

FTAMP 67.13.21

И.И. Бекбасаров¹ – негізгі автор, | ©
Е.И. Атепов², Н.А. Шаншабаев³



¹Техн. ғылым. д-ры, ²PhD, ³Магистр

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-3250-7853> ²<https://orcid.org/0000-0002-2907-6610>

³<https://orcid.org/0000-0003-4930-0488>



^{1,2,3}М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,



Тараз, Қазақстан



¹ii.bekbasarov@dulaty.kz

<https://doi.org/10.55956/AIY2161>

РОСТВЕРК АСТЫНДАҒЫ ТРАНШЕЯЛАРДЫ ШТАМПТАУ КЕЗІНДЕ ҚАДАЛАР АРАСЫНДАҒЫ ТЫҒЫЗДАЛҒАН ТОПЫРАҚ АЙМАҒЫНЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Ростверк астындағы траншеяны штамптау кезінде бір қатарлы қадалы іргетастар арасында пайда болатын тығыздалған топырақ аймақтарының өлшемдерін болжауға мүмкіндік беретін әдістер баяндалған. Шешімдер траншеяны штамптау және қатты материалды траншея түбіне штамптау кезінде тығыздалған аймақта топырақ массасын сақтау теңдеулерін қолдануға негізделген. Топырақтың тығыздалған аймағының ықтимал пішіндерінің және траншеяның төменгі бөлігіндегі тығыздалған кеңеюдің әртүрлі нұсқалары қарастырылған. Қадалар арасындағы тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығы оның тығыздығының көрсеткіштерін, штампталатын траншеяның өлшемдерін және траншея түбіне штампталатын қатты материалдың көлемін ескере отырып айқындалған. Алынған формулалар негізінде салыстырмалы есептеулер жүргізілді, олардың нәтижелері өте қолайлы екені айқындалды. Тәжірибелік тексеруден кейін әдістерді инженерлік тәжірибеде қолдануға ұсынылады.

Тірек сөздер: қадалар арасындағы топырақ, қадалар, ростверк, штамптау, траншея, тығыздалған аймақ, қатты материал, кеңейту.



Бекбасаров, И.И. Ростверк астындағы траншеяларды штамптау кезінде қадалар арасындағы тығыздалған топырақ аймағының өлшемдерін анықтау әдістері [Мәтін] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атепов, Н.А. Шаншабаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.181-194. <https://doi.org/10.55956/AIY2161>

Кіріспе. Топырақты ауыр штамптармен беттік тығыздау кезінде, сондай-ақ топырақ массивінде қазанқазаншұңқырлар мен траншеяларды штамптау және тоқпақтау кезінде тығыздалған аймақ пайда болады [1,2]. Тығыздалған негіздерді жобалау үшін осы аймақтың топырақтарының мөлшері, физикалық және механикалық сипаттамалары қажет. Тығыздалған топырақ аймақтарының пішіндері мен өлшемдері әртүрлі болады және олар көптеген факторларға байланысты [3-7]:

– топырақтың түрі, жағдайы және қасиеттері;

– қазанқазаншұңқырлар мен траншеяларды дайындау үшін пайдаланылатын штамптардың (мөртабандардың) пішіні мен өлшемдері;

– тығыздағыштардың (штамптардың) энергетикалық параметрлері және олардың жұмыс режимдері.

Бұл факторлар қатты материалдарды (шағал, қиыршық тас, кірпіш сынығы және т.б.) тығыздамайтын (штамптамайтын) топырақты тығыздау процесіне тән. Тығыздалған аймақтың пішіні мен өлшемдеріне қатты материалдарды тығыздалатын (штамптайтын) топырақты тығыздау кезінде қатты материалдың түрі мен көлемі де көрсетіледі.

Іргетас салу саласында тығыздалған қазанқазаншұңқырлардың айналасында пайда болатын топырақтың тығыздалған аймақтарының мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін бірқатар тәсілдер қолданылады. Төменде осы тәсілдердің ерекшеліктеріне қысқаша талдау берілген.

Нормативтік-нұсқаулық құжаттарда [8-12] қазанқазаншұңқырды сығымдау кезінде пайда болатын тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен мөлшерін құрылыс алаңында алдын-ала жүргізілген тәжірибелік жұмыстар негізінде анықтау ұсынылады. Әрине, бұл тәсіл сенімді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді, бірақ бұл өте көп уақытты қажет ететін күрделі тәсіл. Тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері болмаған кезде Нұсқаулық [8] және құрылыс нормалары [12] эмпирикалық формуланы қолдануды ұсынады, ол бойынша тығыздалған топырақ аймағының диаметрі, тығыздалған қазанқазаншұңқырдың айналасында ортаңғы бөлігінде дайындалған қазанқазаншұңқырдың еніне пропорционалды түрде орнатылады. Бұл ретте пропорционалдылық коэффициентінің мәндері тығыздағыштың төменгі бөлігінің үшкірлену бұрышына байланысты 0,7-2,0 тең болып қабылданады. Бұл есептеу әдісімен дұрыс емес нәтижелер алынады, өйткені ол әдіс оның дәлдігіне әсер етуі мүмкін бірқатар факторларды ескермейді. Оларға мыналар жатады:

- тығыздалған қазанқазаншұңқырдың пішіні мен өлшемдері;
- қазанқазаншұңқырды тығыздағанға дейінгі және одан кейінгі топырақтың тығыздық-ылғалдылық жай-күйінің көрсеткіштері;
- тығыздағыштың үшкірлену бұрышына байланысты өзгертін тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен өлшемдері.

