

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-97-102>

## HÜNDÜR BİNALARIN ZƏLZƏLƏYƏ DAVAMLILIĞININ TƏMİN OLUNMASINDA AUTRIQKER VƏ KƏMƏR SİSTEMLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN TƏDQIQI

**Əliyev Valeh Muradxan oğlu**- elmi işçi, Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Azimetİ, valeh-eliyev-1990@mail.ru

**Xülasə.** Məqalə çoxmərtəbəli hündür binaların zəlzələ və külək (üfqi) yüklərinə qarşı dayanıqlılığını artıran autriqker (outrigger) və kəmər sistemlərinin növlərinin, tətbiqinin və səmərəliliyinin araşdırılmasına həsr edilir.  
**Açar sözlər:** Çoxmərtəbəli hündür binalar, autriqker (outrigger), kəmər, struktur, üfqi yüklər, sərtlik, seysmika, əyilmə, müqavimət

### STUDY OF EFFECTIVENESS OF OUTRIGGER AND BELT SYSTEMS IN ENSURING EARTHQUAKE RESISTANCE OF HIGH BUILDINGS

**Aliyev Valeh Muradxan**- researcher, Azerbaijan Scientific Research Institute for Construction and Architecture, valeh-eliyev-1990@mail.ru

**Summary.** The article is devoted to the study of the types, application and efficiency of outrigger and belt systems that increase the resistance of multi-story buildings against earthquake and wind (horizontal) loads.

**Keywords:** Multi- storey tall buildings, outrigger, belt, structure, lateral loads, stiffness, seismic, deflection, resistance

**Giriş.** Çoxmərtəbəli hündür binalar, yaşayış, ofis və əsasən kommersiya fəaliyyəti üçün layihələndirilir. Çoxmərtəbəli hündür binaların tikintisinin vacibliyi ilk növbədə şəhər əhalisinin sürətlə artması, işgüzar fəaliyyətlərin bir-birinə mümkün qədər yaxın olması və yerləşmə sahələrinin məhdud olmasına əsaslanır. Hündür binaların incəliyi və elastikliyi artdıqca binalar külək və zəlzələ nəticəsində yaranan üfqi yüklərdən ciddi şəkildə təsirlənir. Bununla bağlı olaraq, hündür binalarda üfqi yüklərə müqavimət göstərmək üçün müvafiq struktur sistemlərini müəyyənləşdirmək hər zaman vacib məsələlərdən biri olmuşdür. Hal hazırda hündür binaların tikintisində üfqi müqaviməti təmin etmək üçün istifadə edilən bir çox struktur sistemləri mövcuddur. Onların inkişafında amerikalı mühəndis Fəzlur Xanın müstəsna rolu vardır [1]. 1969-cu ildə o, hündürmərtəbəli binaları memarlıq xüsusiyyətlərinə və yük daşıyıcı konstruksiyalar üçün istifadə olunan materialların növlərinə (həm polad, həm də dəmir-beton) görə təsnif etdi. 1973-cü ildə o, hündürmərtəbəli binaların əldə olan strukturlarını təkmilləşdirdi, onun əsərləri Mir M. Əli və Kyonq Sun Mun, V. Şueller və digər tədqiqatçıların bir sıra əsərlərində təqdim olundu. Fəzlur Xanın əsərləri bütün ölkələrdə hündürmərtəbəli tikintilərin inkişafı üçün əsas və hündürlüyü 70 mərtəbədən çox olan binalar üçün konstruktiv sistemlərin formalaşmasında yeni eranı qeyd edən başlanğıc nöqtəsi oldu [1]. Dünya miqyasında bir sıra tanınmış binalar, üfqi yüklərə effektiv bir şəkildə müqavimət göstərməkdə və binaların komfortunu təmin etməkdə effektivliyini sübut etmiş autriqker struktur sistemlərinə sahibdir. Aşağıdakı cədvəldə autriqker struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan birneçəsi cədvəl 1-də verilmişdir [3].

