

РАЗХОДИ ЗА ТРУД И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ТРЪБОПРОВОДИ С УПРАВЛЯЕМО ХОРИЗОНТАЛНО СОНДИРАНЕ

Борис Николов¹

STUDY OF LABOUR AND EQUIPMENT COSTS FOR HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING

Boris Nikolov¹

Abstract:

Horizontal directional drilling is viable option for trenchless installation of pipe conducts. In order to properly plan the technological process, an estimation of expected cost and time is required. This paper presents the results from a study for the costs factor for labour and equipment. The study is related to a PhD research with goal to compare technological methods for construction of pressure sewer systems.

Keywords:

Construction Technology, Horizontal Directional Drilling, Labor Cost, Equipment Cost.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В доклада се представят резултати от проведено изследване на компонентите разход за труд и за механизация при безтраншеен метод за полагане на тръбопроводи и е свързана с работа по дисертационен труд „Изследване на технологични и методични решения при изграждане на напорни канализационни системи“. Изследването е аналитично, като за източник са използвани литературни източници и проучване на чуждестранен опит. Като такава следва да се разглежда като методическа основа и числени стойности като първо приближение до натрупване на достатъчно данни от практиката в Р.България. Метода на полагане е управляемо хоризонтално сондиране (HDD, horizontal directional drilling) за тръбопроводи от полиетилен с диаметри около 100 mm и е разгледан в контекста на изпълнение на магистрални клонове за напорни канализационни системи. Напорните канализационни системи (НКС) се състоят от помпени станции свързани към напорна канализационна мрежа. Битовите отпадъчни води от един или група от обекти се събират и транспортират до прилежащата помпена станция посредством гравитационна канализационна мрежа. При запълване на предвидения обем в резервоара на станцията помпите се включват и изпомпват отпадъчните води към напорна

¹ Борис Николов, д-р инж., катедра „Технология и мениджмънт на строителството“, Строителен факултет, Висше строително училище „Любен Каравелов“, ул. „Суходолска“ 175, София 1373, e-mail: bnikolov@wss-bg.net;

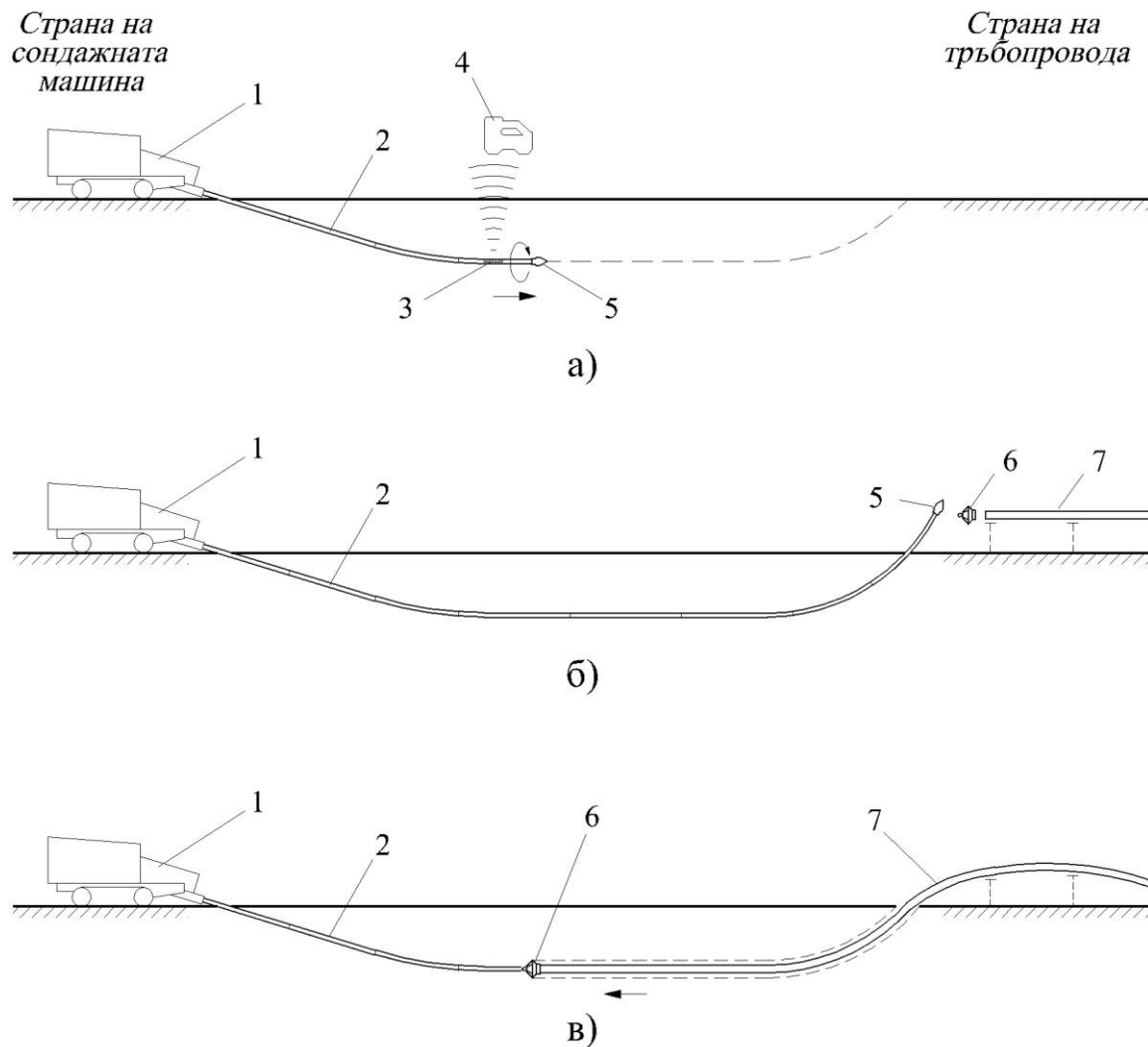
Boris Nikolov, PhD MEng, Department of Technology and Construction Management, Faculty of Construction, University of Structural Engineering and Architecture, VSU „L. Karavelov“, 175 Suhodolska St., 1373 Sofia, Bulgaria; e-mail: bnikolov@wss-bg.net.

