



UDC: 624.131

СЕЙСМИК ТЎЛҚИН ЙЎНАЛИШИНИНГ МУВОЗАНАТ ТЕЗЛАНИШИГА ТАЪСИРИ

Расулов Хаят Заирович,
техника фанлари доктори,
профессор;
e-mail: hayat1941@mail.ru.;
ORCID: 0000-0003-4739-6615

Бабажанов Мансурбек Бекдурдиевич,
докторант,
e-mail: mansur.babajanov@gmail.com;
ORCID: 0000-0001-6425-8076

Тошкент архитектура қурилиш институти

***Аннотация.** Мақолада муаллифларнинг сейсмик тўлқин йўналишини иншоот заминидagi грунт турғунлигига таъсирини тадқиқотлашга оид назарий изланишларининг натижаси ёритилган. Тўлқин йўналиши билан грунтнинг мувозанат тезланиши орасидаги боғлиқлик грунтнинг физик ва механик хоссалари ва намлик ҳолати асосида таҳлиланиши натижасида лойиҳачилар фойдаланиши учун қўлай бўлган якуний ифода таклиф этилган. Унинг ёрдамида тебранаётган грунт қатлами қаъридаги исталган нуқтада жойлашган зарранинг силжishiга қарши мувозанат ҳолатини аниқлаш мумкин. Шу билан бирга таклиф этилган ифода тебранаётган зич ҳолатдаги грунт қатламининг мувозанат ҳолатини умумий шаклда акс эттиради. Ундан грунтнинг мувозанат тезланиши зарралараро ишқаланиши кучидан таиқари грунт зичлигига боғлиқ бўлган боғланиш кучи ва қатламга таъсир этувчи иншоотдан тушаётган босим таъсирини ҳам кузатиши мумкин. Таклиф этилган ифодага асосан грунтларнинг сейсмик таъсирга нисбатан турғунлиги (мувозанат тезланиши) умумий ҳолатда уларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари кўпайиши билан ортиб, қатлам қалинлашган сари камаяди. Шу билан бирга сейсмик таъсир бурчагининг ортиши ҳам мувозанат тезланиши миқдорининг кўпайишига олиб келади. Мақолада таклиф этилган ифоданинг амалиётда қўлланилиши аниқ мисолда ўз тасдиғини топган.*

***Калит сўзлар:** грунт, қум, сейсмик тўлқин, мувозанат тезланиши, ички ишқаланиши бурчаги, боғланиш кучи, грунт зичлиги, инерция ҳолати, ярим фазо, уринма зўриқиши.*

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НА КРИТИЧЕСКОЕ УСКОРЕНИЕ ГРУНТА

Расулов Хаят Заирович,
доктор технических наук,
профессор;

Бабажанов Мансурбек Бекдурдиевич,
докторант

Ташкентский архитектурно-строительный институт



Аннотация. В статье излагаются теоретические изыскания авторов по вопросу влияния направлений сейсмических волн на устойчивость грунтов оснований сооружений. В результате исследования взаимодействия направлений волн и критического ускорения грунта с учетом физико-механических свойств и состояния влажности породы предложена формула, удобная для проектировщиков и строителей. С ее помощью можно определить устойчивое состояние частицы грунта против сдвига, находящейся в любой точке грунтового массива. Вместе с тем предложенная формула также позволяет в общем виде оценить условия предельного состояния колеблющейся грунтовой толщи. В соответствии с ней можно проследить зависимость критического ускорения грунта, кроме сил трения между частицами, и от сил сцепления и давления от нагрузки, действующих на грунт. При этом сейсмическая устойчивость толщи в общем случае возрастает с увеличением прочности грунта и уменьшается по мере увеличения грунтовой толщи. В качестве подтверждения этого в работе показан пример решения конкретной задачи.

Ключевые слова: грунт, песок, сейсмическая волна, равновесное ускорение, угол внутреннего трения, сила сцепления, плотность грунта, сила инерции, полупространство, касательное напряжение.

