

Мусійко В. Д., Вошак Ю. В.¹

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ПІДКОПУВАННЯ ҐРУНТУ ПІД ТРУБОПРОВОДОМ

АНОТАЦІЯ. В роботі розглянуто питання створення шнеко-фрезерного робочого обладнання машини для підкопування ґрунту під трубопроводами. Визначено, що при використанні в якості ґрунторозробного робочого органа барабанних фрез з дискретною розстановкою по гвинтовій лінії ґрунторозробних лопаток забезпечується ефективна розробка перезволожених, в'язких ґрунтів. При цьому забезпечується виконання всіх технологічних вимог, що до розробки ґрунту під трубою. Максимальний крутний момент на валу привода фрез $M_{кр}$ складає 55 кН·м, величина сили тяги T при цьому 40 кН.

Ключові слова: трубопровід, ґрунт, підкопування, підкопувальна машина, фрезерний робочий орган, фізична модель, випробування.

АННОТАЦИЯ. В работе рассмотрен вопрос создания шнеко-фрезерного рабочего оборудования машины для подкапывания грунта под трубопроводами. Определено, что при использовании в качестве ґрунторазрабатывающего рабочего органа барабанных фрез с дискретной расстановкой по винтовой линии ґрунторазрабатывающих лопаток обеспечивается эффективная разработка переувлажненных, вязких ґрунтов. При этом обеспечивается выполнение всех технологических требований к разработке ґрунта под трубой. Максимальный крутящий момент на валу привода фрез $M_{кр}$ составляет 55 кН·м, величина силы тяги T при этом 40 кН.

Ключевые слова: трубопровод, ґрунт, подкапывание, подкапывающая машина, фрезерный рабочий орган, физическая модель, испытания.

ANNOTATION. The issue of the creation of auger milling working equipment of the machine for undermining the ground water pipeline is considered. It is determined that the introduction of drum-type milling equipment with the discrete line of crew arrangement of the ground-digging blades ensures the efficient exploitation of overmoisturized ground, marshy soil. Therewith all the technical requirements for ground exploitation under pipelines are afforded. Max torque at drive shaft of milling equipment M_{kr} states 55 kN m, propulsive force T being 40 kN.

Key words: pipeline, ground, undermining, undermining machine, milling cutter, physical model, testing.

Вступ. Зростаючи з року в рік об'єми робіт по капітальному ремонту магістральних нафто- та газопроводів вимагають для свого рішення створення високопродуктивної та ефективної техніки. Однією з необхідних машин для виконання повного циклу земляних робіт при капітальному ремонті магістральних трубопроводів є машина підкопувальна, задача якої розробка та видалення ґрунту з-під трубопроводу при виконанні його капітального ремонту. Розроблений під трубою ґрунт переміщується в попередньо відкопані обабіч трубопроводу приямки, або складається біля бокових стінок розроблювальної навколо трубопроводу ґрунтової виїмки, ширина якої, в останньому випадку, повинна бути суттєво більшою. Переміщення розробленого під трубою ґрунту в приямки, або ж до бокових стінок ґрунтової виїмки не слід вважати раціональним, так як в обох випадках це приводить до збільшення об'ємів необхідної виїмки в ґрунті на один погонний метр (кілометр) відкритого трубопроводу. Особливо актуальним є питання створення ефективної конструкції машини підкопувальної, для роботи в складі комплексу землерийних машин призначених для виконання швидкісного безпідйомного капітального ремонту магістральних трубопроводів. Ремонт повинен виконуватись в різних ґрунтових умовах, на прямолінійних та криволінійних (радіус кривизни трубопроводу в плані $R = 20D$) ділянках магістральних трубопроводів діаметром 530...1420 мм.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій та виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Огляд останніх джерел інформації про новітні конструкції підкопувальних машин та результати їх досліджень говорить про те, що на цей час відомі два варіанти конструктивних рішень підкопувальних машин. Це, перед усім, фрезерні машини з горизонтальним [1] та вертикальним [2] розміщенням фрез. Відомі машини вказаного принципу дії виконують розробку ґрунту під трубопроводами. Їх ефективність суттєво менша при розробці зволожених та перезволожених глинистих ґрунтів по причині складнощів що мають місце при переміщенні розробленого ґрунту з-під трубопроводу та його розвантаженні з робочого органа машини. Вкрай не бажаним є необхідність спорудження приямків для розміщення розробленого під трубою ґрунту, особливо в місцях прокладки трубопроводів де досить високий рівень ґрунтових вод. В таких умовах підкопувальні машини, ґрунторозробні фрези яких обертаються в горизонтальній площині (мають вертикальне розміщення приводних валів, наприклад) стають практично не роботоздатними по причині залипання ґрунтом їх робочих органів. Серйозним недоліком таких машин є їх не здатність переміщуватись по трубопроводу та розробляти ґрунт під ним на криволінійних в плані ділянках траси.

