

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Розробка фізичної моделі буро-ущільнювального робочого органу для утворення технологічних порожнин у ґрунті
за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»
зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Виконав: студент групи: ПМ2221


_____ (підпис)

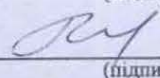
/ Дмитро МАЙСТРЕНКО /

Керівник:


_____ (підпис)

/ Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ /

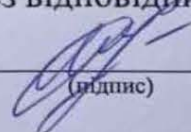
Нормоконтролер:


_____ (підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


_____ (підпис)

Дніпро – 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Transport Engineering

Department of Applied Mechanics and Materials Science


Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic:

Development of a physical model of a drilling and compacting working body for the formation of technological cavities in the soil

according to educational curriculum «Lifting and transport, construction, road, reclamation machines and equipment»

in the Speciality: 133 Industrial Engineering

Done by the student of the group: ПМ2221  Dmytro MAISTRENKO /

Scientific Supervisor:  Kazimir HLAVATSKYI /

Normative controller:  Oleksandr POSMITIUKHA /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: **Розробка фізичної моделі буро-ущільнювального робочого органу для утворення технологічних порожнин у ґрунті**
за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»
зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Виконав: студент групи: ПМ2221

(підпис)

/ Дмитро МАЙСТРЕНКО /

Керівник:

(підпис)

/ Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ /

Нормоконтролер:

(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Transport Engineering

Department of Applied Mechanics and Materials Science

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic:

Development of a physical model of a drilling and compacting working body for the formation of technological cavities in the soil

according to educational curriculum «Lifting and transport, construction, road, reclamation machines and equipment»

in the Speciality: 133 Industrial Engineering

Done by the student of the group: IIM2221 / Dmytro MAISTRENKO /

Scientific Supervisor: / Kazimir HLAVATSKYI /

Normative controller : / Oleksandr POSMITIUKHA /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Транспортна інженерія
Кафедра: Прикладна механіка та матеріалознавство
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Освітня програма: Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
Сергій РАКША
(підпис)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

студенту Майстренку Дмитру Станіславовичу

1. Тема роботи: Розробка фізичної моделі буроущільнювального робочого органу для утворення технологічних порожнин у ґрунті

Керівник роботи: Главацький Казимир Цезарович, к. т. н., доцент

затверджені наказом від _____ "02" 12 2022 р. № 1193ст

2. Строк подання студентом роботи: 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Розрахункова глибина утворення ТПГ - 1,5 - 3 м, а діаметр – 0,5 – 1,5 м⁴ категорія ґрунту – I – IV, вид навантаження – статичне, тип силового контуру - замкнений на масив ґрунту, тип приводу - гідравлічний використання машини – цехи, складські приміщення.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: технічне обґрунтування роботи.

4.2 Основна частина: загальний розрахунок робочого обладнання.

4.3 Науково-дослідна частина: дослідження процесу утворення ТПГ.

5. Перелік демонстраційного матеріалу:

Загальний вигляд лабораторного устаткування, математичні моделі, плани досліджень, схеми робочих органів та їх конструктивні рішення, перспективні конструкції розширювачів, результати експериментальних досліджень, презентація.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Технічне обґрунтування роботи	06.03.2023	виконано
2	Взаємодія блочних фундаментів з ґрунтом	24.04.2023	виконано
3	Технічні рішення обладнання для ТПГ		
4	Технологія влаштування ТПГ	20.05.2023	виконано
5	Пропозиції технічних рішень РО БУРО	20.06.2023	виконано
6	Дослідження процесу утворення ТПГ	20.07.2023	виконано
8	Результати експериментальних досліджень	20.08.2023	виконано
9	Пропозиції машин і обладнання для ТПГ	20.09.2023	виконано
10	Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях		
11	Підготовка презентації роботи	10.10.2023	виконано
12	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	20.12.2023	виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.01.2024	

Студент

_____ (підпис)

Дмитро МАЙСТРЕНКО

Керівник роботи

_____ (підпис)

Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В записці всього 102 сторінки

Найменування роботи: «Розробка фізичної моделі буроущільнювального робочого органу для утворення технологічних порожнин у ґрунті».

Ілюстрації: схем _____; рисунків _____;
графіків _____; фотографій _____;
таблиць _____.

Ключові слова: УЩІЛЬНЕННЯ, ҐРУНТ, ОБОЛОНКА, ФУНДАМЕНТ, ПАЛЯ, ЯДРО УЩІЛЬНЕННЯ, СХЕМА, РОБОЧИЙ ОРГАН, МАШИНА, ПАРАМЕТРИ, КОНТАКТ, ВЗАЄМОДІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, МЕТОДИКА, МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ.

Текст реферату:

Мета магістерської роботи - підвищення ефективності утворення технологічних порожнин у ґрунті шляхом ущільненням ґрунту з використанням ґрунтоущільнюючих машин у технологічному процесі будівництва за рахунок розробки робочих органів ступеневої форми, зовнішня поверхня яких виконана з комбінованою, і може складатися з циліндричних, конічних, сферичних, багатогранних призматичних чи пірамідальних поверхонь, які можна додати до існуючих ґрунтоущільнюючих машин для поліпшення їх характеристик.

Досліджено ряд традиційних технологічних процесів будови фундаментів із аліобетонних коротких блоків, які по суті відрізняються габаритами відносно паль і дозволяють отримати менші енерговитрати при їх технологічному облаштуванні. Крім того виконана серія лабораторних досліджень елементарних робочих органів, з яких можна створити фізичну модель ступеневої форми.