канализационна мрежа. Принудителният режим на движение позволява тръбите да се полагат плитко и следвайки конфигурацията на терена.

2. МЕТОД НА УПРАВЛЯЕМО ХОРИЗОНТАЛНО СОНДИРАНЕ

2.1. Основни положения на технология на изпълнение

При този метод се изпълняват две основни технологични операции: пилотен сондаж (pilot drill) и изтегляне (pullback) на инсталационният провод (канализационна тръба при НКС).



Фигура 1. Схема на основни технологични операции при управляемо хоризонтално сондиране

- а) пилотен сондаж б) привързване на инфраструктурният провод в) обратно изтегляне
1 – сондажна машина, 2 – сондажна тръба, 3 – предавател, 4 – приемник, 5 – сондажна глава, 6 – разширяваща глава, 7 – инфраструктурен провод

В зависимост от началният диаметър на предварителния сондаж и диаметъра на инсталирания провод могат да се извършат допълнителни междинни операции по последователно разширяване на диаметъра на сондажа (т.нар. backreaming).

Пилотният сондаж (Фиг.1 а) се изпълнява със съчленени една към друга серия от инвентарни сондажни тръби (щанги) 2 и сондажна глава 6. Те се управляват от сондажна машина 1 с прилагане на комбинирано действие на натиск и завъртане. За определяне на местоположението на сондажа спрямо проектното трасе се използва локационна система състояща се от предавател 3 и приемник 4.