Таким чином, на сьогоднішній день гостро

¹ Мусійко В. Д., Вошак Ю. В. Національний транспортний університет.

стоїть питання створення ефективної конструкції підкопувальної машини здатної до ефективної роботи в складних ґрунтових умовах, на прямих та криволінійних ділянках траси магістрального трубопроводу, з можливістю переміщення розробленого під трубою ґрунту в приямки, до бокових стінок виїмки в ґрунті навколо трубопроводу, та вперед по ходу переміщення підкопувальної машини.

Постановка завдання. В порядку вирішення комплексної задачі створення високоефективної підкопувальної машини, необхідно експериментально визначити та дати оцінку роботоздатності та величині можливих навантажень фрезерного робочого органа підкопувальної машини з горизонтальною віссю його обертання, рис. 1.

Основний матеріал. Експериментальні дослідження виконано з використанням методів подібності та фізико-математичного моделювання на фізичній моделі (масштаб моделювання лінійних величин 1:5)

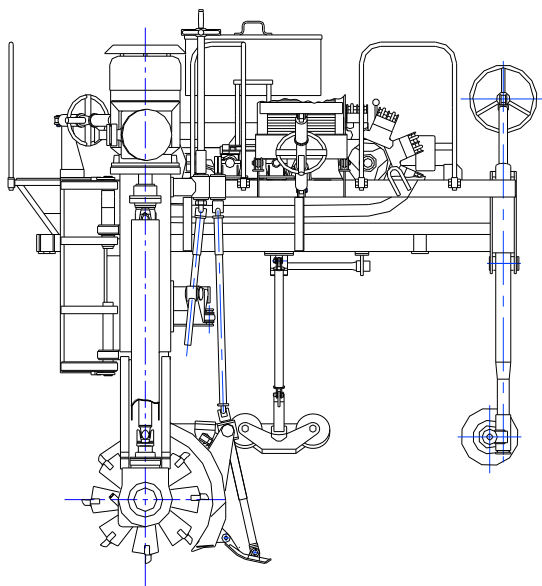


Рис. 1. Підкопувальна машина.

ґрунторозробного робочого обладнання, рис. 2 фрезерного типу з зачищувальним кожухом, призначено для розробки ґрунту під трубою $\varnothing 1220$ мм (в "натурі").

Ширина шару ґрунту, що підкопується – 1500 мм, глибина копання (діаметр фрез) 750 мм. Робочий орган двосекційний, шнеко-фрезерного типу, з забезпеченням за рахунок різного напрямку "навивки" спіралі шнека транспортування ґрунту на дві сторони від робочого органа. Кут установки ґрунторозробних лопаток, розставлених дискретно з інтервалом по спіралі на барабані кожної фрези змінювався в інтер-

валі $20^\circ \dots 30^\circ$, частота обертання фрез 57 хв^{-1} , швидкість подачі робочого органа на забій змінювалась в межах $50 \dots 150 \text{ пог.м/год}$.