**Cədvəl 1.** Autriqker struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan [3]

Bina	Şəhər	Hündürlük və mərtəbələrin sayı
Bürç Xəlifə	Dubay	828 (160)
Taybey 101	Taybey	509 (101)
Şanxay Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Şanxay	492 (101)
Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Honkonq	483 (118)
Petronas əkiz qüllələr	Kuala Lumpur	452 (88)
Nangin Qrinlənd Maliyyə Mərkəzi	Nangin	450 (89)
Tramp Beynəlxalq Hotel & Tower	Çikaqo	423 (96)
Dubay Qülləsi	Doha	438 (90)

Plaza Rakyat Ofis binası	Malaziya	382 (79)
Aston Apartmanları yaşayış binası	Sidney	90 (30)

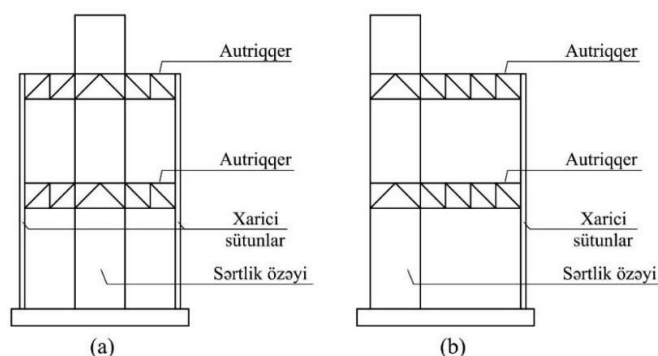
Müasir dövrdə hündür binalar əsasən aşağıdakı struktur sistemlərindən istifadə edilərək layihələndirilir:

**Daxili yükdaşıyan sistem:** Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın daxilində yerləşdikdə, daxili struktur sistemi kimi tanınır; 1- Sərt çərçivə; 2- Gücləndirilmiş çərçivə; 3- Pərdə divarlar, Oynaqlı çərçivə; 4- Pərdə divarlar, Ferma sistemi; 5- Autriqer (Outrigger) sistemi: 6- Autriqer (Outrigger) kəmərlər ferma (belt truss) sistemi: [1].

**Xarici yükdaşıyan sistem:** Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın perimetri boyu yerləşirsə, xarici struktur sistemi kimi tanınır; 1- Boru çərçivə; 2-Boru içində boru sistemi; 3- Gücləndirilmiş boru sistemi; 4-Birləşdirilmiş boru sistemi; 5-Çarpaz şəbəkəli sistem; 6-Fəza şəbəkə ferması; 7-Super çərçivə; 8-Xarici qoruyuculu sistem: [1].

Ultra hündür (100 və daha çox mərtəbəli) binaların struktur sistemlərinin vacib xüsusiyyətlərindən biri odur ki, struktur sisteminin daxili hissəsi ilə xarici hissəsi birgə fəaliyyət göstərsin. Bu xüsusiyyətə malik struktur sistemlərindən biridə autriqer struktur sistemidir. Hündür binalarda 50 ildən artıqdır ki, autriqer struktur sistemi uğurla istifadə olunur. Autriqerli binaların ilknümunələri yalnız külək yüklərinin təsirləri üçün istifadə olunan bir sxem idi. Seysmiki qüvvələrə müqavimət göstərmək və əlavə qüvvə paylanmasını təmin etmək üçün autriqerdən istifadə etmək son bir neçə onillikdə sürətlə inkişaf etmişdir. Autriqer sisteminin ən erkən sənədləşdirilmiş istifadələrindən biri, Kanadanın Montreal şəhərində yerləşən “Tour de la Bourse” binasında olmuşdur. Bu 47 mərtəbəli dəmir-beton bina 1964- ci ildə tikilmişdir.

Hündür mərtəbəli binaların tikintisində autriqer ideyası, üfüqi yüklərə müqavimət göstərməyə üçün binanın ətraf və daxili konstruktiv elementlərinin birgə işini təmin etməkdir. Autriqer və kəmərlərferma struktur sistemi binanın hündürlüyü boyu bir və daha çox səviyyələrdə yerləşdirilə bilər. Autriqer elementləri (üfüqi elementlər) xarici sütunlara sərtlik özəyi arasında əlaqə yaradır, kəmərlərfermaları isə binanın perimetri boyu sütunları biri birinə bağlayır. Autriqerli sistemlərdə sərtlik özəyi, binanın mərkəzində və ya binanın bir tərəfində yerləşdirilə bilər (şək.1) [2].