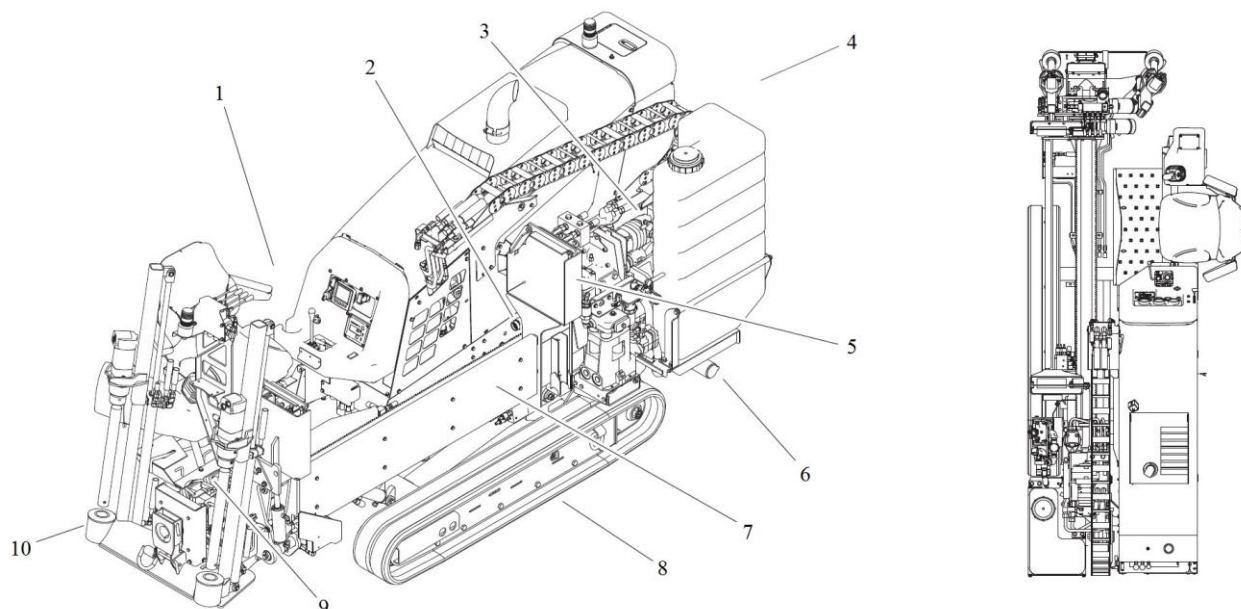
Процеса на изтегляне (Фиг.1 в) се извършва след като по цялото трасе е прокаран пилотния сондаж. В изходната шахта сондажната глава се демонтира и се монтира разширяваща глава 6 оборудвана със система за закачане на канализационните тръби 7. От другата страна сондажната машина прилага опънна сила, с която се изтеглят обратно сондажните тръби и прикрепените към края им канализационни тръби.

През целият период на извършване на операциите по пилотно сондиране и обратно изтегляне през главите 5 и 6 се вкарва под налягане сондажна течност за намаляване на усилията и отстраняване на изкопаният материал. Сондажната течност се подава или с помощта на прикачена към сондажната машина помпа или от отделна установка – система за управление на сондажната течност. Съществуват и варианти със съоръжения за рециклиране на отработената течност.

Проектите за безтраншейно полагане на тръбопроводи с метод на управляемо хоризонтално сондиране се класифицират спрямо обхвата общо на големи (т.нар. Maxi-HDD), средни (Midi-HDD) и малки (Mini-HDD, диаметър 50-300 mm, дълбочина до 9 m, дължина до 180 m). Съгласно посочените в т.3.1.2 на [1] характеристики на напорната мрежа, проектите за НКС попадат основно в обхвата на Mini-HDD.

2.2. Машини и оборудване за хоризонтални сондажи

За приложение на метода съществуват специализирани сондажни машини (Фиг.2), те са водещи за изпълнение на работните операции при управляемото хоризонтално сондиране.



Фигура 2. Основни компоненти на машина за хоризонтален сондаж
(Модел Ditch Witch JT9 [10])

1 – позиция на оператора; 2 – вал; 3 – шейна; 4 – гръб на машината; 5 – склад; 6 – стабилизатор; 7 – платформа; 8 – гъсеничен ход; 9 – менгеме с предни фиксирани челюсти и задни ротационни челюсти; 10 – анкерраща система

Подчинени машини и оборудване са:

- системата за управление на сондажна течност – някои модели сондажни машини, са оборудвани с помпа за приготвяне на разтвора и подаване към сондажа;
- подемно-транспортни средства с общо предназначение за доставка на сухите смеси, тръбопроводи и др. материали на площадката;
- цистерна за вода;
- вакуумна цистерна – за изтегляне на отработената сондажна течност от шахтите;
- потопена помпа за изпомпване на отработената течност от шахтите и система за рециклиране на сондажната течност;
- машина за полидифузно заваряване на тръби.