ЗМІСТ

ВСТУП	- 7
1. ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ	- 8
1.1. Класифікація блочних фундаментів	- 8
1.2. Основні параметри блочних фундаментів	- 9
1.3. Технологічний процес облаштування блочних фундаментів	- 10
1.4. Огляд і аналіз досліджень-аналогів	- 10
1.5. Висновки за розділом	- 12
2. ВЗАЄМОДІЯ БЛОЧНИХ ФУНДАМЕНТІВ З ГРУНТОМ	- 13
2.1. Технологічний процес занурення блоків у ґрунт	- 13
2.2. Утворення зон ущільнення ґрунту довкола блоків фундаменту	- 13
2.3. Визначення несучої спроможності блочних фундаментів	- 14
2.4. Висновки за розділом	- 16
3. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ БЛОЧНИХ І ТРАДИЦІЙНИХ ФУНДАМЕНТІВ	- 17
3.1. Палезабивні машини і обладнання	- 17
3.2. Висновки за розділом	- 20
4. ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОРОЖНИН У ГРУНТІ ПІД БЛОЧНІ ФУНДАМЕНТИ	- 21
4.1. Доцільність застосування блочних фундаментів	- 21
4.2. Технологія виробництва залізобетонних блоків	- 22
4.3. Обладнання для занурення у ґрунт блоків фундаментів	- 22
4.4. Запоропоновані технічні рішення для утворення технологічних порожнин у ґрунті	- 23
4.5. Висновки за розділом	- 33

					ДІТ.630000.306.КРПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Майстренко			Розробка фізичної моделі буро-ущільнювального робочого органу для утворення технологічних порожнин у ґрунті	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Главацький					5	102
Реценз.						УДУНТ, гр. ПМ2221		
Н. Контр.		Посмітюха						
Затверд.		Ракша						

5. ПРОПОЗИЦІЇ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ТПГ	- 34
5.1. Встановлення основних параметрів РО для влаштування ТПГ	- 34
5.2. Розрахунок сил опору ґрунту заглибленню моделей БУРО для ТПГ	- 39
5.3. Розрахунок сил опору ґрунту заглибленню моделей БУРО для ТПГ	- 41
5.4. Розрахунок вантажного вала гвинта	- 44
5.5. Висновки за розділом	- 55
6. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ТПГ	- 56
6.1 Лабораторне обладнання	- 56
6.2. Висновки за розділом	- 63
7. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	- 64
7.1. Дослідження заглиблення у ґрунт ступеневих фундаментів	- 64
7.2. Висновки за розділом	- 74
8. ПРОПОЗИЦІЇ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ТПГ	- 76
8.1. Напрямки подальших досліджень	- 76
8.2. Стендове обладнання для дослідження процесу утворення ТПГ	- 79
8.3. Робоче обладнання стенда для утворення ТПГ	- 83
8.4. Висновки за розділом	- 89
9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	- 90
9.1. Дослідження шкідливих і небезпечних факторів для робочого органу розширювача для утворення технологічних порожнин у ґрунті під короткі фундаменти	- 90
9.2. Дії працівника у аварійних ситуаціях	- 97
9.3. Висновки за розділом	- 98
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАПРЯМКІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	- 99
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	- 102

ВСТУП

У сучасних умовах капітального будівництва житлових і промислових будівель і споруд актуальним є енергоефективне будівництво із застосуванням прогресивних форм і методів технологічних процесів виконання робіт з урахуванням застосування сучасних матеріалів, технічних рішень та нестандартного підходу до вирішення нагальних задач.

Загалом, говорячи про різновиди фундаментів слід зазначити, що їх питома вага відносно загального обсягу будівництва становить 7...15%, а працевитрати на їх створення складають 10...20%, витрата бетону на фундаменти становить до 24%, а металу відповідно 10%.

Основна гіпотеза застосування блочних фундаментів полягає у тому, що вони мають значно менші габарити по висоті відносно традиційних паль і за рахунок суттєво більшої площі подошви та власне їх залізоберонної конструкції мають високу несучу здатність. У процесі їх занурення у ґрунт забиванням чи затисканням створюється значна ущільнена зона ґрунту, оскільки ґрунт попередньо на копають, що додатково створює несучу спроможність влаштованого таким чином фундаменту.

Ключовим недоліком відомих технічних рішень коротких фундаментів є та обставина, що під час їх забивання вони частково руйнуються у оголовковій частині і втрачають при цьому несучу здатність, а у разі їх затискання у ґрунт процес їх влаштування стає значно енергоємнішим за аналогічні процеси з палями. Також потрібно уникати динамічних ударних процесів у випадку ведення будівництва поблизу вже створених об'єктів будівництва.

Метою магістерської роботи є підвищення енергоефективності облаштування фундаментів за рахунок попереднього утворення технологічних порожнин у ґрунті (ТПГ) спеціально створеними буро-ущільнювальними робочими органами (БУРО), які для цього потрібно створити та дослідити.

Поставлена мета вирішена розв'язанням ряду технічних і логічних задач.

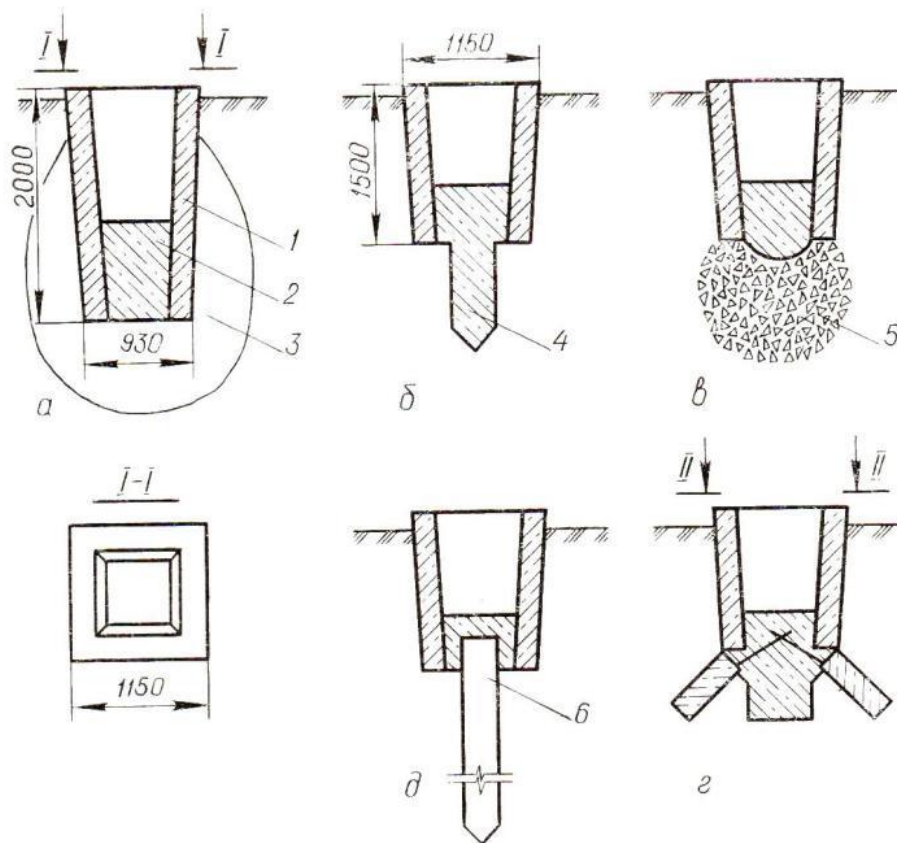
					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Класифікація блочних фундаментів

Раціональність застосування блочних фундаментів визначається: ґрунтовими умовами, формою та розмірами їх конструкції, запланованими навантаженнями, обмеженнями стосовно ударних способів ведення робіт.