[13,14] жұмыстарда қазанқазаншұңқырдың айналасында тығыздалған топырақ аймағының диаметрін оның төменгі бөлігінде қатты материалды кеңейтусіз тығыздалған әдіс сипатталады. Бұл әдістің Нұсқаулықта [8] және құрылыс нормаларында [12] көрсетілген әдіске тән жоғарыда аталған кемшіліктері жоқ. Әдіс топырақтың және тығыздалған қазанқазаншұңқырдың келесі параметрлерін ескере отырып есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді:

- қазанқазаншұңқырдың көлемі (оның пішіні мен мөлшеріне байланысты);
- қазанқазаншұңқырды тығыздау кезінде тығыздалған аймаққа ауысатын топырақ массасының үлесін анықтайтын коэффициент;
- қазанқазаншұңқырдың бүйір беттерінің тығыздалған аймақтың шекаралық бетімен қиылысу деңгейінде орналасқан көлденең сызықтан төмен, қазанқазаншұңқырдың көлемі;
- тығыздалған аймақтың шекаралық бетімен қазанқазаншұңқырдың бүйір беттерінің қиылысу деңгейінде орналасқан көлденең сызықпен кесілетін шар сегментінің көлемі;

– қазанқазаншұңқыр түбінен төмен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығы.

Әдісті әзірлеу кезінде топырақтың тығыздалған аймағының пішіні қиылған эллипсоид түрінде қабылданады. Бұл әдіс жалпақ табанмен және төменгі ұшының 45-120 градус нүктелік бұрыштарымен жүзеге асырылатын топырақты тығыздау процесіне қолданылады.

Нормативтік-нұсқаулық құжаттарда [8-12] қазанқазаншұңқырды оның түбіне қатты материалмен тығыздалған кезде пайда болатын тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен мөлшерін құрылыс алаңында алдын-ала жүргізілген тәжірибелік жұмыстар негізінде анықтау ұсынылады. Тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері болмаған жағдайда, құрылыс нормалары [12,15] келесі топырақ және қатты материалмен кеңейтімдер параметрлерін ескеретін әдісті қолдануды ұсынады:

– қазанқазаншұңқырдың түбінен төмен кеңею радиусы;
– тығыздалған аймақ шегінде құрғақ күйдегі топырақ тығыздығының орташа шамасы;

– қазанқазаншұңқыр тығыздалғанға дейін құрғақ күйдегі топырақ тығыздығының орташа мөлшері;

– кеңейту нысанына байланысты қабылданатын коэффициент;

– қазанқазаншұңқырдың түбіне бекітілген қатты материалдың көлемі.

Әдістің бірқатар кемшіліктері бар, олар келесі факторларды ескермейді:

– тығыздалған қазанқазаншұңқырдың мөлшері, пішіні және көлемі;

– топырақтың тығыздалған аймағының өлшемі мен пішіні.

– [14,16] жұмыстарда келесі жайттарға мүмкіндік беретін әдіс сипатталған:

– төменгі бөлігінде қатты материалдан жасалған кеңейту құрылысымен тығыздалған қазанқазаншұңқырдың айналасындағы топырақтың тығыздалған аймағының диаметрі;

– қатты материалдан жасалған кеңейту радиусы.

Бұл әдістің құрылыс нормаларында [12,15] көрсетілген әдіске тән жоғарыда аталған кемшіліктері жоқ және келесі топырақ параметрлерін, қазанқазаншұңқырды және қатты материалды кеңейтуді ескере отырып есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді:

– қазанқазаншұңқырдың тереңдігі мен ені (диаметрі);

– қазанқазаншұңқырдың төменгі бөлігінің биіктігі;

– қазанқазаншұңқырдың көлемі және кеңейту көлемі;

– қазанқазаншұңқыр қабырғаларының тігінен көлбеу бұрыштары.

Көріп отырғанымыздай, топырақтың тығыздалған аймақтарының өлшемін анықтаудың қарастырылған әдістері қазанқазаншұңқырларда іргетастар дайындауда қолданылады. Сонымен қатар, олар қазанқазаншұңқырлар топырақ кеңістігінде тығыздалған кезде топырақтың қозғалуына кедергілермен шектелмеген жағдайларда қолайлы. Сондықтан, қолданыстағы әдістерді таспалы қадалар іргетасының қадалары арасындағы қалыңдықтың жоғарғы бөлігінде орналасқан топырақ тығыздалған жағдайда қолдануға болмайды. Аралық топырақты тығыздау қадалар астындағы траншеяларды нығыздау арқылы жүзеге асырылады. Монолитті ростверк орнатудың мұндай тәсілі ростверктің жүк көтергіштігін және тұтастай алғанда таспалы қадалы іргетастың жүк көтергіштігін арттыруға мүмкіндік береді. Қадалар арасындағы топырақ тар жағдайда болатынын және ондағы

траншея қадалар қағу арқылы штампталатынын ескере отырып, бұл жағдайда топырақтың тығыздалған аймағының өлшемін анықтау әдістерін әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қазаншұңқырды тығыздап қалыптау процесінің соққылы әдіспен траншеяны штамптау процесіне ұқсастығын ескере отырып, әдістердің теориялық шешімдерін шығару үшін Бекбасаров И.И. ұсынған және қазаншұңқырларды тығыздап қалыптау процесіне, қатты материалдан жасалған кеңейтілім қолданбай да, қолдана отырып та, іске асырған топырақ массасының сақталу принципі пайдаланылды [14].