3. МЕТОДОЛОГИЯ

Установяването на разходите за труд и механизация е извършено в следните стъпки:

- проучване на структурата на работното звено;
- анализ на ролите за нуждите на НКС;
- съставяне на звено за изследването;
- извеждане на стойности за часови ставки за труд;
- събиране и обобщение на цени на строителна механизация;
- събиране и обобщение на разходни стойности за консумативи и горива към машините;
- извеждане на стойности за разходи за механизация.

4. РАЗХОДИ ЗА ТРУД

Състава на звената обслужващи машина за HDD зависи от спецификата на изпълнявания обект и използваната категория машина (Mini, Midi, Maxi). В Табл.1 е дадено обобщение на някои източници относно наблюдаваните състави на бригадите. Оператора на HDD е задължителен и може да бъде включен като ставка в оперативните разходи на методиките за стойност на машиносмяната/часовете от т.5.3, но другите позиции варират. При малките модели машини, в самата машина е включена помпа и контроли за управление на сондажната течност, в този случай функциите на оператора на системата за сондажна течност, водна цистерна, помпиер, механик могат да се поемат от основния оператор и HDD работниците. При малките модели машини към тялото на самата машина има склад за сондажни тръби и механика за свързването/разчленяването им, също при някои модели среден клас машини към машината има подемно средство с кука. При големите машини зареждането на сондажните тръби става със специален захващащ орган прикрепен към стрелата на багер или багер-товарач, а при най-големите проекти се използва подемен кран.

В настоящото изследване е прието към разходите за механизация на трите вида машини описани в т.3 да се включи ставката за съответния оператор. Заплащането на техническия ръководител е по отделно перо и няма да бъде разглеждано в изследването. Приетият състав на звеното е:

- HDD оператор: 1 (към разход за механизация);
- оператор на система за смесване на сондажната течност: 1 (към разход за механизация);
- оператор на вакуум цистерна: 1 (към разход за механизация);
- HDD работник: 2 (към единична калкулативна цена);
- локатор: 1 (към единична калкулативна цена като фракция от времето за работа по предварително приета дължина на участък).

Таблица 1. Състав на звено

Длъжност	Sarireh, 2011 [5]	Laney Corp [12]		Najafi, 2013 [4]
		Малък обект	Голям обект	
HDD оператор	1	1	1	1
HDD работник	2	1 – 2	2 – 3	2
Оператор на система за смесване на сондажна течност	1	0 – 1	1	1
Оператор на багер	1	-	1	-
Механик	1	-	1	-
Оператор на вакуум цистерна/водна цистерна	-	-	1	1
Помпиер	2	-	1 – 2	-
Технически ръководител	1	1	1	1
Локатор	1	-	1	1
ОБЩО	10	4 – 6	10 – 12	7

В Табл.2 е дадена извадка от средните часови ставки за изследваните от Sarireh [5] обекти и приведени стойности за България с приет еквивалент 1 за оператора на багер. За базова ставка е приета пазарната цена от СЕК Строителен обзор 2015/11 [2]. За оператора на HDD машината и локатора е прието завишение до 50% за да се отчете необходимостта от висока квалификация на персонала, като ключов фактор влияещ върху производителността (т.4.3.3.4 [1]).

Таблица 2. Средни часови ставки

Длъжност	Ставка Sarireh, 2011	Екви-валент	Базова ставка, СЕК	Еквивалент, модифициран	Ставка
	USD/h		BGN/h		BGN/h
HDD оператор	23.00	1.18		1.50	7.39
HDD работник	15.00	0.77		0.77	3.79
Оператор на система за сондажна течност	16.20	0.83		0.83	4.09
Оператор на багер	19.50	1.00	4.93	1.00	4.93
Механик	19.00	0.97		0.97	4.80
Оператор на вакуум цистерна/водна цистерна	-	-		0.83	4.09
Помпиер	16.00	0.82		0.82	4.04
Технически ръководител	30.00	1.54		-	-
Локатор	-	-		1.50	7.39

5. РАЗХОДИ ЗА МЕХАНИЗАЦИЯ

Механизацията, която се изследва, включва:

- водеща машина – машина за HDD (HDD Rig);
- подчинена машина 1: система за смесване на сондажна течност (Mud Mixing System/Tank);
- подчинена машина 2: вакуум цистерна (Vacuum System).

