

**ՈՒԺԵՂ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՀԱԿԱԶԴՄԱՆ ՄԻՋԻՆ ՄՊԵԿՏՐՆԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԷՄՊԻՐԻԿ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

Գրիգորյան Վ. Գ.

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ
3115, ՀՀ ք.Գյումրի, Վ. Սարգսյան փ. 5
E-mail: g.vanand@rambler.ru
Հանձնված է խմբագրություն 08.07.2020*

Նախկինում մեր կողմից ստացած հակազդման սպեկտրի և ուժեղ երկրաշարժերի օջախային պարամետրերի միջև կորելացիոն հավասարումները թույլ են տվել կառուցել ազդեցությունների միջին (ստանդարտ) սպեկտրներ մագնիտուդների և էպիկենտրոնային հեռավորությունների տիրույթների տրված արժեքների համար:

Ստացված [RA] միջին սպեկտրները կարելի է դիտարկել, որպես սեյսմիկ ազդեցությունների նախնական հաշվարկային մոդելներ: Հետագայում իրականացնելով հնարավոր ճշգրտումներ, ելնելով տարածքային առանձնահատկություններից, վերջիններս հնարավոր կլինի օգտագործել, որպես սպասվող սեյսմիկ ազդեցությունների բազային մոդելներ՝ անմիջական օգտագործման համար:

Հանգուցային բառեր. հակազդման սպեկտր, արքսելերոգրամա, դինամիկության գործակից, մագնիտուդա, էպիկենտրոնային հեռավորություն, էմպիրիկ հավասարումներ, ստանդարտ շեղում:

Ներածություն

Սեյսմիկ վտանգի դեմ պայքարը ենթադրում է, առաջին հերթին սպասվող ազդեցությունների պարամետրերի կանխագնահատում՝ արտահայտված կիրառական տեսակետից առավել հարմար և, որ ամենակարևորն է, իրատեսական այս կամ այն չափորոշիչների միջոցով:

Այդ գնահատումները թույլ են տալիս վարել համապատասխան ռազմավարություն ՀՀ-ում սեյսմիկ անվտանգության համակարգի զարգացման հայեցակարգով նախատեսված պետական կարևոր ծրագրի իրականացման գործում՝ նպաստելով սեյսմիկ ռիսկի գնահատման և նվազեցման հիմնախնդրի իրականացմանը, ինչպես նաև հակասեյսմիկ շինարարությանը նպատակաուղղված նորմատիվային փաստաթղթերի համակարգի ստեղծմանը:

Պետք է նշել, որ ներկայումս ինժեներային սեյսմաբանության զարգացման արդի իրավիճակը, ինչպես ամենուրեք, այնպես էլ մեր հան-

րապետությունում դեռևս լիարժեք չի համապատասխանում առաջադրվող պահանջներին:

Այդ պահանջների կարևոր տարրեր պարունակող մի շարք գործոններ դեռևս կարիք ունեն խիստ վերանայման, լրացման և կատարելագործման:

Առաջինը, և ամենակարևորը, դա գործիքային գրանցումների խիստ պակասն է: Միարժեք չեն սեյսմիկ վտանգի ներկայացման (քարտեզագրման) մոտեցումները, ինչպես մեթոդական, այնպես էլ վտանգի արտահայտման չափորոշիչների ընտրության տեսանկյուններից և այլն:

Սույն հոդվածում դիտարկվում է հաշվարկային (ստանդարտ) հակազդման սպեկտրների գնահատման մեթոդիկա՝ հիմնված ուժեղ երկրաշարժերի աքսելերոգրամաների սեյսմովիճակագրական վերլուծության վրա:

Հետազոտման մեթոդները և արդյունքները: Սեյսմակայուն շինարարության նորմերում՝ այդ թվում ՀՀՇՆ II.6.02.2006-ում շենքերի և կառույցների սեյսմակայունության հաշվարկների համար անհրաժեշտ սեյսմոլոգիական ինֆորմացիան ներկայացված է A գործակցով, որը իրենից ներկայացնում է գրունտների սպասվող a_{max} արագացումների ամպլիտուդաների մակարդակը՝ արտահայտված (g) -ի մասերով և կոնստրուկցիաների հակազդեցությունը բնութագրող $\beta(T)$ դինամիկության գործակցով (ՀՀՇՆ II-6.02, 2006): Այս երկու գործակիցների արտադրյալը համարժեք է հակազդման $[RA]$ սպեկտրին.

$$[RA] = A \cdot \beta(T) \quad (1),$$

կամ ինչպես բերված է (Хачиян, 2008)-ում այն կարելի է ներկայացնել նաև հետևյալ ձևով՝

$$\beta(T) = \frac{\left[\frac{2\pi}{T} \int_0^t e^{\frac{n}{T}(t-\xi)} u_0(\xi) \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) d\xi \right]_{max}}{u_{0max}} \quad (2)$$

Այսինքն, տվյալ պարագայում խնդիրը հանգում է առկա տվյալների (ավելի կոնկրետ՝ գրանցված ուժեղ երկրաշարժերի աքսելերոգրամաների) հիման վրա սեյսմոլոգիական և գրունտային պայմանների համար հակազդումների միջին $[RA]$ կորերի գնահատմանը:

Տարածքային տվյալների սակավության (կամ գրեթե լրիվ բացակայության) պարագայում այդ գնահատումները արվում են տվյալների որոշակի ընտրախմբի հիման վրա, որոնք իրենց բնութագրերով մոտ են տվյալ տեղանքում սպասվող երկրաշարժերի պարամետրերին:

Ստորև բերվող հետազոտությունների նախադրյալ են հանդիսացել մեր կողմից նախկինում ստացված վիճակագրորեն հիմնավորված էմպիրիկ հավասարումները երկրաշարժի հակազդման սպեկտրի և մագնիտուդի ու էպիկենտրոնային հեռավորությունների միջև վերջիններիս համապատասխանաբար $M=4.3 \div 7.7$ $R=10 \div 120$ կմ տիրույթների

համար (Григорян, 1983, 1989): Միևնույն ժամանակ հաշվարկային հա-
կադրման սպեկտրները ստանդարտ մոդելների տեսքով ներկայաց-
նելու մոտեցումը դիտարկվում է առաջին անգամ:

Ամբողջ ելակետային սեյսմոլոգիական նյութը վերագրվում է մեկ
սեյսմոտեկտոնական տարածքի՝ ԱՄՆ-ի արևմտյան մասին: Այն ընդ-
գրկում է երկրաշարժերի մոտ 150 արսելերոգրամա:

Նման ընտրությունը թույլ է տվել արդյունքում ստանալ համե-
մատաբար կայուն գնահատումներ: Երկրաշարժերի առաջացման մե-
խանիզմների տիպերը դիտարկելիս որոշակի վերապահումով ապա-
հովել ենք սեյսմոտեկտոնական համարժեքության սկզբունքը՝ նկատի
ունենալով, որ վերջիններս (առավելապես վերնետք-կողաշարժ տիպի)
որոշակի չափով բնութագրական են նաև մեր տարածաշրջանի հա-
մար: Դիտարկվող բոլոր երկրաշարժերի խորությունները գտնվում են
5÷20կմ-ի սահմաններում: Հետազոտության այս փուլում գրունտների
տարակարգում չի կատարվել:

Հակադրման [RA] (Response Acceleration) սպեկտրների կախվածու-
թյունը մագնիտուդից նկարագրվում է հետևյալ կորելացիոն կապով՝

$$[RA] = [RA]_0 \cdot 10^{\bar{b} \cdot M} \quad (3),$$

որտեղ $\bar{b}$ -ն ամբողջ սպեկտրով միջինացված գործակից է, իսկ $[RA]_0$
ըստ $\bar{b}$ -ի $[RA]_0$ -ների նորմավորված արժեքներ են:

Բանաձև (3)-ում $\bar{b}$ գործակիցները համապատասխանաբար երեք
ընտրախմբերի համար ունեն հետևյալ արժեքները.