Серед відомих технічних рішень блочних фундаментів найбільш відомі та поширені представлені на рисунку 1.1.



1 – забивний оболонковий блок; 2 – пробка бетонна; 3 – зона ущільнення; 4 – паля буронабивна; 5 – ущільнений щебінь; 6 – паля, занурена ґрунт;

Рис. 1.1. Різновиди блочних фундаментів

Особливостями застосування блочних фундаментів є невелика глибина їх облаштування (до 3 м), загальний діаметр облаштованих залізобетонних конструкцій (до 2 м), обмеження периметром фундаменту частини ґрунту, який ущільнюється, створюючи значну додаткову несучу спроможність для фундаменту в цілому.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2. Основні параметри блочних фундаментів

Традиційний забивний блок – це, зазвичай, зрізана піраміда із розширенням вниз, висота якої 1,5...2 м, а розміри поперечного перетину у верхній частині 20х20 см, і 40х40 см чи 50х50 см у нижній з відповідним армуванням металевими прутами у верхній частині. Він має низьку несучу здатність (до 200 кН).

Забивні монолітні блоки з конічною бічною поверхнею (рис. 1.2) мають певне поширення у будівництві немасивних споруд.

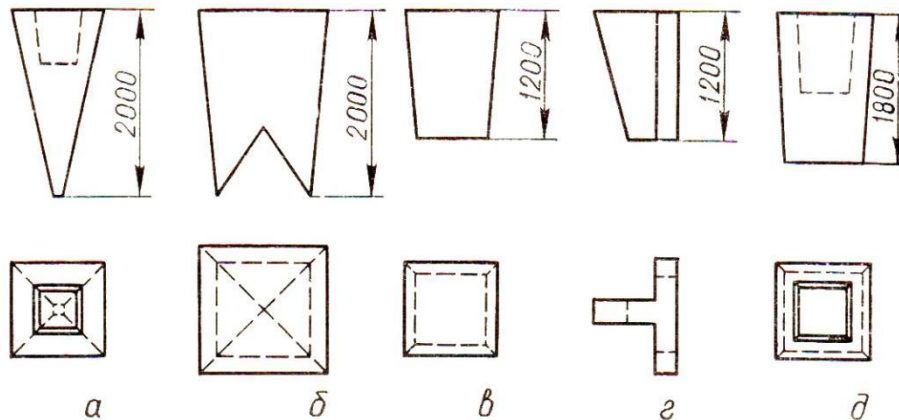
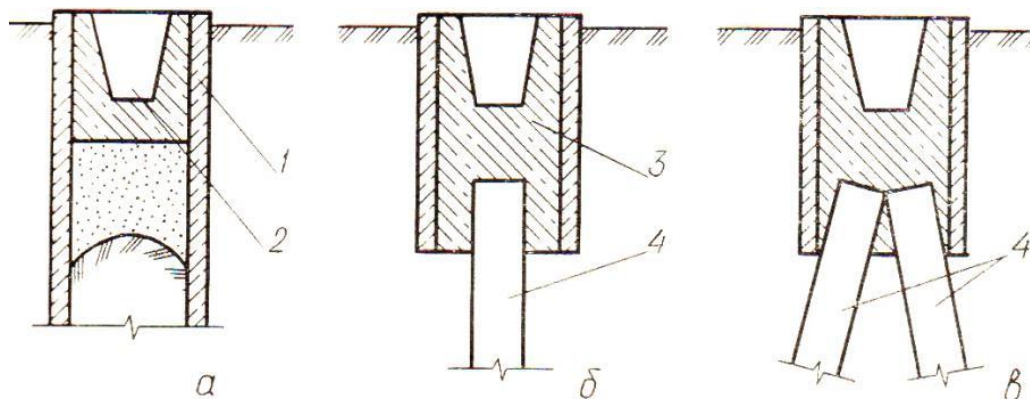


Рис. 1.2. Конструкції забивних суцільних блоків

Забивні залізобетонні блоки типу «Стакан» (рис. 1.3) також мають певне поширення у будівництві, але їх особливістю є застосування додаткових елементів залізобетонних конструкцій під кутом до вертикалі для обмеження вертикального осідання при навантаженні.



а – з однієї пустотілої круглої палі; б і в – з однієї і двох призматичних палей і забивного стакана з короткою пустотілою круглою палею: 1 – пустотіла кругла палея; 2 – армована монолітна стаканна частина; 3 – бетонна пробка; 4 – призматичні палі;

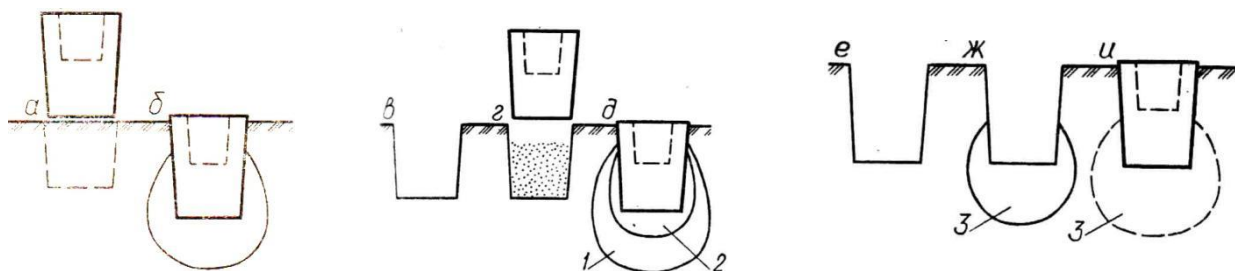
Рис. 1.3. Пальові фундаменти із застосуванням пустотілих круглих палей

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Їх розміри по діаметру складають 500...1000 мм, товщина стінок в межах 80...90 мм, а загальна довжина – до 6 м.