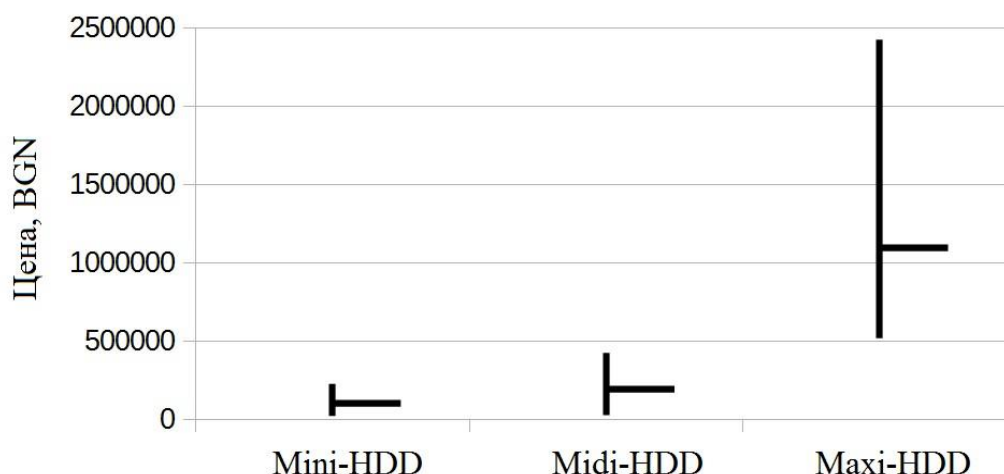
Гранични условия за водеща машина: Mini-HDD, Midi-HDD

5.1. Цени на строителна механизация

Източник: Najafi, M. Trenchless technology: Planning, Equipment, and methods. 2012 [4]; CIMT, DEFY, XCMG (нова техника); <http://www.machinerytrader.com/> (употребявани); <http://www.hddbroker.com/> (употребявани)

Изходни данни: За цените на нови машини утвърдените производители не обявяват данни, но [4] дава обобщена информация по категории машини за HDD, в изследването са взети данните за категория Mini-HDD и са означени като Mini HDD_{Najafi,Lo} и Mini HDD_{Najafi,Hi}, съответно долна и горна ценова граница. В изследването е включена група за нови машини на няколко китайски производителя, на база получени оферти с цени, те са означени с Mini HDD_{Chi}. От описаните източници за техника втора ръка са извлечени данни за 227 HDD машини, 20 Mud Mixing Systems и 30 Vacuum Systems.

Резултат за цените на употребяваните HDD машини е даден на Фиг.3. разпределението по категории: Mini-HDD: 44%, Midi-HDD: 53%, Maxi-HDD: 3%. За целите на изследването се използват машините от първите две групи, означавани по нататък с Mini HDD_{Sec} и Midi HDD_{Sec}. За годината на производство по десетилетия: 1990: 19%, 2000: 48%, 2010: 33%. Средната възраст на Mini-HDD е 11 години, а Midi-HDD – 8 г. Резултантното годишно натоварване при приета референтна година 2016 г. е дадено в Табл. 3.



Фигура 3. Минимална, максимална и средна цена на употребявани HDD машини

Таблица 3. Годишно натоварване на употребявани HDD машини

Клас	Годишно натоварване, ч/г			
	Минимално	Средно	Максимално	σ
Mini-HDD	51	299	860	195
Midi-HDD	88	469	1050	190
Maxi-HDD	153	398	672	-

При системите за смесване на сондажна течност разпределението по десетилетия е: 1990: 33%, 2000: 54%, 2010: 13%. Средната възраст на машините е 11 години. Цените са от 4777 до 37349 BGN, средната – 16229 BGN.

За вакуум цистерните разпределението по десетилетия е: 1990: 4 %, 2000: 65%, 2010: 31 %. Средната възраст на машините е 9 години. Цените са от 13029 до 99888 BGN, средната – 43736 BGN.

5.2. Обобщение на разходни норми за горива и консумативи към машините

Производителите на разглежданите типове машини използват индустриални дизелови и бензинови (при Mud Mixing Systems) агрегати на Honda, Subaru, Kubota, Yamaha, Perkins.

