

СПОРУДЖЕННЯ ЗБІРНИХ ФУНДАМЕНТІВ У СКЛАДНИХ КОТЛОВАНАХ

CONSTRUCTION OF PREFABRICATED FOUNDATIONS IN COMPLEX EXCAVATION SITES

Іванейко І. Д., канд. техн. наук, доцент (Національний університет «Львівська політехніка»), Іванейко М. М., інженер, (Logistruct, м. Львів), Вишневецький Р. М., бакалавр (Національний університет «Львівська політехніка»).

Ivaneiko I. D., Ph. D. in Engineering, Associate Professor, (Lviv Polytechnic National University), Ivaneiko M. M., engineer (Logistruct, Lviv), Vyshnevetsky R. M., bacc. ing. aedif. (Lviv Polytechnic National University).

Запропоноване ефективне технологічне конструктивне рішення збереження природної характеристики ґрунту.

У статті розглядається зведення збірних стрічкових фундаментів з плит і блоків підвалу. Для сукупної технології зведення цих фундаментів зі збереженням природних характеристик ґрунту запропонований комплексно-механізований технологічний процес для двох машин на трьох роботах.

Методика передбачає поділ об'єкту на захватки, визначення обсягів робіт, встановлення основних і допоміжних робіт для екскаватора та крана, формули для визначення обсягів робіт для машин на блоках стін підвалу та часу їхнього перебування на захватках. Наведені техніко-економічні показники сукупної технології з виконанням робіт з-поза меж котловану і траншеї.

We offer effective technological constructive solutions of preservation of natural characteristics of the soil. According to the research, this can be achieved through organizational and technological solutions. This reduces the volume of earthworks and the cost of backfilling. Such constructive-organizational-technological solutions (COTS) are relevant in the construction of underground parts of kindergartens and educational institutions on shallow foundations.

From experience and research, we know that to introduce natural characteristics of the soil we must use technologies of cumulative construction of earthworks and foundations. It is used for the construction of cast-in-place concrete shallow foundations with different types of manual and mechanized labor. In turn, this technology is not used for mechanized construction of prefabricated strip foundations.

The paper considers the construction of prefabricated strip footings with basement walls from precast concrete blocks. A hypothesis is presented for the technology of combining footing construction with preserving natural characteristics of the soil: to balance construction times using complex mechanized technological processes (CMTP) for two universal machines (UM) on three jobs. UM are: an excavator and a crane. The CMTP are: earthworks and installation of footing slabs and basement wall blocks. The latter is presented in two variants: one or two rows.

This technique was used to give machines full access to the perimeter of excavation site. It proposes the division of the construction into seizures, provides work estimates, identifies the main and secondary jobs for the excavator and crane, and gives formulas for calculating work and time estimates for machines installing basement wall blocks. Given technology is compared with construction from outside of the excavation site, and technical-economic indicators are shown.

We need to research implementation of these techniques for the construction of kindergartens and schools in cramped urban environments.

Ключові слова: комплексно-механізований технологічний процес, універсальні машини, природні характеристики ґрунту основи.

Key words: complex-mechanized technological process, universal machines, natural characteristics of the soil.

Проблема. Під час спорудження підземної частини будівлі (ПЧБ) з фундаментами на ґрунтовій основі є проблема застосування способів організаційно-технологічного об'єднання робіт для отримання ресурсозберігаючих технологічно-конструктивних рішень та енергозберігаючих механізмів.

Сьогодні проводиться реконструкція центральної частини міста зі зміною малоповерхових будівель на багатоповерхові. Збільшення кількості населення на один квадратний метр потребує спорудження додаткових дитячих садків і шкіл на стислій території, і включене в програму Президента «Велике будівництво». В цих умовах потрібно скоротити витрати на спорудження будівлі, однією з яких є збереження природніх характеристик ґрунту під час виконання робіт.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Дослідження зменшення обсягів робіт та затрат на використання техніки на майданчику виконувались школою Ю. І. Белякова [1, 2] із запровадженням в конструкції земляної споруди укосів короткотривалої стійкості та застосовуючи раціональні схеми виконання робіт. Для використання властивостей цих ґрунтів запропоновано технологію сукупного виконання робіт при влаштуванні підземних комунікацій з використанням універсальної машини (УМ) — екскаватора [14]. В Україні представлена номенклатура екскаваторів гусеничних та пневмоколісних із ковшем від 0,2 до 4,0 м³[15]. Аналіз технічних параметрів вантажопідйомності УМ на базі екскаватора не розглядався за вантажопідйомністю для монтажу плит стрічкового фундаменту.