THE IMPACTS OF DIRECTION OF THE SEISMIC WAVE TO CRITICAL ACCELERATION

Rasulov Khayat Zairovich,
Doctor of Technical Science,
Professor;

Babajanov Mansurbek Bekdurdievich,
Doctoral student

Tashkent Institute of Architecture and Civil Construction

Abstract. The article presents the theoretical research of the authors, into the impacts of directions of seismic waves on the stability of the soil base structures. The study into the interaction of wave directions and critical acceleration of the soil, at an account of physical and mechanical properties and levels of moisture of the soil, has proposed a formula that is believed to be good for designers and builders. It can be used to determine the stable state of a soil particle against shear located at any point of the soil mass. At the same time, the proposed formula also allows us to generally assess the conditions of the limit state of the fluctuating soil layer. The formula helps to trace the dependence of the critical acceleration of the soil, in addition to the friction forces between the particles, and on the adhesion forces and pressure from the load acting on the soil. In this case, the seismic stability of the thickness, in general, rises with increasing soil strength and falls with increasing soil thickness. To prove this, the paper shows an example of solving a specific problem.

Keywords: soil, sand, seismic wave, critical acceleration, force of internal friction, force of cohesion, inertia condition, semi-space, shift stress.

Маълумки, zilzilaning эпицентр чегарасидан узоқлашгани сари тўлқин йўналиши маълум бурчак остида тарқалган бўлиб, унинг грунт қатламига нисбатан таъсирини тадқиқ қилиш ўзига хос муаммолардан биридир. Адабиётлар таҳлили мазкур йўна-

лишда олиб борилган изланишларнинг саноқли эканлиги, ҳисоблаш ва лойиҳалаш амалиётига деярли татбиқ этилмаганлигини кўрсатди. Шу билан бирга, сейсмик йўналишнинг грунт тузилмасига таъсирини баҳолаш учун ҳозирги вақтда сейсмик ўлчов



маълумотларининг етарли эмаслиги назарда тутилса, ушбу масалага ойдинлик киритиш нақадар долзарб эканлиги ўз-ўзидан маълум бўлади [7, 8].

Шу боис тадқиқотларимизнинг мақсадидан келиб чиққан ҳолда, изланишимизни ушбу йўналишга оид назарий ва тажриба усулларида фойдаландик. Мақсадимиз иншоот замини вазифасини ўтовчи грунт қатлами турғунлигига нисбатан сейсмик йўналиш таъсирини тадқиқ қилиш асосида грунт тузилмаси турғунлигига нисбатан хавфли йўналишни аниқлаш ва уни меъёрий ҳужжатларда қабул қилинган горизонтал йўналишга нисбатан баҳолашдан иборат.

Тадқиқотларни ушбу мақсадда назарий ёндашув асосида бошлаб, турли йўналишда тебранувчи ускуна яратиш ва унда турли грунтлар устида тажрибалар ўтказишни режалаштирдик ҳамда уни амалга оширдик. Қуйида ушбу йўналишда бажарилган изланишларимиз ёритилади.

Тебранма ҳаракат йўналиши мувозанат тезланишига (a_m) таъсирининг назарий ечимига қуйидагилар асос қилиб олинди. Фараз қиламиз, H қалинликдаги грунт қатлами бўйлаб бир текисда тебранади. Бундай ҳолатда қатлам қаъридаги ҳар бир зарранинг мувозанат ҳолати икки куч таъсирида бўлади: зарра турғунлигини сақловчи (τ_k) ва уни силжишга олиб келувчи (τ_c). Тебраниш жараёнида зарра турғунлигини таъминловчи куч грунтлар механикаси қонуни бўйича иншоот ва грунтнинг соф оғирлигидан таъсир этувчи босимнинг тик йўналиш бўйича ташкил этувчиси (σ_d), грунтнинг ички ишқаланиш бурчаги (φ_n) ва кумли грунтнинг зичлигига (n) алоқадор бўлган зарраларо боғланиш кучларининг (c_n) миқдорига боғлиқ.

