

UGLEROD TOLALI KOMPOZITDAN TAYYORLANGAN U SHAKLDAGI AVTOMOBIL KUZOV ELEMENTINI ENERGIYA YUTISH HUSUSIYATINI TADQIQ ETISH

Qayumov Baxrom Abdullajonovich

Andijon mashinasozlik instituti, t.f.f.d., dotsent

Aliyev Xusniddin Kozimovich

Andijon mashinasozlik instituti tayanch doktoranti

ANNOTATSIYA

Ushbu ishda bo'ylama maydalash yuki ostidagi adgeziv bilan bog'langan U shaklli CFRP balkaning sinish xatti-harakatlarini hamda energiya yutish qobiliyati o'rganildi. U shaklli balka kvazstatik siqish sinovi o'tkazildi va natijalar tahlil qilindi. Eksperimental ish shuni ko'rsatdiki, ugleplast balkada tashqi qatlamlari tashqi tomon egilib, ichki qatlamlar ichkariga egilish bilan yaqqol qatlamlararo ajralish kuzatildi. Olingan grafiklarning dastlabki bosqichida sodir bo'lib chiziqli o'sish sodir bo'ldi, 41,47 kN da o'rtacha F_{max} ga erishdi. Keyin yuk keskin kamayib, sinovdan o'tgan barcha namunalar uchun barqaror energiya yutilish holati saqlanib qoldi.

Kalit so'zlar: CFRP, ulerod tolali kompozit, U shaklli balka, kvazistatik yuk, energiya yutuvchanlik.

STUDY OF THE ENERGY ABSORPTION PROPERTIES OF CAR BODY ELEMENT MADE OF CARBON FIBER COMPOSITE

ABSTRACT

In this work, the fracture behavior and energy absorption of an adhesively bonded U-shaped CFRP beam under longitudinal crushing load were investigated. A quasi-static compression test of U-shaped hammer was conducted and the results were analyzed. Experimental work showed that the outer layers of the carbon-plastic beam were bent outwards, and the inner layers were bent inward, and a clear interlayer separation was observed. A linear increase occurred in the initial phase of the resulting graphs, reaching an average F_{max} of 41.47 kN. After that, the load decreased sharply, and a stable state of energy absorption was maintained for all tested samples.

Key words: CFRP, ulerodic fiber composite, U-shaped beam, quasi-static load, energy absorption.

KIRISH

Avtomobil sanoatida bugungi kundagi eng asosiy masalalar energiyani tejash, chiqindi gazlarni kamaytirish va xavfsizlik bilan bog'liqdir. Hisob-kitoblarga ko'ra, avtomobil massasining har 10 foizga kamayishi yoqilg'i sarfini 6-8 foizga tejash imkonini beradi [1]. Shu sababli, ishlab chiqaruvchilar o'z maxsulotlarining raqobatbardoshligini oshirish maqsadida avtomobillarning asosiy ko'rsatkichlarini yaxshilash orqali transport vositalarining og'irligini doimiy ravishda kamaytirmoqdalar[2].

So'nggi yillarda CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics-uglerod tola bilan mustahkamlangan plastik) materialidan tayyorlangan avtomobil kuzov strukturasi zarbardoshliligi ham tadqiqotchilarning e'tiborini tortdi. Feraboli va boshqalar. [3] mos ravishda uglerod tolasini bilan mustahkamlangan epoksi smoladan yasalgan sinusoidal plita, kvadrat naycha va C shakldagi namunada kvazi-statik sinovini o'tkazdi. Mo va boshqalar. [4] kompozit U shaklidagi old yon balkaning bo'ylama kuch ostida plastinkaning burishishiga mahkamlash moslamasining ta'sirini o'rganib chiqdi, shu bilan birga U shaklidagi old yon panellarning barqarorligi va deformatsiyasiga e'tibor qaratdi. U shaklidagi old yon balka ko'ndalang kesimi Abaqus-Isight-Matlab kombinatsiyalangan yondashuvi yordamida optimallashtirildi, bu erda o'rnatilgan NLPQL (Nonlinear Programming by Quadratic Lagrangian.) algoritmidan foydalanildi va obyektiv funktsiyani hisoblash uchun MATLAB kodlari yozildi.