1.3. Технологічний процес облаштування блочних фундаментів

Принципові схеми реалізації технологічного процесу облаштування вказаних фундаментів (рис. 1.4) досить простий і розумілий, але потребує динамічного процесу виштамповування котланів під їх укладання, що є одним із суттєвих недоліків, які обмежують область їх ефективного застосування.



а – витрамбовування котлована на глибину 0,5...0,7 висоти блока, б – установка блока у витрамбований котлован і занурення його на проектну глибину; в – витрамбовування котлована на глибину 0,7...1,0 висоти блока; г – заповнення котлована жорстким ґрунтовим матеріалом; д – установка блока у котлован і занурення його на проектну глибину; е – витрамбовування котлована на повну висоту блока; ж – утрамбовування в основу котлована жорсткого матеріалу; і – відсіпання останньої порції жорсткого матеріалу, установка і занурення блока на проектну глибину: 1 – ущільнена зона; 2 – оболонка з жорсткого матеріалу, 3 – подушка з жорсткого матеріалу;

Рис. 1.4. Технологічні схеми виконання робіт по влаштуванню фундаментів із забивних суцільних блоків

Крім того, подібні блоки мають обмежену несучу здатність в силу клинової форми їх бічної поверхні, що уможлиблює їх просідання під навантаженням.

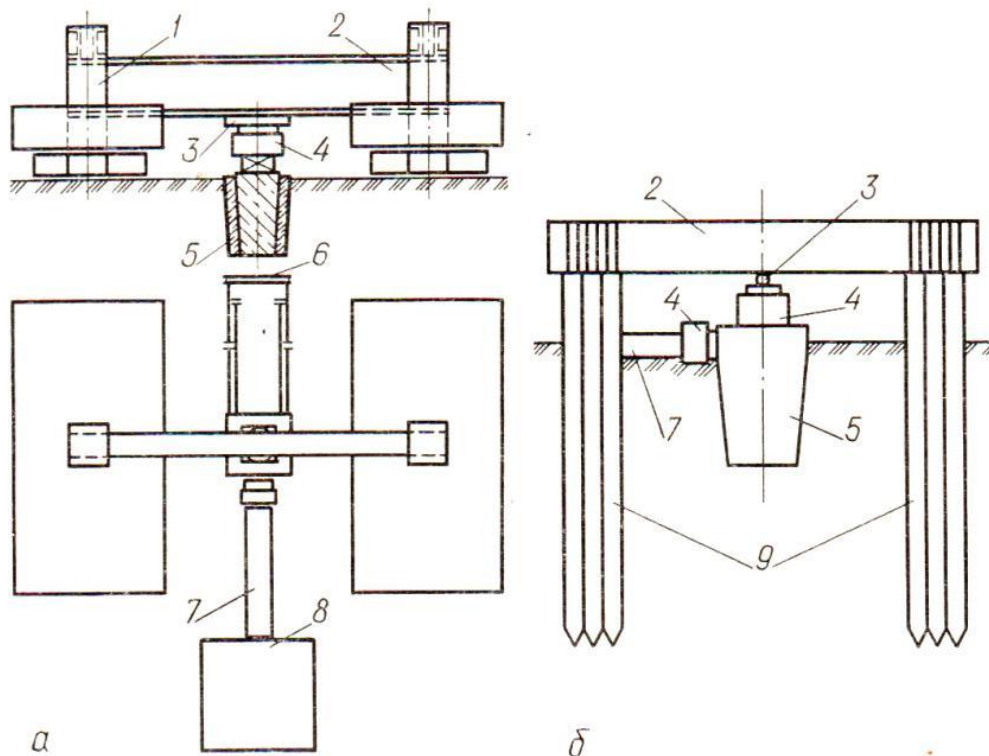
1.4. Огляд і аналіз досліджень-аналогів

Зазвичай перед тим, як рекомендувати певних блочний фундамент до серійного виробництва потрібно провести ряд досліджень, спрямованих на встановлення його несучої датності та інших основних параметрів що впливають на його працездатність, наприклад, жорсткість, маса, габарити, форма, розміри і т. ін.

На етапі досліджень поряд із компютерним моделюванням застосовують фізичне моделювання використанням спеціалізованого лабораторного наукового

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

устаткування, до якого можна віднести стенд (рис. 1.5) для дослідження вказаних фундаментів.