Аралық топырақ орналасқан тар жағдайлар оның деформациясы мен қозғалысына траншеяны штамптау және қатты материалдың түбіне нығыздау кезінде әсер етеді. Сондықтан, бойлық бағытта тығыздалған топырақ аймақтарының өлшемдері қадалар арасындағы қашықтықпен шектелетіні ескерілді. Осыған сүйене отырып, қадалар арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының пішіні мен траншея астындағы кеңею пішіні қазаншұңқырды нығыздап, оның түбіне қатты материалды батырған кездегіден ерекшеленеді. Төменде келесі екі әдістің негізгі ережелері келтірілген:

– траншеяның айналасында қалыптасатын қада арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының өлшемін анықтау әдісі (бірінші әдіс);

– траншеяның айналасында қалыптасатын, оны штамптау және оның түбіне қатты материалды нығыздау кезінде тығыздалған топырақ аймағының мөлшерін анықтау әдісі (екінші әдіс).

Зерттеу нәтижелері. Бірінші әдіс. [13,14] жұмыстарда көрсетілген массаны сақтау принципіне сүйене отырып траншеяны қадааралық кеңістікте штамптау шарты үшін бастапқы (1) теңдеуді жазайық:

$$m_{gu} = \alpha m_g, \quad (1)$$

мұндағы: m_{gu} – траншея штампталғаннан кейін тығыздалған аймақ шегіндегі топырақ массасы; m_g – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массивтегі топырақ массасы; α – траншея штампталған кезде тығыздалған аймаққа ауысатын топырақ массасының m_g үлесін анықтайтын коэффициент.

Топырақ массасын көлем мен тығыздық арқылы ұсына отырып (1) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$V_u \rho' = (\alpha V_u' - V_t) \rho' = \alpha V_u' \rho, \quad (2)$$

мұндағы: V_u' – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массив шегіндегі топырақ көлемі; V_t – штампталатын траншеяның көлемі; ρ' – тығыздалған аймақтағы топырақ тығыздығының орташа шамасы; ρ – траншея штампталғанға дейін топырақ тығыздығының орташа шамасы.

$\alpha V_u'$ және V_t параметрлері арасындағы айырмашылықты білдіретін тығыздалған топырақ аймағының көлемін V_u (2) теңдеуден анықтауға болады

$$V_u = \alpha V_u' \rho / \rho', \quad (3)$$

1 және 2-суреттерден қадааралық топырақтың тығыздалған аймағы күрделі көрініске ие екенін көруге болады. Шартты түрде топырақтың тығыздалған аймағының көлемін анықтаудың екі нұсқасын қарастыруға болады.

Бірінші нұсқа бойынша, V_u топырақтың тығыздалған аймағының көлемі келесі өрнек түрінде анықталады:

$$V_u = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (4)$$

мұндағы: V_p – L_u , B_u және h_t өлшемдері бар призманың көлемі; L_u – тығыздалған аймақтың ұзындығы; B_u – тығыздалған аймақтың ені; h_t – траншеяның тереңдігі; V_t – штампталған траншеяның көлемі; $V_{сэр}$ – эллиптикалық параболоидтың келесі өлшемдері бар сегментінің көлемі: ұзын жартылай осьтің өлшемі – $L_u/2$; қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_u/2$; траншея түбінен төмен тығыздалған аймақтың қалыңдығына тең сегменттің биіктігі – h_u .

(4) формуладан топырақтың тығыздалған аймағы сыртқы контур бойымен жоғарғы бөлігінде призма пішініне, ал төменгі бөлігінде эллиптикалық параболоид сегментінің пішініне жақын екендігі шығады. Біздің ойымызша, қадалар арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының мұндай құрама пішіні қадалар арасындағы қысқа қашықтықтағы оның нақты пішініне жақын. Бұл қадалар арасындағы қысқа қашықтықта, қадалар маңындағы топырақтың тығыздалған аймақтарының әсерінен, төмендегі қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні дөңес және бойлық бағытта қысылатындығымен түсіндіріледі. Қадалалық топырақтың тығыздалған аймағының бұл пішінінің көрінісі қадалар арасындағы қысқа қашықтықта траншеяны штамптау ұзындығы бойынша шағын өлшемді штамппен жүзеге асырылатындығына ықпал етеді.

(4) формулада V_p призмасының көлемін (5) формула бойынша, эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V_{сэр}$ (6) формула бойынша, ал траншея көлемін (7) формула бойынша анықтауға болады.

$$V_p = L_u B_u h_t, \quad (5)$$

$$V_{сэр} = k_c \pi L_u B_u h_u, \quad (6)$$

$$V_t = h_t \{ [B_t L_t + B'_t L'_t] + [(B_t L_t) \times (B'_t L'_t)]^{0.5} \} / 3, \quad (7)$$

мұндағы: k_c – 1/8-ге тең коэффициент; L'_t – траншеяның үстіңгі ұзындығы; L_t – траншеяның төменгі ұзындығы; B'_t – траншеяның үстіңгі ені; B_t – траншеяның төменгі ені; δ_b – үстіндегі траншеяның енінен B'_t тығыздалған аймақ енінің B_u асып кету коэффициенті.

