

ՆՈՐ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿ ՄԵՑՄԱՍԵԿՈՒՄԻՉ ՀԵՆԱՐԱՆԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

Արման Հայկի Մեսրոպյան

Ա. Նազարովի անվ. երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ, ք. Գյումրի, ՀՀ
mesropyanarman99@gmail.com

Ներկայացված են նոր սեյսմամեկուսիչ կինեմատիկ հենարան և տեսական մեթոդաբանություն այդ հենարանի հաշվարկային վերլուծության համար: Կատարվել է տեսական վերլուծության հիման վրա ստացված սեյսմամեկուսիչ հենարանի բաղկացուցիչ մասերի, որպես մեկ համակարգ թվային հաշվարկային վերլուծություն, և որոշվել է դրա կիրառման օպտիմալությունը: Բոլոր հաշվարկները կատարվել են ուղղաձիգ բեռնվածքի հաշվառմամբ, թվային վերլուծության համար կիրառելով վերջավոր տարրերի մեթոդը: Վերլուծության արդյունքում ստացված տվյալները վկայել են, որ սեյսմամեկուսիչ հենարանը պիտանի է դինամիկ բեռնվածքների ազդեցության հաշվառմամբ համապարփակ ուսումնասիրության համար: Խորհուրդ է տրվում դիտարկել մշակված հաշվարկային մոդելի կիրառելիությունը կառույցներում:

Բանալի բառեր. սեյսմամեկուսիչ հենարան, սեյսմիկ բեռնվածք, երկաթբետոն, վերջավոր տարրերի մեթոդ

Ներածություն

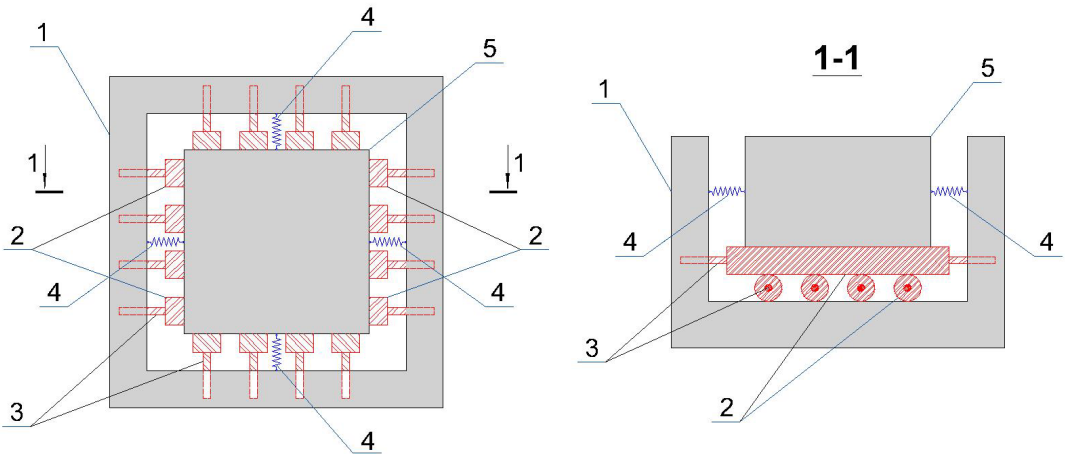
Ժամանակակից շինարարության մեջ մեծ տարածում ունի տարբեր տիպի սեյսմամեկուսացման մեթոդներով [1-8] կառույցների սեյսմաանվտանգության բարձրացումը, որի արդիակա- նությունը բացատրվում է երկրազնդի տարբեր հատվածներում տեղի ունեցող երկրաշարժերով և նոր երկրաշարժավտանգ օջախների բացահայտմամբ, որի հետևանքների մեղմման և այլ հիմ- նախնդիրների լուծման գործում սեյսմամեկուսիչ համակարգերն արդյունավետ են համարվում:

Հայաստանի Հանրապետության ողջ տարածքը գտնվում է բարձր սեյսմակտիվ գոտում, հաշվի առնելով այդ փաստը, անհրաժեշտ է նախագծել հուսալի և երկրաշարժադիմացկուն կա- ռույցներ, որոնց ամրության և կայունության ապահովումը համարվում է ժամանակակից շինա- րարության գլխավոր խնդիրներից մեկը: Կարևոր է համարվում նաև կառույցների տնտեսապես շահավետության ապահովումը: Առաջացած հարցերի լուծման ուղիներ կարող են հանդիսանալ գոյություն ունեցող սեյսմամեկուսիչ համակարգերի կիրառումը [1-3], ինչպես նաև նոր սեյսմա- մեկուսացման համակարգերի ստեղծումը և դրանց արդյունավետ ներառումը կրող համակար- գերում, որը տվյալ աշխատության հիմնական թեման է, մասնավորապես, ներկայացվում է նոր սեյսմամեկուսացման համակարգ, որը պատկանում է կինեմատիկ հենարանների դասին [1- 8]:

Այսպիսով, սեյսմամեկուսացման համակարգերի ստեղծումը և տեսական և թվային վերլուծությունների միջոցով դրանց կիրառելիության ապահովումն արդիական և կարևոր խնդիրներ են:

Նյութեր և մեթոդներ

Դիտարկված է կինեմատիկ սեյսմամեկուսիչ հենարան (նկ. 1), որը բաղկացած է՝ 1-երկաթբետոնե բաժակից, որի չափերը բխում են ներկառուցված համակարգի չափերից, 2-մետաղական հոծ կամ սնամեջ գլաններից, որոնք տեղադրվում են երկու հարթություններում հորիզոնական առանցքների նկատմամբ սեյսմամեկուսացում ապահովելու համար, 3-պողպատե հոծ գլաններից, որոնք խարսխվում են երկաթբետոնե բաժակի պատերում և ապահովում գլանների պտույտը սեփական ծանրության կենտրոնի նկատմամբ, 4-առաձգական սահմանափակիչից, որը սեղմման զսպանակ է և նախատեսված է հորիզոնական տեղափոխությունները սահմանափակելու և տատանողական համակարգը նախագծային դիրք վերադարձնելու համար, 5-կետային հիմքից, որի դերը տվյալ դեպքում ուղղահայաց կենտրոնացված կամ բաշխված բեռները սեյսմամեկուսիչ հենարանը կազմող տարրերի վրա վերաբաշխումն է: Փաստացի սեյսմամեկուսիչ հենարանը նախատեսված է կետային հիմքերի հետ ինտեգրվելու համար, որն իր հերթին որոշակիորեն սահմանափակում է դրա կիրառումը ճարտարապետական առանձնահատկություններ ունեցող և հատակագծում խիստ անկանոն շինություններում, սակայն բազմահարկերում կարող է հնարավորություն տալ արդյունավետ փոխարինել տնտեսապես ոչ շահավետ հոծ սալի տեսքով հիմքերին [8, 9], ինչպես նաև յուրաքանչյուր տիպի կառույցում ներառվելով՝ կրճատել ընդհանուր կրող համակարգի նյութածախսը:



Նկ. 1. Սեյսմամեկուսիչ համակարգի սխեման

Տվյալ աշխատության շրջանակներում իրականացվել է սեյսմամեկուսացման համակարգը կազմող տարրերի հարմարադասման և ընտրման մասին ընդհանուր ակնարկ, ինչպես նաև հաշվարկային վերլուծություն ոչ գծային դեֆորմատիվ մոդելով ստատիկ բեռնավորման պայմաններում, տվյալ սեյսմամեկուսացման համակարգի առանձնահատկությունները և հետագա դինամիկ ազդեցությունների հաշվառմամբ ուսումնասիրության ռացիոնալությունը պարզելու և

տվյալ սեյսմամեկուսիչ համակարգի համար մարման լոգարիթմական դեկրեմենտ սահմանելու նպատակով:

Կետային հիմքի ներքանի մակերեսի հաշվարկի համար կիրառվում է առանցքային կենտրոնական սեղմամբ աշխատող հիմքերի համար նախատեսված մեթոդաբանությունը [9-11] որոշակի ձևափոխմամբ՝

$$A_0 = N/R\alpha, \quad (1)$$

որտեղ N -ն ընդհանուր նորմալ ուժն է, R -ը՝ գրունտի հաշվարկային դիմադրությունը, A -ն՝ հուսալիության գործակից, որը հաշվի է առնում բեռնվածության մակարդակը և ընդունվում է

