

## ТОННЕЛАРНИ ҚУРИШ БИЛАН БОҒЛИҚ ДЕФОРМАЦИОН ЖАРАЁНЛАРНИ АНИҚЛАШ МАСАЛАЛАРИ

Шаҳбоз Улуғбекович Нормуродов

Тошкент давлат транспорт университети  
normurodovsh25@mail.ru

### АННОТАЦИЯ

Ушбу мақолада бино ва иншоотлар зич қурилган ҳудудлар остида тоннеларни қуриш билан боғлиқ деформацион жараёнларни аниқлаш масалалари келтирилган. Тоннел қурилиши амалиётида ер ости объектини лойиҳалаш ишлари таркибида кутилаётган силжиш ва деформацияларни ҳисоблашга асосланган тоғ-кон ишларининг ер сиртига салбий таъсирини аниқлаш кўрсатилган.

**Калит сўзлар:** тоннел, грунт, қазилма жой, қалқон усули, кучланиш, деформация, силжиш.

### ABSTRACT

This article presents the issues of determining the deformation processes associated with the construction of tunnels under densely built-up areas of buildings and structures. In the practice of tunnel construction, it is indicated to determine the negative impact of mining work on the surface of the Earth, which is based on the calculation of the expected displacement and deformations in the structure of the design work of an underground object.

**Keywords:** tunnel, grunt, fossil place, shield method, tension, deformation, displacement.

### КИРИШ

Дунё бўйича тоннел қопламасининг янги инновацион ечимларидан фойдаланиб замонавий транспорт тоннелларини қуриш, уларни мустаҳкамлик ва чидамликка ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, шунингдек уларга илғор лойиҳалаш технологиялари ва техник воситаларни қўлланиши етакчи ўринларни эгаллайди [1].

Бино ва иншоотлар зич қурилган ҳудудлар остида тоннел қурилишининг кўп йиллик амалиёти ер ости объектини лойиҳалаш ишлари таркибида кутилаётган силжиш ва деформацияларни ҳисоблашга асосланган тоғ-кон ишларининг ер сиртига

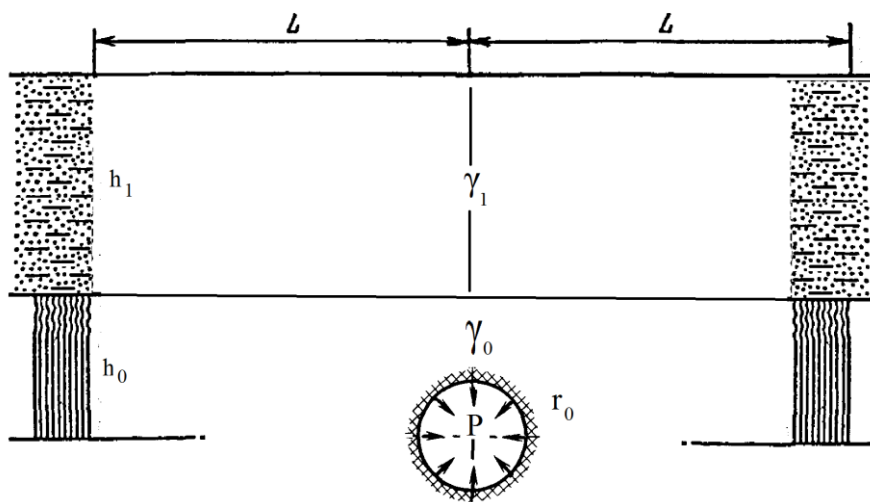
салбий таъсирини баҳоланиши бўлиши кераклигини кўрсатди. Геологик шароитларни, тоннелларни қуриш ва эксплуатация қилиш усулларини турфахиллиги сабабли ҳозирги вақтгача силжиш жараёнларини баҳолаш учун яроқли бўлган универсал усулни ёки тизимлаштирилган ҳисоблаш усуллари гуруҳини яратишнинг иложи йўқ. Ҳозирги кунга келиб силжишларни ҳисоблаш усулларининг аксарияти доирасимон кесимли қазилма жойидан ўтадиган бир жинсли муҳит тушунчаси билан иш юритадилар, бунда ер сиртидаги силжиш бурамаси параметрлари бутунлай қазилма жой контури деформацияси хусусиятлари билан белгиланади.

Ер ости ишларини ташқи муҳитга таъсири қазилма жойлашган тоғ жинсларидаги деформацияланиш жараёнларига, хусусан, силжишларга тааллуқли.

### АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ ВА МЕТОДОЛОГИЯ

Ер ости сувлари қазилма жойлашган тоғ жинсларидаги деформация жараёнлари, хусусан, уларнинг силжиши натижасида ташқи муҳитга таъсир этади. Тоннелларни лойиҳалаш ва қалқон усулида қуриш масалалари билан Ю.А. Лиманов, Е.И. Артюков [2], В.П. Хуцкий [3], В.В. Чеботаев [4], Демешко Е.А., Ходош В.А. [5], хорижий тадқиқчилардан Реck [6] O'Reilly M.P., New W.M. [7] Attewell, P. V. & Woodman [8] шуғулланганлар.

Ҳозирги вақтда ёпиқ усулда тоннелларни қазилганда грунт массиви ҳамда ер сирти деформацияларини олдиндан айтишга оид учта асосий йўналиш шаклланган: аналитик, эмпирик ва сонли усуллар. Ушбу йўналишларнинг ҳар бирини афзалликлари ва камчиликлари бор.



1-расм. Ю. А. Лиманов методикасида олиб ташланадиган кучланишлар схемаси

Аналитик усуллар яхлит муҳит механикаси қурилмаси (эластиклик, пластиклик, чекли мувозанат ва бошқа назариялар) дан фойдаланиб ишлаб чиқилган. Алоҳида эътиборни метрополитенларни қуриш шароитлари учун ишлаб чиқилиб, кенг кўламда тарқалган проф. Лиманов Ю.А. усулига қаратиш зарур [2]. Бунда эластиклик назариясининг математик қурилмасидан ҳамда жойда олиб борилган қузатувлар натижасида олинган маълумотлардан фойдаланиб, тоннелларни кембрий гилларида қуришда ер сиртидаги деформацияларни аниқлашга имкон яратувчи усул ишлаб чиқилган.

## НАТИЖАЛАР

Тоннел устидаги бутун грунт массиви иккита қатламга бўлинади: устки қатлам – бу заиф сув босган тўртламчи тоғ жинслари қатлами; қуйи қатлам – гилларнинг кембрий туб қатлами. Кембрий гиллари массивида юмалоқ тешик ҳосил бўлганда, унда кучланиш-деформация ҳолатини ўзгартириш масаласи ҳал қилинмоқда эди. Масала доирасида кўрилатган массив юқори чегарасида сувланган тўртламчи қатламлар вазнидан тушадиган тақсимланган юк билан юкланган чизиқли-деформацияланувчи изотроп ярим текислик деб тасаввур қилинди. Масалани соддалаштириш мақсадида, кембрий гилларидан иборат оғир массив юмалоқ тешикли ярим текислик билан алмаштирилди, ва унинг контури бўйича олиб ташланадиган кучланишлар тескари ишора билан қўйиб чиқилди. Натижада, грунтдаги деформацияларни ҳамда тоннел устидаги ер сирти чўкишларини ҳисоблаш бўйича қўлланма ишлаб чиқилди. 1 -расмда олиб ташланадиган кучланишларнинг умумий схемаси кўрсатилган. Туширилатган босим қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$P = \frac{1+\lambda_0}{2} (\gamma_0 h_0 + \gamma_1 h_1) \quad (1)$$

бунда,

$\lambda_0 = \frac{v_0}{1-v_0}$  - грунтнинг ёнлама босими коэффиценти;

$v_0$  - Пуассон коэффиценти;

$h_0$  ва  $h_1$  - тегишлича кембрий гилларида тоннел ўқи жойлашган чуқурлик ва тўртламчи қатламларни қалинлиги;

$\gamma_0$  ва  $\gamma_1$  - тегишлича кембрий ва тўртламчи қатламларнинг солиштирма оғирлиги.

Грунт қатламидаги жараёнлар механикасини ўрганиб, [3] иш муаллифи қуйидаги фикрларга асосланган:

1. Якка тоннел қурилганда, суньий бўшлиқ контури бўйлаб эластик деформациялар пайдо бўлади. Бу ҳолда мустақамланмаган  $D_0=2r_0$  диаметрли юмалоқ тешик тешилганлиги натижасида заифлаштириб қўйилган эластик изотроп вазнсиз ярим текисликни кўриб чиқиш зарур. Юқорида кўрсатилганидек, бу тешик атрофига тоннел ётган чуқурлигида тоғ жинслари вазнига боғлиқ бўлган массивдаги табиий кучланишларнинг ўртача қийматига тенг бир маромда тақсимланган юк қўйилади.

2. Суньий бўшлиқ контурини деформацияланиш параметрларини контурдаги энг ўзига хос нуқтанинг силжиш миқдори  $U_A$  бўйича таҳлил қилиш мақсадга мувофиқдир. Бу “А” нуқта тоннел гумбази шелигаси бўлади.

3. Деформацияларни тоннел суньий бўшлиғидан бошлаб кембрий гилларининг энг юқори қатлами бўйича то уларнинг тўртламчи қатламларига қадар тарқалиши ҳам эластиклик назарияси қонунларига бўй сунади. Демак, кембрий гилларидаги тоннел суньий бўшлиқлари контури бўйлаб пайдо бўладиган деформациялар билан шу тўртламчи қатламли гилларнинг юқори чегараси (контакти) даги деформациялар орасида маълум боғланиш мавжуд.

