

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(ХНАДУ)

Кафедра будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА
КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРУНТУ ГОЛОВКОЮ З
АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ**

Студент гр. М-61

Д.В. Бистрицький

Керівник

д.т.н., доц. В.М. Супонєв.

Харків 2020

Ціль роботи: дослідження процесу проколу ґрунту з корекцією траєкторії руху

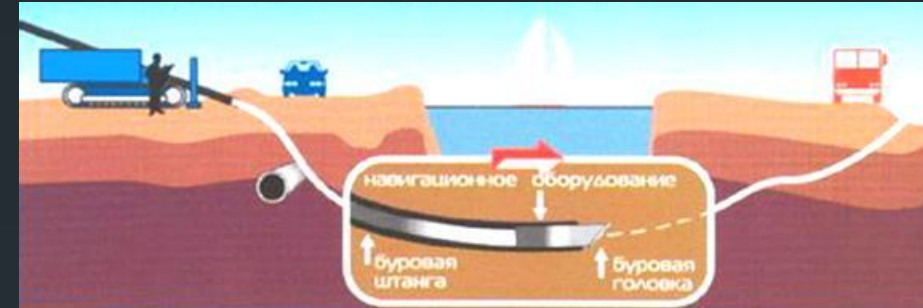
Завдання:

- виконати аналіз результатів досліджень по процесам керованого проколу ґрунту і робочим органам для їх реалізації;
- виявити закономірності взаємодії робочого органу зі скошеною лобовою частиною з масивом ґрунту;
- встановити вплив кута скоса лобовій поверхні робочого органу на фізичні процеси формування свердловини з криволінійної траєкторією в масиві ґрунту;
- провести експериментальні дослідження по впливу відхилюючої сили на робочий орган зі скошеною лобовою поверхнею.

Об'єкт дослідження – процеси, які протікають при проколі ґрунту з корекцією траєкторії

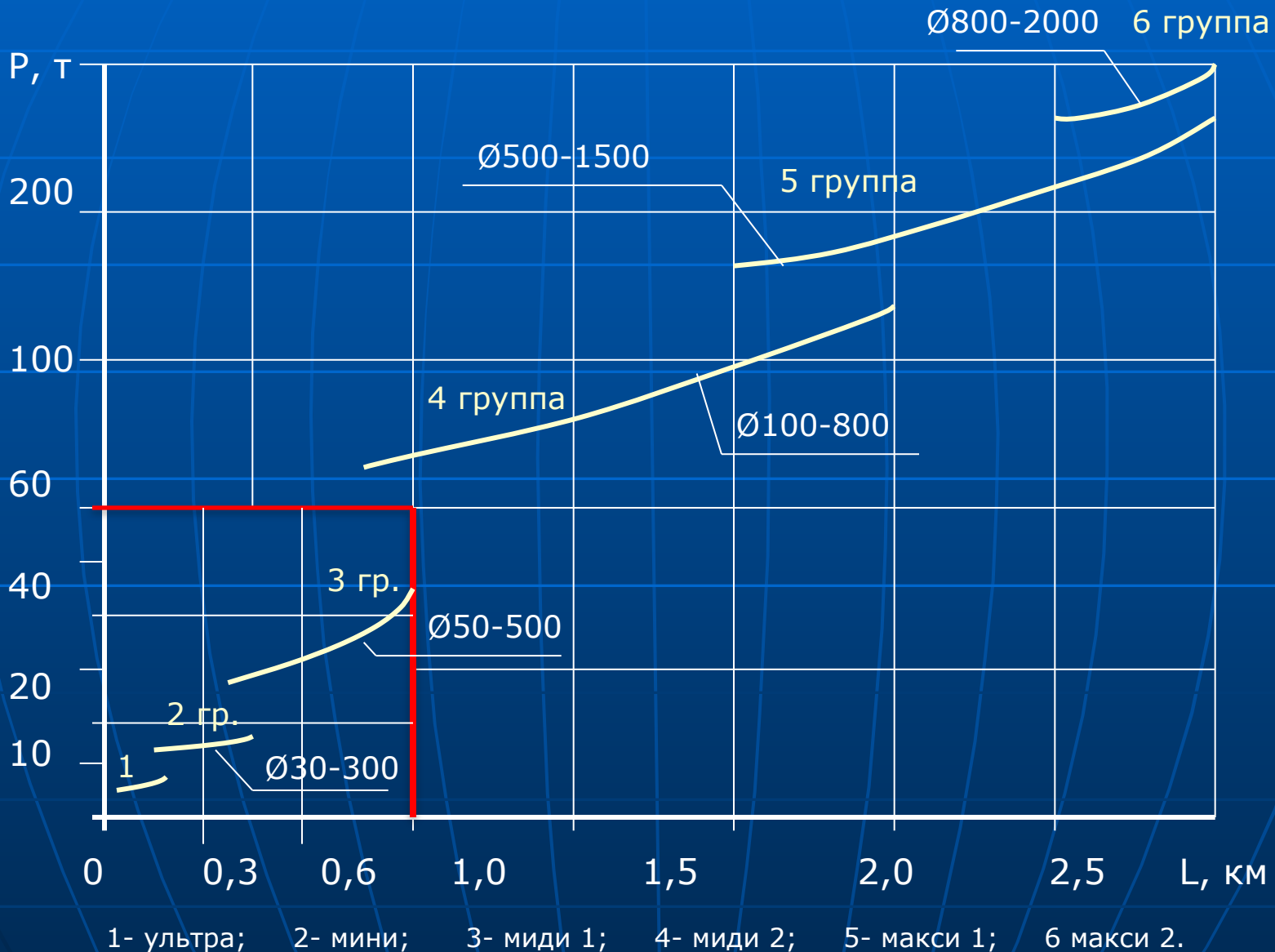
Предмет дослідження – проколюючий робочий орган зі скошеною лобовою поверхнею та установка для проколу ґрунту.

