalarni tayyorlash jarayoni yakunlangandan so‘ng sinov boshlanishigacha bo‘lgan vaqt 16 soat etib belgilandi. Bu vaqt davomida namunalar zarur bo‘lgan muhit sharoitlariga moslashadi.

Tadqiqot namunalari silliq va tekis yuzaga ega ekanligi, pufakchalar, sinishlar, yoriqlar, qatlam ajralishlari va oddiy ko‘z bilan ko‘rinadigan boshqa nuqsonlar bo‘lmasligi tekshirib chiqildi. Har bir tajriba uchun namunalar beshtadan tayyorlangan. Barcha tadqiqot namunalari sinov boshlanishidan oldin raqamlar bilan belgilab olindi. Bu talablar sinov natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta’minlash uchun muhim hisoblanadi [9, 10].

Sinovlardan oldin har bir namunaning geometrik o‘lchamlari yana bir bor nazoratdan o‘tkazildi va o‘rtacha qiymatlari hisoblab chiqildi. Bu ko‘rsatkichlar keyingi hisoblashlarda asosiy parametr sifatida qabul qilindi [11].

Sinov jihoziga puanson va tayanch qismlari o‘rnatildi. Tayanchlar orasidagi masofa tadqiqot namunasi o‘lchamlarining o‘rtacha qiymatlaridan kelib chiqib tanlandi. Jarayon davomida tayanchlar hamda puanson yuzalarining o‘zaro parallelligi ta’minlandi. Bu esa yukning namunaga bir tekis ta’sir qilishini ta’minlaydi [12].

Sinov jihozi qisqichining harakat tezligi material uchun standartda ko‘rsatilgan qiymatlarga muvofiq tanlanadi. Standartda mavjud bo‘lmagan hollar uchun harakat tezligi 2-jadvalga muvofiq yoki quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$V = \frac{ZL^2}{6h}; \qquad 1$$

bu yerda: Z — deformatsiya tezligi; L — tayanchlar orasidagi masofa; h — namuna qalinligi.

2-jadval

Yuk berish harakat tezligining tavsiya etilgan qiymatlari

Harakat tezligi, mm/min	Ruxsat etilgan og‘ish, %	Harakat tezligi, mm/min	Ruxsat etilgan og‘ish, %

ISSN 3030-3907

0.5	±10	20	±10
1.0		50	
2.0		100	
5.0		200	
10		500	

Sinov jarayonida avtomatik deformatsiya diagrammalari hosil qilindi va ular asosida materialning mexanik xossalari baholandi.

Sinov jarayoni dastlab namuna buzilgunga qadar undan keyin namunaning yuzasidagi maksimal deformatsiya ε_{max} = 0,05 mm/mm qiymatga yetgunga qadar davom ettirildi.

$$\omega=\frac{\varepsilon_{max}L^2}{6h}; \qquad 2$$

bu yerda: ε_{max} — namunaning yuzasidagi maksimal deformatsiya; L — tayanchlar orasidagi masofa; h — namuna qalinligi.

Tadqiqot jarayonida olingan barcha natijalar qayd etildi. Yakunda matematik hamda statistik tahlil usullar yordamida qayta ishlandi.

TADQIQOT NATIJALARI. Tadqiqot jarayonida shisha tolali polimer kompozit materiallardan tayyorlangan namunalar uch nuqtali egilish sxemasi bo‘yicha sinovdan o‘tkazildi. Sinovlar natijasida namunalar uchun maksimal yuk ko‘rsatkichlari, geometrik o‘lchamlar hamda egilishdagi mustahkamlik qiymatlari aniqlanib, ularning o‘rtacha qiymatlari hisoblab chiqildi.

Sinov natijalariga ko‘ra, uchta namunalar uchun quyidagi qiymatlar qayd etildi:

- namuna qalinligi mos ravishda 4,9 mm; 5,0 mm; 4,9 mm;
- namuna kengligi 19,8 mm; 18,8 mm; 19,7 mm;
- maksimal yuk qiymatlari 2573 N; 2178 N; 2331 N ni tashkil etdi.