Застосування короткотривалих властивостей ґрунту використано при зведенні стрічкових монолітних фундаментів у розпір для нового будівництва та реконструкції. Для зведення подушки фундаменту застосовують комплект спеціалізованих машин екскаватор-автобетонозмішувач [3].

У будівництві монтаж плит стрічкових фундаментів виконується краном [4, 6, 7]. У комплекті з екскаватором вони, як правило, дають довготривалі характеристики ґрунту. У комплексно-механізованому технологічному процесі (КМТП) [5] дослідження з використанням короткотривалих властивостей ґрунту не проводились [8, 9].

Мета дослідження. Розробка ефективного технологічного конструктивного рішення комплексної механізації земляної споруди і збірних фундаментів зі збереженням природної структури ґрунту.

Об'єкт дослідження – технологія спорудження підземної частини будівель збірними фундаментами мілкого закладання.

Критерії ефективності для виконання робіт є тривалість використання фізико-механічних властивостей ґрунту під час монтажу збірних фундаментів:

$$T_s^P - T_s^M \leq 1$$

де T_s^P і T_s^M - термін стояння ґрунту від відкриття його екскаватором і до покриття збірним елементом його краном (екскаватором), днів.

На будівлі відповідно до номенклатури виробів можуть застосовуватись плити фундаментів (за ДСТУ Б В.2.6-109:2010) з вагою $Q=0,45 - 5,98$ т, та блоки стін підвалу (за ДСТУ Б В.2.6-108:2010) - $Q=0,35 - 1,96$ т.

Ватажний функціональний простір у екскаваторів виконувався за каталогом для марок фірм Volvo та Hitachi:

- гусеничних з об'ємом ковша від $0,2\text{ м}^3$ до $1,6\text{ м}^3$ (рис.1);
- пневмоколісних з об'ємом ковша від $0,2\text{ м}^3$ до $1,0\text{ м}^3$.

За технічними характеристиками гусеничні екскаватори марок EC220DLR і EC250DLR (фірми Volvo) (рис.1) та ZX210H (фірми Hitachi) можуть використовуватись як універсальні машини для послідовного методу і у комплекті з краном. При виконанні робіт до екскаватора визначена однакова ланка на доробці ґрунту вручну, монтажних роботах та влаштуванні монолітних ділянок.

Основна ідея технології. Підземну частину котловану адаптуємо під можливості виконання монтажних робіт у траншеях.

Виконання критерію і основної ідеї реалізуємо для комплекту машин. Їхня трудомісткість на захватці повинна бути однаковою:

$$\sum_i^m T p_{ij} = \text{const},$$

де $T p_{ij}$ - трудомісткість i -ї роботи для j - і машини; m - кількість робіт на захватці для j -ї машини.