(5) және (6) формулаларда топырақтың тығыздалған аймағының өлшемдерін L_u және B_u мынадай түрде шамамен қабылдауға болады:

$$L_u = 0,5(L'_t + L_t), \quad (8)$$

$$B_u = B'_t \delta_b, \quad (9)$$

(8) және (9) формулаларын ескере отырып, (5) және (6) формулаларын келесі түрде қайта жазуға болады:

$$V_p = 0,5(L'_t + L_t)B'_t\delta_b h_t, \quad (10)$$

$$V_{сэр} = k'_c\pi(L'_t + L_t)B'_t\delta_b h_u \quad (11)$$

мұндағы: k'_c – 1/4-ге тең коэффициент.

(3) және (4) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, қорытынды теңдікті (12) аламыз, ал одан (13) және (14) өрнектерін алуға болады.

$$\alpha V'_u \rho / \rho' = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (12)$$

$$\alpha(V_p + V_{сэр})\rho / \rho' = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (13)$$

$$V_{сэр} = (V_p a + \rho' V_t) / c, \quad (14)$$

$$a = (\alpha \rho - \rho'), \quad (15)$$

$$c = (\rho' - \alpha \rho), \quad (16)$$

(11) және (14) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, қорытынды теңдікті аламыз, ал одан траншея түбінен төмен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығын анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u = (V_p a + \rho' V_t) / [k'_c \pi c (L'_t + L_t) B'_t \delta_b], \quad (17)$$

(17) формула (3÷4)d қадалар арасындағы қашықтықтарда қолдануға ұсынылады (мұндағы: d – қаданың көлденең қимасының өлшемі).

Екінші нұсқада аралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек түрінде ұсынылады

$$V_u = (V_p - V_t) + V'_p, \quad (18)$$

мұндағы: V'_p – өлшемдері L_u , B_u және h_u болатын призманың көлемі.

(18) формуладан сыртқы контурдың жоғарғы бөлігіндегі тығыздалған топырақ аймағы үлкен призманың пішініне (бірінші нұсқадағыдай), ал төменгі бөлігінде L_u , B_u және h_u өлшемдері бар шағын призманың пішініне жақын екендігі шығады.

Біздің ойымызша, аралық топырақтың тығыздалған аймағының бұл пішіні қадалар арасындағы үлкен қашықтықта оның нақты пішініне жақын. Бұл болжам қадалар арасындағы үлкен қашықтық кезінде қадалар маңындағы топырақтың тығыздалған аймақтарының әсерінен төмендегі қадалар аралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні жайпақ әрі созылыққы келеді. Қадаларлық топырақтың тығыздалған аймағының ұқсас пішінінің көрінісі қадалар арасындағы үлкен қашықтықта траншеяны штамптау ұзындығы үлкен мортабанмен жүзеге асырылатындығына ықпал етеді.

(18) формулада призмасының көлемін V_p (5) формула бойынша, траншея көлемін (7) формула бойынша, ал призмасының көлемін V_p' (19) формула бойынша анықтауға болады.

$$V_p' = k_p (L_t' + L_t) B_t' \delta_b h_u, \quad (19)$$

мұндағы: k_p – 0,75 тең коэффициент.

(3) және (18) формулалардың оң жақтарын теңестіріп, (19) формуланы ескере отырып, траншея түбінен төмен h_u топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтау үшін (20) формуласын алуға болатын қорытынды теңдікті аламыз.

$$h_u = (V_p a + \rho' V_t) / [k_p c (L_t' + L_t) B_t' \delta_b], \quad (20)$$

(20) формуласы $(5 \div 6)d$ және одан көп қадалар арасындағы арақашықтықта қолдануға ұсынылады (мұндағы: d – қаданың көлденең қимасының өлшемі).

Екінші әдіс. [13,14] жұмыстарда ұсынылған массаны сақтау принципіне сүйеніп, траншеяның түбіне қатты материалды нығыздай отырып, қадааралық топырақ кеңістігінде траншеяны штамптау шарты үшін бастапқы теңдеуді (21) жазайық:

$$m_{gu} + m_{um} = \alpha m_g + m_{cr}, \quad (21)$$

мұндағы: m_{gu} – траншеяны штамптағаннан және оның түбіне қатты материалды нығыздағаннан кейін тығыздалған аймақ шегіндегі топырақ массасы; m_{um} – кеңейту материалының массасы; m_g – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массивтегі топырақ массасы; α – траншеялар штамптау кезінде тығыздалған аймаққа ауысатын m_g топырақ массасының үлесін анықтайтын коэффициент; m_{cr} – траншеяның түбіне штампталған қатты материалдың массасы.

(21) теңдеуді шешу үшін кеңейту материалының массасын m_{um} келесі формула бойынша орнатуға болатындығын ескереміз:

$$m_{um} = m_g' + m_{cr} = \beta m_g + m_{cr}, \quad (22)$$

мұндағы: m_g' – кеңейту материалының құрамындағы топырақ массасы; β – қатты материалмен кеңейтілімге түсетін топырақ массасының үлесін m_g анықтайтын коэффициент (қатты материалды траншеяның түбіне штамптау кезінде).