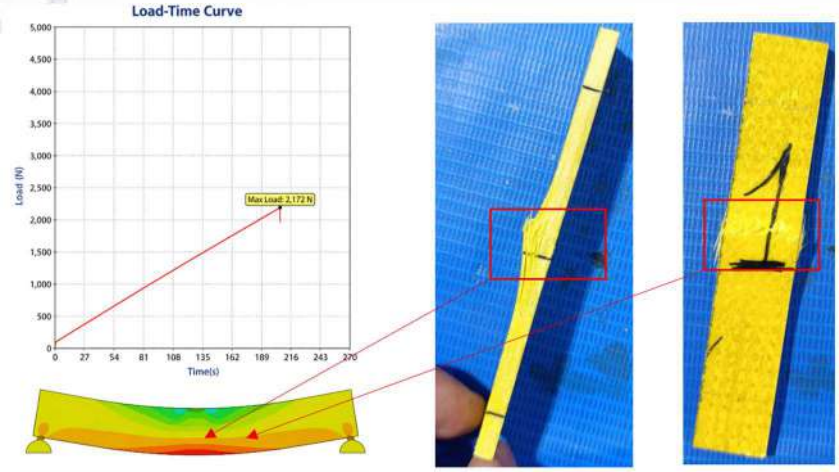
Mazkur natijalar asosida egilishdagi mustahkamlik qiymatlari hisoblandi va ular mos ravishda 666 MPa; 570 MPa; 606 MPa ga teng bo‘ldi. Hisoblash natijalarining o‘rtacha qiymati taxminan 614 MPa ni tashkil etdi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori egilish mustahkamligiga ega bo‘lib, ular konstruktiv elementlarda samarali qo‘llanishi mumkin. Shu bilan birga, namunalar orasidagi farqlar material tarkibi, tolalarning joylashuvi va ishlab chiqarish texnologiyasiga bog‘liq ekanligi kuzatildi.

Sinov jarayonida yuk–deformatsiya bog‘liqligi deyarli chiziqli xarakterga ega bo‘lib, bu materialning elastik xossalari yetarlicha yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Maksimal yuk qiymatiga yetgandan so‘ng namunalarda keskin buzilish kuzatildi, bu esa materialning mo‘rt buzilish xarakteriga ega ekanligini bildiradi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, o‘tkazilgan tajribalar shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamligi yuqori ekanligini tasdiqladi va ularni faxverk tizimlarida qo‘llash imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berdi.



4-rasm. Tadqiqot sino jaraonlari natijalari

Sinov jarayonida olingan yuk va vaqt bog‘liqlik grafigi materialning egilish ostidagi ishlash mexanizmini batafsil tahlil qilish imkonini berdi (4-rasm).

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, yukning vaqt bo‘yicha ortishi deyarli to‘g‘ri chiziqli bo‘lib, bu materialning sinovning asosiy qismida elastik deformatsiya rejimida ishlaganligini ko‘rsatadi. Ushbu chiziqli bog‘liqlik materialning strukturasi barqaror ekanligini va yuklanish jarayonida ichki buzilishlar dastlab yuzaga kelmaganligini bildiradi [13].

Rasmga muvofiq, maksimal yuk qiymati 2572.9 N ga teng bo‘lib, bu qiymat grafikda aniq belgilangan. Ushbu natija protokol ma’lumotlari bilan to‘liq mos keladi, bunda birinchi namunada maksimal yuk 2573 N atrofida qayd etilgan.

Grafikdan yana bir muhim jihat shuki: yuk 0 dan ~2500 N gacha deyarli bir xil tezlikda ortadi, maksimal qiymatga yetgandan so‘ng grafikda keskin pastga tushish kuzatilgan. Bu holat materialning mo‘rt buzilish xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Grafikning yakuniy qismida (maksimal nuqta yaqinida) kichik og‘ishlar kuzatildi, bu esa, tolalararo ajralishi, mikroyoriqlar paydo bo‘lishi, matritsa va tolalar o‘rtasidagi bog‘lanishning zaiflashuvi kabi jarayonlar boshlanganligini anglatadi.

Shuningdek, sinov tezligi 4 N/s bo‘lib, yukning silliq va nazorat ostida ortishini ta’minlagan. Bu esa olingan natijalarning ishonchliligini oshiradi.

Umuman olganda, material yuqori elastiklik va qattiqlikka ega, yuklanish jarayoni barqaror va chiziqli kechadi, maksimal yuk ~2573 N atrofida, buzilish keskin va mo‘rt xarakterga ega, plastik deformatsiya bosqichi deyarli kuzatilmaydi.

ISSN 3030-3907

Mazkur natijalar shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi yuqori mustahkamlikka ega ekanligini va ularni konstruktiv elementlarda qo‘llash mumkinligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Sonli modellashtirish (FEA) natijalari ham eksperimental natijalarni tasdiqlaydi. Kuchlanishlarning maksimal qiymatlari namunalar markaziy qismida, ya’ni egilish momenti eng katta bo‘lgan hududda to‘planganligi kuzatildi. Rangli taqsimot xaritasida pastki tolalarda maksimal cho‘zilish kuchlanishlari (qizil zona), yuqori qatlamlarda esa siqilish kuchlanishlari (yashil–ko‘k zonalar) hosil bo‘lishi egilish nazariyasiga to‘liq mos keladi. Bu holat uch nuqtali egilish sxemasining to‘g‘ri tashkil etilganligini va sinov natijalarining ishonchliligini ko‘rsatadi.