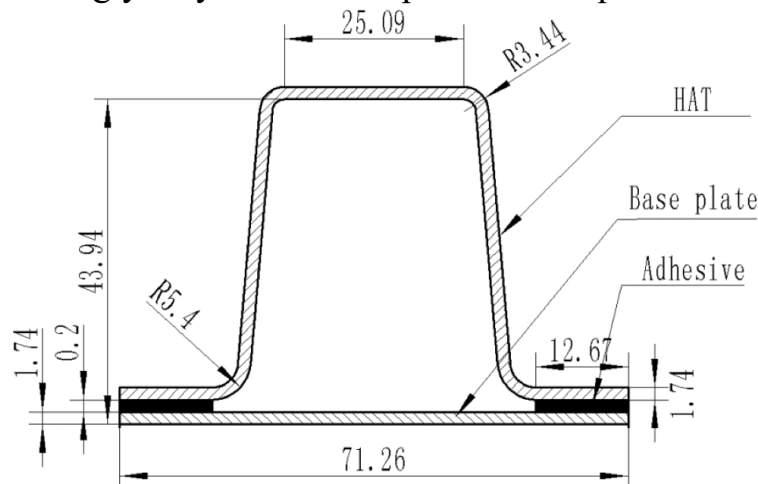
Liu va boshqalar. [5] ari uyasi shaklidagi alyuminiy bilan to'ldirilgan uglerod tolali kompozitlardan tashkil topgan kvadrat naychalarning statik bo'ylama kuch ta'sirida sinish va energiya yutish xususiyati o'rganib chiqdi. Ari uyasi shaklidagi alyuminiy bilan to'ldirilgan uglerod tolali kompozit trubkasi va sof uglerod tolali trubkasi o'rtasidagi sinish xususiyatlari taqqoslandi. Uglerod tolali kompozit trubkani ari uyasi shaklidagi alyuminiy to'ldirishning sinish mexanizmi va zarb yutish qobiliyatiga ta'siri o'rganildi. Ma'lum bo'lishicha, uyaning kengligi kompozit trubaning zarbga chidamliligiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrdir. Siromani va boshqalar. [6] uglerod tolali kompozit quvurlarning bo'ylama sinish xususiyatlarini o'rganib chiqdi. Tadqiqotning asosiy xususiyati sinish jarayonini boshlab beruvchi shakl bo'lib, biri tekis, ikkinchisi esa faskali. Faskali konstruksiya dastlabki sinishni eng yuqori kuchini pasaytirdi va butun pachoqlanish jarayonida trubaning o'ziga xos energiya yutilishini oshirdi. Sinish jarayonini boshlab beruvchi moslamalarining ikkita shakli eksperimental ravishda o'rganildi, ulardan biri ichkariga, ikkinchisi tashqariga buklanadi. Eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatdiki, ichkariga buklanган qurilma uglerod tolali trubaning energiyani yutish xususiyatini ko'proq yaxshilashi mumkin. Esnaola va boshqalar [7] tomonidan yarim olti burchakli kompozitning sinish modeli

yaratilgan. Tadqiqotchilar olti burchakli shaklning burchagi va uzunligi bo'yicha sinish paytida energiyani yutish qobiliyatiga asoslangan holda optimallashtirish bajarildi. CFRP materialidan tashkil topgan har xil qalinlik va uzunlikdagi qo'shtavr turdagi quvurlarning dinamik reaksiyasi va to'qnashuv xususiyatlari Liu va boshqalar tomonidan o'rganildi. Dinamik yuklash tajribasida uch xil sinish rejimini kuzatish mumkin, ya'ni progressiv sinish, bukilish va delaminatsiya. Kvizistik maydalash tajribalarining progressiv pachoqlash ierarxiyasidan farqli o'laroq, dinamik eksperimentda ba'zi sinib ajralib ketadigan bo'laklar paydo bo'ldi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, qatlamlar soni sinish turi va energiyani yutish xatti-harakatlariga ta'sir qiluvchi muhim parametrdir. Qatlamlar sonining ko'payishi kuchning yuqori qiymati va maxsus energiya yutilish qiymatlarini ortishiga olib keldi. Qo'shtavrning uzunligi esa energiyani yutish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatmaydi. Bundan tashqari, dinamik ta'sir sinovlari shuni ko'rsatdiki, bunda kvazistik yuklash sharoitlariga nisbatan eng yuqori kuchlanish (46% dan 125% gacha) va kamroq energiya (33% dan 21% gacha) yutilishini kuzatish mumkin.