Контакт деформациялари характери қуйидаги катталиқлар билан ифодаланади:

а) кембрий гиллари устки қатламидаги энг катта чўкишлар  $U_{max}$ ,

б) юқори қатлам бўйича яриммудани чўкиш қийматлари  $2a$  тенг деб қабул қилинади;

в)  $F$  контактидаги мулда майдони.

Бундан кейин биополяр координаталар бўйича ўзгартиришларни қўллаган ҳолда, ташқи доираси эгрилиги нолга тенг бўлган эксцентрик цилиндр учун масала ишланди. Натижада чизиқли деформацияланувчи ташқи контурнинг максимал силжиши учун қуйидаги боғланиш қўлга киритилди:

$$U_{max} = (1 - \nu^2) \frac{P4r_0^2 h_0}{Eh_0^2 - r_0^2} \quad (2)$$

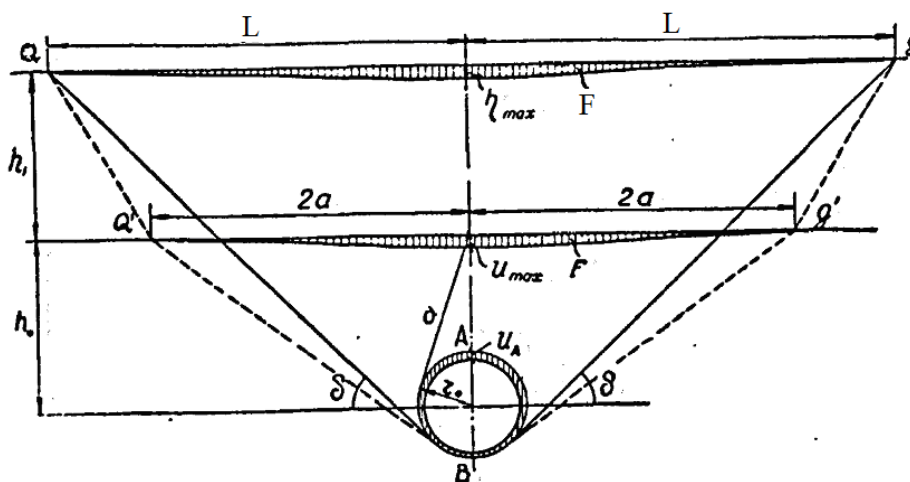
Чизиқли нимтекислик юқори чегарасини деформацияланишининг жами майдони (кембрий гилларида) қуйидагига тенг:

$$F = U_{max} \sqrt{h_0^2 - r_0^2} \pi$$
$$a = \sqrt{h_0^2 - r_0^2} \quad (3)$$

## МУҲОКАМА

Тўртламчи қатламидаги жараёнлар механикасини ўрганиб, муаллиф қуйидаги фикрларга асосланган:

1. Ер юзасини чўкиши контакт сатҳидан бошлаб деформациялар ривожланиши натижасидир (2-расм). Бу ерда тўртламчи қатламдаги ер сатҳига мулдар ҳажмини ўзгармаслиги ҳақидаги ҳаммага маълум гипотезадан фойдаланилади.



2-расм. Силжиш мулдасини умумий ҳисоблаш схемаси

2. Тўртламчи қатламларда заррачалар горизонтга нисбатан қуйидаги бурчак остида сирғалиш текисликлари бўйлаб силжийди (сочилувчан жисмлар назариясига мувофиқ) [4]:

$$\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2},$$

бунда,

$\varphi$  - кўриб чиқилаётган тоғ жинсларининг ички ишқаланиш бурчаги.

3. Ер юзасини чўкиш мулдаси профили эгри чизигининг шакли ишда топилган эгри чизиқ шаклига ўхшашлиги асосида қабул қилиниб, қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\eta = \eta_0 \left(1 - \frac{x}{L}\right)^4 e^{\frac{4x}{L}} \quad (4)$$

бунда,

$\eta_0$  – ер сиртидаги энг катта чўкиш миқдори;

$L$  – ниммулда узунлиги;