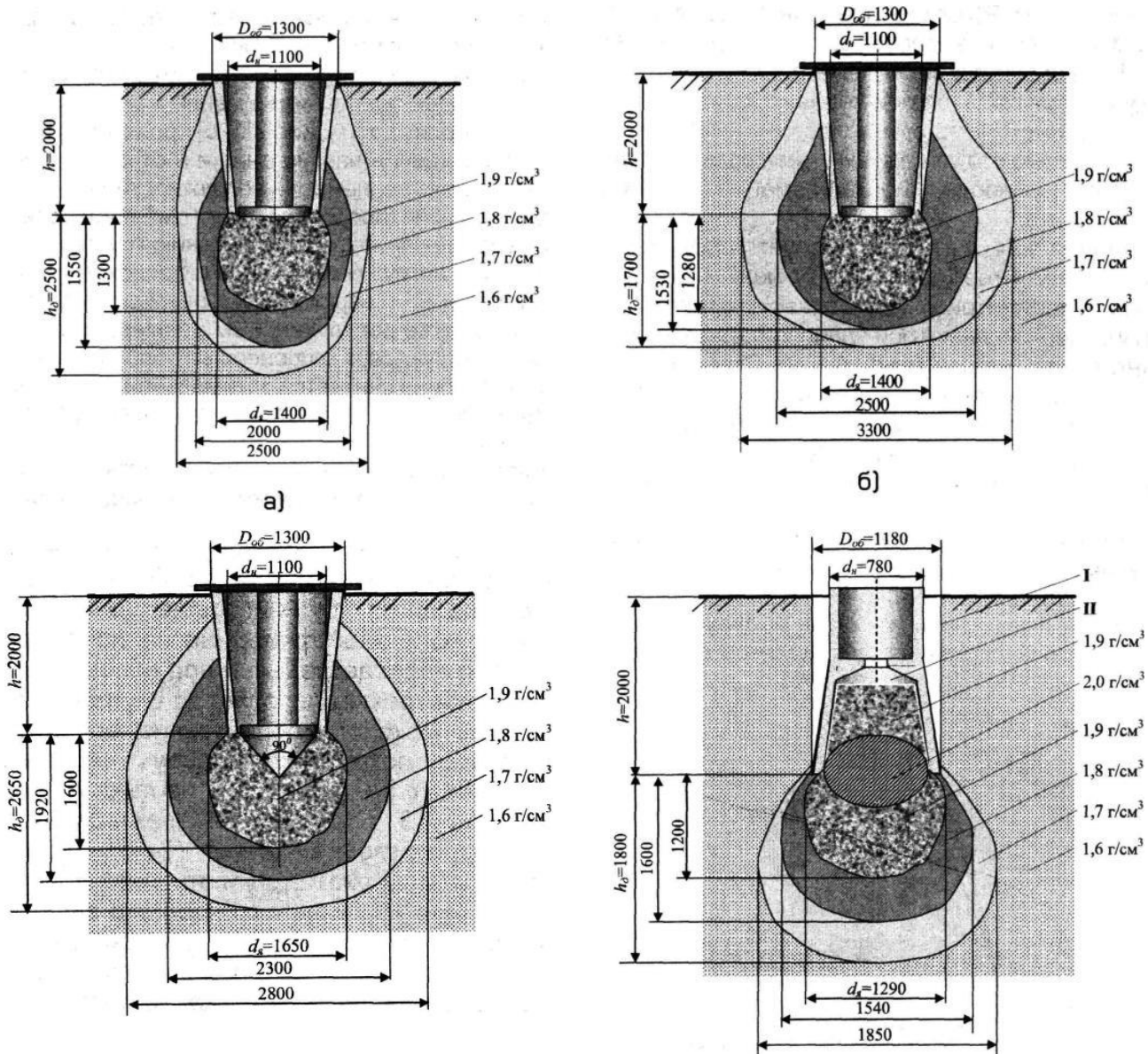
а – завантажувальних платформ; б – анкерних палей; 1 – завантажувальна платформа; 2 – упорна балка; 3 – коток; 4 – домкрат; 5 – дослідний фундамент; 6 – реперна система; 7 – розпірна балка; 8 – упорний розтворок; 9 – анкерні палі;

Рис. 1.5. Стенд для дослідження блочних фундаментів

При виконанні аналогічних досліджень основну увагу слід приділити процесу утворення ущільненої зони у ґрунтовому масиві (рис. 1.6), адже від її розмірів і стабільності, що ґрунтується на сталій вологості ґрунту, залежить загальна несуча спроможність збудованого фундаменту.

Зону ущільненого ґрунту довкола зануреного у ґрунт фундаменту називають ядром ущільнення ґрунту. Його величина характеризується загальною площею твірної поверхні, і чим вона більша, тим більшою буде несуча спроможність фундаменту. Але потрібно зважати і на ступінь ущільнення ґрунту довкола блочного фундаменту, і чисельні параметри дають уявлення про співвідношення ущільнених зон з різною щільністю ґрунту.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



а – в лісовидних суглинках (м. Дніпро); б – в твердих супіщаних ґрунтах;
 Рис. 1.6. Зони ущільненого ґрунту довкола блочного фундаменту

1.5. Висновки за розділом

Застосування прогресивних технічних рішень при створенні будівельних об'єктів підвищує їх якість розширює область ефективного застосування.

Розуміння того, що на сьогодні відомо і досліджено дає ґрунтовні підстави до розробки власних пропозицій і технічних рішень, які відрізнятимуться як принципово, так і на рівні співставлення основних технічних характеристик.

В умовах ведення будівельних робіт у містах та поблизу існуючих будівель і споруд актуальною є задача статичного облаштування фундаментів за енергоефективними технологіями.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

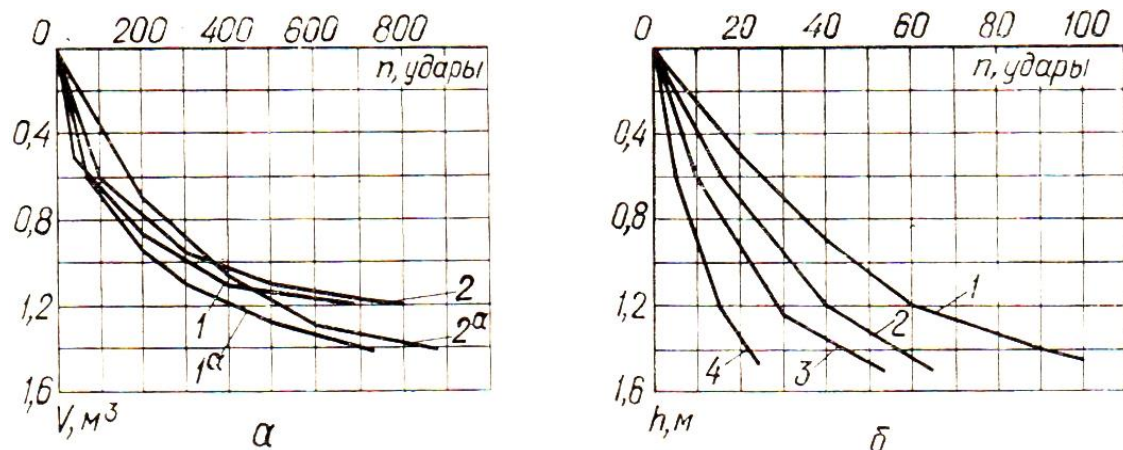
2. ВЗАЄМОДІЯ БЛОЧНИХ ФУНДАМЕНТІВ З ГРУНТОМ

2.1. Технологічний процес занурення блоків у ґрунт

На початковому етапі будівництва фундаментів з блоків їх поперечний переріз становив 0,16...0,36 м². Для них достатньо було застосування дизель-молотів, енергія одиничного удару котрих становить 20...40 Дж, тобто, аналогічно як для традиційних палів.

З часом удосконалені блочні фундаменти мали площу підшви до 1 м² і більше, що, відповідно і потребувало більшення енергії одиничного удару для їх занурення у ґрунт до 250 Дж, що можливо при застосування падаючих вантажів масою 4...5 т.

Для порівняння результатів досліджень скористаємося діаграмами занурення блочних і паливих фундаментів у ґрунт дизель-молотом С-996 (рис. 2.1).