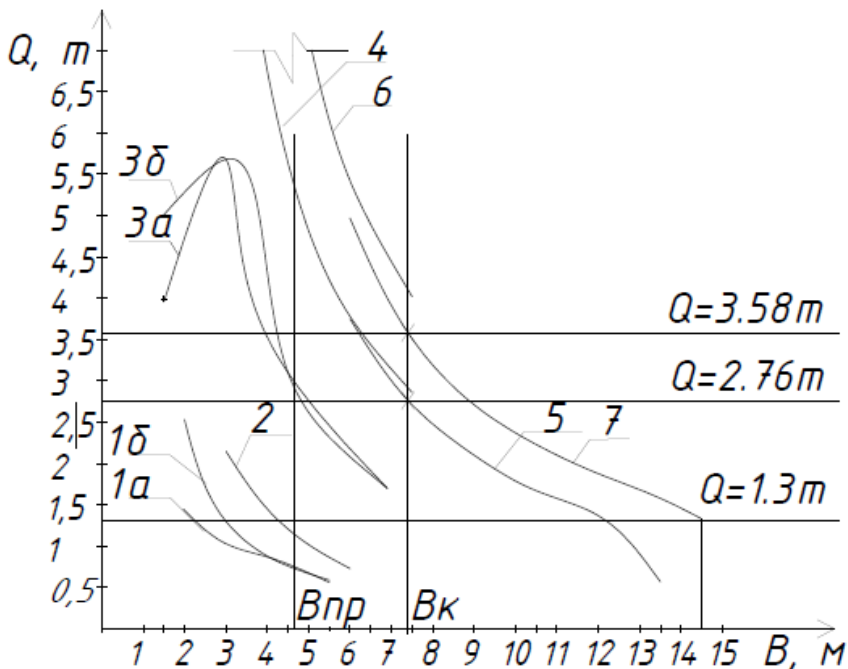


Рис. 1. Технічні характеристики екскаваторів VOLVO: 1- EC55B з руків'ям: а - 1540 мм; б - 1900 мм; 2 - ECR88; 3 - EC140L з руків'ям: а - 2,1 м; б - 3,0 м; 4 - EC220D; 5 - EC220DLR; 6-- EC250DL; 7 - EC 250DLR

Вихідні дані для порівняння варіантів.

Конструктивне рішення стрічкових фундаментів взяте для житлового будинку [11]. Порівняння варіантів виконується:

- для виконання монтажу фундаментів поза меж котловану;
- для виконання монтажу фундаментів поза меж траншеї у траншейному котловані.

Для виконання робіт котлован розбитий на траншеї (захватки) (рис. 2, 3). В межах кожної захватки виконують такі роботи:

- механізовану розробку траншейного котловану;
- ручну доробку основи фундаментів;
- монтаж фундаментних плит;
- монтаж одного (двох) рядів блоків;
- влаштування монолітних ділянок.

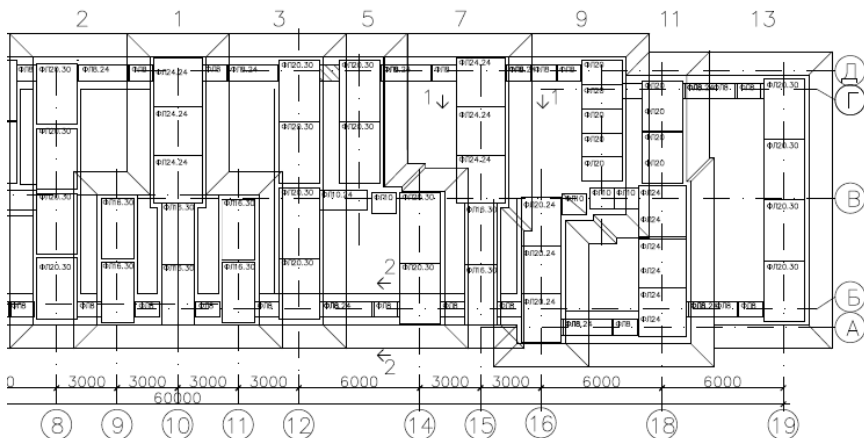


Рис. 2. Розбивка підземної частини будівлі на захватки відносно осі 10

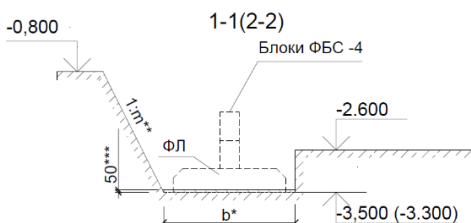


Рис. 3. Січення траншеї. * - ширина траншеї за ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013; ** - укоси за ДБН А.3.2-2-2009; *** - недоробка ґрунту екскаватором з зачисним пристроєм за ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013

У траншейному котловані не розробляється ґрунт під підлоги підвалу (табл. 1). Для порівняння варіантів монтажні роботи виконуються стріловим краном. Визначальні монтажні елементи виконуються для найменш трудомісткого конструктивного рішення фундаментних плит (табл.2). За рахунок зменшення вильоту стріли у траншеї використовується кран КС- 25 т (у котловані КС - 40 т).