Машины горизонтально-направленного бурения



Классификация установок ГНБ по ЕРСР

(сметные нормы Москва, 2004 г., сборник 4, часть 1)



Внешний вид установок прокалывающего действия



ПУ-1 «Игла»



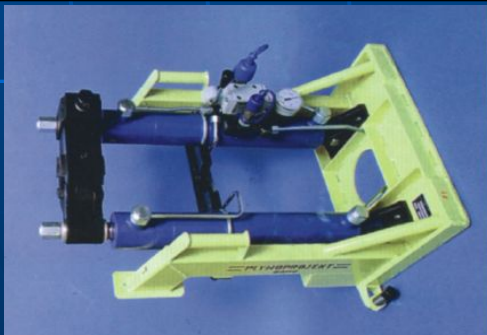
ПУ-2 «Игла»



УГБ-2



ГУПГС-2-35/250, 2-50/250



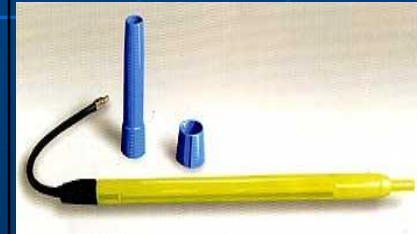
PZ-65



МП-125

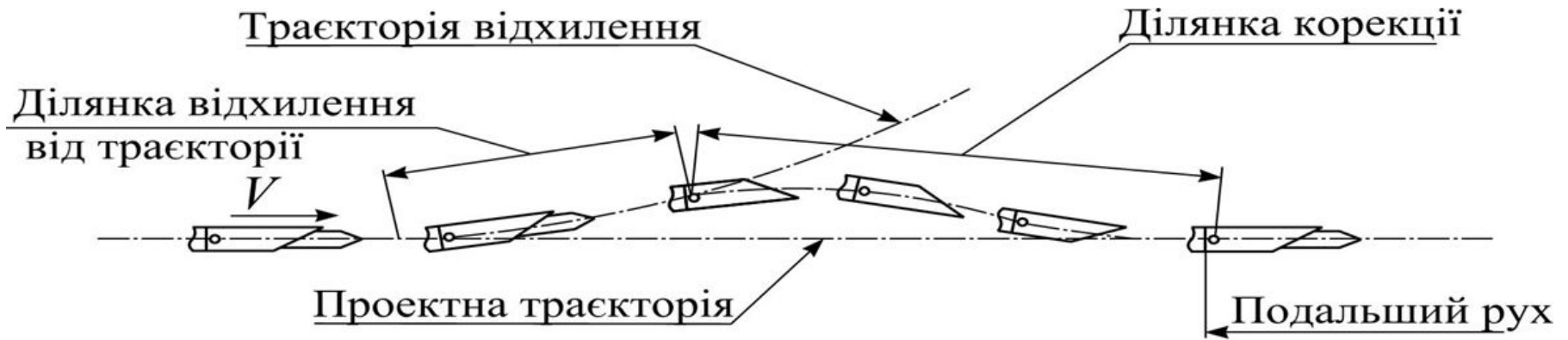


УНБ-30

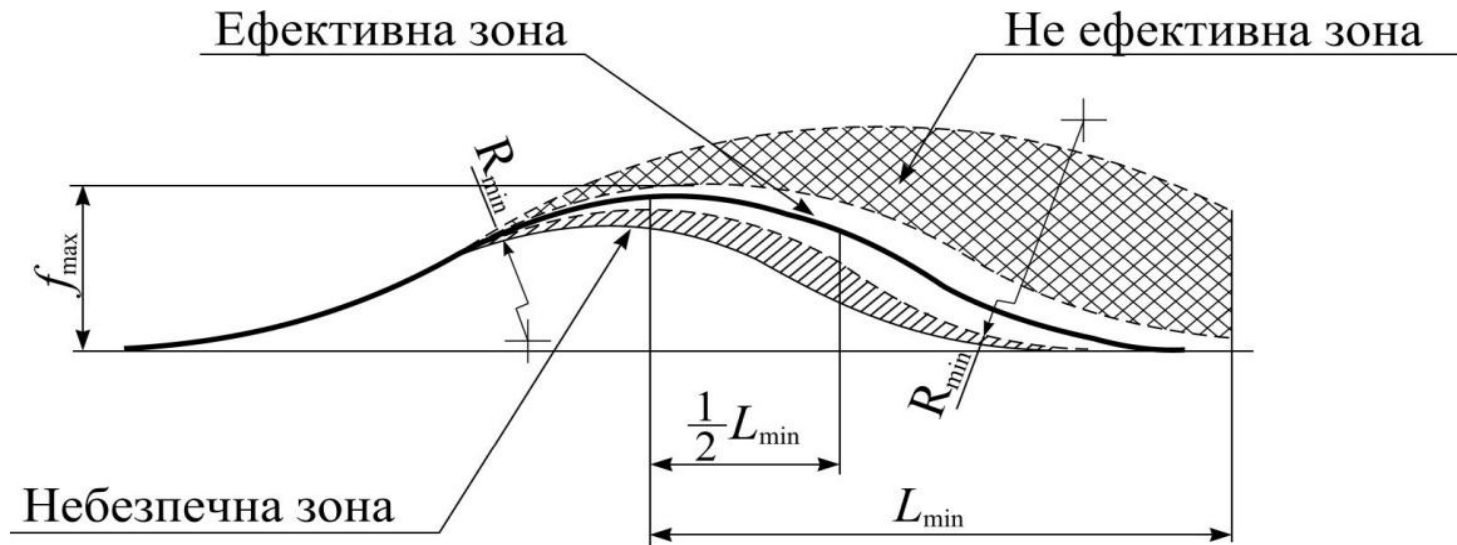


СО-144А

СХЕМА ПРОКОЛУ ГРУНТУ З КОРЕКЦІЄЮ ТРАЕКТОРІЇ РУХУ

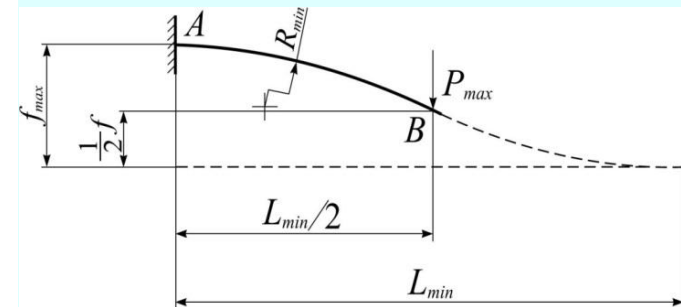


Зони ефективності траєкторії руху головки в ґрунті



ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО КУТА НАХИЛУ ЗРІЗАНОЇ ПЛОЩИНИ НАКОНЕЧНИКА

Схема для розрахунку прогину штанг:



Найменший кут:

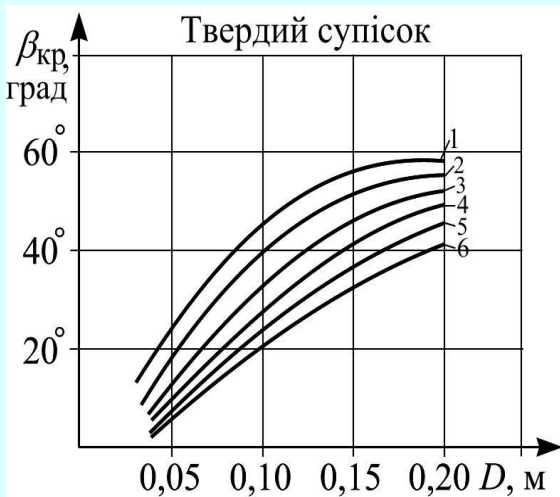
$$\beta_{кр} \geq \text{arcctg} \left(f + \frac{8W [\sigma_{зг}] - qL_{\min}^2}{1,44E_{зр} D^2 L_{\min}} \right)$$

a – для твердого супіску;

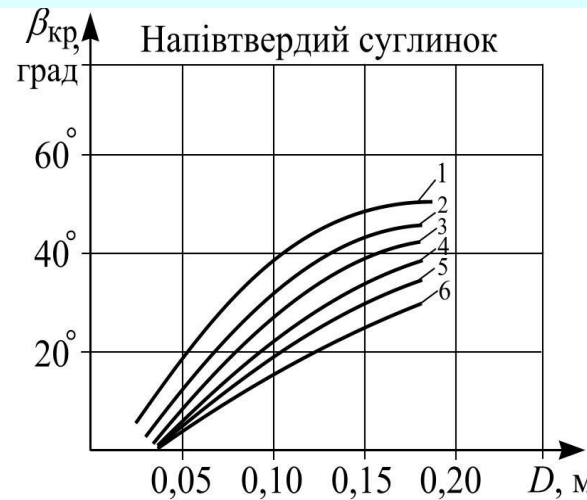
б – для напівтвердого суглинка;

в – для тугопластичної глини

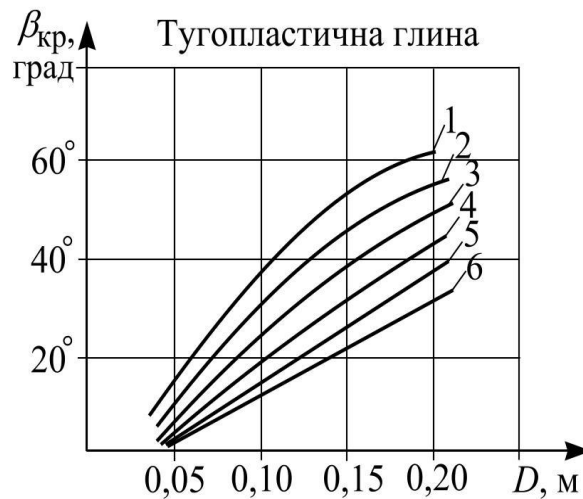
- 1- $D_{шт} = 0,05$ м; 2- $D_{шт} = 0,06$ м;
 3- $D_{шт} = 0,07$ м; 4- $D_{шт} = 0,08$ м;
 5- $D_{шт} = 0,09$ м; 6- $D_{шт} = 0,1$ м



a)

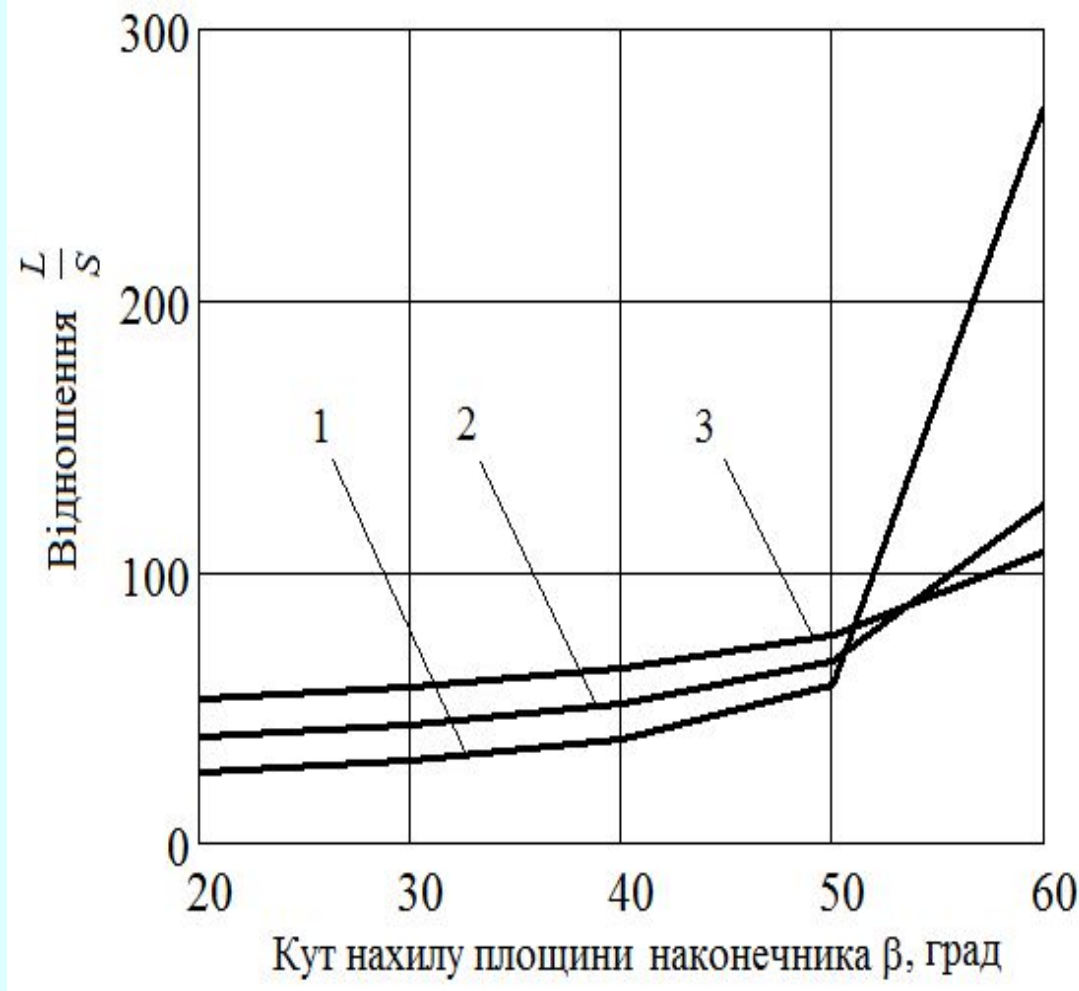


б)



в)

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ТРАЄКТОРІЇ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ



1 – супісок; 2 – суглинок; 3 – глина

Відхилення головки від куту скосу:

$$\frac{L}{E} = \frac{E_{32} D^3 \frac{v^4 - 1}{v^4} \beta_n^3}{0,9 f_{gp} t g (1 - \beta)} \quad (1)$$

Вихідні дані:

модуль пружності сталевій штанги:

$$E_{32} = 2 \cdot 10^7 \text{ Н/см}^2 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

момент інерції штанги: $I = 0,04 \cdot D^4$

модулі пружності ґрунтів:

супіску:

$$E_{gp} = 1,39 \text{ МПа}$$

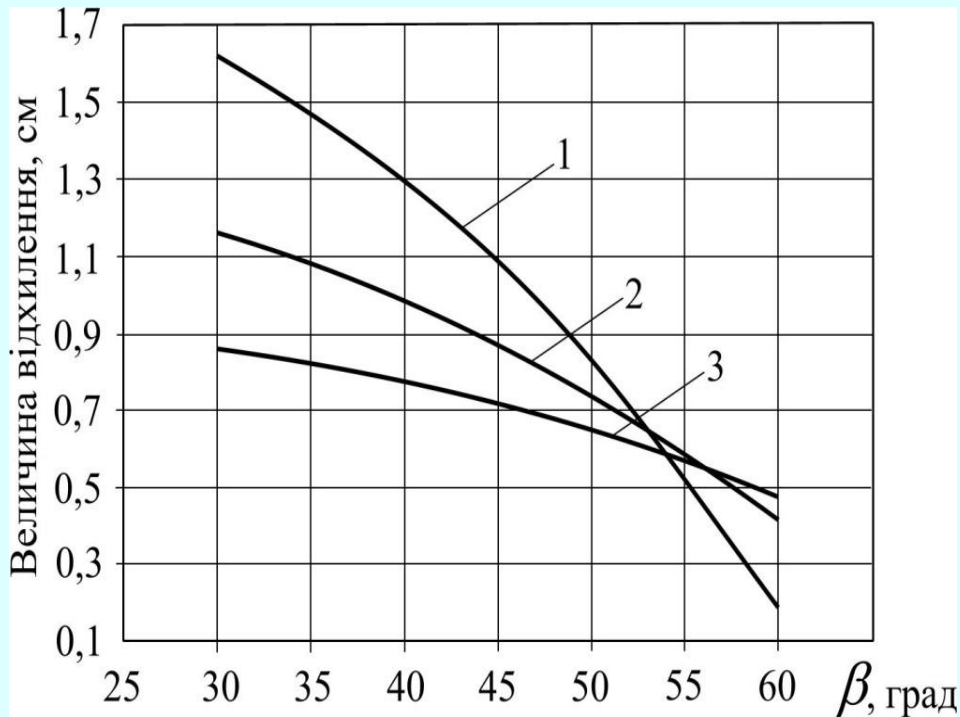
суглинку:

$$E_{gp} = 0,892 \text{ МПа}$$

глини:

$$E_{gp} = 0,631 \text{ МПа}$$

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ТРАЄКТОРІЄЮ РУХУ ГОЛОВКИ В ҐРУНТІ

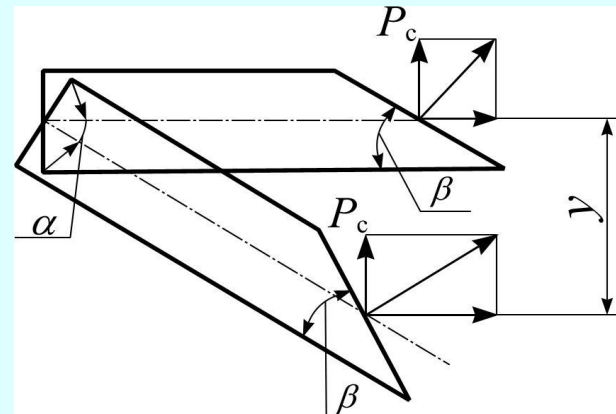


1 – твердий супісок; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – тугопластична глина

Залежність відхилення від часу:

$$y = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \beta)}{N t_1^2} L \cdot t^2 \quad (3)$$

$$\text{Рівняння відхилення на } i\text{-ї ділянці: } y_{\Sigma} = y_1 + y_2 + \dots + y_{i-1} + \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \beta_i)}{N} L \quad (4)$$



Процес переміщення згідно 2-го з-ну Ньютона:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = P - P_c = P(1 - \lambda) \quad (1)$$

Коефіцієнт пропорційності:

$$\lambda = 1 - \frac{2mL(1 - f \cdot \operatorname{tg} \beta)}{P N t_1^2} \quad (2)$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ ПОРОЖНИН В ҐРУНТІ

Установка для проколу та продавлювання ґрунту



Пошуковий прилад СПРУТ 5М

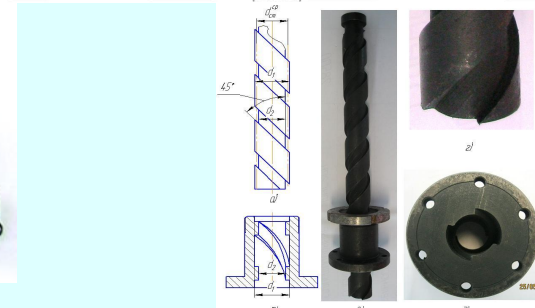
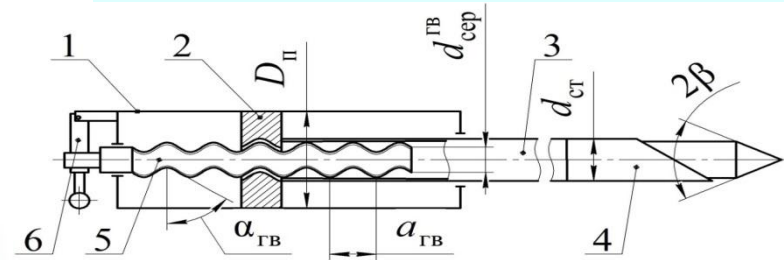


Експериментальна установка для керованого проколу ґрунту

Гідравлічна станція на 16 МПа з датчиком тиску



Схема приводу гвинтового гідроциліндру



ВІДХИЛЕННЯ ПРОКОЛЮЮЧОЇ ГОЛОВКИ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ НА ДИСТАНЦІЇ 10 М

1
1

Кут нахилу	Відхилення штанги, см								
	Супісок			Суглинок			Глина		
	експ.	розр.	%	експ.	розр.	%	експ.	розр.	%
25°	41,0 ±5,0	35,3	11,7	27,0 ±4,0	39,3	10,6	19,6 ±3,0	18,1	9,5
40°	28,5 ±4,0	26,0	10,3	21,3 ±3,0	24,8	11,4	17,2 ±2,5	15,5	11,4
55°	12,5 ±2,0	11,2	10,4	13,0 ±3,0	18,1	11,3	13,0 ±2,0	11,4	12,3
70°		-	-	-	-	-	2,8 ±0,5	2,3	24