Массаны көлем мен тығыздық арқылы білдіре отырып, (21) теңдіктен (22) формуланы ескере отырып, (23) өрнек түрінде тығыздалған аймақтың көлемін анықтау формуласын алуға болады.

$$V_u = \frac{(\alpha - \beta) V_u' \rho}{\rho'} = b V_u', \quad (23)$$

$$\frac{(\alpha - \beta) \rho}{\rho'} = b, \quad (24)$$

мұндағы: ρ – траншеяны штамптағанға және қатты материалды түбіне нығыздағанға дейінгі топырақ тығыздығының орташа шамасы; ρ' – траншеяны штамптағаннан және қатты материалды түбіне нығыздағаннан кейінгі топырақ тығыздығының орташа шамасы.

Траншея түбіне қатты материалды штамптау кезінде топырақтың тығыздалған аймағының пішіні мен өлшемдері өзгереді деп есептейік. Бірінші әдісті әзірлеу сияқты, топырақтың тығыздалған аймағының пішінін өзгертудің де екі нұсқасын қарастырамыз.

3 және 4-суреттерден қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні күрделі көрініске ие екенін көруге болады. Шартты түрде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемін анықтаудың екі нұсқасын қарастыруға болады.

Бірінші нұсқа бойынша, тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек ретінде анықталған кезде:

$$V_u = (V_p - V_t) + (V_{сэп} - V'_{сэп}), \quad (25)$$

мұндағы: $V'_{сэп}$ – эллиптикалық параболоидтың келесі өлшемдері бар сегментінің көлемі: ұзын жартылай осьтің өлшемі – $L_t/2$; қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_t/2$; траншея түбінен төмен кеңею қалыңдығына тең сегмент биіктігі – h'_u .

(25) формуладан топырақтың тығыздалған аймағы жоғарғы бөлігінде сыртқы контур бойымен призма пішініне, ал төменгі бөлігінде сыртқы контур бойымен эллиптикалық параболоид сегментінің пішініне жақын екендігі шығады. Бұл жағдайда қатты материалдың кеңею пішіні мөлшері аз төменгі бөліктегі тығыздалған топырақ аймағының пішініне сәйкес келеді.

(25) формулада призмасының көлемін V_p (5) формула бойынша, эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V_{сэп}$ (6) формула бойынша, траншея көлемін (7) формула бойынша, ал эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V'_{сэп}$ (V_{um} кеңею көлеміне тең) (26) формула бойынша анықтауға болады.

$$V'_{сэп} = k_c \pi L_t B_t h'_u, \quad (26)$$

(23) және (25) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, (28) және (29) өрнектер түрінде ұсынылатын қорытынды теңдікті (27) аламыз.

$$bV'_u = (V_p - V_t) + (V_{сэп} - V'_{сэп}), \quad (27)$$

$$b(V_p + V_{сэп}) = (V_p - V_t) + (V_{сэп} - V'_{сэп}), \quad (28)$$

$$V_{сэп} = [(V_p(1 - b) - (V_t + V'_{сэп}))]/(b - 1), \quad (29)$$

(11) формуласын ескеріп, сондай-ақ $V'_{сэп}$ көлемі траншеясының түбіне мөр басылған қатты материалдың көлеміне V_{cr} тең екенін ескере отырып, (29) өрнектен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығын h_u траншея түбінен төмен анықтау арқылы (30) формуланы алуға болады.

$$h_u = \left\{ \frac{[(V_p(1-b) - (V_t + V_{cr}))]}{(b-1)} \right\} / [k_c'' \pi (L_t' + L_t) B_t' \delta_b], \quad (30)$$

мұндағы: $k_c'' - 1/16$ тең коэффициент.

V_{cr}' көлемі V_{cr} көлеміне тең екенін ескере отырып (26) өрнегінен кеңею қалыңдығын h_u' анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u' = V_{cr} / k_c \pi L_t B_t, \quad (31)$$

Екінші нұсқа бойынша қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек түрінде ұсынылады:

$$V_u = (V_p - V_t) + (V_p' - V_{pц}), \quad (32)$$

мұндағы: $V_{pц}$ – ұзындығы L_t және жартылай эллипс түрінде көлденең қимасы бар келесі өлшемдері бар жартылай цилиндрдің көлемі: қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_t/2$; траншея түбінен төмен кеңейту қалыңдығына тең ұзын жартылай осьтің өлшемі – h_u' .

(32) теңдіктен топырақтың жоғарғы бөлігінде де, төменгі бөлігінде де сыртқы контур бойымен тығыздалған аймағы призма пішініне жақын екендігі шығады. Бұл жағдайда қатты материалдың кеңею пішіні төменгі бөліктегі топырақтың тығыздалған аймағынан ерекшеленеді және эллипсоидты жартылай цилиндр түрінде қабылданады.

Жартылай цилиндрінің көлемі $V_{pц}$ (32) теңдікте келесі формула бойынша белгіленеді:

$$V_{pц} = k_p' \pi B_t h_u' L_t, \quad (33)$$

мұндағы: $k_p' - 1/4$ тең коэффициент.

