

УДК 624.132.1

РОЗРОБКА ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ БЕЗТРАНШЕЙНОГО ПРОКЛАДАННЯ ЛІНІЙ КОМУНІКАЦІЙ

Леонід Пелевін, Євгеній Горбатюк, Анатолій Фомін, Артем Азенко

Київський національний університет будівництва і архітектури
03680, Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, e-mail: gek_gor@i.ua

DEVELOPMENT OF DISK WORKING ORGAN FOR TRENCHLESS LAYING OF COMMUNICATIONS

Leonid Pelevin, Ievgeny Gorbatiuk, Anatoly Fomin, Artem Azenko

Kyiv national university of construction and architecture
03680, Povitroflotsky prospect 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. Запропонована конструкція робочого органа для прокладання ліній інженерних комунікацій безтраншейним способом, який забезпечує зниження енергоємності розробки ґрунту. Розроблено математичну модель руйнування та переміщення ґрунту робочим органом. Обґрунтовано конструктивні схеми гідравлічного приводу робочого органа.

Ключові слова: математична модель, дисковий робочий орган, напрямні лопатки, ґрунт, безтраншейна прокладка комунікацій.

АННОТАЦИЯ. Предложена конструкция рабочего органа для прокладки линий инженерных коммуникаций бестраншейным способом, который обеспечивает снижение энергоемности разработки грунта. Разработана математическая модель разрушения и перемещения грунта рабочим органом. Обоснованы конструктивные схемы гидравлического привода рабочего органа.

Ключевые слова: математическая модель, дисковый рабочий орган, направляющие лопатки, грунт, бестраншейная прокладка коммуникаций.

ABSTRACT. Purpose. With the aim of reduction to power-hungryness of development of soil it is necessary to work out the model of disk dynamic working organ for trenchless gasket of communications with possibility of orientation of stream of bearing-out of soil, that at destruction of soil would delete soil from the zone of cutting at what, not squeezing him. **Methodology/approach.** Based on research developed a mathematical model of working equipment for trenchless gasket of communications. **Findings.** The model of working equipment is offered for trenchless gasket of communications, that consists of disk working organ, behind that there is set screw, that deletes the worked out soil from a coalface, not squeezing him here. **Research limitations/implications.** The worked out model of disk working organ will allow to orient the streams of soil for trenchless gasket of communications in the different types of soils. **Originality/value.** At the observance of the set office hours and to the location of bearing-out shoulder-blades, soil that gets on shoulder-blades due to the offered occasion of working organ will move to the center of disk and screw to retire from a coalface for a disk. It will allow to decrease efforts necessary for development of soil for trenchless gasket of communications.

Key words: mathematical model, disk working organ, directing shoulder-blades, soil, demon is a trench gasket of communications.

ВСТУП

Лініями інженерних комунікацій називають трубопроводи для подачі під тиском питної і технічної води, повітря, газу, нафти і інших промислових продуктів і матеріалів, відводу (самопливом) зливних, побутових та виробничих стоків, а також висковольтні і слабострумкові кабелі і повітряні лінії електропередач і зв'язку.

Складність створення і ремонту інженерних комунікацій в багатьох випадках залежить від способу прокладання трубопроводів.

За способом прокладання трубопроводів комунікації поділяються на надземні і підземні.

Надземне або відкрите прокладання трубопроводів здійснюється по існуючих або спеціально виконаних будівельних конструкціях (опори, естакади, прохідні канали, колектори, галереї). Надземне прокладання застосовується для опалення, газопостачання.

Підземне прокладання трубопроводів виконується в траншеях і безтраншейним способом.

В траншеях прокладають труби опалення, гарячого водопостачання, газопостачання.

Для великої частини трубопроводів (водопровід, каналізація) застосовують безтраншейне прокладання.

Прокладання комунікацій в траншеях і непрохідних каналах називається прихованим прокладанням. Доступ до труб в цьому випадку можливий тільки після розкриття траншеї.

Безтраншейним способом труби прокладають без розкриття ґрунту проколюванням, продавлюванням, горизонтальним бурінням, щитовою проходкою. Застосовується, коли доступ до труб після їх укладання неможливий або важкий (в болоті, під водою, під існуючими будівлями і спорудами тощо).

Найменші витрати припадають на траншейний спосіб, але при такому прокладанні інженерних комунікацій руйнується проїжджа частина доріг і вулиць, порушується робота міського транспорту, що призводить до значних витрат та часу, особливо в зимовий період.

Безтраншейний спосіб прокладання інженерних мереж, хоч і дорожчий за траншейний, але має такі переваги: немає потреби перекривати проїжджі частини доріг, не руйнується дорожнє покриття, а в умовах великих міст і багатосмугових доріг забезпечує значну економію часу та фінансів [1–3].