Şəkil 1. (a) Mərkəzi özəkli autriqer sistemi: (b) Kənar özəkli autriqer sistemi [2]

Autriqer struktur sistemi sərtlik özəyinə bağlanmasına əsasən bir neçə növə ayrılır [2,3,4]. Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi:

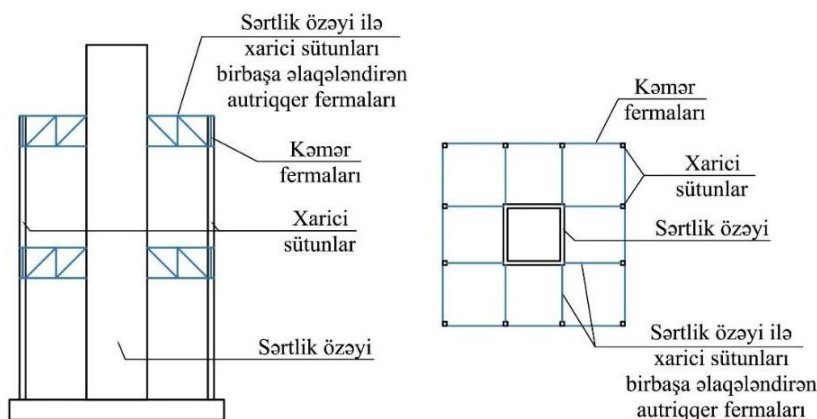
Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi və kəmərlərferma sistemi:

Virtual autriqer (kəmərlər) sistemi:

Virtual ofset autriqer (özək divarlarının müstəvisindən kənar yerləşmiş üfüqi autriqer elementləri) sistemi:

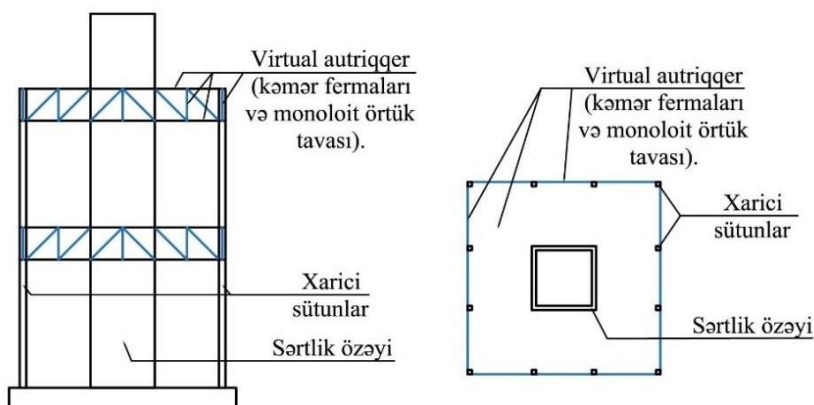
Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemində autriqer fermaları və ya tirləri öz müstəvilərində yerləşən sərtlik özək divarlarına və özəyin xaricində yerləşən sütunlara birləşir. Sərtlik özək divarı ilə eyni müstəvidə yerləşən xarici sütunları birbaşa əlaqələndirir. Sərtlik özəyinə və özəyin xaricindəki sütunlara birləşdirilmiş autriqer fermaları, sərtlik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkəki aşma momentinin bir hissəsini xarici sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir.

Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi və kəmərlərferma sistemində konvensiyal autriqer elementlərinin quruluşu dəyişməz qalır və əlavə olaraq kəmərlərfermaları verilir. Burada kəmərlərfermaları binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə bağlayır və aralıq sütunları binanın üfüqi yüklərə qarşı müqavimətinin təmin edilməsində fəaliyyətə cəlb edir (şək.2).