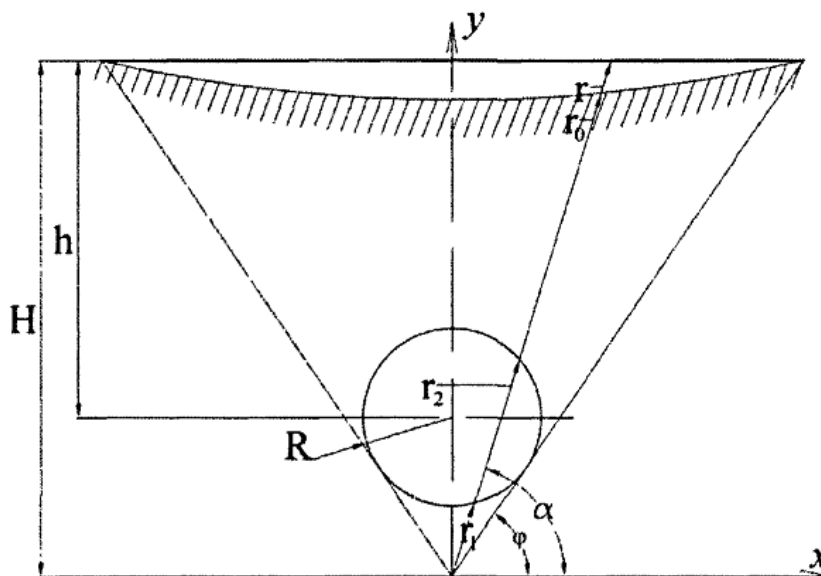
$x$  – энг катта чўкиш нуктасидан олинган масофа.

Шунда ер сиртидаги силжиш мулдасининг асосий параметрлари қуйидагига тенг:

$$L = 2a + h_1 \operatorname{ctg}(\theta)$$

$$\eta_0 = \frac{F}{L} \quad (5)$$

Ер сирти деформацияси ва чўкишини аниқлаш бўйича аналитик услублари орасида боғланмаган грунтлар учун мўлжалланган усулни ҳам кўриб чиқса бўлади. Бу ерда муаллиф грунт деформацияларини тенг майдонларнинг кинематик усулида аниқлайди (3-расм).



3-расм. Тенг майдонлар усули схемаси

Таклиф этилган ёндашувга биноан доирасимон сунъий бўшлиқ учун грунт массивларининг вертикал деформацияларини қуйидаги формула бўйича аниқлаш таклиф этилган:

$$v_0 = |u_y| = H - \{H^2 - 4R^2(\cos^2 \varphi - \cos^2 \alpha)^{0.5} \sin^3 \alpha / \cos^2 \varphi\}^{0.5} \quad (6)$$

бунда,

$H$  – чўкиш мулдаси фокуси чуқурлиги;

$R$  – сунъий бўшлиқ радиуси;

$\varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}$  – грунтни ички ишқаланиш бурчаги.

Ишда ўзаро боғлиқлик назарияси асосида ер сирти силжишларини баҳолаш услуби ишлаб чиқилди:

$$u_z = \frac{2\Delta z a}{r^2} \left[ \frac{1+v^2}{1-v^2} \right] \quad (7)$$

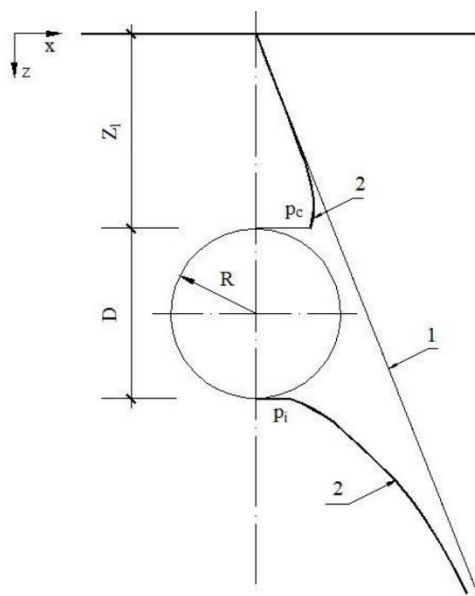
бунда,

$u_z$  – ер сиртини вертикал силжиши;



- $\Delta$  – тоннел қопламаси билан суньий бўшлиқ орасидаги тирқиш;  
 $z$  – тоннел ўқини жойлашиш чуқурлиги;  
 $a$  – суньий бўшлиқ радиуси;  
 $r$  – тоннел ўқи билан силжиш аниқланадиган нуқтагача бўлган масофа;  
 $\nu$  – грунтнинг кўндаланг деформацияси коэффициентини.

Ишда аналитик усул билан юза жойлашган тоннелларнинг кучланиш-деформация ҳолати тадқиқод қилинган. Бу ерда тоннел ўз диаметридан юза жойлашгани сабабли, тоннел диаметри бўйича грунт массивининг самарали кучланишидаги ўзгариш кўриб чиқилган эди. Грунт массивини тоннелнинг вертикал ўқи бўйича кучланганлик ҳолати 4-расмда кўрсатилган.