- $0 < N < 100$ տ, $\alpha = 1,00$,
- $100 < N < 150$ տ, $\alpha = 0,95$,
- $150 < N < 200$ տ, $\alpha = 0,90$:

Ավելի մեծ բեռնավորման պարագայում գործակիցը պետք է հաշվարկել միջարկման օգնությամբ: Տվյալ դեպքը դասական պատկերացմամբ չի համապատասխանում կետային հիմքի հաշվարկի մեթոդին, սակայն հաշվարկային վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ (1) հավասարումից օգտվելու պարագայում ստացվում են նույնական արդյունքներ, որոնք բավարարում են տվյալ դեպքում կետային հիմքի, որպես բաշխիչ տարր հանդես գալու հիմնական պահանջին, իսկ հիմքի բարձրությունը ստացվում է՝ ելնելով ճգմանցման հաշվարկի նորմատիվային տեսությունից [12]:

Գլանները տվյալ խնդրում ընդունվում են հոծ և հատակագծում դասավորվում են այնպես, որ յուրաքանչյուրի բեռնավորման մակերեսները լինեն հավասար, իսկ տրամագիծը որոշվում է, ելնելով Հերցի կոնտակտային տեսությունից և անուղղակի ամրանի բացակայության դեպքում տարրերի տեղական սեղմման հաշվարկից [9-11], ապահովելով որոշակի արդարացված պաշար և ավելի պարզ հավասարում՝

$$P_0 = 2N/\pi bL \leq \psi R_{b,loc}, \quad (2)$$

$$b = \sqrt{4NR/\pi LE}, \quad (3)$$

որտեղ N -ն ընդհանուր նորմալ ուժն է, R -ը՝ գլանի շառավիղը, L -ը՝ գլանի երկարությունը (կոնտակտի գոտում), E -ն՝ արդյունավետ էլաստիկ մոդուլ, b -ն կոնտակտի գոտու լայնությունը, $R_{b,loc}$ -ը սեղմող ուժի տեղական ազդման դեպքում բետոնի հաշվարկային դիմադրությունն է ըստ սեղմման, ψ -ն գործակից է, որն ընդունվում է հավասար 1,0 տրորման մակերեսով տեղական բեռնվածքի հավասարաչափ և 0,75՝ անհավասարաչափ բաշխման դեպքում:

(2) հավասարումից ստացվել է կոնտակտային գոտու լայնությունը և տեղադրվել (3)-ում, որտեղից էլ ստացվել է գլանների շառավղի որոշման բանաձևը՝

$$R = NE/\pi LR_{b,loc}^2 \psi^2: \quad (4)$$

Երկաթբետոնե բաժակի հատակի սալի հաշվարկը կատարվում է ինչպես առաձգական դեֆորմացող կիսատարածության վրա հոծ հիմքի հաշվարկը [9, 10, 13], իսկ ընդհանուր երկրա-

չափական չափերը բխում են կետային հիմքի չափերից և հարամարադասվում են, կախված բաժակից վերև գտնվող կոնստրուկցիաների առանձնահատկություններից:

Առաձգական սահմանափակիչների ընտրությունը կատարվում է այն տրամաբանությամբ, որ սահմանափակվեն սեյսմամեկուսիչի տեղափոխություններն այնպես, որ չխաթարվի կառույցի նորմալ շահագործումը: Սահմանափակիչի համար որպես սահմանային տեղափոխության արժեք կարող են ընդունվել տարբեր մեծություններ [14], կախված կառույցի առանձնահատկություններից, իսկ որպես սահմանափակիչ տարր նախատեսվում է կիրառել գսպանակ կամ ռետինամետաղե հենարան [3, 14]:

Ելնելով վերոնշյալ պայմաններից՝ տեսական եղանակով կատարվել է սեյսմամեկուսիչը կազմող տարրերի ստատիկ հաշվարկ և աղ. 1-ում ներկայացվել են արդյունքները: Հաշվարկներում որպես բեռնվածք (բացի սեփական քաշից) ընդունվել է կենտրոնացված ուղղաձիգ բեռ՝ $Q=2000$ կՆ, բետոն՝ B30 դասի (առաձգականության մոդուլը՝ 32500 ՄՊա) և պողպատ՝ BCՅ3ԿՊ2 դասի (առաձգականության մոդուլը՝ 210000 ՄՊա), հիմնատակ՝ ըստ սեյսմիկ հատկության II կարգի գրունտ (առաձգականության մոդուլը՝ 300 ՄՊա, Պուասոնի գործակիցը՝ 0,3, տեսակարար կշիռը՝ 18 կՆ/մ³), գրունտի հաշվարկային դիմադրությունն ընդունված է՝ $R=50$ Ն/մ² [11-13]: Քանի որ հաշվարկի բնույթը ստատիկ է, սահմանափակիչները տվյալ ինդրում դիտարկված չեն:

Աղյուսակ 1

Սեյսմամեկուսիչ համակարգի տարրերի երկրաչափական տվյալներ

Սնվանում	Հիմք		Գլաններ			Բաժակ	
	Մակերես, <i>մմ</i> ²	Բարձրություն, <i>մմ</i>	Շառավիղ, <i>մմ</i>	Քանակ	Երկարություն, <i>մմ</i>	Մակերեսը հաստակազծում, <i>մմ</i> ²	Հատակի սալի հաստություն, <i>մմ</i>
Տեսական մոդել	48400	60	300	3	2200	160000	500

Արդյունքներ և քննարկում

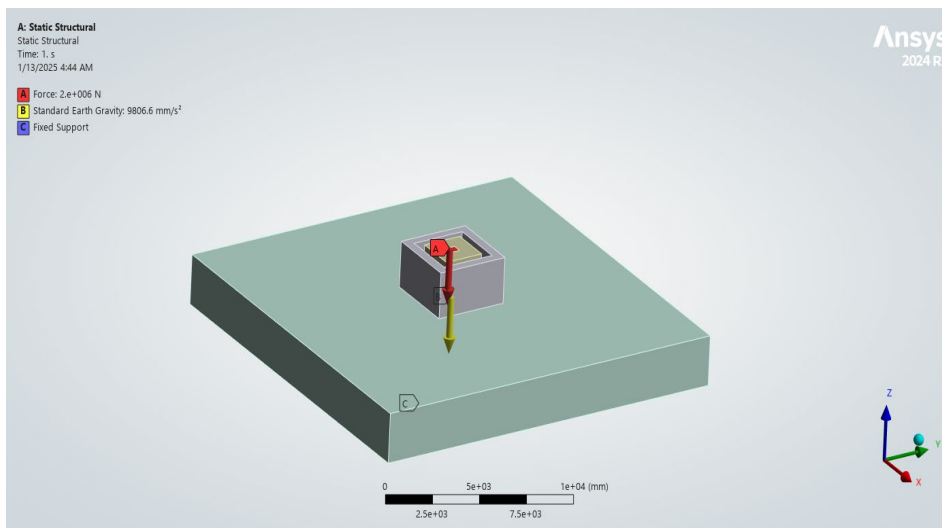
Դիտարկված հաշվարկի արդյունքների վերլուծությունից պարզ է դառնում, որ ստացվել են նույնական համամասնությամբ սեյսմամեկուսիչը կազմող տարրեր, որոնց որպես մեկ համակարգ աշխատելու առանձնահատկությունները հասկանալու, ինչպես նաև ստացվող լարումները և դեֆորմացիաները գնահատելու համար կատարվել է թվային վերլուծություն վերջավոր տարրերի մեթոդով, կիրառելով *Ansys* հաշվարկային ծրագրի *Mechanical Analysis* մոդուլը, հաշվի առնելով կիրառված տարրերի նյութի լարումների և դեֆորմացիաների կախվածության ոչ գծային բնույթն ըստ նորմատիվային փաստաթղթերում նախատեսված տրամագրերի [11, 12, 15]: Հիմնատակը մոդելավորվել է որպես մեկ շերտով տարածական գրունտային զանգված (նկ. 2), որի ստվարաշերտի հաստությունը թվապես հավասար է տվյալ պարամետրերով հիմնատակի բա-