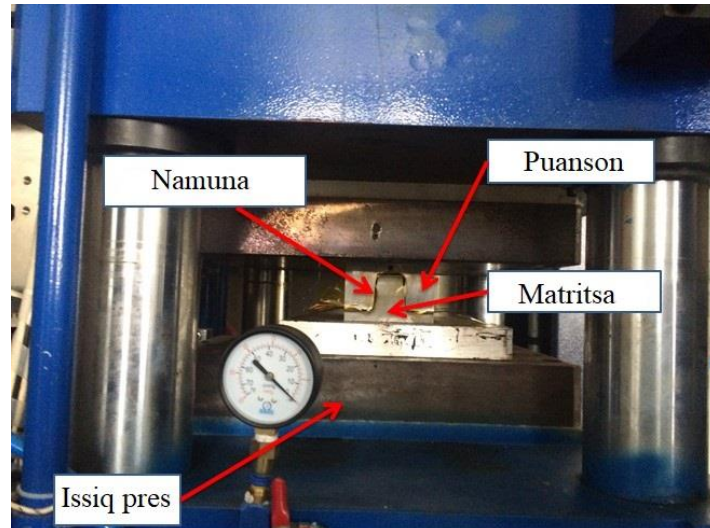
Ushbu ishda bo'ylama maydalash yuki ostidagi adgeziv bilan bog'langan U shakldagi CFRP balkaning sinish xatti-harakatlarini hamda energiya yutish qobiliyati o'rganildi. U shaklidagi balka kvazistik siqish sinovi o'tkazildi va natijalar tahlil qilindi.

NAMUNALARNI TAYYORLASH VA TAJRIBA O'TKAZISH USULLARI

U shaklidagi yupqa devorli CFRP balkani quritish jarayoni uchun balkaning ko'ndalang kesim geometriyasiga ko'ra, maxsus mo'ljallangan qolip tayyorlandi. Yupqa devorli U shaklidagi balka va taglik plita qalinligi 1,74 mm, ya'ni 13 qatlamli zagatovkadan tayyorlangan. Zagatovka qatlamlarda uglerod tola yo'nalishlari [+45/-45/0/90/0/90/0/90/0/90/0/-45/+45] bo'lib, odatda aerokosmik va avtomobil sanoatida samarali energiyani yutuvchi komponentlarda qo'llaniladi[8].



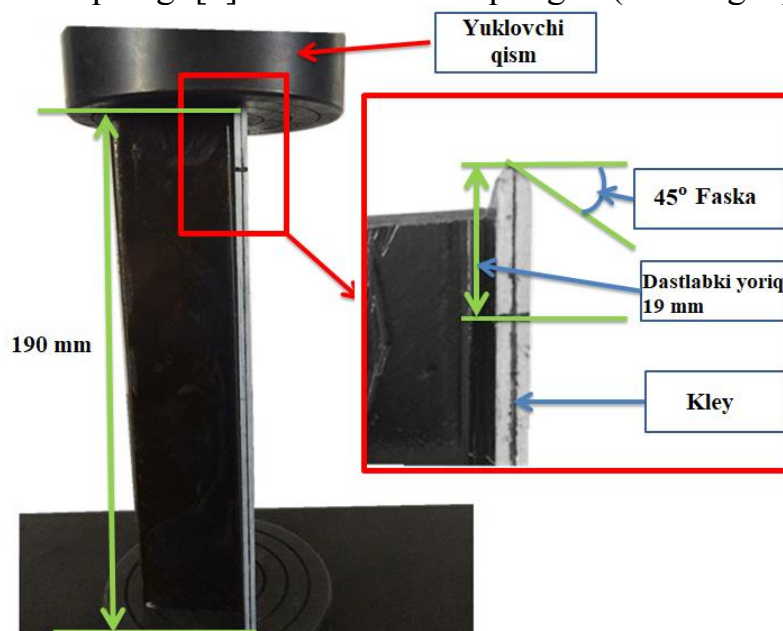
1-rasm. U shaklidagi yupqa devorli balkaning ko'ndalang kesimining geometriyasi.