$R \leq 15$ կմ-ի դեպքում՝ $\bar{b} = 0.21$,

$R = 15 \div 60$ կմ գոտու համար. $\bar{b} = 0.25$, երբ $T \leq 0.6$ վրկ և $\bar{b} = 0.29$, երբ
 $T > 0.6$ վրկ,

$R > 60$ կմ-ի դեպքում՝ $\bar{b} = 0.104$, երբ $T \leq 0.6$ վրկ և $\bar{b} = 0.29$, երբ $T >$
 0.6 վրկ.

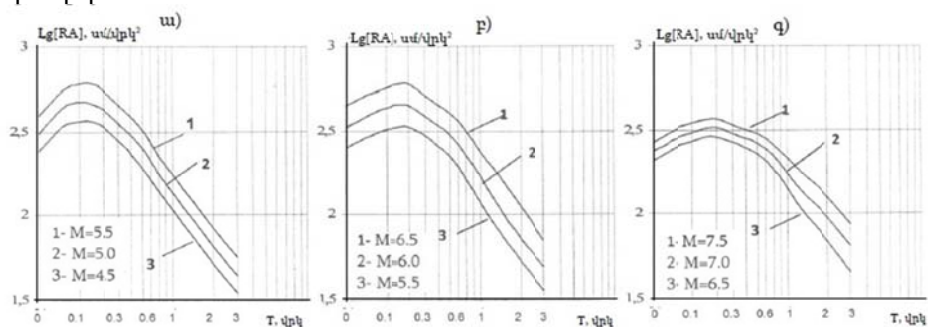
[RA]-ի նորմավորված արժեքները մարման 8% դեպքի համար
բերված են թիվ 1 աղյուսակում:

Աղյուսակ 1

$[RA]_0$ նորմավորված արժեքները (սմ/վրկ²) հեռավորությունների երեք
տիրույթների համար

$\begin{matrix} T \text{ վրկ} \\ R, \text{ կմ} \end{matrix}$	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
≤ 15	27.42	39.17	39.26	41.21	38.37	30.34	19.10	15.70	11.67	8.49	5.81	3.95
$16 \div 60$	10.62	12.50	13.65	13.84	14.16	12.16	9.51	3.82	2.88	1.67	1.22	0.96
> 60	43.55	52.60	56.62	59.57	60.12	53.83	47.53	1.77	1.58	0.95	0.77	0.51

Նշենք, որ սեյսմովիճակագրական վերլուծության ժամանակ յուրաքանչյուր երկրաշարժի պարամետր վերցվել է միննույն $\ll \text{քաշով} \gg$, ցրումը հաշվարկելիս չեն գնահատվել մագնիտուդի և հեռավորությունների արժեքների հնարավոր շեղումները: Մագնիտուդների արժեքները բերված են ըստ սկզբնաղբյուրների, որոնք հիմնականում մակերևութային ալիքների միջոցով գնահատված M_L տիպի մագնիտուդներն են: Դիտարկված են գրունտի տատանումների բացառապես մաքսիմալ հորիզոնական բաղադրիչները: Հակազդման արժեքների ստանդարտ շեղման $\sigma(\lg[RA])$ մեծությունները բոլոր ընտրախմբերի համար գրեթե հավասար են և կազմում են միջինը 0.37 լոգարիթմական միավոր:



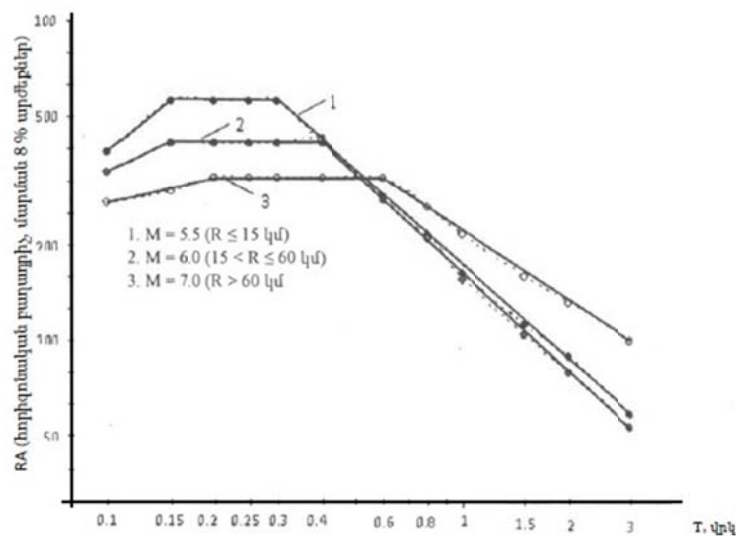
Նկ.1(ա,բ,գ). Հակազդման $[RA]$ միջին սպեկտրները երկրաշարժերի մագնիտուդների տարբեր արժեքների և հեռավորությունների երեք տիրույթների համար ա) $R \leq 15$ կմ, բ) $15 \leq 60$ կմ, գ) $R > 60$ կմ (մարումը 8%):

Նկ.1 (ա,բ,գ) բերված են հաշվարկային հակազդման ասպեկտրների տեսքերը էպիկենտրոնային երեք տիրույթների և մագնիտուդների տարբեր արժեքների համար:

Ելնելով հաշվարկային ասպեկտրների գործնական կիրառության տեսանկյունից հարմար լինելու անհրաժեշտությունից և այն հանգամանքից, որ $[RA]$ -ի արժեքները իրենց առավելագույն մասում բավականին մոտ են, վերջիններս միջինացվել են և ներկայացված են հորիզոնական հատվածներով:

Նման ձևով կառուցված հակազդման միջին կորերի տեսքերը երկրաշարժերի մագնիտուդների $M=5.5$, 6.0 և 7.0 արժեքների և հեռավորությունների $R \leq 15$, $15 \div 60$ և $R > 60$ կմ տիրույթների համար բերված են գծանկար 2-ում:

Մեյսմոլոգիական պարամետրերից կախված վերջիններս բնութագրվում են նրանով, որ մոտակա գոտու համար սպեկտրի առավելագույն արժեքները (հորիզոնական մաս) համեմատաբար նեղ են, իսկ աջ մասում նրա անկումը համեմատաբար կտրուկ:



Նկ.2. Հաշվարկային ստանդարտ [RA] սպեկտրները մագնիտոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար (մարումը 8%):

Մեծ հեռավորությունների դեպքում սպեկտրի ընդհանուր տեսքը ավելի հարթ է, հորիզոնական մասը բավականին լայն (T -ն մինչև $0.6 \div 0.7$ վրկ.), իսկ աջ մասի անկումը զգալի դանդաղ է: Մագնիտոդների արժեքներից կախված վերջիններիս մակարդակը աճում է, իսկ հորիզոնական մասը դառնում է ավելի լայն՝ M -երի աճմանը զուգընթաց:

Ինչպես նշեցինք վերևում հակազդման միջին սպեկտրների գնահատման ժամանակ այս փուլում մենք գրունտների կատեգորիաների որոշակի տարակարգում չենք իրականացրել, ընդհանուր առմամբ օգտագործված գրանցումները առավելապես իրականացվել են II-III կատեգորիայի գրունտների վրա:

Տարբեր գրունտների վրա գրանցված արսելերոգրամաների սպեկտրների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ վերջիններս ունեն բնութագրական տարբերություններ:

Այսպես, մեր կողմից նախկինում կատարված նման հետազոտությունները ցույց են տվել, որ կոշտ գրունտների վրա գերակշռող պարբերությունները գտնվում են $0.1 \div 0.3$ վրկ. տիրույթում, իսկ փափուկ գրունտների վրա 0.4 վրկ. և ավելի տիրույթում (Григорян, 1987):