Модель робочого обладнання жорстко кріпиться до вимірювального пристрою (тензопідвіски) самохідного стенда[3]. Стенд переміщується по рейковому шляху ґрунтового каналу. В ґрунт з модельованими фізико-механічними властивостями закладено фізичну модель трубопроводу $\varnothing 1220$ мм, причому вісь трубопроводу строго паралельна поздовжній вісі рейкового шляху ґрунтового каналу. Це забезпечує переміщення робочого обладнання вздовж трубопроводу з мінімальним його відхилення від вісі труби.

Привод правої фрези моделі робочого обладнання здійснюється від гідромотора 210.16.000 з допомогою ланцюгової передачі, що має передаточне відношення 13 та 19.

Ліва фреза приводиться в обертання правою через торцеву шпонку. Завдяки цьому частоти обертання фрез в робочих режимах проведення досліджень співпадають. Процес заглиблення роторів під трубопровод досліджується на правій приводній фрези, приймаючи при цьому до уваги те, що характер робочого процесу лівої фрези аналогічний.

Випробування проводились в режимі розробки забою з глинистим ґрунтом максимальної вологості під трубою, міцність якого по ударнику ДержНДІ 7...9 ударів (в "натурі").

Характеристики силового навантаження робочого обладнання визначались в стійких режимах його роботи як різниця між значеннями вимірюваного силового фактора при роботі під навантаженням та в режимі холостого ходу. Іншими словами, одержані, значення вимірюваних параметрів є величинами без урахування опорів в системі привода робочого обладнання в тому числі ККД привода моделі.

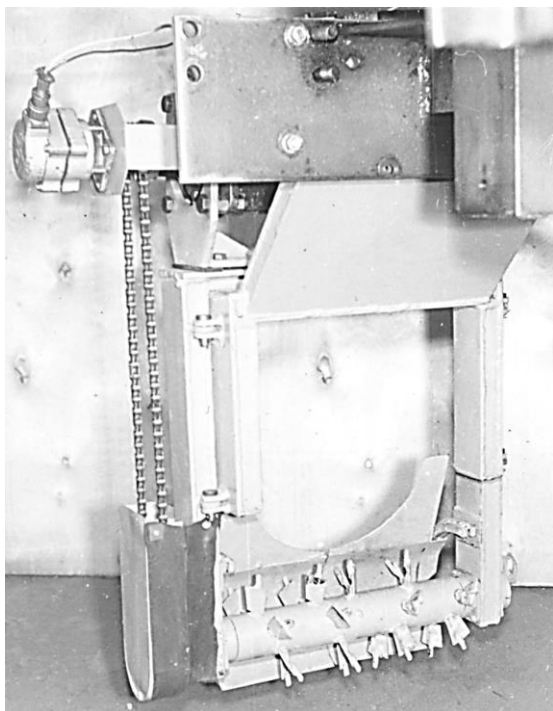
Випробування виконувались в лабораторії фізико-математичного моделювання робочих процесів машин для земляних робіт НТУ з використанням ґрунтових моделей супісків, в'язких та перезвожених глин.

Виконанні дослідження моделі робочого органа підкопувальної машини підтвердили роботоздатність запропонованої конструкції робочого органа в широкому спектрі зміни ґрунтових умов, в тому числі в сипучих пісках та у перезвожених глинах.

Основними силовими характеристиками роботи шнеко-фрезерного робочого обладнання є крутний момент на валу привода фрез та сила тяги, що витрачається на переміщення робочого обладнання в забої. Саме ці параметри визначають величину потужності привода робочого обладнання та енергомисткості розробки 1 м^3 ґрунту під трубопроводом.

В ході експериментальних досліджень встановлено, що крутний момент на валу привода фрез, величина якого визначається силами опору ґрунту різанню та транспортуванню його в приямки, збільшується по не лінійному закону зі збільшенням швидкості подачі робочого обладнання на забій. Так при швидкості подачі робочого обладнання $V_e = 50 \text{ м/год}$ крутний момент на валу привода фрез становить $M_{кр} =$

$= 4 \pm 0,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$, коли швидкість різання ґрунту становить $V_p = 2,24 \text{ м/с}$. Для подолання вказаного крутного моменту необхідно до приводного вала підвести потужність $N = 25 \pm 2 \text{ кВт}$.