Відхилення головки на виході з ґрунту



Змінні наконечники

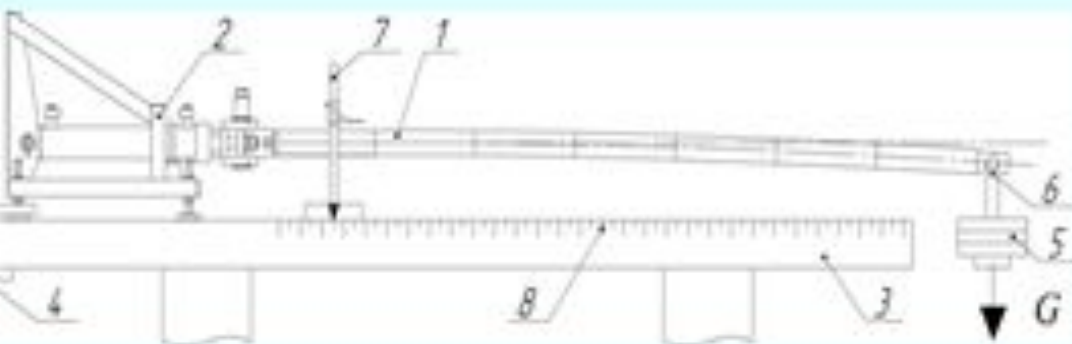


Головка з асиметричним наконечником на вході



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНУ НАБОРНИХ ШТАНГ

Схема експериментального стану

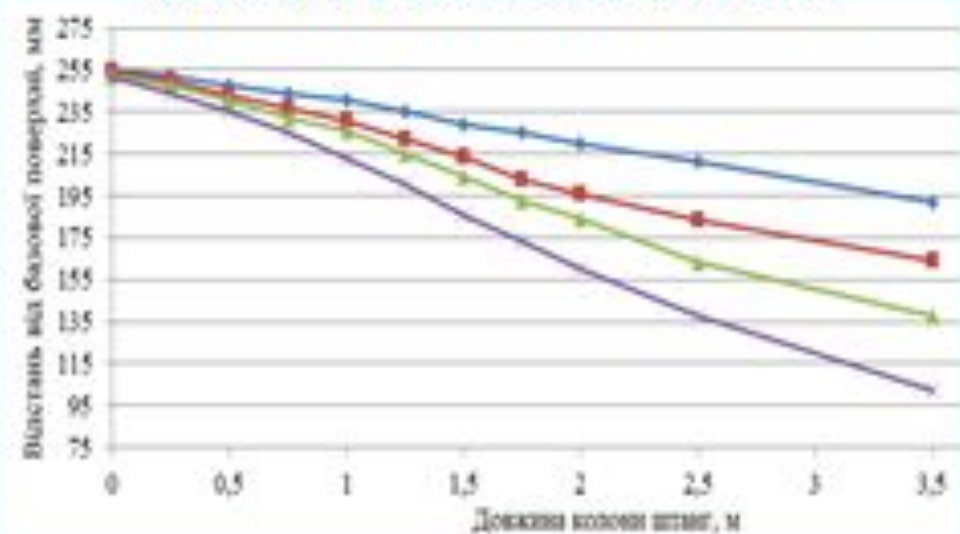


Параметри штанги: труба діаметр 65мм; товщина стінки - 6мм; матеріал - сталь 20

Стендові іспити прогину штанг



Результати замірів прогину штанг

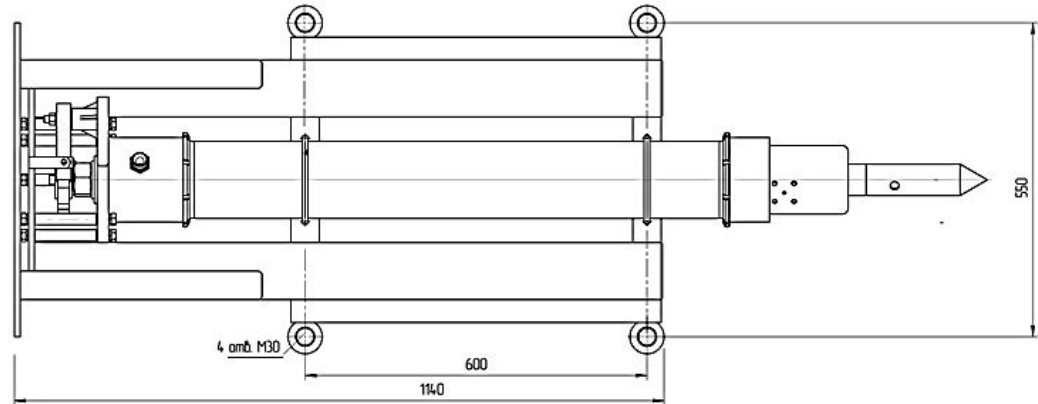
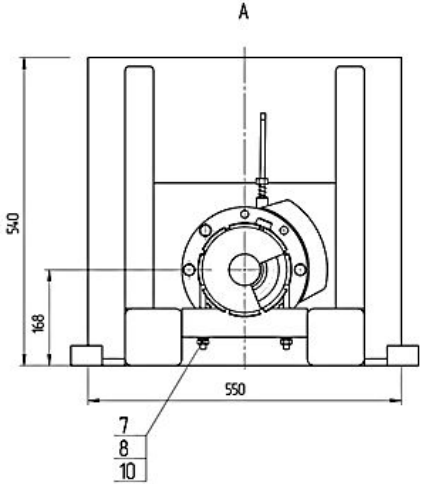
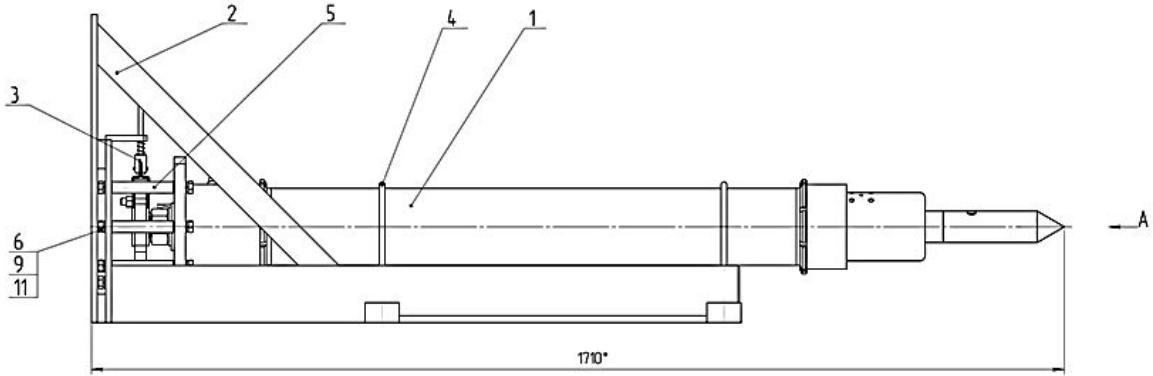