4-расм. Юза жойлашган доирасимон тоннел атрофидаги грунт массивининг кучланганлик ҳолати: 1 – тоннел қазилмасдан аввалги кучланиш эпюраси; 2 – тоннел суньий бўшлиғини очишдан кейин яқунловчи кучланишлар эпюраси

Тоннел ўтилгандан сўнг калотта ва суньий бўшлиқлар тескари гумбазининг мувозанат ҳолатини таъминловчи суньий бўшлиғ контуридаги кучланишлар қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$p_c = \frac{q - \frac{Z_1 c \cos \varphi}{R 1 - \sin \varphi} + \gamma Z_1}{1 + \frac{Z_1 \sin \varphi}{R 1 - \sin \varphi}} \quad (8)$$

$$p_i = (Z_1 + D) \frac{\gamma R(1 - \sin \varphi) - 2c \cdot \cos \varphi}{R(1 - \sin \varphi) + 2(Z_1 + D) \sin \varphi} \quad (9)$$

бунда,

$\varphi$  – грунт ички ишқаланиш бурчаги;  $c$  – грунт илашиши;

$D$  – тоннел диаметри;

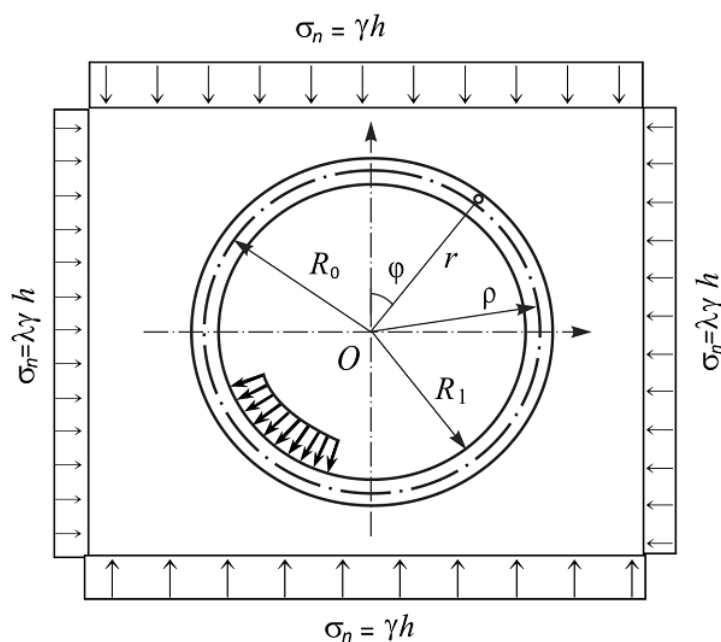
$R$  – тоннел радиуси;

$Z_1$  – тоннелларни ер юзидан тоннел гумбазигача жойланиш чуқурлиги;

$q$  – ер юзида таъсир этувчи куч.

(8) ва (9) формулалари илашиш кучи камайганда, қазилма жой контуридаги кучланишлар ошишини кўрсатади. Тоннел саёз жойлашгани боис грунтдаги бошланғич самарали кучланиш нисбатан кичик бўлади, шунинг учун тоннеллар чуқур жойлашадиган ҳолатлардан фарқли ўлароқ выработка контури атрофида кучланишларни қайта тақсимланишида грунтнинг аҳамияти ҳам унча катта эмас [9].

Буличев Н. С. ва Фотиева Н.Н. [10] доирасимон тоннеллар қопламасини аналитик ҳисоблаш усулини ишлаб чиқишган (5-расм) [2].



5-расм. Тоннелларнинг ҳисобий схемаси

Муаллифларнинг фикрига кўра, қазилма жой таъсири функциялари орқали масаланинг ҳажмийлиги эътибора олинadиган эластиклик назариясига асосланган усуллар тоннел куриш технологиясини ҳисобга олишга имкон яратувчи ер ости



конструкцияларини аналитик ҳисоблаш усуллари орасида энг тўғриларидандир (б-расм).

$$f(x) = (1 - 0,55e^{-0,5l/R_0}), \quad (10)$$

бунда,

$l$  – қазилма жой текислигидан ҳисобий кесимгача бўлган масофа;

$R_0$  – сунъий бўшлиқ радиусига тенг тирқиш радиуси.

Тоннел қопламасидаги  $M$  ва  $N$  кучлар қоплама ҳалқасининг деформацияланган ўқи тенгламасидан келиб чиққан ҳолда аниқланади:

$$\frac{d^2 U_{06}}{d\phi^2} + U_\rho = -\frac{M\rho^2}{E_{06}J}, \quad (11)$$

бунда,

$\phi$  – сунъий бўшлиқнинг вертикал ўқи билан ҳалқанинг ҳисобий нуқтасидан ўтувчи радиус-вектор орасидаги бурчак;

$\rho$  – қоплама ҳалқаси ўқининг радиуси;

$E$  ва  $J$  – тегишлича материалнинг эластиклик модули ва қоплама инерцияси моменти.