(23) және (32) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, (35) және (36) өрнектер түрінде ұсынылатын қорытынды теңдікті (34) аламыз.

$$bV_u' = (V_p - V_t) + (V_p' - V_{pц}), \quad (34)$$

$$b(V_p + V_p') = (V_p - V_t) + (V_p' + V_{pц}), \quad (35)$$

$$V_p' = [(V_p(b-1) - (V_t + V_{pц}))]/(1-b), \quad (36)$$

(18) формуланы ескере отырып, сондай-ақ $V_{pц}$ көлемі траншеяның түбіне нығыздалған қатты материалдың көлеміне V_{cr} тең екенін ескере отырып, (36) өрнектен топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын h_u траншея түбінен төмен анықтау арқылы (37) формуланы алуға болады.

$$h_u = \left\{ \frac{[(V_p(b-1) - (V_t + V_{cr}))]}{(1-b)} \right\} / [k_p' (L_t' + L_t) B_t' \delta_b], \quad (37)$$

$V_{pц}$ көлемі V_{cr} көлеміне тең екенін ескере отырып, (33) өрнегінен кеңейтілім қалыңдығын h_u' анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u' = V_{cr} / k_p' \pi B_t L_t, \quad (38)$$

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Алынған формулалар негізінде олардың нәтижелерінің жақындығын (ұқсастығын) тексеру мақсатында салыстырмалы есептеулер жүргізілді.

Есептеулер үшін бастапқы деректер 1-кестеде келтірілген.

α , β және δ_b коэффициенттерінің мәндері сәйкесінше 0,9, 0,1 және 1,2-ге тең қабылданады. (3) және (23) формулалардағы қадааралық (сазды) топырақтың тығыздық күйінің параметрлері келесідей қабылданады:

- тығыздығы $\rho = 1,56 \text{ т/м}^3$;
- тығыздығы $\rho' = 1,75 \text{ т/м}^3$.

Кесте 1

Параметрлер	Есептеулерге арналған бастапқы деректер			
	Параметрлердің мәндері, см, есептелген мысалдар үшін			
	№1	№2	№1	№2
h_t	40	60	40	60
B_t	50	50	50	50
L_t	60	60	150	150
B'_t	60	60	60	60
L'_t	70	70	160	160

Қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтау бойынша есептеулердің нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Формула	Тығыздалған аумақ қалыңдығы, м	
	№1	№2
(17) формула	0,74	1,09
(20) формула	0,77	1,15
(30) формула	0,65	0,74
(37) формула	0,51	0,58

2-кестеден (17) және (20) формулалар бойынша алынған нәтижелер арасындағы айырмашылық 4,05-5,5% құрайды, бұл деректер қарастырылып отырған формулалардың өзара қолайлы екенін көрсетеді. (30) және (37) формулалар бойынша алынған нәтижелер арасындағы айырмашылық 27,45-27,58% құрайды. Салыстырылған есептеу нәтижелерінің айтарлықтай айырмашылығын ескере отырып, бұл формулаларды түзету қажет екенін атап өткен жөн. Бұл процедура тиісті эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін қолдана отырып формулаларды тексеру кезінде орындалуы мүмкін.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері негізінде келесі негізгі тұжырымдарды жасауға болады:

- (17) және (20) формулалар траншеяны штамптау кезінде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;
- (30) және (37) формулалар траншеяны штамптау және оның түбіне қатты материалды нығыздау кезінде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;
- (17) және (30) формулалар $(3 \div 4)d$, (20) және (37) формулалары $(5 \div 6)d$ және одан да көп қадалар арасындағы қашықтықтары бар бір қатарлы қадалардың іргетастарын орнату кезінде қолайлы;

– (31) және (38) формулалар траншеяның түбіне нығыздалған кезде қатты материалдан пайда болатын тығыздалған кеңеюдің қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;

– ұсынылған формулалар топырақ массасын сақтау теңдеулері негізінде алынады және қадааралық топырақтың тығыздалған аймақтарының өлшемдеріне инженерлік болжам жасауға мүмкіндік беретін екі әдістің негізін құрайды;

– ұсынылған формулалар мен олардың құрамына кіретін α , β және δ_b коэффициенттері тиісті эксперименттік зерттеулердің нәтижелері негізінде нақтылануы керек.