- G=0 кг
- G=16 кг
- G=24 кг
- G=40 кг

$$L_{max} = 2\sqrt{R_{max} \cdot H_{max} - \frac{1}{4}H_{max}^2} \quad R_{max} = \frac{ED}{43[\sigma_{3\Gamma}]}$$

$$[\sigma_{3\Gamma}] = 1700 \text{ кг/см}^2 \quad E = 2 \cdot 10^6 \text{ мПа}$$

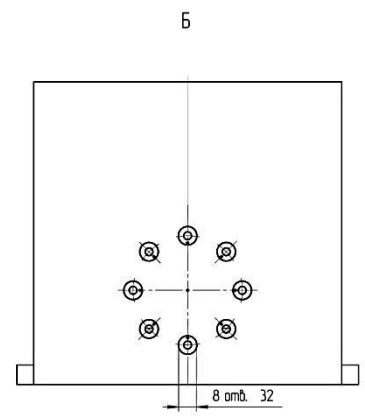
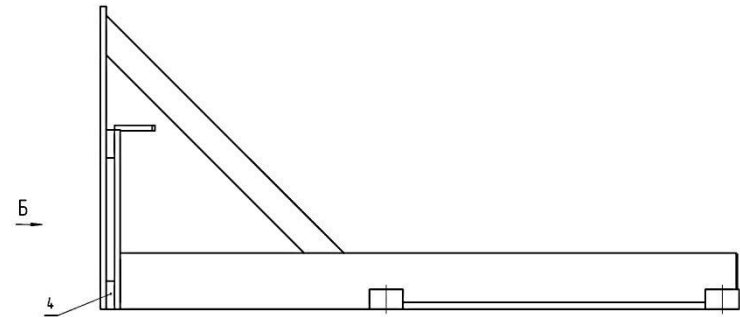
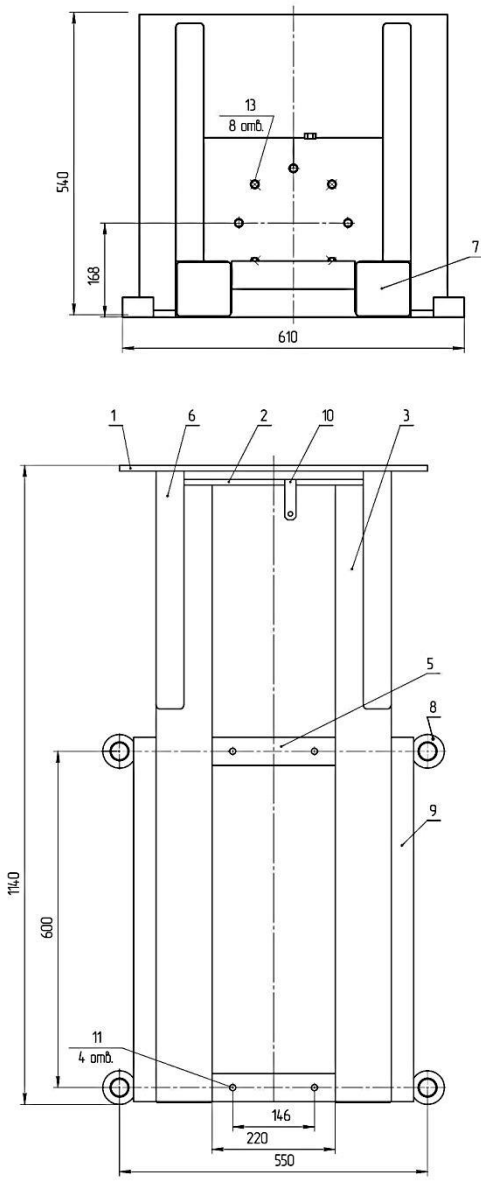
ДРМБДМ.6100.00.200 СБ



1 Размеры для сборки

Визначення впливу вісильної сили				Лист	
НА КЕРОВАНЬ ПРОКОЛУ ГРАНІ ГОЛОВКИ З АСИМЕТРИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Листов	
ДРМБДМ.6100.00.200 СБ					
Дис.	Лист	№ докум.	Табл.	Лист	Кількість
Зроб.	Зображен.	Контр.		в п. у	190 14
Сборный чертеж				Листов 1	
ХНАДУ				Листов 1	
М61 маэ				Листов 1	
Копиробот				Формат А1	

ДР.МБДМ.6100.00.200 СБ

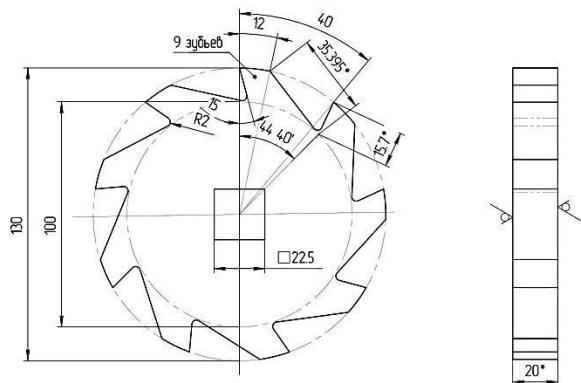


- 1 Размеры для справок.
- 2 Сварные швы - по ГОСТ 5264-80.
- 3 Покрытие эмаль ПФ-115 желтая.УЗ. Эмаль ПФ-115 ГОСТ 6465-76.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИДИМОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ҐРУНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист	
ДР.МБДМ.6100.00.200 СБ				Лист	Кількість
Рама				В	Маса
Сборочный чертеж				п	у
				84,3	14
ХНАДУ					
МБ1 МДЗ					
Коробочка				Формат А1	

600100019W79WdD

√ Ra 6,3 (√)



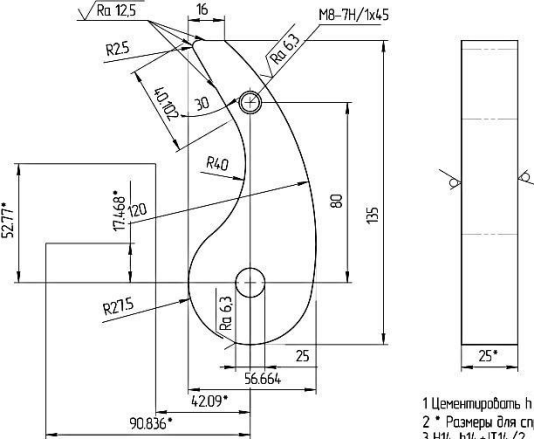
- 1 Центрировать h 0,7..0,9 мм, 58..62 HRC.
- 2 * Размеры для справок
- 3 H14, h16 IT14/2.

ВІЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРІНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист
				Листов
ДР.МБДМ.61.00.01.009				
Вид/Лист	№ докум.	Полн.	Дата	Лист
Разработ./проб.	выполняемый/исполнен			в/п/л/у
Контент				149
Исполнитель	Исполнитель			11
Дата	Дата			
6 25 ГОСТ 19903-74 ХНАДУ				
45 ГОСТ 14637-89 М61 маз				
Копирдан				Формат А3

Колесо храповое

010100019W79WdD

√ Rz 200 (√)



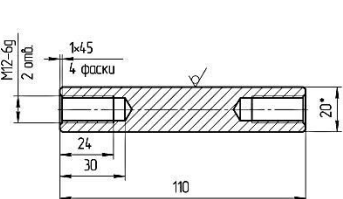
- 1 Центрировать h 0,7..0,9 мм, 58..62 HRC.
- 2 * Размеры для справок
- 3 H14, h16 IT14/2.

ВІЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРІНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист
				Листов
ДР.МБДМ.61.00.01.010				
Вид/Лист	№ докум.	Полн.	Дата	Лист
Разработ./проб.	выполняемый/исполнен			в/п/л/у
Контент				0,81
Исполнитель	Исполнитель			11
Дата	Дата			
6 25 ГОСТ 19903-74 ХНАДУ				
45 ГОСТ 14637-89 М61 маз				
Копирдан				Формат А3

Содачка

210100019W79WdD

√ Ra 6,3 (√)



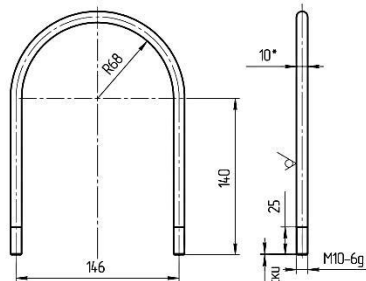
- 1 * Размер для справок
- 2 h12, ± IT12/2.

ВІЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРІНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист
				Листов
ДР.МБДМ.61.00.01.012				
Вид/Лист	№ докум.	Полн.	Дата	Лист
Разработ./проб.	выполняемый/исполнен			в/п/л/у
Контент				0,21
Исполнитель	Исполнитель			12
Дата	Дата			
20-В1 ГОСТ 2590-2006 ХНАДУ				
20-В ГОСТ 1950-2013 М61 маз				
Копирдан				Формат А4

Втулка

110100019W79WdD

√ Ra 6,3 (√)

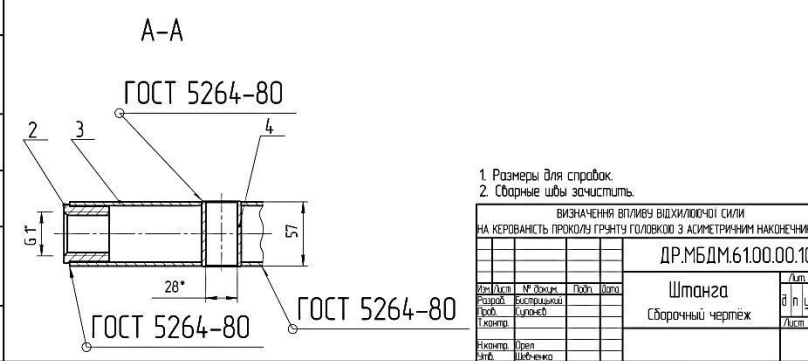
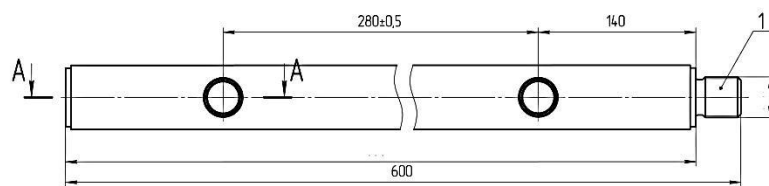


- 1 * Размер для справок
- 2 h12, ± IT12/2.

ВІЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРІНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист
				Листов
ДР.МБДМ.61.00.01.011				
Вид/Лист	№ докум.	Полн.	Дата	Лист
Разработ./проб.	выполняемый/исполнен			в/п/л/у
Контент				0,49
Исполнитель	Исполнитель			12
Дата	Дата			
10-В11 ГОСТ 2590-2006 ХНАДУ				
20-В ГОСТ 1950-88 М61 маз				
Копирдан				Формат А4

Скоба

93 00100019W79WdD



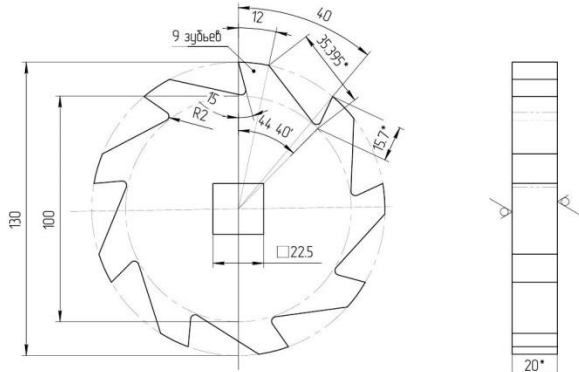
- 1 Размеры для справок
- 2 Сварные швы зачистить.

ВІЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЮЮЧОЇ СИЛИ НА КЕРОВАНІСТЬ ПРОКОЛУ ГРІНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ				Лист
				Листов
ДР.МБДМ.61.00.01.00 СБ				
Вид/Лист	№ докум.	Полн.	Дата	Лист
Разработ./проб.	выполняемый/исполнен			в/п/л/у
Контент				3,89
Исполнитель	Исполнитель			12
Дата	Дата			
10-В11 ГОСТ 2590-2006 ХНАДУ				
20-В ГОСТ 1950-88 М61 маз				
Копирдан				Формат А3

Штанга

600100019M79MДП

√Ra 6,3 (√)

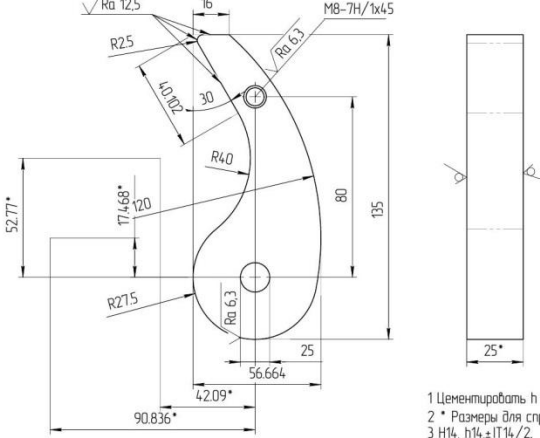


1 Цементироваць h 0,7...0,9 мм, 58...62 НRC.
2 * Розміри для справок.
3 Н14, h14 ± IT14/2.

Визначення впливу відхилювочної сили на керуваність проколу гранту головок з асиметричним наконечником					Лист
Лист	Маса	Масштаб			
ДР.МБДМ.61.00.01.009					
Дет./Лист	№ докум.	Позв.	Дата	Лист	Листов
Розроб.	Виконавчий	Листов	Листов	Листов	Листов
Колесо храповое			В	h	у
			0	149	11
			Лист	Листов	1
			5 25 ГОСТ 19903-74		
			ХНАДУ		
			Лист М 45 ГОСТ 14637-89		
			М61 маз		
			Копірщик		
			Формат А3		

01010100019M79MДП

√Rz 200 (√)

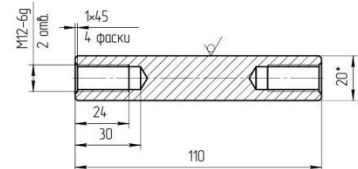


1 Цементироваць h 0,7...0,9 мм, 58...62 НRC.
2 * Розміри для справок.
3 Н14, h14 ± IT14/2.

Визначення впливу відхилювочної сили на керуваність проколу гранту головок з асиметричним наконечником					Лист
Лист	Маса	Масштаб			
ДР.МБДМ.61.00.01.010					
Дет./Лист	№ докум.	Позв.	Дата	Лист	Листов
Розроб.	Виконавчий	Листов	Листов	Листов	Листов
Содачка			В	h	у
			0	0,81	11
			Лист	Листов	1
			5 25 ГОСТ 19903-74		
			ХНАДУ		
			Лист М 45 ГОСТ 14637-89		
			М61 маз		
			Копірщик		
			Формат А3		

21010100019M79MДП

√Ra 6,3 (√)



1 * Размер для справок.
2 h12 ± IT12/2.

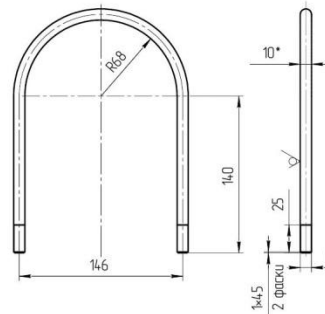
ДР.МБДМ.61.00.01.012

Втулка

20-81 ГОСТ 2590-2006
20-8 ГОСТ 1050-2013
ХНАДУ
М61 маз
Копірщик
Формат А4

11010100019M79MДП

√Ra 6,3 (√)



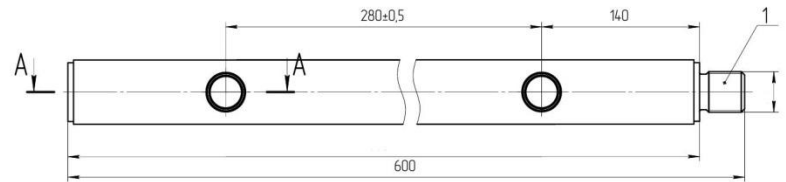
1 * Размер для справок.
2 h12 ± IT12/2.

ДР.МБДМ.61.00.01.011

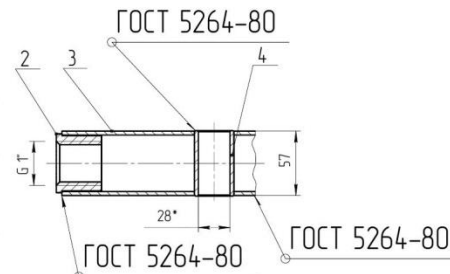
Скоба

10-81 ГОСТ 2590-2006
20-8 ГОСТ 1050-88
ХНАДУ
М61 маз
Копірщик
Формат А4

93 000100019M79MДП



A-A



1 Размеры для справок.
2 Сварные швы зачистить.

Визначення впливу відхилювочної сили на керуваність проколу гранту головок з асиметричним наконечником					Лист
Лист	Маса	Масштаб			
ДР.МБДМ.61.00.00.100 СБ					
Дет./Лист	№ докум.	Позв.	Дата	Лист	Листов
Розроб.	Виконавчий	Листов	Листов	Листов	Листов
Штанга			В	h	у
			0	3,89	12
			Лист	Листов	1
			20-81 ГОСТ 2590-2006		
			ХНАДУ		
			Лист М 61 маз		
			Копірщик		
			Формат А3		

Висновки по роботі

1. Серед існуючих технологій безтраншейного прокладання підземних комунікацій в обмежених міських умовах найбільш ефективними є установки, що діють по методу статичного проколу ґрунту.
2. На відхилення робочого органу впливають різні фактори. Найбільш суттєві з них: нерівномірна щільність ґрунту по вертикалі та втрата стійкості штанг при їх осьовому здавлюванні під час проколу.
3. Визначено, що максимальне допустиме відхилення головки від осі руху визначається конструктивними особливостями штанг та пружними властивостями матеріалу з якого вони зроблені.
4. Процес відхилення на пряму залежить від сили опору ґрунту та її поперечної складової, що діє на асиметричний наконечник.
5. Встановлено зону ефективної траєкторії руху робочого органу з умови міцносних та пружних властивостей матеріалу штанг та їх конструктивних особливостей.
6. Отримано рівняння траєкторії руху головки в ґрунті з асиметричним наконечником в залежності від часу.
7. Експериментально підтверджено теоретичні залежності відхилення головки від сил поперечної дії.