Սպեկտրների նույն բնութագրական առանձնահատկությունները նշվում են նաև (Хачиян, 2008)-ում, որտեղ բերված են տարբեր երկրաբանական կտրվածքներ ունեցող տեղամասերում գրանցված արսելերոգրամաների նորմավորված (RA)-երը:

Հակազդման հաշվարկային (միջին) սպեկտրների գնահատումներ իրականացվել են մի շարք մասնագետների կողմից ևս: Այսպես (Штейнберг, 1986, 1990) բերվում են ստանդարտ սպեկտրների կառուցման մեթոդական մոտեցումներ երկրաշարժերի մագնիտոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար:

Մասնավորապես, (Штейнберг, 1986)-ում բերված հակազդման սպեկտրները գնահատվել են մագնիստոդների 4÷8 և հեռավորությունների 0÷20 և 20÷40կմ արժեքների համար:

Հակազդման միջին սպեկտրներ ուժեղ երկրաշարժերի մագնիստոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար բերված են նաև (Anderson, Trifunac, 1977; Johnson, 1980; Katayama, Iwasaki, 1977; Seed, Ugas, 1976 և այլն):

Աղյուսակ 2

Հակազդման միջին սպեկտրների արժեքները՝ սմ/վրկ². P
հավանականությունների 90% (վերին) և 50% (ներքին) արժեքների համար
(մարումը՝ 8%)

M	R, կմ	Tվրկ ² P	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
5	≤15	90%	405.5	579.4	582.1	609.5	567.5	448.7	282.5	232.3	172.6	125.6	85.9	58.5
		50%	274.2	391.7	393.6	412.1	383.7	303.4	191	157	116.7	84.9	58.1	39.5
6	16÷60	90%	435.5	512.9	559.8	567.5	580.8	498.9	389.9	291.7	219.8	127.4	93.3	73.3
		50%	301.3	354.8	387.3	392.6	401.8	345.1	269.8	201.8	152.1	88.1	64.6	50.7
7	>60	90%	296.5	358.1	385.5	405.5	409.3	366.4	323.6	278.6	249.5	149.3	121.9	80.9
		50%	215.8	260.6	280.5	295.1	297.9	266.7	235.5	202.8	181.6	108.6	88.7	58.9

Ինչ առավելություն ունեն մեր կողմից ստացված հակազդումների միջին սպեկտրները, որոնց համար հաշվարկված են P հավանականային սահմանները համապատասխանաբար 90% (վերին) և 50% (ներքին) մակարդակների համար (աղ.2):

Ի տարբերություն վերևում նկարագրված և գոյություն ունեցող մի շարք մեթոդների, մեր կողմից առաջարկվող մեթոդը թույլ է տալիս վերջիններս գնահատել կորելացիոն $[RA] = f(M, R)$ կապերի միջոցով: Տվյալ պարագայում $[RA]$ -ի արժեքները կարելի է ստանալ հաճախությունների համեմատաբար լայն տիրույթի ցանկացած տրված արժեքի համար:

Եզրակացություն

Տարածքների սեյսմիկ վտանգի գնահատման գործընթացներում ներկայումս կարևոր և պարտադիր նախապայմաններից մեկը գրունտների տատանումների քանակական չափորոշիչների (արագացում, արագություն, տեղափոխություն և այլն) կանխագնահատումն է:

Ուժեղ երկրաշարժերի գործիքային գրանցումների սակավության պայմաններում նման գնահատումները հաճախ իրականացվում են այլ սեյսմոակտիվ ռեգիոններում գրանցված երկրաշարժերի գործիքային գրանցումների հիման վրա՝ հնարավորինս պահպանելով սեյսմոտեկտոնական համարժեքության սկզբունքը: Կոնկրետ դեպքում հիմնականում օգտագործվել են ԱՄՆ-ի արևմուտքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի գրանցումները (աքսելերոգրամները):