2-rasm. U simon CFRP balkaning issiq presda tayyorlanish jarayoni.

Zagatovka keyin 3 MPa doimiy bosimni ta'minlaydigan issiq pressda (2-rasm), shuningdek ishlab chiqaruvchi tomonidan ko'rsatilgan harorat sharoitlarini ta'minlagan holda avval xona haroratidan 80 ° C gacha 60 daqiqaga davomida ko'tarildi, keyin 90 daqiqa davomida 120 ° C gacha ko'tariladi va nihoyat xona haroratiga qadar sekin sovitildi. Shu bilan birga, U shaklidagi CFRP balkaning taglik plitasi bir xil qattiqlashuv holatini hisobga olgan holda ishlab chiqarilgan.

Tayyorlangan yupqa devorli balka va taglik plitasi SikaPower 4720 yelimi yordamida bir-biriga yopishtirildi. So'ng ishlab chiqaruvchi ko'rsatmalariga muvofiq 2 soat davomida 60 ° C haroratda qotirildi. Yelim qatlamning qalinligini 0,2 mm da ushlab turish uchun bir xil diametrlilik shisha zoldirlar yopishtiruvchi maydonga teng ravishda yoyildi. Shu bilan butun maydondagi yelim qalinligi bir hilligi ta'minlandi. Shuni ta'kidlash joizki, yelim qatlamda 19 mm bo'lgan dastlabki yoriq va kompozit balkaning oxirida B-tipidagi [9] 45° faska hosil qilingan (3-rasmga qarang).



3-rasm. Eksenel maydalash sinovi paytidagi U shaklidagi yupqa devorli

CFRP balka.

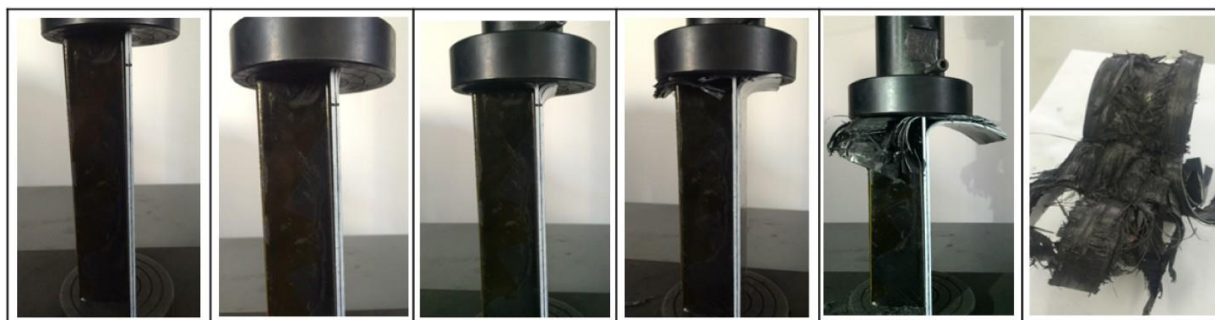
Aniqlanishicha, kompozit balkaning oxiridagi dastlabki yoriq va faska, bo'ylama kuch ta'sirida kompozit laminat va yelim qatlam orasidagi ajralishni yaxshi boshlab beradi, bu esa yuqorida muhokama qilinganidek, energiya yutish hususiyatini oshiradi va yuk ko'tarish qobiliyatini saqlab turishni ta'minlaydi[10]. Ushbu ishda uchta U shaklidagi kompozit balkalar tayyorlangan va sinovdan o'tkazilgan. Tayyor U shaklidagi yupqa devorli kompozit balka bo'ylama maydalash sinovi uchun WD-P6105 universal sinov mashinasining (Minghu, Jinan, Xitoy) yuklash plitasiga joylashtirildi. Bo'ylama pachoqlash sinovi ostida yupqa devorli balka uchun siqish tezligi 5 mm / min bo'lib, 100 mm umumiy maydalash masofasi hisobga olingan.