Natijalar orasidagi ayrim farqlar (yuk va mustahkamlik qiymatlaridagi tafovutlar) materialning ichki tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Jumladan, tolalarning joylashish tartibi, qatlamlararo bog‘lanish sifati, ishlab chiqarish texnologiyasi, hamda mikronuqsonlarning mavjudligi kabi omillar bu farqlarga sabab bo‘ladi.

Shuningdek, sinov tezligi va geometrik parametrlarning aniqlik bilan tanlanishi natijalarning takrorlanuvchanligi va ishonchliligini ta’minlagan. Uch nuqtali egilish usulining qo‘llanilishi materialning real ish sharoitlariga yaqin bo‘lgan holatda baholash imkonini berdi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari eksperimental va sonli usullar asosida o‘rganildi. O‘tkazilgan uch nuqtali egilish sinovlari natijasida materiallarning maksimal yuk ko‘tarish qobiliyati 2178–2573 N oralig‘ida, egilishdagi mustahkamlik esa 570–666 MPa diapazonda ekanligi aniqlandi. Hisoblangan o‘rtacha mustahkamlik qiymati 614 MPa ni tashkil etib, bu materialning yuqori mexanik xossalarga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Yuk–vaqt grafigi tahlili materialning deformatsiyalanish jarayoni asosan elastik bosqichda kechishini va maksimal yuk qiymatiga yetgandan so‘ng keskin buzilish sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Bu esa shisha tolali polimer kompozit materiallarning mo‘rt buzilish xususiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Sonli modellashtirish (FEA) natijalari kuchlanishlarning namunada notekis taqsimlanishini, maksimal qiymatlar egilish momenti eng katta bo‘lgan markaziy qismda hosil bo‘lishini ko‘rsatdi. Eksperimental va nazariy natijalarning o‘zaro mos kelishi tadqiqotning to‘g‘riligini va qo‘llanilgan metodikaning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Olingan natijalar asosida shuni xulosa qilish mumkinki, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori egilish mustahkamligiga ega bo‘lib, ular faxverk tizimlari hamda boshqa yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarda samarali

ISSN 3030-3907

qo‘llanishi mumkin. Kelgusida mazkur materiallarning uzoq muddatli ishlash xususiyatlari, charchashga chidamliligi hamda turli muhit sharoitlaridagi xatti-harakatlarini o‘rganish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Hollaway, L. C. (2001). Advanced polymer composites and polymers in the civil infrastructure. Elsevier.
2. Bank, L. C. (2006). Composites for construction: Structural design with FRP materials. John Wiley & Sons.
3. Mallick, P. K. (2007). Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design. CRC press.
4. Jones, R. M. (2018). Mechanics of composite materials. CRC press.
5. Umarov, A. V., Muxamedov, G. I., & Quchqarov, X. O. (2017). Polimerli kompozit materiallar fizikasi. O‘quv qo‘llanma, Namangan20l7-287b.
6. Gibson, R. F. (2007). Principles of composite material mechanics. CRC press.
7. Vasiliev, V. V., & Morozov, E. V. (2013). Advanced mechanics of composite materials and structural elements. Newnes.
8. Monfared, V., Ramakrishna, S., Alizadeh, A. A., & Hekmatifar, M. (2023). A systematic study on composite materials in civil engineering. Ain Shams Engineering Journal, 14(12), 102251.
9. Fangueiro, R. (Ed.). (2011). Fibrous and composite materials for civil engineering applications. Elsevier.
10. Brigante, D. (2014). New composite materials. Nature, 442, 282-286.
11. Alsultan, Q. H., Abdulbaqi, A. S., Nejrs, S. M., Jassim, S. A., Sulaiman, B. H., Al deen Shawqi, O. S., ... & Khalaf, H. A. (2023). Innovative composite materials for improving structural integrity and longevity in civil engineering applications. Khwarizmia, 2023, 63-72.
12. Hussein, N. A. H. K., Khalaf, S., & Shah, K. D. (2024). Advanced composite materials for sustainable construction: innovations in civil engineering applications. Khwarizmia, 2024, 8-16.
13. Biswal, A., & Swain, S. K. (2020). Smart composite materials for civil engineering applications. In Polymer nanocomposite-based smart materials (pp. 197-210). Woodhead Publishing.

ISSN 3030-3907