ցարձակ սեղմման բարձրությանը [13, 16]: Ստորև ներկայացված են սեյսմա-մեկուսիչ հենարանի, վերջավոր տարրերի մեթոդով որպես մեկ համակարգ հաշվարկի արդյունքները [11-16] (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

Սեյսմամեկուսիչ հենարանը կազմող տարրերի լարվածադեֆորմացիոն փիճակը

Անվանում	Կետային հիմք			Գլաններ, վերին շարք		Գլաններ, ստորին շարք		Բաժակ		
	Լարումներ, ՄՊա	Հարաբերական դեֆորմացիա	Լարումներ, ՄՊա	Ճկվածք, մմ	Լարումներ, ՄՊա	Ճկվածք, մմ	Լարումներ, ՄՊա	Հարաբերական դեֆորմացիա	Լարումներ, ՄՊա	Հարաբերական դեֆորմացիա
Թվային մոդել	-6,02	1,90	9,34·10 ⁻⁵	23,60	0,049	-18,02	0,03	-1,16	1,44	4,28·10 ⁻⁵



Սկ. 2. Գրունտային զանգվածի վրա սեյսմամեկուսիչ համակարգի հաշվարկային սխեման

Աղ. 2-ում ցույց են տրված սեյսմամեկուսիչ հենարանի տարրերում լարումների և դեֆորմացիաների առավելագույն արժեքները, որի վերլուծությունից պարզ է դառնում, որ հաշվարկված տարրերը և դրանց պարամետրերը բավարարում են առաջադրված խնդրի պայմաններին:

Եզրակացություն

Դիտարկված տեսական հաշվարկային եղանակով ընտրված սեյսմամեկուսիչ հենարանի բաղադրիչ մասերի, որպես մեկ համակարգ հաշվարկային թվային վերլուծության մոդելում ստացվում է՝ կետային հիմքում 64,8 % թերլարում ըստ սեղմման և 34 % գերլարում ըստ ձգման, բաժակում 93,1% թերլարում ըստ սեղմման և 25% գերլարում ըստ ձգման: Գլաններում ստացված լարումները շատ անգամ ավելի փոքր են թույլատրելիից, իսկ ձկվածքները նույնպես չնչին են, որը չի կարող խոչընդոտել հորիզոնական դինամիկ բեռնվածքների ազդեցության հետևան-

քով դրանց պտտական շարժմանը: Հաշվի առնելով ստացված արդյունքները՝ կարելի է եզրակացնել, որ տվյալ սեյսմամեկուսացման համակարգը պիտանի է և ենթակա դինամիկական հաշվարկային վերլուծության շինարարության ոլորտում դրա կիրառելիությունն ապացուցելու համար, սակայն անհրաժեշտ է կատարել որոշակի փոփոխություններ սեյսմամեկուսիչ հենարանը տնտեսապես էլ ավելի նպատակահարմար դարձնելու համար:

Գրականության ցանկ

- [1] **М.А. Выскребенцева, Ву Ле Куен**, Методы сейсмогашения и сейсмоизоляции с применением специальных устройств, Инженерный Вестник Дона 1 (2019) 20 с.
- [2] **Ю.Д. Черепинский**, Сейсмоизоляция зданий. Строительство на кинематических опорах: Сборник статей, Blue Apple, Москва, 2009, 47 с.
- [3] **А.М. Уздин, С.В. Елизаров, Т.А. Белаш**, Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений: учеб. пособие, ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Москва, 2012, 501 с.
- [4] **В.П. Легеза**, Динамика виброзащитных систем с роликовым гасителем низкочастотных колебаний, Проблемы прочности 2 (2004) 106-118 В.
- [5] **В.П. Легеза**, Эффективность виброзащитной системы с изохронным роликовым гасителем, Изв. РАН. Механика твердого тела 2 (2013) 65-76.
- [6] **Г.А. Джинчвелашвили, О.В. Мкртычев**, Эффективность применения сейсмоизолирующих опор при строительстве зданий и сооружений, Транспортное строительство 9(2003) 15-19.
- [7] **В.П. Легеза**, Динамика виброзащитных систем с шаровым гасителем низкочастотных колебаний, Проблемы прочности 3 (2004) 83–94.
- [8] **Г.В. Воронцов, С.И. Евтушенко**, К задаче математического моделирования гасителей колебаний высотных сооружений, Вестник МГСУ 1 (2009) 127–131.
- [9] **Н. Байков, Э. Е. Сигалов**, Железобетонные конструкции, Стройиздат, Москва, 1991, 767 с.
- [10] **В.М. Бондаренко, Д.Г. Суворкин**, Железобетонные и каменные конструкции, Рипол Классик, 1987.
- [11] **ՀՀՇՆ 52-01-2021**. Բետոնե և երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներ. շինարարական նորմեր, Երևան 2021, 213 էջ:
- [12] **ՀՀՇՆ 53-01-2021**. Պողպատե կոնստրուկցիաներ. շինարարական նորմեր, Երևան 2021, 202 էջ:
- [13] **ՀՀՇՆ IV-10.01.01-2006**. Շենքերի և կառուցվածքների հիմնատակեր. շինարարական նորմեր 2006, 64 էջ:
- [14] **ГОСТ Р 57364-2016**. Устройства антисейсмические. Правила проектирования, Москва, 2017, 132 с.
- [15] **Н. Hertz**, Über die berührung fester elastischer Körper, Journal für die reine und angewandte Mathematik 92 (1881) 156-171.
- [16] **D.M. Practical**, Finite Element Analysis for Mechanical Engineers, FEA Academy, 2020, 639 p.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОПОРЫ

Арман Айкич Месропян

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени А. Назарова, г. Гюмри, РА
mesropyanarman99@gmail.com*

Представлены новая сейсмоизолирующая кинематическая опора и аналитическая база для расчетного анализа этой опоры. На основе аналитического анализа был проведен численный расчетный анализ составных частей сейсмоизоляционной опоры, полученной в виде единой системы, и определена оптимальность ее применения. Все расчеты были выполнены с учетом вертикальной нагрузки с использованием метода конечных элементов для численного анализа. Данные, полученные в результате анализа, подтвердили, что сейсмоизоляционная опора подходит для всестороннего исследования с учетом воздействия динамических нагрузок. Рекомендуется учитывать применимость разработанной расчётной модели в сооружениях.

Ключевые слова: сейсмоизоляционная опора, сейсмическая нагрузка, железобетон, метод конечных элементов

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTING A NEW KINEMATIC SEISMIC ISOLATION BEARING

Arman Mesropyan

*Institute of geophysics and engineering seismology after A. Nazarov, Gyumri, RA
mesropyanarman99@gmail.com*

A new seismic isolation kinematic support is presented along with an analytical framework for its computing analysis. Based on the analytical study, a numerical evaluation of the seismic isolation bearing's components as a unified system has been conducted to determine its optimal application. All calculations were performed considering vertical loads, utilizing the finite element method for the numerical analysis. The data obtained from the analysis indicate that the seismic isolation bearing is suitable for a comprehensive dynamic load impact study. It is recommended to consider the applicability of the developed calculation model in structures.

Keywords: seismic isolation bearing, seismic load, reinforced concrete, finite element method

Մեքրոպյան Արման Հայկի (ՀՀ, ք. Երևան) - ԵԻՄԲ, «Մեյսմալիայուն շինարարության և ինժեներային սեյսմոլոգիայի ինստիտուտ» բաժին, հայցորդ, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Месропян Арман Айкич (РА, г. Ереван)- ИГИС, отдел Сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии, соискатель, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Mesropyan Arman (RA, Yerevan) - IGES, Department of Earthquake-Resistant Construction and Engineering Seismology, applicant, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 10.01.2025թ.

Գրախնամվել է՝ 03.02.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2025թ.