NATIJAR VA ULRNING MUHOKAMASI

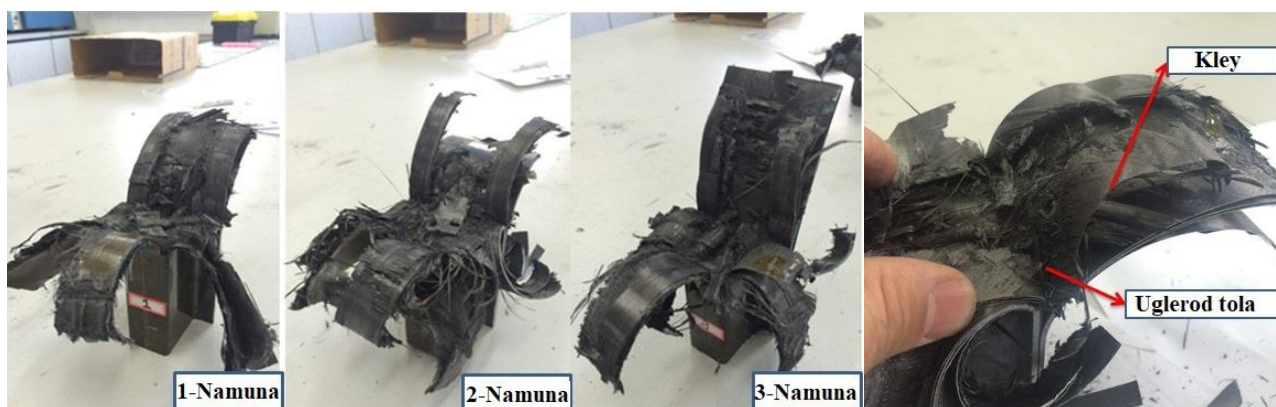
Tajriba natijalari va sinish modellari

Uglerod tolali kompozitdan tayyorlangan U shaklidagi yupqa devorli balka kvazstatik bo'ylama maydalash yuki ostida sinish jarayoni 4-rasmda keltirilgan. Rasmda kuzatish mumkinki, kompozit balkaning oxiridagi faskada mahalliy sinish sodir bo'lgan. Keyinchalik qo'yilgan yukning oshishi tufayli balkaning qatlamlarida yoriqlar tarqalishi paydo bo'ldi. Dastlab balkaning ichki qatlamida, keyin tashqi qatlamda ko'ndalang uchburchak yoriqlar paydo bo'ldi. Keyin yoriq uchi balkaning ichki qismiga tarqalib, qatlamlarda keyingi yoriqlar paydo bo'lishiga olib keldi. Bu jarayon yuklash masofasi oshgani sayin, 4-rasmda ko'rsatilganidek yakuniy sinish hosil bo'lguniga qadar davom etadi.