Найбільш ефективним безтраншейним методом розробки ґрунту є метод горизонтального буріння.

Шнекове обладнання горизонтального буріння має робочий орган у вигляді різальної головки з напрямною голкою, яка кріпиться на конус шнека. Шнек розміщується всередині труби, яка прокладається, та служить для транспортування ґрунту, що розробляється. Шнекове обладнання призначено для прокладання труб у м'яких ґрунтах без твердих включень. При цьому відбувається стиснення ґрунту різальною голкою перед нею і з боків, що призводить до зростання опорів ґрунту руйнуванню і енергоємності його розробки.

Тому існує необхідність у розробці робочого обладнання, який би усував цей недолік. Це досягається встановленням перед шнеком дискового робочого органа, який руйнує ґрунт та подає його на шнек через отвір у середині диска. При роботі такого робочого органа не буде додаткових енергетичних витрат на стиснення ґрунту.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає в обґрунтуванні конструкції робочого органа для прокладання ліній інженерних комунікацій безтраншейним способом із зниженою енергоємністю розробки ґрунту.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Робоче обладнання складається з дискового робочого органа 1, позаду якого в трубі 3 встановлений шнек 2, що видаляє розроблений ґрунт із забою (рис. 1).

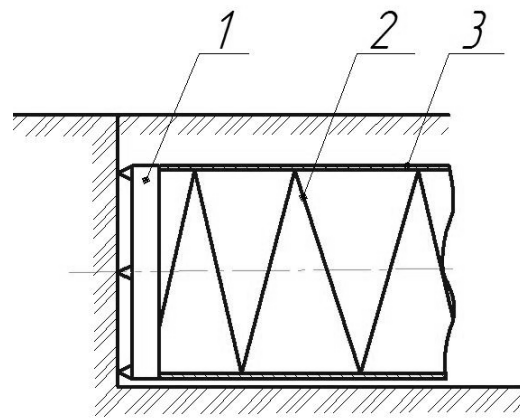


Рис. 1. Схема робочого обладнання для безтраншейної прокладки комунікацій:

1 – дисковий робочий орган; 2 – шнек; 3 – труба, яка прокладається

Fig. 1. Chart of working equipment for trenchless gasket of communications:

1 – disk working organ; 2 – screw; 3 – pipe that is laid

Дисковий робочий орган складається з диска 1, де встановлені різальні елементи 2, які при обертанні диска розроблюють ґрунт. Розроблений ґрунт напрямні лопатки 3 спрямовують до центра диска, де він крізь отвір 4 потрапляє на шнек 5, який видаляє

розроблений ґрунт і виносить його по трубці з траншеї (рис. 2).

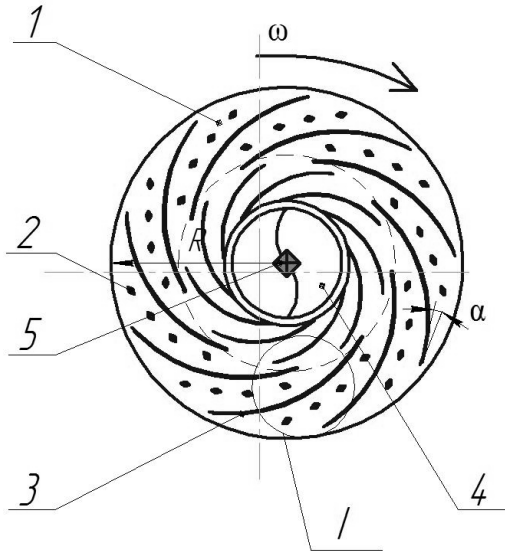


Рис. 2. Схема дискового робочого органу:

1 – диск; 2 – різальні елементи; 3 – напрямні лопатки; 4 – отвір; 5 – шнек

Fig. 2. Chart of disk working organ:

1 – disk; 2 – cutting elements; 3 – directing shoulder-blades; 4 – opening; 5 – screw

Різальні елементи 2 встановлені таким чином, що траєкторія їх розміщення повторює форму лопаток 3, завдяки чому не створюються додаткові навантаження. Для перекриття всього шару ґрунту, що розроблюється, різальні елементи розташовані з інтервалом по всьому радіусу диска.

При розробці ґрунту його частинкам завдяки встановленню в гідравлічну схему приводу імпульсного живильника надається імпульс для спрямування їх по напрямним лопаткам від периферійної частини робочого органу до центра у отвірі диска. Там частинки ґрунту потрапляють на шнек і виносяться за робочий орган.