Грунт қатлами H қаъридаги ҳар бир зарра таъсир этувчи ташқи кучга нисбатан қуйидагича қаршилиқ кўрсатади:

$$\tau_k = \sigma_d \operatorname{tg} \varphi_n + c_n \quad (1)$$

(1) ифодадаги индекслар кўрсаткичлар боғлиқ бўлган омилларни ифодалайди, яъни c – силжишга нисбатан қаршилиқ; d – ин-

шоот ва грунтнинг соф оғирлигидан таъсир этувчи инерция ҳолатидаги босим; n – грунт зичлиги (ғоваклиги).

Грунт қатламига таъсир этувчи ташқи куч сифатида зарраларни мувозанат ҳолатидан силжишга мажбур этувчи сейсмик босим олинади. Ушбу босим сейсмик тўлқинлар тарқалиши жараёнида юзага келувчи уринма зўриқиш τ_c сифатида намоён бўлади. Мазкур жараёнда грунт қаъридан ҳар бир зарранинг юқори мувозанат ҳолати a_m (мувозанат тезланиши) қуйидаги тенглик орқали таъминланади:

$$\tau_k = \tau_c \quad (2)$$

(2) бўйича мувозанат тезланиши a_m тебранаётган грунтнинг мувозанат ҳолатининг энг юқори чегараси ҳисобланади. Унга кўра, тебраниш тезланишининг $0 - a_m$ оралиғида грунт ўз мувозанат ҳолатини сақлаб, эластик жисм сифатида қаралади. Ушбу ҳолатда грунт ўз тузилмасини сақлайди ($\varphi_n, c_n = \text{const}$) ва унинг силжишга қаршилиги (τ_c) қатламда иншоот-замин тебранишидан юзага келувчи инерция ҳолатидаги босим таъсирида аниқланади ($\sigma \neq \text{const}$).

Сейсмик уринма зўриқиш (τ_c) ва унинг грунт қатлами бўйлаб тарқалиши сейсмик тўлқинларнинг бир жинсли ва сержинсли қатламлар бўйлаб тарқалишига оид динамик масалаларни ечиш орқали ҳал этилади. Мазкур масалаларнинг мураккаблик даражаси иншоот барпо этилувчи тегранинг сейсмик фаоллиги, унинг геологик ва тектоник шароитларига боғлиқдир.

Сейсмик тўлқинларнинг турли сержинс қатламларининг ярим фазо бўйлаб тарқалишига оид масалалар ечими ҳақида кўплаб изланишлар олиб борилган (Бреховских Л.М., 1957; Петрашень Г.И., 1978; Саваренский Е.Ф., 1972 ва б.).

Бир ва сержинсли ярим фазо сиртида ётувчи манбадан тарқалувчи тўлқинларга оид масалалар Никифоровский В.С., Огурцов К.И., Петрашень Г.И., Саваренский Ф., Шемякин Е.И. Абрамов Т.Т., [10] Тўйчиева М.А. [11]ларнинг изланишларида баён этилган.



Шуни айтиб ўтиш лозимки, грунт қатламининг сейсмик зўриқиш ҳолатига оид масалалар ечимининг мураккаблик даражаси нафақат унинг муҳандис-геологик ва гидрогеологик шароитлари, балки зилзиланинг характери ва вақт бўйлаб ўзгариши ҳақидаги маълумотларнинг мавжуд эмаслиги билан ҳам ортиб боради. Одатда, ушбу маълумотлар зилзила содир бўлгандан сўнг маълум бўлади. Шу билан бирга, зилзиланинг кучи (сейсмик коэффициент) қурилиш олиб борилувчи тегра учун тузилган сейсмик микрорайонлаштириш харитаси, баъзан эса қутилаётган зилзиланинг спектр таркибига қараб тахминан маълум бўлиши мумкин.

Сейсмо тектоник маълумотлар асосида бўлғуси зилзиланинг ўчоғи (гипоцентр) аниқланиб, унинг ёрдамида, агар мазкур қатлам бўйлаб гармоник тўлқин тарқалишига оид ечим мавжуд бўлганда, майдон сиртига нисбатан сейсмик тўлқинлар тарқалиш бурчаги ва қатлам бўйлаб силжиш, деформация ва зўриқишлар аниқланиши мумкин.