За групите машини Mini HDD_{Najafi,Lo} и Mini HDD_{Najafi,Hi}, консумацията на гориво е изчислена на база обобщени таблични данни за консумацията на дизелови мотори от фирми, занимаващи се с поддръжка на агрегати [3] и данни за мощност на мотор и обем на картер за избрани два модела на фирма Ditch Witch съответно в ниския и високия клас по мощност. За Mini HDD_{Chi} е изчислена средна стойност на показателите. За машините втора ръка (Mini HDD_{Sec} и Midi HDD_{Sec}) са използвани усреднени данни за няколко модела на фирма Vermeer [9] и за които има изрично посочена информация за консумацията в каталозите.

Интервала за смяна на масло и филтри е избран на 250 мч на база проучване от 5 източника с практически опит при експлоатацията на HDD машини (Табл.4).

Таблица 4. Интервал на смяна на масло и горивен филтър за HDD машини

№	Интервал	Забележка
	мч	
1 [6]	100 – 500	
2 [6]	250	или 1 година
3 [6]	200	600 ч. за горивните филтри, 600 – 1200 ч. за въздушните филтри
4 [7]	250	
5 [7]	350	

5.3. Изчисляване на разходи за механизация

Входни параметри: Набавната цена съгласно т.5.1; остатъчна стойност 20%; годишно натоварване 400 часа; амортизационен период 10 години; процентна ставка за застраховка – ориентировъчни стойности > 50 000 BGN: 1,30 %, > 50 000 BGN: 1,30 %, 30 000 – 50 000 BGN: 1,50 %, < 30 000: 1,80 %. Армеец, Тарифна група „4-Строителна техника“, Клауза „Пълно каско“, в сила от 02.04.2012; фиксиран годишен компонент за данъци – прието е прехвърляне на част от пътния данък, винетна такса и такса за ГТП на транспортното средство, което обслужва машините, за системите за смесване на сондажна течност, които обслужват нови HDD машини в ниския ценови клас няма фиксиран компонент, защото системата се побира и превозва заедно с водещата машина в едно ремарке; часовият разход на гориво е изчислен съгласно постановките в т.5.1.3 и т.5.5.2 от [1]; допълнение за филтри 50 % (съгласно указание на [11]), часова ставка оператор съгласно т.4.

5.4. Резултат

Таблица 5. Разход за строителна механизация

№	Категория	A	Инвестиционни разходи		Оперативни разходи				
			B	C	D	E	F	G	H
		BGN	BGN/h	BGN/h	BGN/h	BGN/h	BGN/h	BGN/h	BGN/h
Водеща машина:									
1	Mini HDD _{Najafi,Lo}	138 974	34.74	3.86	7.87	0.63	8.69	0.00	7.39
2	Mini HDD _{Najafi,Hi}	208 461	52.12	5.67	35.74	1.61	13.03	0.00	7.39
3	Mini HDD _{Chi}	86 858	21.71	2.50	21.81	1.12	8.14	0.00	7.39
4	Mini HDD _{Sec}	82 234	20.56	2.38	14.05	0.81	7.71	5.14	7.39
5	Midi HDD _{Sec}	155 102	38.78	4.35	32.88	1.99	14.54	9.69	7.39
Подчинена машина 1:									
6	MMS _{Sec} (Mini HDD)	12 983	3.25	0.47	2.60	0.34	0.81	0.81	4.09
7	MMS _{Sec} (Midi HDD)	12 983	3.25	0.71	2.60	0.34	0.81	0.81	4.09
Подчинена машина 2:									
8	VS _{Sec}	34 989	8.75	1.30	12.83	0.98	0.00	0.00	4.09

Легенда: А – нетна стойност, В – амортизация, С – лихви, застраховки, данъци, D – разход за гориво, Е – разход за смазочни материали и филтри, F – разход за текуща поддръжка, G – разход за основен ремонт, H – часова ставка на оператор

Таблица 6. Разход за строителна механизация (Обобщение)