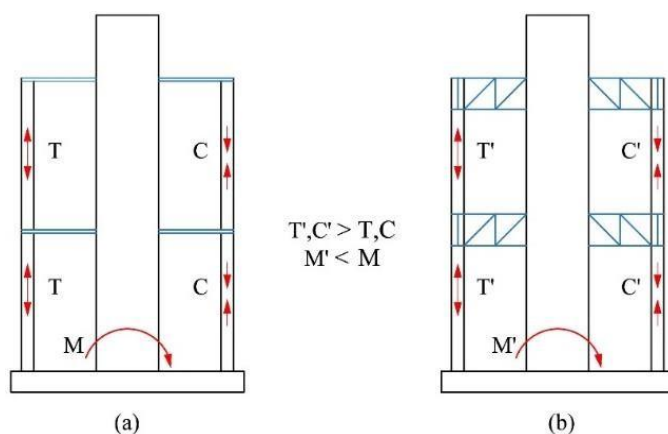
Şəkil 2. Konvensial (ənənəvi) outriqqer sistemi [4]

Virtual outriqqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momentinin xarici sütunlara ötürülməsi sərtlik özəyi ilə sütunlar arasında birbaşa əlaqə olmadan əldə edilir. Beləki virtual outriqqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momenti outriqqerin öz səviyyəsində yerləşən, sərtliyi artırılmış aşağı və yuxarı döşəmə tavaları (üfüqi diafraqmalar) vasitəsilə sərtlik özəyindən xarici sütunlara və kəmərlərinə şaquli qüvvə olaraq ötürülür. Burada kəmərlər binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə birləşdirir və döşəmə tavaları vasitəsilə kəmərlərinə ötürülən şaquli qüvvələri birləşdirərək xarici sütunlara paylayır (şəkil 3).



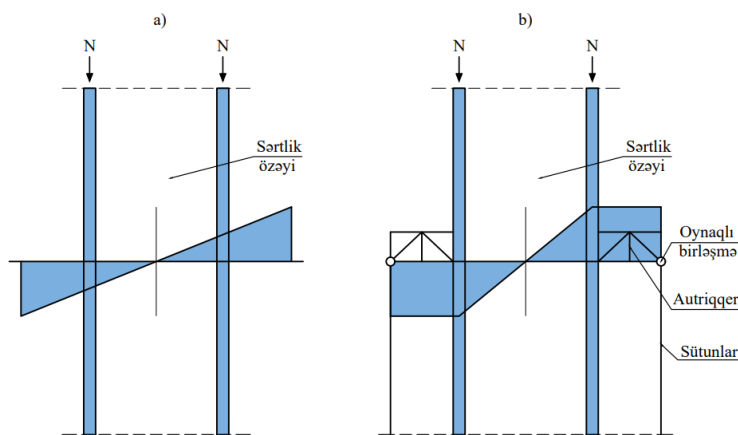
Şəkil 3. Virtual outriqqer (kəmərlər) sistemi [4]

Sistemin əsas struktur reaksiyası olduqca sadədir. Outriqqr, sərtlik özəyini xarici sütunlara birləşdirən sərt bir qol rolunu oynadığından, sərtlik özəyi outriqqer səviyyəsində üfüqi yüklərin təsiri altında yana əyilməyə çalışarkən xarici sütunlarda dartılma, sıxılma, gərginlik yaranır və momentin əksinə hərəkət edir. Outriqqr şəbəkəsi sərtlik özəyindəki qüvvələri outriqqerin uclarındakı əsas xarici sütunlara ötürür və kəmərləri vasitəsilə aralıq sütunlarında birləşdirərək strukturun birgə fəaliyyətini təmin edir (şəkil 4) [5].