а)



б)

Рис. 2. Модель підкопувальної машини:
а) – загальний вигляд;
б) – вигляд під трубою після проходу обладнання.

Отримані результати експериментальних досліджень свідчать про незначний вплив величини кута установки ґрунторозробних лопаток на корпусах фрез на величину крутного моменту на валу привода фрез, коли швидкість подачі V_e не перевищує 100 м/год , а величина кута установки лопаток змінюється в межах від 20° до 30° .

При швидкості подачі $V_e = 100 \text{ м/год}$ потужність, що витрачається на привід фрез становить $N =$

$42 \pm 2 \text{ кВт}$, коли кут установки лопаток становить $\alpha = 30^\circ$ і $N = 40 \pm 2 \text{ кВт}$, коли $\alpha = 20^\circ$.

При збільшенні швидкості подачі робочого обладнання на забій до $V_e = 150 \text{ м/год}$ потужність, що витрачається на привід фрез збільшується до $N = 50 \pm 3 \text{ кВт}$ при $\alpha = 30^\circ$ та $N = 44 \pm 3 \text{ кВт}$, коли $\alpha = 20^\circ$.

Виявлено, що при величині кута установки лопаток $\alpha = 20^\circ$ на їх поверхні залишається менше налиплого ґрунту, ніж тоді, коли $\alpha = 30^\circ$. При величині кута $\alpha = 20^\circ$ на передній грані лопаток добре помітні сліди ковзання ґрунту, з видимими слідами зношування поверхні. Це підтверджує хорошу і необхідну транспортуючу здатність лопаток при куті їх установки $\alpha = 20^\circ$, то наявність явного залипання лопаток ґрунтом при умові їх установки під кутом $\alpha = 30^\circ$.

В ході експериментальних досліджень встановлено, що при розробці ґрунту під трубою шнекофрезерним робочим обладнанням, на якому дискретно по гвинтовій лінії встановлено ґрунторозробні лопатки, у вказаних режимах його роботи забезпечується ефективно, в стійкому режимі переміщення розробленого ґрунту з-під труби в прямки.

Ґрунт вільно виходить з зони забою в осьовому напрямку по всій не закритій площі торців фрез та рівномірно розподіляється в прямках.

Експерименти по виявленню максимальної транспортуючої здатності ґрунторозробного обладнання підтвердили його високу ефективність у цьому аспекті. Підтвердженням висновку слугує той факт, що обладнання здатне розробляти та ефективно транспортувати ґрунт з-під трубопроводу навіть при відсутності прямиків. В такому випадку розроблений ґрунт практично випресовується з зони забою на обидві сторони від трубопроводу, видавлюється вгору, назад і вперед по стінкам ґрунтової виїмки, частково при цьому ущільнюючись. При цьому має місце різке збільшення крутного моменту на валу привода робочого обладнання, але цим підтверджується також можливість направлення потоку ґрунту з під трубопроводу в потрібне для забору ґрунту місце.

Величина сили тяги T , необхідної для переміщення робочого обладнання в забої, визначається величиною сил копання ґрунту, тертя ґрунту по поверхні забою та зачисного башмака по дну забою, опором робочого органа від ґрунту, що частково обрушується з бокових стінок ґрунтової виїмки та звальюється перед зачисним башмаком.

Встановлено, що сила тяги в процесі розробки ґрунту I...II категорій складності змінюється в межах від 20 до 40 кН при зміні швидкості подачі робочого обладнання на забій від $V_e = 50 \text{ м/год}$ до $V_e = 100 \text{ м/год}$, причому визначальним величину силового навантаження робочого обладнання по силі тяги є категорія складності розробки ґрунту, а не швидкість подачі на забій.