Розглянемо всі сили, що діють на частинку ґрунту, яка потрапляє на напрямну лопатку. Частинки ґрунту розглядаються як тіла, що рухаються по похилій площині з кутом нахилу площини α (рис.3).

Складемо рівняння рівноваги тіла (частинки ґрунту) по осях x і y .

Рівняння по осі x :

$$F_x \cos \alpha - mg \sin \alpha - F_{\text{тер}} = 0, \quad (1)$$

де m – маса частинки ґрунту; g – прискорення вільного падіння; α – кут між доти-

чною до виносної лопатки та прямою, яка перпендикулярна радіусу диска; $F_{\text{тер}}$ – сила тертя, що виникає між частинкою ґрунту та виносною лопаткою; F_x – сила, необхідна для підйому частинки ґрунту по лопатці, $F_x = ma$; a – прискорення частинки ґрунту, необхідне для підйому частинки по лопатці.

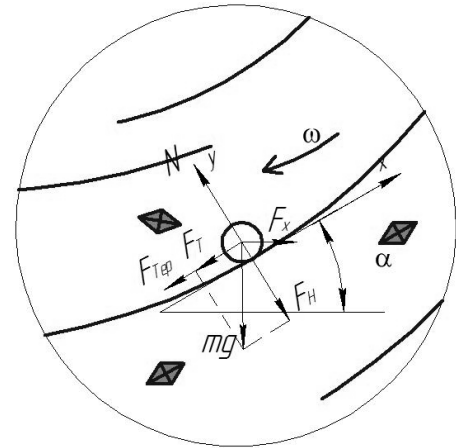


Рис. 3. Схема сил, що діють на частинку ґрунту яка рухається по напрямним лопаткам (I, рис. 2)

Fig. 3. Chart of forces that operate on the particle of soil that moves for to the directing shoulder-blades (I, fig. 2)

Рівняння по осі y :

$$N - mg \cos \alpha - F_x \sin \alpha = 0, \quad (2)$$

де N – сила реакції опори, яка дорівнює нормальній складовій сили ваги F_H .

З рівняння (2) з урахуванням, що $F_x = ma$,

$$N = mg \cos \alpha + ma \sin \alpha. \quad (3)$$

Сила тертя дорівнює

$$F_{\text{тер}} = fN, \quad (4)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Підставивши рівняння (3) в (4), отримаємо

$$F_{\text{тер}} = fm(g \cos \alpha + a \sin \alpha). \quad (5)$$

Далі підстановкою F_x та $F_{\text{тер}}$ у рівняння (1) отримаємо

$$macos \alpha - mg \sin \alpha - fm(g \cos \alpha + a \sin \alpha) = 0.$$

Мінімальне прискорення, необхідне для руху частинки ґрунту протилежно напрямку обертання диска, буде дорівнювати

$$a = a_{\text{min}}.$$

Звідси

$$a_{\min} m (\cos \alpha - f \sin \alpha) = mg (\sin \alpha + f \cos \alpha) = 0$$

або

$$a_{\min} = \frac{g (\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\cos \alpha - f \sin \alpha}. \quad (6)$$

Різниця кутових швидкостей, необхідна для імпульсу, який достатній для руху частинок ґрунту по виносній лопатці [4]

$$\Delta \omega = \sqrt{\frac{a_{\min}}{R_i}}, \quad (7)$$

де R_i – відстань від центра диска до місця знаходження частинки ґрунту.

Для забезпечення розробки ґрунту робочим органом з необхідним імпульсом, який надається частинкам ґрунту, що рухаються по напрямним лопаткам, розроблена гідравлічна схема приводу робочого органа та підібрати необхідний гідравлічний двигун.

Для вибору двигуна визначаємо силу, необхідну для різання ґрунту дисковим робочим органом [5]:

$$F = KBhn, \quad (8)$$

де K – питомий опір ґрунту копанню, що

містить опір ґрунту різанню та опори від сил тертя при переміщенні ґрунту; B – ширина різального елемента, h – висота різального елемента, n – кількість різальних елементів на диску.

Крутний момент на валу гідромотора, необхідний для роботи дискового робочого органа:

$$M = FR, \quad (9)$$

де R – радіус диска.

Робочий об'єм гідромотора [6]:

$$q_M = \frac{2\pi \cdot M}{\eta_{\text{ГМ}} \cdot P_{\text{НОМ}}}, \quad (10)$$

де $\eta_{\text{ГМ}}$ – гідромеханічний коефіцієнт корисної дії гідромотора; $P_{\text{НОМ}}$ – номінальний тиск в гідросистемі.