Әдебиеттер тізімі

1. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах [Текст] / В.И. Крутов. – Киев: Будівельник, 1982. – 224 с.
2. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст]. – Москва: Стройиздат, 1985. – 479 с.
3. Джумаев К.М. Определение оптимальных расстояний при вытрамбовывании прерывистых ленточных фундаментов [Текст] / К.М. Джумаев // Сборник научных трудов СибЗНИИЭП Госгражданстроя / Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания. – Новосибирск, 1976. – №14. – С. 36-42.
4. Власов Ю.В. Распределение послойных перемещений неоднородного грунта под жестким штампом в вытрамбованном котловане [Текст] / Ю.В. Власов // Сборник научных трудов СибЗНИИЭП Госгражданстроя / Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания. – Новосибирск, 1976. – №14. – С. 5-14.
5. Шилибеков С.К. Результаты исследований процесса вытрамбовывания котлованов различных форм под фундаменты [Текст] / С.К. Шилибеков, И.И. Бекбасаров, Б.Б. Джанузаков // Межвузовский сборник трудов / Основания и фундаменты в геологических условиях Урала. – Пермь, 1986. – С. 61-67.
6. Бекбасаров И.И. Об определении оптимальных величин угла заострения трамбовки на крупномасштабных моделях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Сборник научных трудов ППС ТарГУ им. М.Х. Дулати. – Тараз, 1998. – Выпуск 1. – С. 377-379.
7. Бекбасаров И.И. Оптимальные формы и размеры фундаментов (в вытрамбованных котлованах) зданий и сооружений [Текст] / И.И. Бекбасаров // Вестник науки АГУ им. С. Сейфулина. – Астана, 2002. – №3. – С. 223-226.
8. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. – Москва: Стройиздат, 1981. – 56 с.
9. ВСН 48-88. Обязательные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах [Текст]. – Алма-Ата: НПО «Союзспецфундаменттяжстрой», 1988. – 53 с.
10. РСН КазССР 57-90. Проектирование и устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах для сейсмостойких зданий [Текст]. – Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, 1990. – 29 с.
11. РСН 40-85. Фундаменты в вытрамбованных котлованах и в пробитых скважинах [Текст]. – Кишинев: Госстрой Молдавской ССР, 1985. – 42 с.
12. СН РК 5.01-06-2002. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Расчет и проектирование [Текст]. – Астана: Проектная академия «KAZGOR», 2003. – 17 с.
13. Бекбасаров И.И. Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения [Текст] / И.И. Бекбасаров // Тр. КарГТУ. – Караганда, 2004. – №4 (17). – С. 85-88.

14. Бекбасаров И.И. Основы рационального вытрабовывания котлованов под фундаменты [Текст]: монография / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Издательство «Тараз университеті» 2011. – 155 с.
15. ВСН 67-257-87. Руководство по устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах с использованием навесного оборудования УВ-1, УВК-40А, ОВК-100 [Текст]. – Уфа: Уфимский НИИПромстрой, 1987. – 66 с.
16. Бекбасаров И.И. Об определении диаметра уплотненной зоны, формирующейся в грунте вокруг фундамента с уширенным основанием [Текст] / И.И. Бекбасаров, Б.А. Алимбаев // Материалы Международной научно-практической конференции по проблемам водного хозяйства. – Тараз, 2006. – С. 251-255.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған АР26197175 «Штампталған траншеяларда ростверктері бар таспалы қадалы іргетастар орнату жұмыстарын жүргізу технологиясын әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 17.12.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

И.И. Бекбасаров¹, Е.И. Атенов¹, Н.А. Шаншабаев¹

¹*Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан*

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ УПЛОТНЕННОЙ ЗОНЫ ГРУНТА МЕЖСВАЙНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ВЫШТАМПОВЫВАНИИ В НЕМ ТРАНШЕИ ПОД РОСТВЕРК

Аннотация. Изложены методы, позволяющие производить прогноз размеров уплотненных зон грунта, формирующихся в межсвайном пространстве однорядного свайного фундамента при выштамповывании в нем траншеи под ростверк. Решения базируются на использование уравнений сохранения массы грунта в уплотненной зоне при выштамповывании в нем траншеи и вштамповывании в дно траншеи жесткого материала. Рассмотрены разные варианты возможных форм уплотненной зоны грунта и уплотненного уширения в нижней части траншеи. Толщина уплотненной зоны межсвайного грунта определяется с учетом показателей его плотности, размеров выштамповываемой траншеи и объема жесткого материала, вштамповываемого в дно траншеи. На основе полученных формул проведены сравнительные расчеты, которые показали, что их результаты достаточно приемлемы. Методы рекомендуются к использованию в инженерной практике после их экспериментальной проверки.

Ключевые слова: межсвайный грунт, свая, ростверк, выштамповывание, вштамповывание, траншея, уплотненная зона, жесткий материал, уширение.

I.I. Bekbasarov¹, Y.I. Atenov¹, N.A. Shanshabaev¹

¹*M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

METHODS FOR DETERMINING THE SIZE OF THE COMPACTED SOIL ZONE OF THE INTER-PILE SPACE WHEN STAMPING A TRENCH IN IT UNDER THE GRILLAGE

Abstract. Methods are described that make it possible to predict the size of compacted soil zones formed in the inter-pile space of a single-row pile foundation when a trench is stamped into it under a grillage. The solutions are based on the use of equations for the conservation of soil mass in a compacted area when a trench is stamped into it and a rigid material is stamped into the bottom of the trench. Different variants of

possible forms of a compacted soil zone and a compacted expansion in the lower part of the trench are considered. The thickness of the compacted zone of the inter-pile soil is determined taking into account its density, the size of the stamped trench and the volume of rigid material stamped into the bottom of the trench. Based on the formulas obtained, comparative calculations were carried out, which showed that their results are quite acceptable. The methods are recommended for use in engineering practice after their experimental verification.

Keywords: inter-pile soil, pile, grillage, stamping, punching, trench, compacted area, rigid material, broadening.