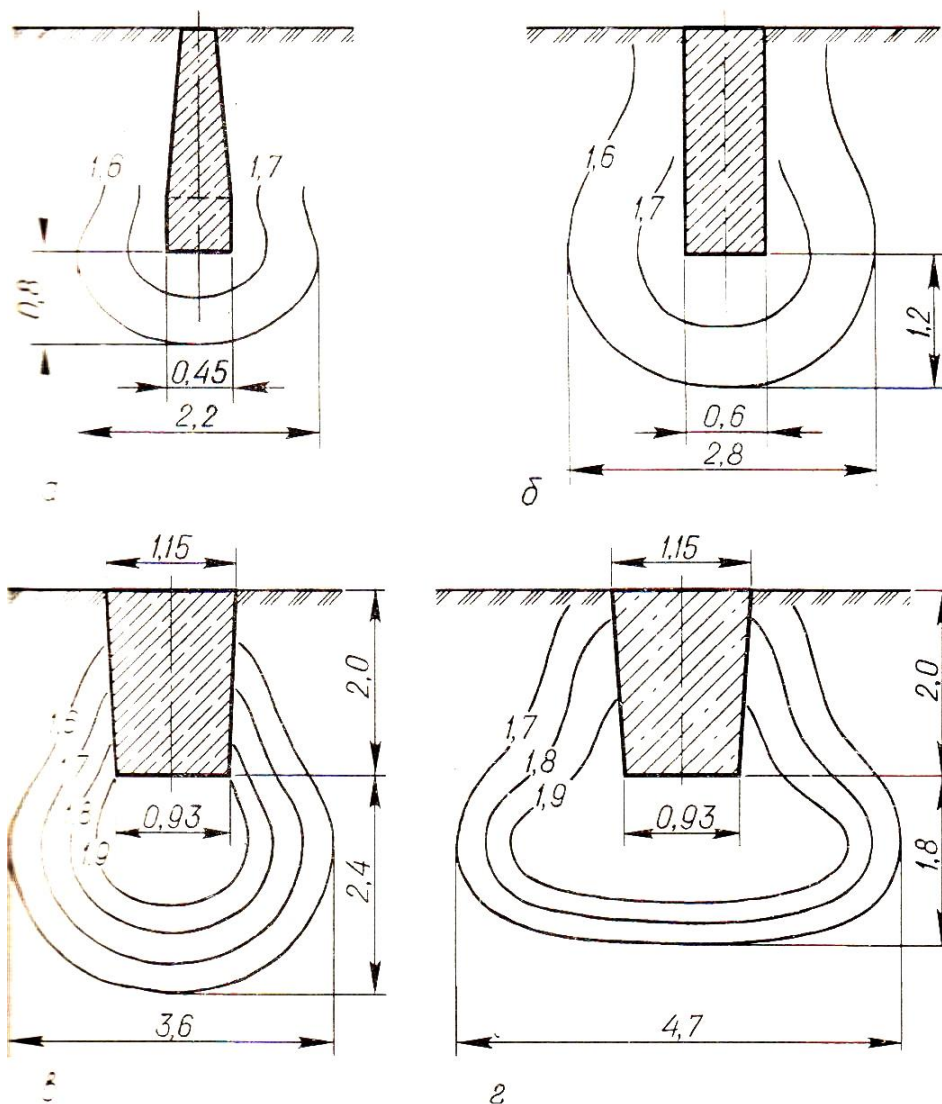
а – 1, 2 – палі С9-35; 1а, 2а – забивний пустотілий блок з площею підшви 1,3 м²;

б – те ж, обладнанням з енергією удару, кДж: 1 – 80; 2 – 100, 3 – 120, 4 – 140;

Рис. 2.1. Діаграми забивання палів і збірних залізобетонних пустотілих блоків дизель-молотом у м. Кременчуці (1, 1а) та м. Миколаєві (2, 2а)

2.2. Утворення зон ущільнення ґрунту довкола блоків фундаменту

Для співставлення несучої спроможності запропонованих технічних рішень фундаментів з метою прийняття рішення щодо корегування напрямку досліджень скористаємося інформацією щодо результатів щільності глинистих ґрунтів довкола фундаменту (рис. 2.2).



а – 0,2 м²; б – 0,36 м²; в – 1 м² (лесовидні макропористі суглинки, м. Біла Церква); г – 1 м² (тверді супіщані ґрунти, м. Київ)
 Рис. 2.2. Зона ущільнення ґрунту довкола блоку фундаменту

При проведенні експериментальних досліджень доцільно звернути увагу на один з основних параметрів ґрунту – його вологість, оскільки саме він забезпечує стабільність ущільненого ґрунту.

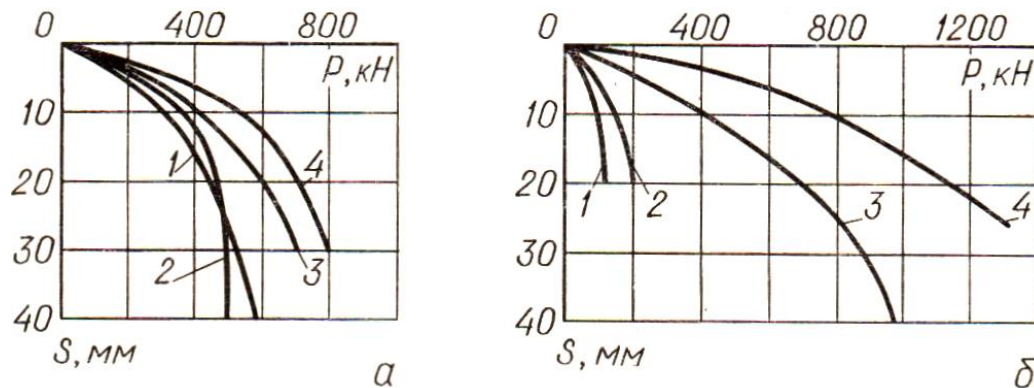
2.3. Визначення несучої спроможності блочних фундаментів

Несуча спроможність ґрунту визначається відсутністю його просідання фундаменту, влаштованому у ньому, більше за припустиме значення, при навантаженні до максимального розрахункового значення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Припустимо просідання ґрунту залежить від категорії ґрунту, його вологості, міцності та гранулометричного складу, а також залежить від виду збудованої на задаому фундаменті споруди.