Ҳозирги вақтда бир жинсли грунт қатлами бўйлаб тарқалувчи текис тўлқин билан

майдон сирти орасидаги таъсирга оид масаланинг ечимлари маълум. Улар ёрдамида заминида қалин қатламли грунтлар жойлашган енгил иншоотларнинг сейсмик зўриқиш ҳолатини ҳисоблаш ишларини бажариш мумкин. Ушбу ечимларнинг аниқлик даражаси майдон юзасини зилзила ўчоғидан ва тўлқин кўрсаткичлари бўйича фарқланувчи бошқа грунт қатламларидан маълум даражада узоқ бўлиши ҳолатларига боғлиқ.

Грунтнинг мустақамлик кўрсаткичларига сейсмик тўлқин йўналишининг таъсирига оид изланишлар сўнгги йилларда Ставницер Л.Р. [14], Ishinara К. [15], Расулов Х.З. [16] ва б. лар томонидан олиб борилган.

Масалан, текис тўлқиннинг ярим фазо чегараси билан туташуви ҳақидаги масала сейсмик силжишнинг скаляр ξ ва вектор ψ потенциаллари ёрдамида Х.З. Расулов томонидан ҳал этилган бўлиб, тўлқинлар тарқалиши жараёнида грунтга таъсир этувчи уринма зўриқиш (τ_c) умумий ҳолда қуйидаги кўринишда ифодаланган [4]:

$$\tau_c = 4\gamma \frac{v_k^2}{v_b^2} c_k \xi e^{-i\omega \frac{x}{v_b}} \left[\cos \frac{\omega H}{v_b} - e^{-i\omega \frac{H}{v_k}} \right] + 2i\gamma v_k c_v \sin \frac{\omega H}{v_v} e^{-i\omega \frac{x}{v_k} \delta} \quad (3)$$

Ушбу ифодада:

v_k – кўндаланг тўлқин тарқалиш тезлиги;

v_b – бўйлама тўлқин тарқалиш тезлиги;

c_k – кўндаланг тўлқиннинг (ҳоз) текислигига нисбатан проекцияси;

c_v – шу тўлқиннинг ҳоз га перпендикуляр бўлган текисликка проекцияси;

ω – айланма частота;

ξ – сейсмик тўлқиннинг грунт сирти томон йўналиши;

H – қатлам қалинлиги;

γ – грунтнинг зичлиги.

Ушбу ифода асосида қуйидаги амалларни бажариш мумкин.

Агар қуйидаги боғлиқликлар назарда тутилса,

$$e^{ix} = \cos x - i \sin x$$

$$e^{-i\omega \frac{x\xi^1}{v_b}} = 1, e^{-i\omega \frac{H}{v_k}} = \cos \frac{\omega H}{v_k}, e^{-i\omega \frac{x\delta^1}{v_k}} = 1. \quad (4)$$

грунтга таъсир этувчи сейсмик уринма зўриқишни қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$\tau_c = 2\gamma \frac{v_k^2}{v_b^2} \frac{\alpha_c}{\omega} \xi \left[\cos \frac{\omega H}{v_b} - \cos \frac{\omega H}{v_k} \right] + \gamma \frac{v_k \alpha_c}{\omega} \sin \frac{\omega}{v_k} \quad (5)$$

бунда α_c - тебраниш жараёнида грунт ҳаракатининг тезланиши.

Грунт қатламининг сирти томон сейсмик тўлқиннинг йўналиши (ξ)ни β бурчак остида деб қаралса:



$$\zeta = tg\beta, \quad (6)$$

Тўлқинларнинг грунт сиртидан қайтиши зарралар тебранишининг 3-4 марта ортиши (интерференция эффекти)га олиб келишини А.З. Кац куйидагича ифодалаган [4]:

$$\frac{H}{\lambda} = \frac{(2n-1)}{4}, n = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

бунда H – қатлам қалинлиги.