Для машин на захватці визначали трудомісткість (зміна обладнання і додаткові пересування в розрахунку не враховувались):

- екскаватора:

$$T_{p_{iEO}} = T_{p_{iEP}} + T_{p_{iEB}};$$

- крана:

$$T_{p_{iKP}} = T_{p_{iKM}} + T_{p_{iKB}}.$$

Таблиця 1

Визначальні елементи для вибору механізмів

Марка елемента	Вага, т	Максимальна глибина подачі крана*, м	Максимальна глибина подачі екскаватора**, м	Примітка
ФЛ-20.30	5.10	7,08	5,68	Визнач.
ФЛ-24.24	4.75	7,28	5,88	Визнач.
ФЛ-20.24	4.05	7,08	5,68	-
ФЛ-16.30	2.71	6,63(9,63)	5,23(7,23)	Визнач.
ФЛ-10.24	1.38	6,43	5,03	-
ФЛ-8.24	1.15	6,43	5,03	-
ФЛ-10.12	0.65	6,43	5,03	-
ФЛ-8.12	0.55	6,43	5,03	-

Глибина подачі для механізмів: *крана - опорний контур рівний 6 м;
 **екскаватора – ширина – 3,19 м (EC-220 DLR VOLVO), ґрунт суглинок

Розподіл трудомісткості між машинами визначено з рівняння (табл. 3):

$$T_{p_{iEO}} = T_{p_{iKP}} = const.$$

Таблиця 2

Обсяги робіт котловану, зворотної засипки та траншейного котловану

Номер захватки	Площа		Об'єми				
	верху Q, м ²	низу q, м ²	V_i^{K**} , м ³	Засипка			V_i^{T***} , м ³
				підвалу, м ³	пазух V _п , м ³	V _п /k ₀ , м ³	
1	125,2	71,0	171,7	6,0	7,5	7,1	165,7
2-3	260,6	191,6	215,0	28,1	21,8	20,6	186,9
4-5	408,1	311,6	223,0	21,2	23,8	22,5	201,8
6-7	542,9	431,6	211,6	26,9	22,5	21,2	184,7
8-9	704,9	562,7	243,0	26,9	24,3	22,9	216,1
10-11	840,2	683,3	211,7	23,6	24,3	22,9	188,1
12-13	1014	830,5	265,5	48,7	22,2	20,9	216,8
			1541,6	181,4		138,1	1360,1

$k_0 = 1,06$ - коефіцієнт залишкового розпушення ґрунту. V_i^{K**} – обсяг робіт у котловані, м³; V_i^{T***} – обсяг робіт у траншейному котловані без засипки підвалу, м³.

Таблиця 3

Визначення трудомісткості екскаватора і крана у КМТП

Номер захватки	Трудомісткість, маш.-год.					К-сть рядів блоків екскаватора для 1/2*
	$T_{мі}^{бл}$ для 1/2*	$T_{EOi}^{рк}$	$T_{кри}^n$	$T_{EOi}^{бл}$ для 1/2*	$T_{EOi}^{сум}$ для 1/2*	
1	2,84/5,67	2,06	2,81	1,79/3,21	3,85/5,27	0,63/1,13
2	4,0/8,0	2,16	3,8	2,82/4,82	4,98/6,98	0,7/1,2
3	4,58/9,16	2,33	4,57	3,41/5,7	5,74/8,03	0,74/1,24
4	4,0/7,99	2,12	3,3	2,59/4,58	4,71/6,71	0,65/1,15
5	4,93/9,86	2,51	4,94	3,68/6,15	6,19/7,21	0,75/1,25
6	4,0/8,0	2,15	4,28	3,06/5,06	5,21/7,78	0,77/1,27
7	4,41/8,81	2,55	4,19	3,03/5,23	5,57	0,69/1,19
сума	28,75/57,5	15,89	27,88	20,4/34,8	36,3/50,6	

* кількість блоків за висотою.