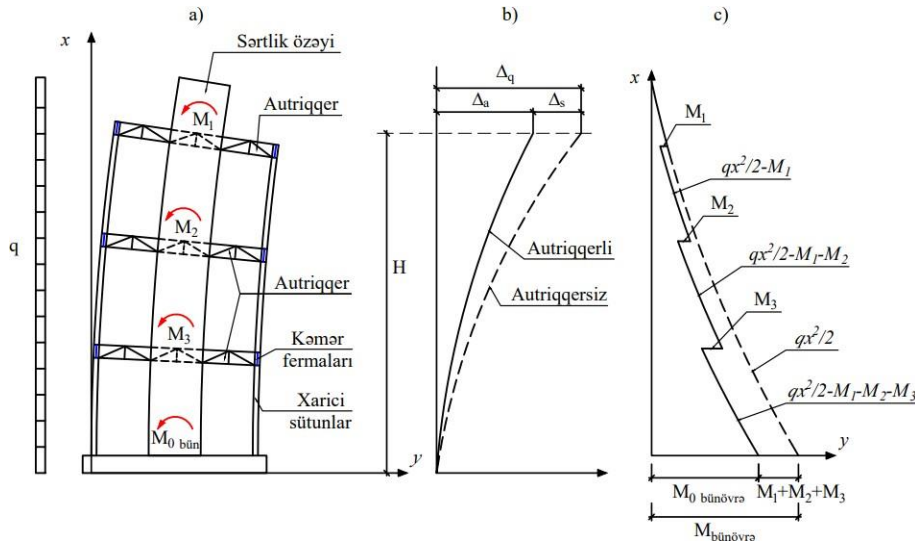
Şəkil 4. Adi sərtlik özəkli çərçivə sistemi (a) ilə autriqerli sərtlik özəkli sistemin (b) müqayisəsi [5]

Burada: T, T, C, C sütunlardakı qüvvələr, M, M isə bünövrə momentləridir. Autriqer elementləri hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin özəkətrafi konstruksiyalara paylanmasını təmin edir (şək.5).



Şəkil 5. a– Autriqer sistemi olmayan hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı; b - Autriqer sistemli hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı [5]

Sərtlik özəyi şaquli bir konsol kimi əyildikdə autriqer şəbəkəsi vasitəsilə üfüqi yüklərin təsir etdiyi səthdə yerləşən sütunlarda dartılma gərginliyinin artması və üfüqi yüklərin təsir etmədiyi səthdə yerləşən sütunlarda sıxılma gərginliyinin yaranması ilə dayanıqlılığın təmin edilməsində strukturun bütün üzvləri iştirak edir. Autriqer struktur sistemi birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir (şək.6).



**Şəkil 6.** a– autriqquer sistemli binanın ümumi sxemi; b- autriqquer sistemli və autriqquer sistemsiz binanın hərəkət diaqramı; c- autriqquer sistemli və autriqquer sistemsiz binanın hündürlüyü boyu moment diaqramı [5]

Autriqquerlərin  $M_1$ ,  $M_2$  və  $M_3$  məhdudlaşdırıcı momentlərini yaratmaq üçün kifayət qədər sərt olduğunu qəbul etsək, bünövrədəki  $M_{bünövrə}$  momenti azalacaq.

$$M_{bünövrə} = M_0 \text{ bünövrə} + M_1 + M_2 + M_3 \quad (1)$$

Düstur (1) aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$M_0 \text{ bünövrə} = M_{bünövrə} - \sum M_i \quad (2)$$

Burada:  $M_i$  autriqquerlərin  $i$  sayda məhdudlaşdırıcı momentləridir: [1,4,5].

Autriqquer sisteminin tətbiqi onların aşağıdakı üstünlüklərə malik olduğunu göstərmişdir: Araşdırmalar göstərir ki autriqquer sistemləri gücləndirilmiş polad çərçivəli sərtlik özəyi olan binalarda quraşdırma işləri daha asan başa gəlir. Buna baxmayaraq beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində yaradıla bilər.

Sərtlik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkdəki aşma momentinin bir hissəsini sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir. Autriqquer və kəmərlərinin birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir, sütun və bünövrə boyunca qaldırma qüvvələrinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına nail olunur.