С.В. Медведевнинг таъкидлашига кўра, тебраниш даври (T) грунт шароитига боғлиқ бўлиб, бир жинсли қатламлар учун куйидаги тенглик юзага келади [5]:

$$T = \frac{4H}{v_k} \quad (8)$$

Маълумки, бўш грунт қатлами бўйлаб тарқалувчи бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар орасидаги фарқ катта миқдорни ташкил этмайди (Масалан, ҚМҚ 2.01.03-96, жадвал 1.1 бўйича майда ва чангсимон қумларда ушбу фарқ 0.25% дан ошмайди) [6].

(6) – (8) ва юқоридаги мулоҳазалар асосида (5) ифодани куйидаги кўринишда ёзишимиз мумкин:

$$\tau_c = \gamma \frac{\alpha_c}{\pi g} 2H + \gamma \frac{\alpha_c}{2\pi g} H tg\beta \quad (9)$$

ёки

$$\tau_c = \frac{\alpha_c}{\pi g} (2H\gamma + \frac{\gamma H}{2} tg\beta) \quad (10)$$

(9) ва (10) ифодалар асосида тебранаётган грунт қатлами қаъридаги исталган нуқтада жойлашган зарранинг силжишга қарши мувозанат ҳолати (2), асосан, куйидаги тенглик асосида юзага келади:

$$\sigma_d tg\varphi_n + c_n = \frac{\alpha_c}{\pi g} (2H\gamma + \frac{\gamma H}{2} tg\beta) \quad (11)$$

Ушбу ифодада α_c тебранаётган грунт мувозанат ҳолатининг юқори чегараси, яъни мувозанат тезланишини ифодалайди:

$$\alpha_m = \frac{\pi g(\sigma_d tg\varphi_n + c_n)}{2H\gamma + \frac{\gamma H}{2} tg\beta} \quad (12)$$

ёки

$$\alpha_m = \frac{2\pi g(\sigma_d tg\varphi_n + c_n)}{\gamma H(4 + tg\beta)}, \quad (13)$$

(12) ва (13) ифодалар тебранаётган зич ҳолатдаги қумли грунт қатламининг мувозанат ҳолатини умумий шаклда акс эттиради. Ундан грунтнинг мувозанат тезланиши зарралараро ишқаланиш кучи (φ)дан ташқари грунт зичлигига боғлиқ бўлган боғланиш кучи (c_n) ва қатламга таъсир этувчи иншоотдан тушаётган босим (σ_d) таъсирини ҳам кузатиш мумкин.

Шу билан бирга, табиатда қумлар ғовак ва ўртача зичлик ҳолатида (аллювий, эол ва б.) бўлиши амалда кўплаб кузатилади. Мазкур қумларда c_n бўлмаслиги ёки унинг миқдори жуда кам бўлиши назарда тутилса (13), ифодани куйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:

$$\alpha_m = \frac{2\pi g\sigma_d tg\varphi_n}{\gamma H(4 + tg\beta)} \quad (14)$$

ёки $\sigma_d = \gamma wz + p_d$ (бунда γwz – кузатилаётган сатҳдан юқорида жойлашган грунтнинг соф оғирлиги; p_d — иншоотдан узатилувчи инерция таъсирини назарда тутувчи босим) ҳисобга олинса ва $p_d = 0$ ҳолат учун:

$$\alpha_m = \frac{2\pi g\gamma_w z tg\varphi_n}{\gamma H(4 + tg\beta)} \quad (15)$$

(12-15) ифодалардан қумли грунтларнинг сейсмик таъсирга турғунлиги (мувозанат тезланиши α_m) умумий ҳолатда уларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари (φ, c) кўпайиши билан ортиб, қатлам қалинлашган сари камайишини кузатиш мумкин. Шу билан бирга, сейсмик таъсир бурчагининг ортиши ҳам α_m миқдори кўпайишига олиб келади.

Ушбу ифодалар грунт қатламининг ҳар қандай бурчак таъсирида тебраниши жараёнида унинг турғунлик шarti – мувозанат тезланишини аниқлашга ёрдам беради. Шунингдек, улар (12) ифоданинг сейсмик таъсир бурчагини назарда тутувчи умумий кўринишидир.