Эркин сирт ўзи жойлашган тоннеллар учун, кучланишлар ҳамда силжишларни тақсимланишига яхшигина таъсир кўрсатади. Чексиз соҳа ечимидан ва комплекс ўзгарувчи функциялари назариясидан фойдаланиб, чет эл олимлари Verruijt ва Booker яримсирт учун аналитик ечим топишган.

$$u_x = -\varepsilon a^2 x \left( \frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) + \delta a^2 x \left\{ \frac{(x^2 - kz_1^2)}{r_1^4} + \frac{(x^2 - kz_2^2)}{r_2^4} \right\} - \frac{2\varepsilon a^2 x}{m} \left( \frac{1}{r_2^2} - \frac{2mzz_2}{r_2^4} \right) - \frac{4\delta a^2 x H}{m+1} \left\{ \frac{z_2}{r_2^4} + \frac{mz(x^2 - 3z_2^2)}{r_2^6} \right\}$$

$$u_z = -\varepsilon a^2 \left( \frac{z_1}{r_1^2} - \frac{z_2}{r_2^2} \right) + \delta a^2 \left\{ \frac{z_1(kx^2 - z_1^2)}{r_1^4} + \frac{z_2(kx^2 - z_2^2)}{r_2^4} \right\} + \frac{2\varepsilon a^2}{m} \left( \frac{(m+1)z_2}{r_2^2} - \frac{mz(x^2 - z_2^2)}{r_2^4} \right) - 2\delta a^2 H \left\{ \frac{x^2 - z_2^2}{r_2^4} + \frac{m}{m+1} \frac{2zz_2(3x^2 - z_2^2)}{r_2^6} \right\} \quad (12)$$

бунда,

$\delta$  = тоннел қопламасини оваллаштириш натижасида грунтнинг узок муддатли деформацияланиши,  $z_1 = z - H$ ;  $z_2 = z + H$ ;  $r_1^2 = x^2 + z_1^2$ ;  $r_2^2 = x^2 + z_2^2$ ;  $m = 1/(1-2\nu)$ ;  $k = \nu/(1-\nu)$ ;

$\nu$  = грунтнинг Пуассон коэффиценти.

Ечиш жараёнида Sagaset усулидан фойдаланилди ва грунтнинг бир маромда йўқотиш ҳолати учун ечим аналитик кўринишда тақдим этилди [10].

Эмпирик усуллар ер юзаси деформацияларини асбоб-ускуна ёрдамида кузатиш натижаларини статистик усулларда ишлаб чиқишга асосланади. Реск R.В. иши [6] нотошлоқ грунтларда тоннелларни қуриш жараёнидаги ер юзаси деформацияларини ўрганиш соҳасидаги фундаментал ишлардан бири бўлади.

Бу ишда турли хил грунтларда жойлашган тоннелларни қалқон усулида ўтиш жараёнида ер юзаси чўкишларини жойда туриб кузатиш таҳлили келтирилган. Турли хил грунтларда амалга оширилган чўкишларни кузатиш натижасида олинган маълумотларни таҳлил қилиб, Реск R.В. чўкиш мулдасининг эгри чизиғи Гауссинг нормал тақсимланиш функцияси билан ифодаланиши мумкин деган хулосага келади. Эгри чизиқ шакли ва ўлчамлари проходка технологияси, тоннелнинг жойлашиш чуқурлиги, диаметри ва муҳандис-геологик шароитлар билан боғлиқ. Реск R.В. ўтказган тадқиқодлари кейинчалик ишларда ривожлантирилган эди. Бу ишларда чўкиш эгри чизиғи шакли қуйидаги математик боғланиш билан ифодаланган эди:

$$S_i = S_{max} \exp\left(-\frac{x_i^2}{2i^2}\right), \quad (13)$$

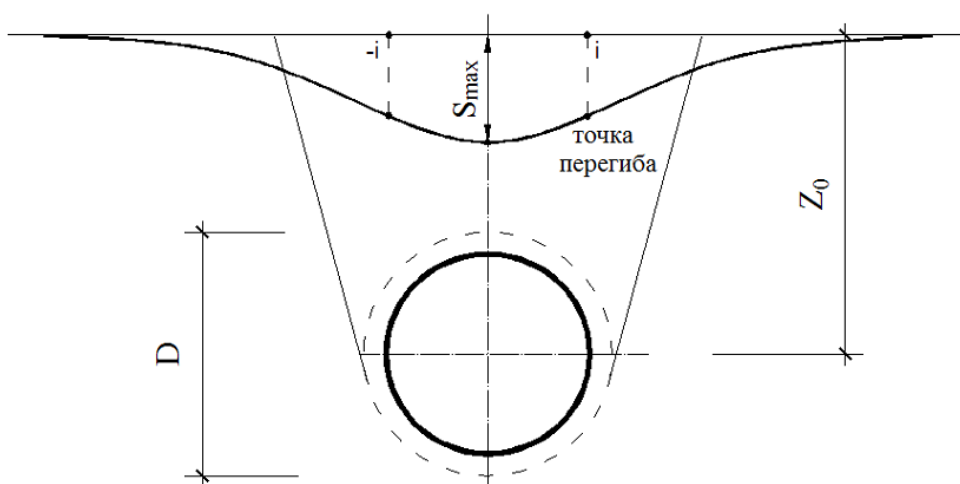
бунда,

$S_i$  – тоннел марказидан узоқлигига кўра ернинг чўкиши;

$S_{max}$  – ер сиртининг максимал чўкиши (тоннелнинг вертикал текислигида);

$x_i$  – тоннел ўқидан чўкиш  $S_i$  аниқланадиган нуқтагача горизонтал текислик бўйича олинган масофа;

$i$  – тоннел ўқидан мулданинг синиш нуқтасигача (деформациялар мулдасининг максимал даражада эгилиш ва горизонтал силжишларга эга нуқтасигача) горизонтал текислик бўйича олинадиган масофа.



6-расм. Механизациялаштирилган тоннел қазиш машиналари билан ёпик усулда қазишда ер юзини деформацияланиш схемаси

Тоннел ўқидан эгилиш нуктасигача горизонтал текислик бўйича олинган масофа куйидаги боғланиш бўйича аниқланади:

$$i = K \cdot z_0,$$

бунда,

$K$  – деформациялар мулдасининг грунт турига боғлиқ бўлган кенглик ўлчамлари (қумли грунтлар учун – 0,2...0,3; каттиқ гилли грунтлар учун – 0,4-0,5; юмшоқ лойка грунтлар учун – 0,7 ва ундан ортиқ);

$z_0$  – тоннелни жойлашиш чуқурлиги.

Энг катта чўкиш  $S_{max}$  куйидаги боғланишдан аниқланади:

$$S_{max} = \frac{V_L \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{2.5i},$$

бунда,

$V_L$  – тоннел қазишда ортиқча қазилган грунт ҳажми;

$D$  – тоннелнинг ташқи диаметри.

Илмий ишларда ер юзи деформацияларини мавжуд олдиндан билиш усулларини жойда олиб борилган кузатишлар маълумотлари билан солиштирилган [11, 12]. Бу солиштиришлар натижасида ҳисобий ва тахмин қилинган максимал чўкишлар орасидаги тафовут 20...80 % ва таъсир этиш зонаси кенглигидаги фарқ 10...60 % ни ташкил этишини кўрсатди.

Умуман, барча эмпирик ёндашишлардаги камчиликлар – бу тоннел қазиш тажрибаси ҳамда геотехник мониторинг маълумотлари бўлмаган янги ҳудудларда ер ости бўшлиқларини ўзлаштиришда улардан фойдаланиш самараси етарли даражада бўлмаганида. Эмпирик усуллар универсал эмас, чунки фақат муҳандис-геологик, геометрик ва технологик шароитлар учун яроқлидир. Уларнинг афзаллиги – улардан фойдаланиш осонлиги ҳамда ушбу методика ишлаб чиқилган участкалардаги ҳисобий ва ҳақиқий деформацияларнинг бир-бирига мувофиқлигида. Эмпирик усуллар ёпик қазиш жараёнида турли типга мансуб грунтларнинг ўзини тутиш хусусиятларини тушуниш учун, фойдали бўлиши мумкин ва қазиш ишлари натижасида грунт массивидаги ҳосил бўладиган деформациялар миқдорини сифатли баҳолашда қўлланиши мумкин.

Тоннелларни қуриш жараёнида ер юзаси, грунт массивлари, атроф бино-иншоот объектлари (шу жумладан,

ер ости иншоотлари – муҳандис коммуникациялари, транспорт магистраллари) ва бошқалардаги деформацияларни сонли олдиндан аниқлаш усуллари энг кўп қўлланадиган ва истиқболли усуллардандир [13,14].

## ХУЛОСА

Ҳозирги вақтда тоннелларни ёпиқ қазиш усулида грунт массиви деформацияларини ҳамда ер юзаси чўкишларини аниқлашга оид учта асосий йўналиш шаклланган: аналитик, эмпирик ва сонли усуллар. Аналитик ва эмпирик усуллар ва формулаларнинг камчилиги – улардан фақат аниқ белгиланган муҳандис-геологик шароитларда ҳамда тоннелларни қуриш усулларида фойдаланиш мумкинлигида. Бу ҳолат тоннел устидаги чўкишлар мулдаси параметрларини ҳисоблашда ечимлардан фойдаланиш имкониятларини чеклаб қўяди, айрим ҳолларда эса умуман истисно этади. Бу усуллар тоғ жинсларининг физик-механик тавсифлари ва тоннеллар қурилишида муҳандис-геологик шарт-шароитларининг ўзига хос томонлари каби омилларни ҳисобга олишга имкон бермайди.