Момент інерції диска:

$$J = \frac{1}{2} m_{\text{д}} R^2, \quad (11)$$

де $m_{\text{д}}$ – маса диска.

Кутове прискорення диска:

$$\varepsilon = \frac{M}{J}. \quad (12)$$

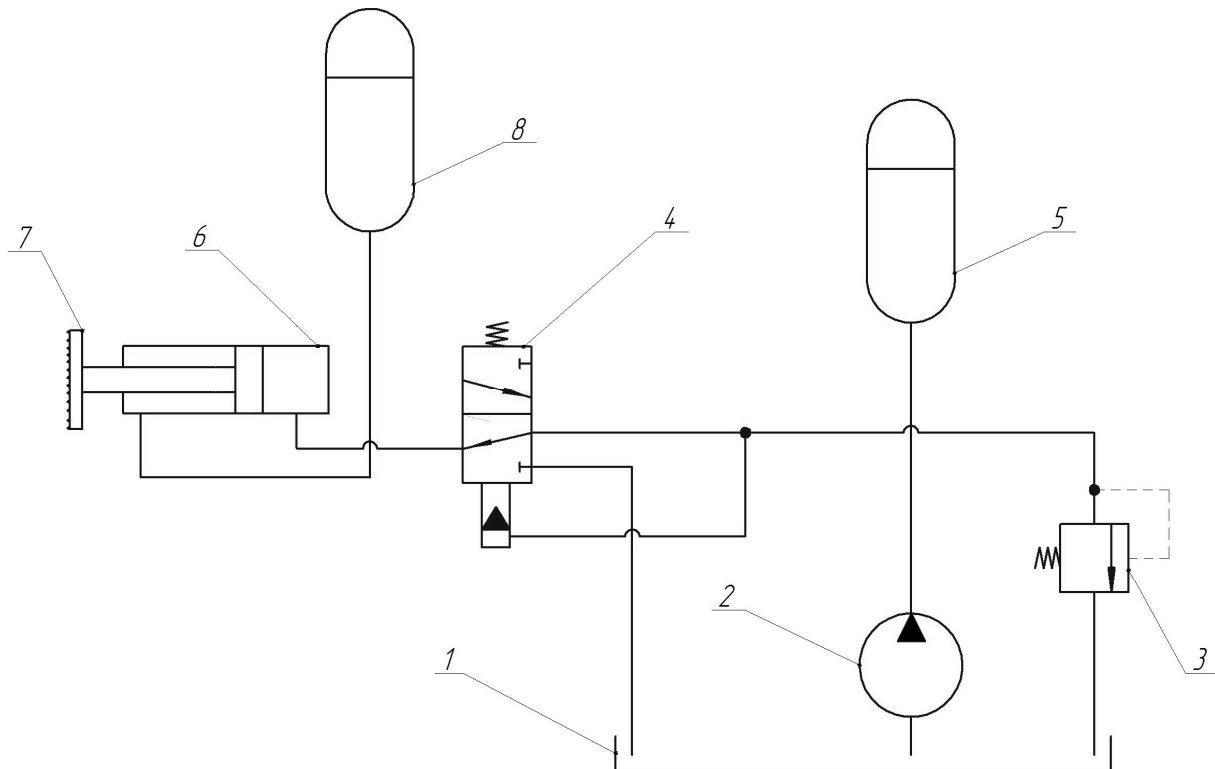


Рис. 4. Гідравлічна схема приводу робочого обладнання для безтраншейної прокладки комунікацій:

1 – бак; 2 – насос; 3 – клапан; 4 – розподільник; 5, 8 – акумулятори; 6 – гідроциліндр; 7 – робочий орган

Fig. 4. A hydraulic chart of occasion of working equipment is for trenchless gasket of communications:

1 – tank; 2 – pump; 3 – valve; 4 – distributor; 5, 8 – accumulator; 6 – hydrocylinder; 7 – working organ

Час уповільнення диска:

$$\begin{aligned}\omega &= \omega_0 - \varepsilon t_{\text{п}}; \\ t_{\text{п}} &= \frac{\omega_0 - \omega}{\varepsilon}.\end{aligned}\quad (13)$$

Для запобігання стисненню ґрунту перед робочим органом та полегшення його просування до шнеку розроблена гідравлічна схема приводу робочого обладнання (рис.4). Завдяки встановленим акумуляторів в цій схемі гідропривід працює ударно-вібраційно, тобто відбувається збереження енергії як на розробку ґрунту, так і на його стиснення перед робочим органом та подачу на шнек [7, 8].