(15) ифоданинг амалиётда қўлланилишини аниқ мисол ёрдамида қараб чиқамиз. Масаланинг шarti: $\beta = 30^\circ$ остидаги тўлқин йўналиши таъсирида ишқаланиш бурчаги $tg\varphi = 0.6$ бўлган $\gamma = 16,0$ т/м³ зичликка эга бўлган 10 м қалинликдаги қум қатламининг мувозанат тезланиши аниқлансин.



$$\text{Ечим: } \alpha_m = \frac{2\pi g \gamma_w z t g \varphi_n}{\gamma H (4 + t g \beta)} = \frac{2.3, 14.9, 81.16.10.0, 6}{16.10 (16 + 0,27)} = 2272 \text{ мм/с}^2$$

Куйидаги жадвалда Хоразм вилоятидаги баъзи майдонлардаги кумлар учун мувозанат тезланишининг миқдорлари келтирилган.

Жадвал

Хоразм вилояти теграсидаги кумларга оид мувозанат тезланишлари

№	Гуруҳ	Грунт	Қатлам чуқурлиги, м	Грунт зичлиги, тс/м ³	Ички ишқаланиш бурчаги, град	Мувозанат тезланиши, а _м мм/с ²				
						Горизонтал таъсир	Бурчак остида таъсир, градус			
							15	30	45	60
1	I	Лойли кум	5	1,21	30	738	791	863	734	756
2	II	Эол туркумидаги чангсимон кум	-//-	1,40	28	583	625	682	800	825
3	III	Неоген туркумидаги майда кум	-//-	1,35	31	684	815	778	912	940
4	IV	Аллювий туркумидаги майда кум	-//-	1,31	31	924	742	1026	1205	1242

Ундан тебраниш жараёнида грунт тузилмасининг бузилиши таъсир йўналишига боғлиқ эканлигини кузатиш мумкин. Ушбу ҳолат барча йўналишларга тааллуқли бўлиб, айниқса 15–30° бурчаклар орасидаги тебраниш грунт тузилмасининг бузилишига катта таъсири кузатилади. Демак, ушбу бурчак остидаги тебранишлар таъсирида грунт

тузилмаси нисбатан тез ва жадаллик билан бузилиш ҳолати юзага келар экан. Ушбу ҳолат Л.Р. Ставницер томонидан тебранувчи стабилметр асбобида ўтказилган тажрибаларда ҳам кузатилган эди. Унда кумли грунт тузилмасининг бузилишига 30°–40° бурчаклар оралиғидаги тебранишлар катта таъсир кўрсатиши таъкидланган.

REFERENCES

1. Yuriy Nikolayev. Okolo 2 mln chilysev ostalis bez krova, povrejdeno 1,5 mln.domov. RUA Novosti (28.02.2010). [About 2 million Chilians were left homeless and 1,5 million homes were damaged]. RIA NOVOSTI (28.02.2010).
2. Grigoryan A.A. O bezopasnosti stroitelstva na glinistix gruntax po I-mu predelnomu sostoyaniyu. [Construction safety, the clay soils of the 1st limit state]. J. Foundations, foundations and soil mechanics, Moscow, 2006, no. 5, pp. 24-27.
3. Osipov V.I. Dinamicheskiye razjijeniye vodonasishennix gruntov: priroda I faktori ego opredelyayushiye. [Dynamic liquefaction of saturated soils: nature and factors of its definition]. Moscow, Moscow state University, 1988, no. 2, pp. 3-32.
4. Zehniev F.F., Axmedov D.D. Geotexnicheskiye problemi stroitelstva v slojnix injenerno-geologicheskix usloviyax Tadjikistana i puti ix resheniya. // Trudi III-go Sentralno-Aziatskogo Mejdunarodnogo geotexnicheskogo simpoziuma. [Geotechnical problems of construction in difficult geotechnical conditions of Tajikistan and their solutions]. Proceedings of the III Central Asian International Geotechnical Symposium, Dushanbe, 2005, pp. 174-179.
5. Rsulov X.Z., Artikbayev D.J. Seysmoustoychivaya krutizna otkosnix soorujeniy. [Earthquake-resistant steepness of slope structures]. Tashkent, Publishing house “Fan” ANRUz., 2020, 143 p.