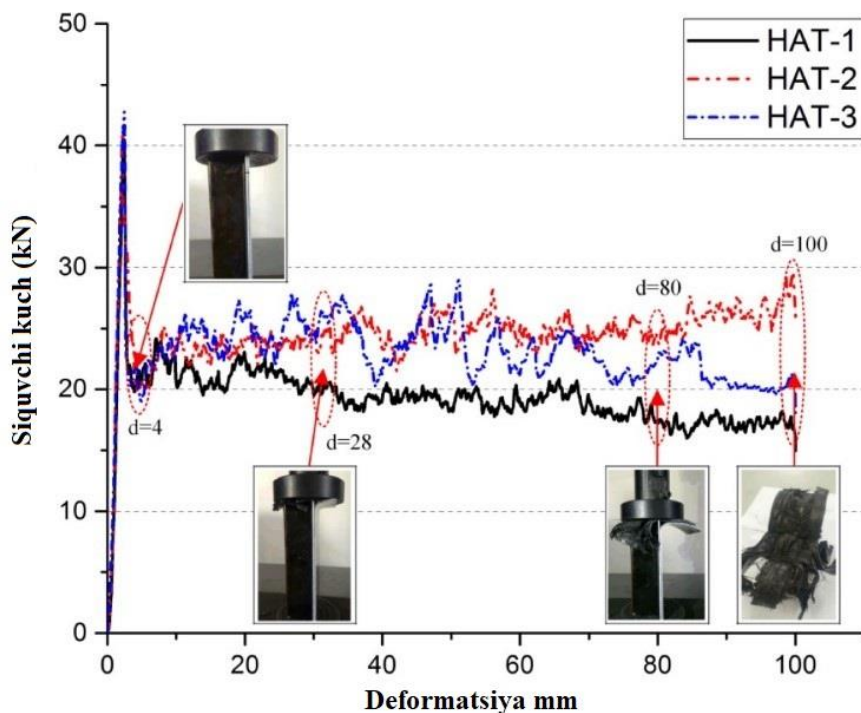
5-rasmda ham ko'rish mumkinki, balka tolalarni sinishi, egilishi va qatlamlarni ajralishi orqali bo'ylama maydalash jarayonida energiyani yutishda asosiy komponent hisoblanadi. Tolalarning egilishi asos plitadagi asosiy energiya yutuvchi manba hisoblanadi. Shunisi e'tiborga loyiqliki, kompozit balkaning ichki va tashqi qatlamlarini bog'lovchi yelim qatlamda hech qanday yorilish sodir bo'lmagan, bu yelim birikmaning kompozitsion bog'lanishning samarali usuli ekanligini ko'rsatadi. Bo'ylama yuklangan kompozit balkaning yuklanish ko'chish egri chiziqlari 6-rasmda ko'rsatilgan. Rasmda chiziqli o'sish olingan egri chiziqlarning dastlabki bosqichida sodir bo'lib, 41,47 kN da o'rtacha F_{max} ga erishganligini ko'rish mumkin. Keyin yuk keskin kamayib, sinovdan o'tgan barcha CFRP namunalari uchun barqaror energiya yutilish holatini ko'rsatdi.



4-rasm. CFRP balkaning tik ta'sir etuvchi yuk ostida pachoqlanish jarayoni.



5-rasm. Na'munalarning pachoqlash jarayoni oxiridagi holati



6-rasm. Bo'ylama kuch ostidagi CFRP balkaning yuklanish-deformatsiya grafigi.

3.2. Energiyani yutish xususiyatlarini tahlil qilish

Ushbu bo‘limda U shaklli CFRP balkaning energiya yutishi bilan bog‘liq xususiyatlari muhokama qilinadi va tahlil qilinadi [11].

(1) Maxsus energiya yutilishi (SEA)

Butun siqish jarayonida yutilgan umumiy energiya (EA) siqish kuchini (F) tegishli masofa bilan integrallash orqali olinadi:

$$EA = \int F ds \quad (1)$$

Maxsus energiya yutilishi (SEA) EA ni balkaning massasiga bo‘lish orqali quyidagicha aniqlanishi mumkin.

$$SEA = \frac{EA}{m} = \frac{\int F ds}{m} = \frac{\int F ds}{\rho \cdot A \cdot l} \quad (2)$$

Bu erda ρ - material zichligi, A - balkaning ko‘ndalang kesim yuzasi va l – siqish masofasi.

(2) Dastlabki eng yuqori yuklanish (F_{max})

F_{max} , strukturaning deformatsiyasida kuchning bir xilligini baholash uchun asosiy ko‘rsatkich hisoblanib, bo‘ylama siqish jarayonining boshlang‘ich bosqichidagi eng yuqori yuk sifatida aniqlanadi va universal sinov mashinasidan yuklanish-ko‘chish ma’lumotlaridan olinishi mumkin.