Сонли усуллар турли грунтлар учун турли хил чуқурликларда кучланишларни ва грунтлар силжишини тақсимланиши ҳақида маълумотга эга бўлишга имкон беради. Сонли ечимлардан фойдаланиб, грунт қатламлари вазнини ҳисобга олган ҳолда, тоннел қоплами ортига грунт сиртининг силжишларини аниқлаш мумкин.

Шубҳасиз, ер сиртидаги силжишларнинг миқдори бевосита суъний бўшлиғ билан туташ массивдаги деформацион кўзғатишлар даражасига боғлиқ. Уларни аниқлагандан сўнг, ер сиртидаги силжишлар миқдорини ҳам баҳолашимиз мумкин бўлади. Тоннелларни ўтишда, айниқса саёз жойлашган тоннелларни қазишда ер усти иншоотларга вужудга келиши мумкин бўлган таъсирларни олдиндан билиш ва баҳолашни саёз жойлашган тоннелларни лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш жараёнларининг энг муҳим масаласидир.

Геомеханик масалаларда энг кўп қўлланадиган сонли усул сифатида чекли элементлар усулини қабул қилиш мумкин. Амалиётда тоғ жинслари массивини ҳисоблашларидан кенг кўламда фойдаланиш мазкур тадқиқод ишида кўриб чиқилган масалаларда ҳам унинг актуаллигини тасдиқлаб бермоқда.

Бундай массивларни кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатни математик моделлаштириш кўпинча “грунт массиви-ер ости иншооти” геомеханик



тизими ишининг сифатли ва сонли тўғри тасвирини ифодалай оладиган ягона воситадир.

## REFERENCES

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 21 октября 2016 года N ПП-2638 "О мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности деятельности Ташкентского метрополитена", 2016, 4 с.
2. Лиманов Ю.А., Артюков Е.И. Осадки земной поверхности при сооружении тоннелей в четвертичных отложениях. – Транспортное строительство, 1972, № 2, с. 45-47.
3. Хуцкий В.П. Сдвижений земной поверхности при строительстве пересадочных узлов метрополитена в условиях Санкт-Петербурга. Автореф. дисс....канд. техн. наук. -2004.
4. Чеботаев В.В. Прогнозирование аварийных деформаций поверхности и защита зданий при строительстве метрополитена / В.В. Чеботаев, В.М. Ауэрбах, А.Н. Левченко // Транспортное строительство. – 1994. – № 4. – С. 30-33.
5. Демешко Е.А., Ходош В.А. Прогнозирование осадок поверхности при щитовой проходке тоннеля в песчаных грунтах. Метрострой, 1963, № 3-4, с. 50-53.
6. Peck R.B. Deep excavations and tunneling in soft ground / Proceedings of the 7-th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. State of the art report. V. 1. Mexico City, Mexico, 1969. P. 225-290.
7. O'Reilly M.P., New B.M. Settlements above tunnels in the United Kingdom - their magnitude and prediction / Tunneling 82. London: The Institution of Mining and Metallurgy, 1982. P. 55-64.
8. Attewell P.B., Woodman J.P. Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunnelling in soil / Ground Engineering. 1982. V. 15. №7. P. 13-22,36.
9. Fotieva, N.N. Distribution of stress in the lining of when driving a parallel tunnel / N.N. Fotieva, Sheinin // Underground structures. 1966 – №6. -P. 26-29.
10. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра. –1994. – 382 с.
11. Miralimov M. et al. Numerical approach for structural analysis of Metro tunnel station //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 02054.



12. Miralimov, M. X., & Normurodov, S. U. (2019). CONSTRUCTION FEATURES OF TRANSPORT TUNNELS IN THE MOUNTAIN AREAS OF UZBEKISTAN. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 15(3), 26-35.
13. Ulugbekovich, N. S. (2022). STRESS-STRAIN STATE OF THE CONSTRUCTION OF A SUBWAY TUNNEL UNDER SEISMIC IMPACTS. World scientific research journal, 8(1), 3-11.
14. Khamitovich, M. M., Ulugbekovich, N. S., & Shomansur o'g'li, T. S. (2021). CALCULATION TECHNIQUE FOR TYPICAL CIRCULAR TUNNEL LININGS WITH TAKING INTO ACCOUNT THE INTERACTION OF THE STRUCTURE WITH THE GROUND. Galaxy International Interdisciplinary Research Journal, 9(6), 362-368.