Висновки

1. Використання короткотривалих характеристик ґрунту зберігає основу від промерзання, замулювання та підтоплення їх водою.
2. Запропоновані схеми поділу і розноска котловану на траншеї дають змогу:
 - використати техніку з меншим вильотом стріли;
 - застосувати одночасно на майданчику декілька машин.
3. Визначені універсальні екскаватори, які можуть використовуватись для монтажу збірних фундаментів.
4. У цій технології за рахунок зменшення монтажного моменту зменшується необхідний типорозмір стрілового крана.
5. Запропонована технологія зменшує обсяг розробки земляної споруди на 12%, транспортування ґрунту – на 21% та його ущільнення у підвалі – на 57 % .
6. В майбутньому можливо створити методика з розробки підземної частини з використанням універсальних машин.

References

1. Bieliakov Yu. I., Ivaneiko I. D. Vyznachennia vertykalnykh ukosiv vyimky u miaknykh ta schilnykh gruntakh. Teoriia i praktyka budivnytstva. 1996. № 300. S.74—79.
2. Kotsiy Y., Gogol M. V., Peleshko I., Ivaneiko I. Investigation of the effect of working movement length on the efficiency of the excavators. Theory and Building Practice. 2020. Vol. 2, No 1. P. 94—98.
3. Ivaneiko I. D., Mudryi I. B. Do pytannia efektyvnosti zvedennia pidzemnoi chastynty budivli z zastosuvanniam fundamentiv na pryrodni osnovi. Tekhnolohiia i praktyka budivnytstva. 2002. №441. S.74—79.

4. Mudryi I.B. Tekhnolohiia sporudzhennia fundamentiv z urakhuvanniam funktsionalnogo prostoru strilovykh kraniv: avtoreferat dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.08. Kyiv, 2011. 20 s.

5. Shtol T.M. Tekhnolohiia vozvedenya podzemnoi chasty zdanyi y sooruzhenyi: Ucheb. Posobye dlia vuzov: Spets.: «Prom. y hrazhd. str-vo»/ T.M.Shtol, V.Y.Telychenko, V.Y.Feklyn.- M.: Stroiizdat, 1990. 288 s.

6. Shumakov I.V. Teoretyko-metodolohichni pryntsypy formuvannia orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen zvedennia pidzemnoi chastyny tsyvilnykh budivel: avtoreferat dys. d-ra tekhn. nauk : 05.23.08. Kharkiv, KhNUBA. 2015. 35 s.

7. Husakov A.A. Systemotekhnika stroytelstva.] / Ros. AN, Nauch. sovet po kompleks. probl. «Kybernetyka»: 2-e yzd., pererab. y dop. M. : Stroiizdat, 1993. 366 s.

8. Ivaneiko I.D., Ivaneiko M.M. Zbalansuvannia u chasi protsesiv sporudzhennia kotlovanu ta zbirnykh fundamentiv. Efektyvni tekhnolohii v budivnytstvi : V Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. (m. Kyiv, 19 lystopada 2020 r.). Kyiv, 2020.

9. Ivaneiko I.D., Ivaneiko M.M. Sporudzhennia zbirnykh fundamentiv u skladnykh kotlovanakh. «Innovatsiini tekhnolohii v arkhitekturi i dizaini»: V : V Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. (m. Kharkiv, 8-9 kvitnia 2021 r.). Kharkiv, 2021.

10. Ivaneiko I.D., Mudryi I.B. Metodyka vyboru efektyvnoi tekhnolohii montazhu zbirnykh fundamentiv : mater. Vseukr. internet-konf. molodykh vchenykh ta stud. «Problemy suchasnoho budivnytstva». Poltava, PNTU im. Yu.Kondratiuka, 2014. S. 217-221.

11. Ivaneiko I.D., Mudryi I.B., Oleksiv Yu.M. Formuvannia ta efektyvnist tekhnolohichnykh konstruktyvnykh rishen strichkovykh fundamentiv zvedenykh iz-za mezh kotlovanu. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. , 2015. Vyp.3. S. 79-92.

12. Ivaneiko I.D., Mudryi I.B., Oleksiv Yu.M. Metodyka formuvannia efektyvnykh komplektiv strilovykh kraniv v umovakh obmezhenia terminu budivnytstva. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. , 2017. Vyp. 8. S. 87—94..