(3) Siqish kuchi samaradorligi (CFE)

F_{mean} ni o‘rtacha siqish kuchi sifatida aniqlash (3-sonli tenglamaga qarang), so‘ng siqish kuchining samaradorligi (CFE) (4) tenglamadagi kabi o‘rtacha yukning eng yuqori yukga nisbati asosida aniqlanishi mumkin. Tenglamadan hulosa qilish mumkinki, CFE qiymati 0% dan 100% gacha o‘zgarishi mumkin va ideal qiymat 100% material to‘la potensial energiyani yutish qobiliyatidan samarali foydalanishni bildiradi [12].

$$F_{mean} = \frac{\int F ds}{l} \quad (3)$$

$$CFE = \frac{F_{mean}}{F_{max}} \times 100\% \quad (4)$$

4-jadval. CFRP balkani bo‘ylama maydalash sinovidan olingan energiyani yutish xususiyatlari.

Parameter	O‘rtacha
F_{max} (kN)	41,77
EA (J)	2231,43
SEA (J/g)	39,77
CFE	0,54

XULOSA

Ushbu ishda avtomobil kuzovida uglerod tolali kompozitlarni zarbga chidamliligini aniqlash maqsadida USN15000 homashyosidan preslash orqali tayyorlangan U shaklidagi uglerod tolali kompozit balkani pachoqlanguniga qadar bo'ylama yuk tasir etildi.

Uglerod tolali kompozit balkaning bo'ylama maydalash jarayonida tolalarni sinishi, egilishi va qatlamlarni ajralishi energiyaning yutilishida asosiy omil hisoblanadi. Tolalarning egilishi asos plitadagi asosiy energiya yutuvchi manba hisoblanadi.

Uglerod tolali kompozit balkaning ichki va tashqi qatlamlarini bog'lovchi yelim qatlamda hech qanday yorilish sodir bo'lmagan, bu yelim birikmaning kompozitsion bog'lanishning samarali usuli ekanligini ko'rsatadi.

Olingan grafiklarning dastlabki bosqichida sodir bo'lib chiziqli o'sish sodir bo'ldi, 41,47 kN da o'rtacha F_{max} ga erishdi. Keyin yuk keskin kamayib, sinovdan o'tgan barcha namunalar uchun barqaror energiya yutilish holati saqlanib qoldi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI: (REFERENCES)

- [Benedyk J. Light metals in automotive applications. Light Metal Age 2000;58\(9-10\). 34-34.](#)
- [Zhang H, Liu M. Development and applications of carbon fiber reinforced polymer. Eng Plastics Appl 2015;43\(11\):132-5.](#)
- [Feraboli P, Wade B, Deleo F, et al. LS-DYNA MAT54 modeling of the axial crushing of a composite tape sinusoidal specimen. Compos A Appl Sci Manuf 2011;42\(11\):1809-25.](#)
- [Mo Y, Ge D, He B. Experiment and optimization of the hat-stringer-stiffened composite panels under axial compression. Compos B Eng 2016;84:285-93.](#)
- [Liu Q, Mo Z, Wu Y, et al. Crush response of CFRP square tube filled with aluminum honeycomb. Compos B Eng 2016;98:406-14.](#)
- [Siromani D, Awerbuch J, Tan T-M. Finite element modeling of the crushing behavior of thin-walled CFRP tubes under axial compression. Compos B Eng 2014;64:50-8.](#)
- [Esnaola A, Elguezabal B, Aurrekoetxea J, et al. Optimization of the semi-hexagonal geometry of a composite crush structure by finite element analysis. Compos B Eng](#)

[2016;93:56–66.](#)

8. [Huang J, Wang X. Numerical and experimental investigations on the axial crushing response of composite tubes. Compos Struct 2009;91\(2\):222–8.](#)
9. [Subbaramaiah R, Prusty BG, Pearce GMK, et al. Crashworthy response of fibre metal laminate top hat structures. Compos Struct 2017;160:773–81.](#)
10. [Huang J, Wang X. Overview on effect of trigger geometry on the axial crushing behaviour of composite components for energy absorption. J Ship Mech 2011;15\(8\):930–9.](#)
11. [Mou H, Ren J, Zou T, et al. Energy Absorption analysis of composite thin-walled structures under axially crushing. Aeronaut Manuf Technol 2015;58\(19\):83–7.](#)
12. [Wierzbicki T. Energy absorption of structures and materials: Guoxing Lu and Tongxi Yu. Int J Impact Eng 2004;30\(7\):881–2.](#)