6. Plichev V.A., Musaelyan A.A. I dr. Sposob vozvedeniya osnovaniya v seysmicheskix rayonax. Spravochnik proektirovshika. [Method of foundation construction in seismic areas. Handbook of the designer]. Moscow, Stroyizdat, 1985, 298 p.
7. Rashidov T.R. Perspektiviy razvitiya problem seysmodinamiki podzemnix soorujeniy. Materialiy Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferensii. [Prospects for the development of problems of seismodynamics of underground structures]. Materials of the Republican Scientific and Practical conference, Tashkent, TASI, 16-17 April 2018, p. 20-27.
8. Kapylova G.N. Seysmogidrogeologicheskiye efekty silneyshix zemletryaseniya. [Seismohydrogeological effects of the strongest earthquakes]. Available at: <https://kcs.dvo.ru>.
9. Petrashen G.I. Rasprostraneniye seysmicheskix volnovix poley v sloistix sredax. Chast I II. Zapiski nauchnix seminarov POMI. [Propagation of seismic wave fields in layered media]. Part I II, Notes of scientific seminars of the PMI, 273-274, St. Petersburg: Department of Mathematics of the Institute, Steklova RAS, 2001, p. 297-300.
10. Abramova T.T., Абрамова Т.Т., Voznesensky E.A. Sovremenniy metody upravleniya svoystami gruntov na uchastke vysokix dinamicheskix nagruzok. [Modern methods of controlling the properties of soils on the site of high dynamic loads]. J. Geotekhnika, 2015, no. 4. pp. 6-25.
11. Tuichieva M.A., Juraev A. Problemy seysmostoykogo stroitelstva dlya individualnix zastroyshikov na territorii Uzbekistana. Trudy i tezisy Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy Konferensii. [Problems of earthquake-resistant construction for individual developers on the territory of Uzbekistan]. Proceedings and theses of the Republican Scientific and Practical Conference, Tashkent, Institute of Seismology ANRUz, 2015, pp. 39-41.
12. Kapylova G.N. Seysmogidrogeologicheskiye efekty silneyshix zemletryaseniya. [Seismohydrogeological effects of the strongest earthquakes]. Available at: <https://kcs.dvo.ru>.
13. Rasulov R.Kh. Dept location of the foundations in seismic areas. J. European Science Review, March-April, 2016, pp. 293-294.
14. Stavnicer L.R. Sejsmostojkost' osnovanij i fundamentov [Earthquake resistance of bases and foundations]. Moscow, Publishing house of the Association of building universities, 2010, 448 p.
15. Ishihara K. Povedenie gruntov pri zemletrjasenijah [Behavior of soils during earthquakes. (Translated from English under license from the publishing house «Oxford University Press» under the editorship of prof. Fadeev AB)]. St. Petersburg, 2006, 383 p.
16. Rasulov H.Z. Sejsmoprochnost' i sejsmoprosadka lessovyh gruntov [Seismic strength and seismic subsidence of loess soils]. Tashkent, Publishing house «Fan» of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 2020, 335 p.
17. Kac A.Z. O sejsmicheskix osnovah metodiki sejsmicheskogo mikrorajonirovaniya [On the seismic foundations of the seismic microzoning technique]. Bull. Seismic Council., 1960, no. 8.
18. Medvedev S.V. Inzhenernaya sejsmologiya [Engineering seismology]. Moscow, Stroyizdat, 1962, 284 p.
19. KMK 2.01.03-96. Stroitel'stvo v sejsmicheskix rajonah. Normy proektirovaniya [Construction in seismic regions. Design standards]. Tashkent, 1996, 51 p.
20. KMK 2.02.01-98. Osnovaniya i fundamenty. Osnovy proektirovaniya. [Foundations of buildings and structures. Design standards]. Tashkent, 1998, 40 p.