References

1. Krutov V.I. Osnovaniya i fundamente na prosadochnykh gruntakh [Foundations and foundations on subsidence soils]. – Kiev: Budivelnik, 1982. – 224 p. [in Russian].
2. Spravochnik proyektirovshchika. Osnovaniya, fundamente i podzemnyye sooruzheniya [The designer's Handbook. Foundations, foundations, and underground structures]. – Moscow: Stroyizdat, 1985. 479 p. [in Russian].
3. Dzhumaev K.M. Opredeleniye optimal'nykh rasstoyaniy pri vytrambovyvanii preryvistykh lentochnykh fundamentov [Determination of optimal distances when ramming intermittent ribbon foundations] // Sbornik nauchnykh trudov SibZNIIEP Gosgrazhdanstroya / Vozvedeniye fundamentov na prosadochnykh gruntakh Sibiri metodom vytrambovyvaniya [Collection of scientific papers of SIBZNIIEP Gosgrazhdanstroy / Building foundations on subsident soils of Siberia by ramming]. – Novosibirsk, 1976. – No. 14. – P. 36-42. [in Russian].
4. Vlasov Yu.V. Raspredeleniye posloynykh peremeshcheniy neodnorodnogo grunta pod zhestkim shtampom v vytrambovannom kotlovane [Distribution of layered displacements of heterogeneous soil under a rigid stamp in a rammed excavation] // Sbornik nauchnykh trudov SibZNIIEP Gosgrazhdanstroya / Vozvedeniye fundamentov na prosadochnykh gruntakh Sibiri metodom vytrambovyvaniya [Collection of scientific papers of SIBZNIIEP Gosgrazhdanstroy / Building foundations on subsident soils of Siberia by ramming]. – Novosibirsk, 1976. – No. 14. – P. 5-14. [in Russian].
5. Shilibekov S.K., Bekbasarov I.I., Dzhanuzakov B.B. Rezul'taty issledovaniy protsessa vytrambovyvaniya kotlovanov razlichnykh form pod fundamente [Results of studies of the process of tamping pits of various shapes for foundations] // Mezhvuzovskiy sbornik trudov / Osnovaniya i fundamente v geologicheskikh usloviyakh Urala [Interuniversity collection of works / Foundations and foundations in the geological conditions of the Urals]. – Perm, 1986. – P. 61-67. [in Russian].
6. Bekbasarov I.I. Ob opredelenii optimal'nykh velichin ugla zaostreniya trambovki na krupnomasshtabnykh modelyakh [On determining the optimal values of the ramming angle on large-scale models] // Collection of scientific papers of the Faculty of TarSU named after M.H. Dulati. Taraz, 1998. – Issue 1. – P. 377-379. [in Russian].
7. Bekbasarov I.I. Optimal'nyye formy i razmery fundamentov (v vytrambovannykh kotlovanakh) zdaniy i sooruzheniy [Optimal shapes and sizes of foundations (in rammed pits) of buildings and structures] // Bulletin of Science of the ASU named after S. Seifulin. – Astana, 2002. – No. 3. – P. 223-226. [in Russian].
8. Rukovodstvo po proyektirovaniyu i ustroystvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [Guidelines for the design and installation of foundations in rammed pits]. – Moscow: Stroyizdat, 1981. – 56 p. [in Russian].
9. VSN 48-88. Obyazatel'nyye tekhnologii ustroystva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [Mandatory technologies for building foundations in rammed pits]. – Alma Ata: NPO Soyuzspetsfundamenttyazhstroy, 1988. – 53 p. [in Russian].

10. RSN KazSSR 57-90. *Proyektirovaniye i ustroystvo fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh dlya seysmostoykikh zdaniy* [Design and installation of foundations in rammed pits for earthquake-resistant buildings]. – Alma Ata: Kaztsntis Gosstroy of the Kazakh SSR, 1990. – 29 p. [in Russian].
11. RSN 40-85. *Fundamenty v vytrambovannykh kotlovanakh i v probitykh skvazhinakh* [Foundations in rammed pits and drilled wells]. – Chisinau: Gosstroy of the Moldavian SSR, 1985. – 42 p. [in Russian].
12. SN RK 5.01-06-2002 . *Fundamenty v vytrambovannykh kotlovanakh. Raschet i proyektirovaniye* [Foundations in rammed pits. Calculation and design]. – Astana: KAZGOR Design Academy, 2003. – 17 p. [in Russian].
13. Bekbasarov I.I. *Opredeleniye diametra uplotnennoy zony grunta, formiruyushchey vokrug vytrambovyvayemogo kotlovana neglubokogo zalozheniya* [Determination of the diameter of the compacted soil zone forming around the rammed shallow foundation pit] // Tr. KarGTU. - Karaganda, 2004. – No. 4 (17). – P. 85-88. [in Russian].
14. Bekbasarov I.I. *Osnovy ratsional'nogo vytrabovvaniya kotlovanov pod fundamenty* [Fundamentals of rational excavation of foundation pits]. The monograph. – Taraz: Publishing house "Taraz University" 2011. – 155 p. [in Russian].
15. VSN 67-257-87. *Rukovodstvo po ustroystvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh s ispol'zovaniyem navesnogo oborudovaniya UV-1, UVK-40A, OVK-100* [Guidelines for the installation of foundations in rammed pits using attachments UV-1, UVK-40A, OVK-100]. – Ufa: Ufa NIIPromstroy, 1987. – 66 p. [in Russian].
16. Bekbasarov I.I., Alimbayev B.A. *Ob opredelenii diametra uplotnennoy zony, formiruyushchey v grunte vokrug fundamenta s ushirennym osnovaniyem* [On determining the diameter of a compacted zone formed in the soil around a foundation with a widened base] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference on Water Management. – Taraz, 2006. – P. 251-255. [in Russian].