№	Категория	Общо инвестиционни разходи	Общо оперативни разходи	ОБЩО
		BGN/h	BGN/h	BGN/h
1	Mini HDD _{Najafi,Lo}	38.60	24.58	63.18
2	Mini HDD _{Najafi,Hi}	57.78	57.77	115.55
3	Mini HDD _{Chi}	24.22	38.46	62.68
4	Mini HDD _{Sec}	22.94	35.10	58.04
5	Midi HDD _{Sec}	43.12	66.49	109.62
6	MMS _{Sec} (към Mini HDD)	3.71	8.65	12.37
7	MMS _{Sec} (към Midi HDD)	3.96	8.65	12.61
8	VS _{Sec}	10.04	17.91	27.95

Изведените числени стойности са приложени във компоненти LC и EC на формула за изчисляване на себестойността на единица продукция (единична цена):

$$UP = LC + EC + AC + MC + P + VAT, \quad (1)$$

където: UP (Unit price) е единичната цена; LC (Labour costs) са разходите за работна ръка; EC (Equipment costs) са разходите за механизация; AC (Additional costs) са допълнителни разходи; MC (Material costs) са разходите за материали; P (Premium) са начисления; VAT – ДДС.

6. ИЗВОДИ

Проведеното изследване позволи да се съставят разходни норми и единични калкулативни цени за изпълнение с безтраншеен метод с управляемо хоризонтално сондиране за тръбопроводи DN32 – DN100 с Mini- и Midi-HDD машини в глинести почви за работни участъци: 20 m.

Тъй като разходните норми и единични цени са изведени теоретично с определени предпоставки и на база насоки от чуждестранният опит, те следва да се приемат като първо приближение и база. Преди разпространяване за публична употреба, параметрите следва да се калибрират с изследвания върху реални обекти в страната. Също така обхвата на разходните норми би следвало да се разшири към допълнителни видове почви, напр. пясъчливи (към момента са разгледани глинести почви).

Числените данни за разходите за механизация при управляемо хоризонтално сондиране в частта си инвестиционни разходи са изведени при определени предпоставки – приет амортизационен период, годишно натоварване и проучване за набавните цени в световен мащаб. При оперативните разходи разходите за ГСМ също са изчислени с определени предпоставки и указания от чуждестранен опит. Тук също би могло да се търси повишаване на точността с наблюдения за страната.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Николов, Б. Дисертация. Изследване на технологични и методични решения при изграждане на напорни канализационни системи. С., ВСУ, 2017
- [2] Строителен обзор. С., СЕК, 2015/11
- [3] ABLE Diesel Generator Fuel Consumption Chart; Approximate Fuel Consumption Chart, [https://www.ablesales.com.au/source/Diesel Generator Fuel Consumption Chart in Litres.pdf](https://www.ablesales.com.au/source/Diesel%20Generator%20Fuel%20Consumption%20Chart%20in%20Litres.pdf) [отварян на 10.05.2018]
- [4] Najafi, M. Trenchless technology: Planning, Equipment, and methods. САЩ, McGraw-Hill Professional, 2012
- [5] Sarireh, M. Development of a model for productivity of Horizontal Directional Drilling (HDD). САЩ, University of Texas at Arlington, 2011
- [6] Онлайн ресурс: <http://www.smokstak.com/forum/showthread.php?t=58718> [отварян на 10.05.2018]
- [7] Онлайн ресурс: <https://www.wyomingcat.com/BusinessSolutions/FluidAnalysisLab/Documents/OptimizingOilChangeIntervals.pdf> [отварян на 10.05.2018] (10)
- [8] Онлайн ресурс: <http://www.constructionequipment.com/350-hour-oil-change-intervals-save-more-12000-year> [отварян на 10.05.2018]
- [9] Продуктови каталози Vermeer - Horizontal Directional Drilling System D6x6, D9x13, D20x22S3, D23x30S3 и др. Айова, САЩ, Vermeer Corporation, <https://www.vermeer.com> [изтеглени на 03.06.2016]
- [10] Ръководство за експлоатация DitchWitch - JT9 Operator's Manual. Оклахома, САЩ, Charles Machine Works, 2014, 053-2747
- [11] Ръководство Komatsu Specifications & Application Handbook. Япония, Komatsu, 2009
- [12] Фирмен профил Laney Directional Drilling. <http://laneydrilling.com/> 17.04.2016