Робочий орган 7 переміщується за допомогою диференціального циліндра 6 від приводу з насосом 2 і акумулятором 5. Цикл складається з удару – ходу вперед та назад після удару з одночасною зарядкою акумулятора 5. Підвищення тиску рідини в системі приводить до переключення золотника 4 в положення, коли відбувається рух робочого органа назад з одночасним падінням тиску у акумуляторі 8. Далі цикл повторюється.

ВИСНОВКИ

Розроблена конструкція дискового робочого органа дозволяє орієнтувати потоки ґрунту при безтраншейному прокладанні ліній комунікацій. При дотриманні заданого режиму роботи і розташуванню виносних лопаток ґрунт, який потрапляє на лопатки, завдяки додатковому імпульсу, що надається частинкам ґрунту, буде рухатись від периферії до центра диска і шнеком видаляться із забою. Це дозволить зменшити зусилля, необхідні для розробки ґрунту при безтраншейному прокладанні комунікацій. Завдяки запропонованій схемі гідравлічного приводу відбувається збереження енергії як на розробку ґрунту, так і на його стиснення перед робочим органом та подачу на шнек. Прокладання ліній інженерних комунікацій запропонованою конструкцією робочого обладнання буде забезпечувати цілісність дорожнього покриття при невисокій енергоємності розробки ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зеленин А.Н. 1975. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов – М.: Машиностроение. – 424 с.
2. Горбатюк Є.В. 2006. Створення робочого органу землерийної машини з орієнтованими потоками виносу ґрунту: Дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04. – Машины для земляных та дорожніх робіт / Є.В. Горбатюк – К.: КНУБА. – 180 с.
3. Литвинов О.О., Беляков Ю.И. 1985. Технология строительного производства: Підручник для студентів інженерно-будівельних вузів і будівельних факультетів. – К.: Вища школа. – 534 с.
4. Тарг С. М. 1995. Краткий курс теоретической механики – М.: Высшая школа, 11-е изд. – 416 с.
5. Домбровский М. Г., Гальперин М. И. 1985. Строительные машины, ч.2: Учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. “строит. и дор. машины и обор.” – М.: Высш. школа, 3-е изд. – 189 с.
6. Пелевін Л.Є. 2010. Гідропривід будівельних машин: Методичні вказівки і завдання до виконання курсової роботи для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050502 “Інженерна механіка”, 6.010104 “Професійна освіта” та 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”/Л.Є. Пелевін, О.М. Гаркавенко, В.П. Рашківський, С.Ю. Комоцька – К.: КНУБА, 2010. – 92 с.
7. Пелевін Л.Є., 2015. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: Підручник / Л.Є. Пелевін, Д.О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков – К.: КНУБА, МОНУ. – 340с.
8. Матвеев И.Б. 1974. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия. – М.: Машиностроение. – 184 с.

REFERENCES

1. Zelenin A.N., Balovnev V.I., Kerov I.P. 1975. Mashiny dlja zemljanyh rabot [Machines for earthmovers]. Moscow, Mashinostroenie, 424.
2. Gorbatjuk E.V. 2006. Stvorennja robochogo organu zemlerijnoj mashini z orientovanimi potokami vinosu gruntu [Creation of working organ of earthmover is with the oriented streams of bearing-out of soil]. Kyiv, KNUCA, Dis. kand. tehn. nauk, 180.
3. Litvinov O.O., Beljakov Ju.I. 1985. Tehnologija budivel'nogo virobnictva [Technology of

- building production]. Kyiv, Vishha shkola, 534.
4. *Targ S.M., 1995. Kratkiy kurs teoreticheskoy mehaniki [Short course of theoretical mechanic].* Moskow, Vishha shkola, 416.
 5. *Dombrovskiy M.G., Galperin M.I. 1985. Stroitelnie mashiny [Building machine].* Moskow, Vishha shkola, 189.
 6. *Pelevin L.E., Garkavenko O.M., Rashkivs'kij V.P., Komoc'ka S.Ju. 2010. Gidropriuid budivelnyh mashin [Hydraulic drive of construction machines].* Kyiv, KNUCA, 92.
 7. *Pelevin L.E., Mishhuk D.O, Rashkivs'kij V.P., Gorbatjuk E.V., Arzhaev G.O, Krasnikov V.F. 2016. Gidravlika, gidromashini ta gidro-nevmovtomatika [Hydraulics, hydromashines and hydro-pnevmoautomation].* Kyiv, KNUCA Publ., 376.
 8. *Matveev I.B. 1974. Gidroprivod mashin udarnogo i vibracionnogo dejstvija [Hydraulic drive of machines of shock and oscillation action].* Moscow, Mashinostroenie, 184.