Binalar, autriqquer və kəmərlərinin vasitəsilə sərtlik özəyi ətrafında xarici çərçivə, sərt çərçivəli əlaqələrə ehtiyac olmadan "sadə" tir və sütun çərçivəsindən ibarət ola bilər və nəticədə qənaət yaranır. Binalarda autriqquer və kəmərlərinin özək və boru sistemlərində əhəmiyyətli dərəcədə ağırlıq yükü daşıyan sütunları üfüqi yükə dayanıqlı sistemə səmərəli bir şəkildə daxil edərək əhəmiyyətli dərəcədə qənaətə gətirib çıxara bilər [5].

Autriqquer sisteminin tikinti praktikasında tətbiqinin aşağıdakı çatışmazlıqları vardır: Autriqquer sistemlərinin istifadəsindəki ən əhəmiyyətli çatışmazlıq, onların yerləşdiyi mərtəbələrdə istismar sahələrini məhdudlaşdırması və montaj prosesində ciddi əmək sərf olunmasıdır. Bu çatışmazlıqlar bəzi yanaşmalarla minimuma endirilə bilər. Sistemin texniki mərtəbələrlə eyni səviyyəyə uyğunlaşdıraraq verilməsilə. Təkrarlanan tikinti prosesi və konstruksiyaların ölçülərinin azalması nəticəsində tikinti prosesinin sürətlənməsilə.

Konvensial (ənənəvi) outriqquer sistemi istismar sahələrini məhdudlaşdırmasına və quraşdırılma prosesində ciddi əmək sərf olunmasına baxmayaraq çoxmərtəbəli hündür binaların sərtliyinin artırılmasında qarantili olduğu üçün öz mövqeyini qoruyub saxlamaqdadır [5].

#### Nəticə.

1. Autriqquer və kəmərlərinin polad, beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində yaradıla bilər.
2. Autriqquer və kəmərlərinin mərtəbələrinin sayı 40 mərtəbədən çox olan binalarda üfüqi yüklərə qarşı dayanıqlığın artırılmasında istifadə edilməsi məqsədəuyğundur.
4. Binanın yuxarı və orta sahəsində autriqquer və kəmərlərinin yerləşdirilməsi 60 mərtəbəyə qədər olan

binalar üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunur. Material sərfi və binanın üfüqi sərtliyinin artırılması baxımından sistemin səmərəliliyi 30% qiymətləndirilir.

5. Outriqer sistemini binanın hündürlüyü boyu texniki mərtəbələrdə yerləşdirmək məqsədəuyğun hesab olunur bu halda binanın funksional təyinatı pozulmur.

6. Araşdırmalar göstərir ki, outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilmiş bina modellərində rəqs müddəti outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərinə nəzərən daha kiçik olur. Beləki, outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərində rəqs müddətini azaltmaq üçün struktur elementlərinin en kəsiklərinin artırılması tələb olunur.

7. Outriqer və kəmərlər sistemi hündür binaların tikintisində ən çox inkişaf edən, aktiv və iqtisadi cəhətdən sərfəli sistemlərdən biridir.

### Ədəbiyyat

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость высотных зданий и сооружений. 175-182с. 2015
2. Ajinkya Prashant Gadkari, 2N. G. Gore. Review on Behaviour of Outrigger Structural System in High-Rise Building. IJEDR. Vol.4, Issue 2. ISSN: 2321-9939. 2016
3. N. G. Gore, Miss Purva Mhatre. Outrigger Structural System – A Review and Comparison of the Structural System. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). vol. 64 N1. October 2018
4. R. Shankar Nair, Belt Trusses and Basements as “Virtual” Outriggers for Tall Buildings. Engineering Journal. Fourth Quarter. 1998
5. Goman W.M. Ho. The evolution of outriggers system in tall
6. Buildings. Article in International Journal of High-Rise Building March. 2016

*Məqaləyə istinad: Əliyev V.M. Hündür binaların zəlzələyə davamlılığının təmin olunmasında outriqer və kəmərlər sistemlərinin səmərəliliyinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 97-102, N2, 2023*

*For citation: Aliyev V.M. Study of effectiveness of outrigger and belt systems in ensuring earthquake resistance of high buildings. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 97-102, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***