Սեյսմոփիզիկազրական վերլուծության արդյունքում մեր կողմից նախկինում ստացված կորելյացիոն հավասարումները՝ հակազդեցության [RA] սպեկտրների և օջախային պարամետրերի միջև, թույլ են տվել կառուցել հակազդման միջին (ստանդարտ) սպեկտրներ տրված ցանկացած մագնիտուդների և հեռավորությունների տիրույթների համար:

Գնահատված միջին սպեկտրները կարելի է դիտարկել որպես սեյսմիկ ազդեցությունների հաշվարկային մոդելներ: Վերջիններս թույլ կտան ՀՀ շինարարական նորմերում կիրառել առավել իրատեսական, տարածքային դինամիկության կորեր:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Սեյսմալոգիայի շինարարություն: Նախագծման նորմեր: 2006. ՀՀՇՆ II-6.02. 62էջ:

Григорян В. Г. 1983. Зависимость спектра реакции от магнитуды и эпицентрального расстояния сильного землетрясения. Изд. АН АрмССР, Науки о Земле, том 34, 1, Ереван, с.57-62.

Григорян В. Г. 1987. Определение спектрального графика в зависимости от сейсмологических условий с учетом категорий грунтов. ЦНИИСК, Стро-во в особых условиях. Сейсмостойкое стр-во. Вып. 6, Москва, с.16-18.

Григорян В. Г. 1989. Задания спектральных графиков с учетом ожидаемых магнитуд и расстояний. В сб. “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 30. Москва, Наука, с.36-41.

Хачиян Э. 2008. “Прикладная сейсмология”, Изд. “Титутюн” НАН РА Ереван, 491с.

Штейнберг В. В. 1986. Параметры колебаний грунтов при сильных землетрясениях. В сб. “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 27. Москва, Наука, с.7-22.

Штейнберг В. В. 1990. Колебания грунта при землетрясениях “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 31. Москва, Наука, с.47-67.

Anderson J., Trifunac M. 1977. On uniform risk functionals which describe strong earthquake ground motion: definition, numerical estimation and an application to the Fourier amplitude of acceleration: Rep. NCE 77-02. Los-Angeles: Univ. S. Cal.. 176p.

Johnson J. 1980. Spectral characteristics of near source strong ground motion // Proc. VII world conf. earthquake Eng. Morkey, vol. 2, p.131-134.

Seed M., Ugas C., Lysmer J. 1976. Site dependent spectra for earthquake resistant design //Bull. Seismol. Soc. Amer. v. 66, 1, p.221-243

Katayama T., Iwasaki T., Saeki M. 1977. Prediction of acceleration response spectra for given earthquake magnitude, epicentral distance and site conditions // Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ. 11, p.96-105.

**ОЦЕНКА СРЕДНИХ СПЕКТРОВ РЕАКЦИИ СИЛЬНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
НА ОСНОВЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Григорян Г. В.

Резюме

Полученные нами ранее корреляционные уравнения между спектрами реакции и очаговыми параметрами сильных землетрясений позволили построить средние (стандартные) спектры воздействий для заданных значений магнитуд и диапазонов эпицентральных расстояний.

Полученные средние (стандартные) спектры [RA] можно рассматривать как предварительные расчетные модели сейсмических воздействий. Произведя в дальнейшем возможные уточнения и исправления, исходя из региональных особенностей, станет возможным использовать последние в качестве базовых моделей ожидаемых сейсмических воздействий для непосредственного использования.

**ESTIMATION OF THE AVERAGE RESPONSE ON SPECTRA OF
STRONG EARTHQUAKES BASED ON EMPIRICAL DATA**

Grigoryan V.G.

Abstract

The previously obtained correlation equations between the response spectra and the focal parameters of strong earthquakes made it possible to construct the average (standard) spectra of impacts for the given values of magnitudes and ranges of epicentral distances.

The obtained average (standard) spectra [RA] can be considered preliminary design models of seismic event. Having made further possible refinements and corrections based on regional characteristics, it will be possible to use the latter as basic models of expected seismic impacts for direct use.