Висновки

В результаті виконаних експериментальних досліджень встановлено, що:

1. розглянута конструкція шнекофрезерного робочого обладнання з дискретною установкою по гвинтовій лінії ґрунторозробних лопаток на барабанах фрез забезпечує ефективну розробку та переміщення в осьовому напрямку розробленого ґрунту під трубою на обидві сторони від нитки трубопроводу;
2. сила напору потоку розробленого ґрунту, що транспортується шнекофрезерним робочим обладнанням з-під трубопроводу доволі значна, що забезпечує можливість зміни напрямку переміщення ґрунту після його виходу з зони робочого обладнання;
3. максимальне навантаження робочого обладнання при розробці в'язких глинистих ґрунтів II категорії складності розробки, під трубопроводами $\varnothing 1220$ мм, швидкості подачі робочого обладнання на забій $V_e = 150$ м/год, швидкості різання ґрунту $V_p = 2,24$ м/с складає 50 ± 3 кВт при величині крутного моменту $M_{кр} = 55$ кН·м, та величині сили тяги T в межах 40 кН.

Література

1. Патент на винахід № 17163 Україна, МПК⁶ E02F 5/10, B62D 55/24. Машина для підкопу трубопроводу і гусеничний ходовий пристрій /Биков О.В., Василенко С.К., Джарджіманов А.С., Ібрагімов М.Ш., Коваль А.Б., Кумилганов А.С., Лейченко Ю.Б., Мусійко В.Д., Савенок В.І., Черняєв В.Д., Яковлев В.І.; заявники та власники Акціонерне товариство відкритого типу Акціонерна Компанія по Транспорту Нафти "Транс-нефть" (RU); Підприємство Придніпровських Магістральних Нафтопроводів (UA); Товариство з Обмеженою відповідальністю Науково-дослідний та технічний Центр "Ротор" (UA) – № 96093693 ; заявл. 25.09.1996 ; опубл. 25.12.1998, Бюл. № 6, 1998.
2. Патент на полезную модель № 93126 Российская Федерация, МПК F16L1/028 (2006.01). Машина для удаления ґрунта из-под магистрального трубопровода. /Федотенко Ю.А., Киселева Л.Н., Лазутина Д.В. ; Патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ) (RU) – № 2009137839/22 ; заявл. 12.10.2009 ; опубл. 20.04.2010, Бюл. № 11, 2010.
3. А.с. № 1320345 СССР, МПК4 E02F5/00, G01M15/00. Стенд для испытания рабочих органов землеройных машин. В.Д.Мусийко, В.Ф.Маслов, А.Б.Коваль, А.В.Быков, В.М.Мяновский, Ю.М.Варфоломеев – № 4017737/29-03 ; заявл. 05.02.1986 ; опубл. 30.06.1987, Бюл. № 24.

УДК 693.542.52-868

Басараб В.А.¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена дослідженню взаємодії середовища (бетонної суміші) з робочим органом електромагнітної ударно – вібраційної установки для віброущільнення будівельних сумішей. Досліджено поведінку системи для дискретної та континуальної моделей середовища. Створено дослідно – експериментальний стенд, що включає ударно – вібраційну установку та апаратуру прийому, запису та аналізу даних. Проведено комплекс експериментальних досліджень з використанням методу динамічної петлі гістерезису для висоти суміші до 1 м. Для аналізу основних параметрів взаємодії системи "машина-середовище" застосовано чисельну методику розрахунку.

Ключові слова: ударно – вібраційна установка, динамічна петля гістерезису, чисельний розрахунок.

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена исследованию взаимодействия среды (бетонной смеси) с рабочим органом электромагнитной ударно-вибрационной установки для виброуплотнения строительных смесей. Исследовано поведение системы для дискретной и континуальной моделей среды. Создан исследовательский стенд, который состоит из ударно-вибрационной установки и аппаратуры приема, записи и анализа данных. Проведен комплекс экспериментальных исследований с использованием метода динамической петли гистерезиса для высоты смеси до 1 м. Для анализа основных параметров взаимодействия системы "машина-среда" применена численная методика расчета.

Ключевые слова: ударно – вибрационная установка, динамическая петля гистерезиса, численный расчет.

ANNOTATION. The article presents a modern investigation of the problem of interaction between concrete mix and working platform electromagnetic shock – vibration setting under conditions of vibro-compacting. Applying the