13. Ivaneiko I.D., Oleksiv Yu.M. Efektyvnist zastosuvannia kran-manipuliatoriv na bortovykh mashynakh dlia montazhu fundamentiv. Efektyvni orhanizatsiino-tekhnolohichni rishennia ta enerhozberihaiuchi tekhnolohii v budivnytstvi: materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Kharkiv, 23-24 bereznia 2016 r.). Kharkiv, 2016. S. 52-54.

14. Strilets F.F. Tekhnolohiia sukupnogo vykonannia robit pry vlashtuvanni pidzemnykh komunikatsii v umovakh rekonstruktsii pidpriemstv: avtoreferat dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.08. Kyiv, 1999. 19 s.

15. Obzor zarubezhnykh ekskavatorov: osnovnie tendentsyy razvytiya : <https://technoaktyv.com.ua/a340273-obzor-zarubezhnyh-ekskavatorov.html> (data zvernennia 9.11.2021).

Список використаної літератури

1. Беляков Ю. И., Иванейко И. Д. Визначення вертикальних укосів виїмки у м'яких та щільних ґрунтах. *Теорія і практика будівництва*. 1996. №300. С.74 -79.

2. Kotsiy Y., Gogol M., Peleshko I., Ivaneiko I. Investigation of the effect of working movement length on the efficiency of the excavators. *Theory and Building Practice*. 2020. Vol. 2, No 1. P. 94–98.

3. Іванейко І. Д., Мудрий І. Б. До питання ефективності зведення підземної частини будівлі з застосуванням фундаментів на природній основі. *Технологія і практика будівництва*. 2002. №441. С.74-79.

4. Мудрий І. Б. Технологія спорудження фундаментів з урахуванням функціонального простору стрілових кранів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08. Київ, 2011. 20 с.

5. Штоль Т.М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: пособ. для вузов: «Пром. и гражд. стр-во»/ Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. М.: Стройиздат, 1990. 288 с.

6. Шумаков І.В. Теоретико-методологічні принципи формування організаційно-технологічних рішень зведення підземної частини цивільних будівель: автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.23.08. Харків, ХНУБА. 2015. 35 с.

7. Гусаков А.А. Системотехника строительства.] / Рос. АН, Науч. совет по комплекс. пробл. «Кибернетика» :— 2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1993. 366 с.

8. Іванейко І.Д., Іванейко М.М. Збалансування у часі процесів спорудження котловану та збірних фундаментів. *Ефективні технології в будівництві : V Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 19 листопада 2020 р.)*. Київ, 2020.

9. Іванейко І.Д., Іванейко М.М. Спорудження збірних фундаментів у складних котлованах. *«Інноваційні технології в архітектурі і дизайні»: V : V Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 8-9 квітня 2021 р.)*. Харків, 2021.

10. Іваненко І.Д., Мудрий І.Б. Методика вибору ефективної технології монтажу збірних фундаментів : *матер. Всеукр. інтернет-конф. молодих вчених та студ. «Проблеми сучасного будівництва»*. Полтава, ПНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2014. С. 217-221.

11. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., Олексів Ю.М. Формування та ефективність технологічних конструктивних рішень стрічкових фундаментів зведених із-за меж котловану. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. , 2015. Вип.3. С. 79-92.

12. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., Олексів Ю.М. Методика формування ефективних комплектів стрілових кранів в умовах обмеження терміну будівництва. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. , 2017. Вип. 8. С. 87-94..

13. Іванейко І.Д., Олексів Ю.М. Ефективність застосування кран-маніпуляторів на боргових машинах для монтажу фундаментів. *Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 23-24 березня 2016 р.)*. Харків, 2016. С. 52-54.

14. Стрілець Ф.Ф. Технологія сукупного виконання робіт при влаштуванні підземних комунікацій в умовах реконструкції підприємств: автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08. Київ, 1999. 19 с.

15. Обзор зарубежных экскаваторов: основные тенденции развития; <https://technoaktyv.com.ua/a340273-obzor-zarubezhnyh-eksavatorov.html> (дата звернення 9.11.2021).