Для лесоподібних суглинків за I типом ґрунтових умов результати представлені на рисунку 2.3.



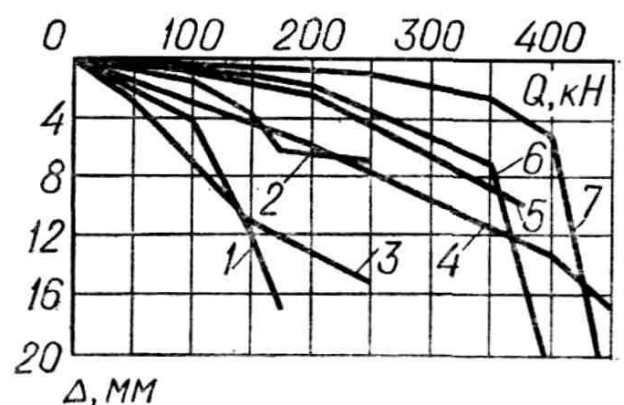
а – в лесовидних ґрунтах з I типом ґрунтових умов по просадці: 1 – з забивного пустотілого блока з відкритим отвором ($F_{сп4} = 1,0 \text{ м}^2$; $h_4 = 1,2 \text{ м}$); 2, 4 – з суцільних забивних блоків ($F_1 = 0,36 \text{ м}^2$; $F_{сп2} = 1,0 \text{ м}^2$; $h_{1,2} = 2 \text{ м}$); 3 – з забивного пустотілого блока з закритим отвором ($F_3 = 1,2 \text{ м}^2$; $h_3 = 1,3 \text{ м}$); б – в непросадкових глинистих ґрунтах: 1, 2 – з пірамідальних забивних блоків розширених донизу ($F_{1,2} = 0,2 \text{ м}^2$; $h_{1,2} = 2,0 \text{ м}$ відповідно в туго пластичних і напівтвердих суглинках); 3, 4 – з забивних пірамідальних блоків, розширених догори ($F_{сп3,4} = 1,0 \text{ м}^2$; $h_{3,4} = 2,0 \text{ м}$) відповідно в пластичних і твердих су піщаниках;

Рис. 2.3. Залежність просідання фундаментів від вертикального навантаження

Для порівняння скористаємося також відомою залежністю (рис. 2.4).

1, 4, 5 – блоки з набивною палею в пробитій свердловині; б при P рівному відповідно 0; 450, 900 кН; 2 – блок, посилений палею, при $P \leq 250$ кН; 3 – блок при $P \leq 250$ кН; 6 – блок з розкритими гранями на 5° і 37° при P 230 кН і 450 кН;

Рис. 2.4. Залежність горизонтальних переміщень блочних фундаментів блоків від горизонтального навантаження в лесовидних суглинках з I типом ґрунтових умов



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Підчас проведення досліджень слід також враховувати можливість горизонтального зсуву фундаменту з блоків внаслідок несиметричного розподілу навантажень на нього та нерівномірності щільності ґрунту і його неоднорідності в силу природно-кліматичних умов. Це дасть змогу створити функціональний фундамент, здатний витримувати виробничі навантаження і створювати умови стабільності створеної споруди.

2.4. Висновки за розділом

Доцільність розробки нових технічних рішень БУРО для утворення ТПГ під короткі фундаменти слід підкріплювати порівнянням отриманих результатів з відомими результатами досліджень, які ні в кого не викликають сумніву, тобто з такими даними, які багатократно перевірені, уточнені і рекомендовані до широкого застосування у будівництві.

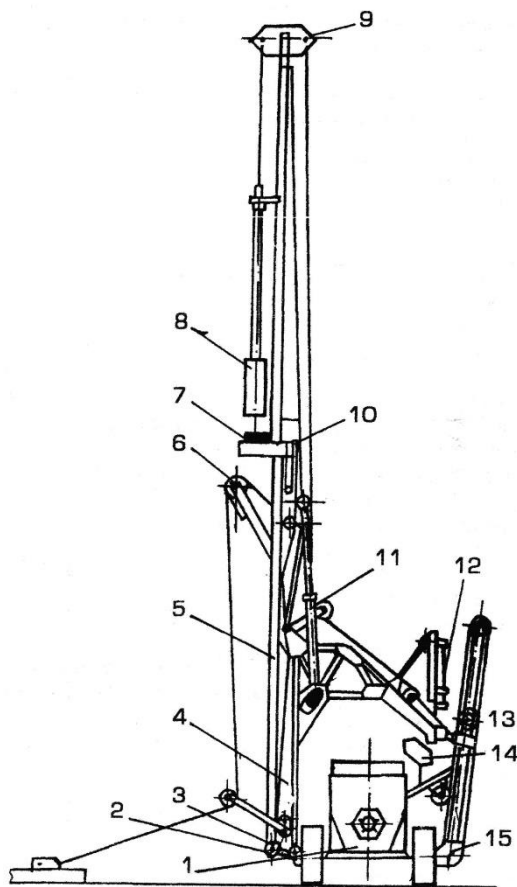
Матеріали, наведені у даному розділі доцільні для співставлення отриманих результатів і корегування спрямування дослідження для досягнення поставленої мети. З точки зору практичного застосування кожен результат, отриманий в роботі (позитивний чи негативний) має корисне значення, оскільки завжди можна зробити роботу над помилками і уточнити попередньо прийняті рішення.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

3. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ БЛОЧНИХ І ТРАДИЦІЙНИХ ФУНДАМЕНТІВ

3.1. Палезабивні машини і обладнання

Для занурення у ґрунт традиційних паль, паль-оболонок, фундаментних блоків різних типів застосовують цілий ряд спеціалізованих машин і обладнання, серед яких основними машинами є копри (рис. 3.1).



1 – трактор; 2 – об'ємна частина стріли; 3 – відвідний блок; 4 – націпна рама; 5, 6 – напрямна та висувна стріла; 7 – наголовник; 8 – молот; 9, 10 - оголовок та вузол з'єднання ланок стріли; 11 – гідроциліндр щогли; 12 – основа стріли; 13 – гідроциліндри підйому молота і палі; 14 – гідророзподільник; 15 – кронштейн;

Рис. 3.1. Копер С-878 на базі гусеничного трактора

Копри і копрове устаткування багатофункціональні, призначені для виконання усього спектру робіт технологічному процесі влаштування фундаментів. Вони працюють у комплексі з іншими будівельними машинами і мають широкий діапазон технологічних можливостей (рис. 3.2, рис. 3.3).

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Таблиця 3.1

Технічна характеристика копрів на базі тракторів

Показник	СП-67	С-714	СП-49К	СП-28А
Мінімальна довжина завантаженої палі, м	10	8	12	8
Вантажопідйомність, т	8,5	7	11	8
в тому числі на канаті підйому палі	4	3	5	2
Найбільший нахил напрямної стріли, град:				
вперед	10	15	10	5
назад	18	18	18	5
вліво-вправо	7	7	7	5
Зміна висоти стріли, м	0,4	0,4	0,4	0,4
Маса копрової установки, т	19,1	17,8	23,8	14,0

Таблиця 3.2

Технічна характеристика копрів на базі екскаваторів

Показники	СП-860	С-50	СП-51	КН-12
Максимальна довжина палі, м	8	12	16	12
Вантажопідйомність, т	10	10	15	14
Найбільший нахил напрямної стріли, град:				
вперед	7	7	7	6
назад	15	18,5	18,5	15
вліво-вправо	5	5	1,5	5
Зміна вильоту стріли, м	0,0,7	1,05	1,2	1,05
Базова машина	Е-652	Е-10011	ЕО-6113	Е-10011

Крім копрів та копрового устаткування для занурення залізобетонних фундаментів у ґрунт застосовують і інші машини, наприклад, статичної дії або загвинчувальної дії.

Основним робочим органом копрового обладнання, залежно від умов виконання робіт, може бути: дизельмолот (трубчастий чи штанговий), гідромолот, вібрмолот, віброзанурювач. На ранній стадії розвитку цих машин активно застосовувалися пароповтряні і механічні молоти

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.2. Висновки за розділом

Конструктивні і технічні рішення машин для заглиблення у ґрунт елементів залізобетонних фундаментів найрізноманітніші і дають уяву про принципову схему виконання подібних задач.

З точки зору технології виконання робіт ці машини багатофункціональні. Їх основною характеристикою можна назвати спроможність виконати поставлену задачу, а конструктивне рішення робочого обладнання визначає раціональну область застосування у будівництві.

Більшість існуючих машин вузькоспеціалізовані, але існують варіанти універсальних машин для виконання невеликих обсягів різнорідних робіт.

З точки зору шасі, на базі яких вони створені слід зазначити, що гусеничні машини застосовуються переважно за умови нечастих перебазувань на будівельних майданчиках зі значними обсягами робіт, а колісні – більш маневрені.

З точки зору стійкості гусеничні машини не потребують додаткових виносних опор, на відміну від колісних, де потрібно ровантажити ходову частину від впливу на неї виробничих навантажень від занурення у ґрунт фундаментів.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

4. ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОРОЖНИН У ГРУНТІ ПІД БЛОЧНІ ФУНДАМЕНТИ

4.1. Доцільність застосування блочних фундаментів

На сьогоднішній день застосування блочних фундаментів беззаперечно актуальне, оскільки воно є менш енергомістким і може широко застосовуватися для відновлення зруйнованої інфраструктури країни з мінімальною вартістю виконання робіт. Традиційна технологічна послідовність виконання робіт може виконуватися за однією зі схем (рис. 4.1, рис. 4.2).

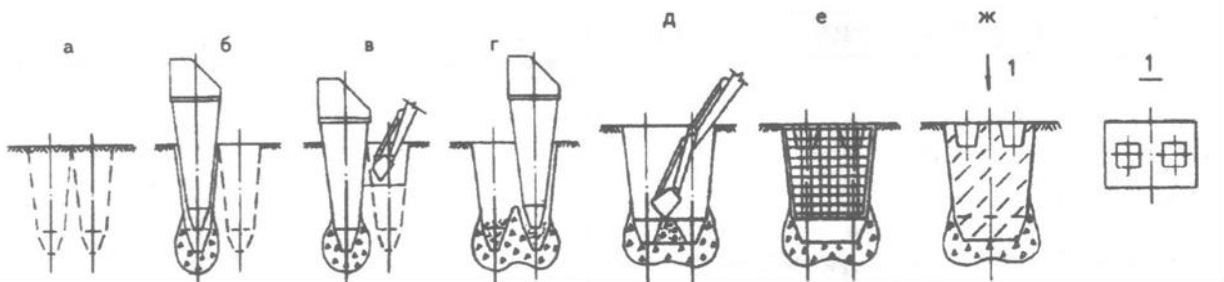


Рис. 4.1. I технологічна схема влаштування спарених подвійних фундаментів у витрамбовуваних котлованах

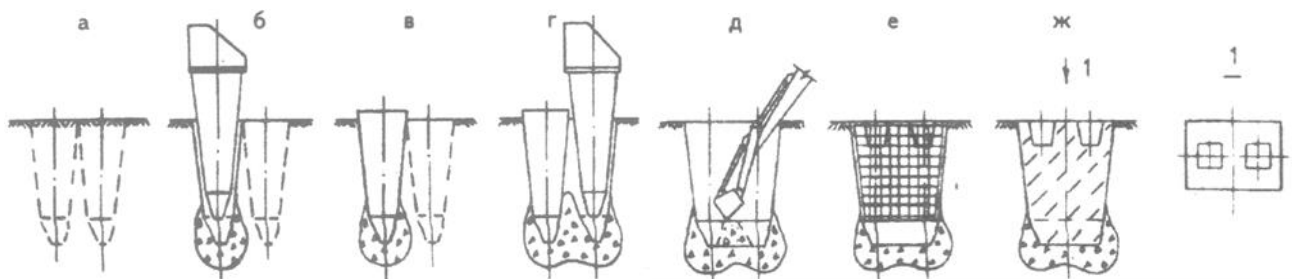


Рис. 4.2. II технологічна схема влаштування спарених подвійних фундаментів у витрамбовуваних котлованах з використанням пустотілого металевого шаблону

Перша (I) технологічна схема полягає в частковій виїмці ґрунту після втрамбовування першого котловану з наступним втрамбовуванням другого котловану (рис. 4.1); друга (II) - передбачає застосування пустотілого металевого шаблону тієї ж форми й розмірів, що й трамбівка (рис. 4.2).

Кожна із відомих схем має свої переваги і недоліки, оцінивши які на сьогодні застосовується переважно схема II (рис. 4.2).

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

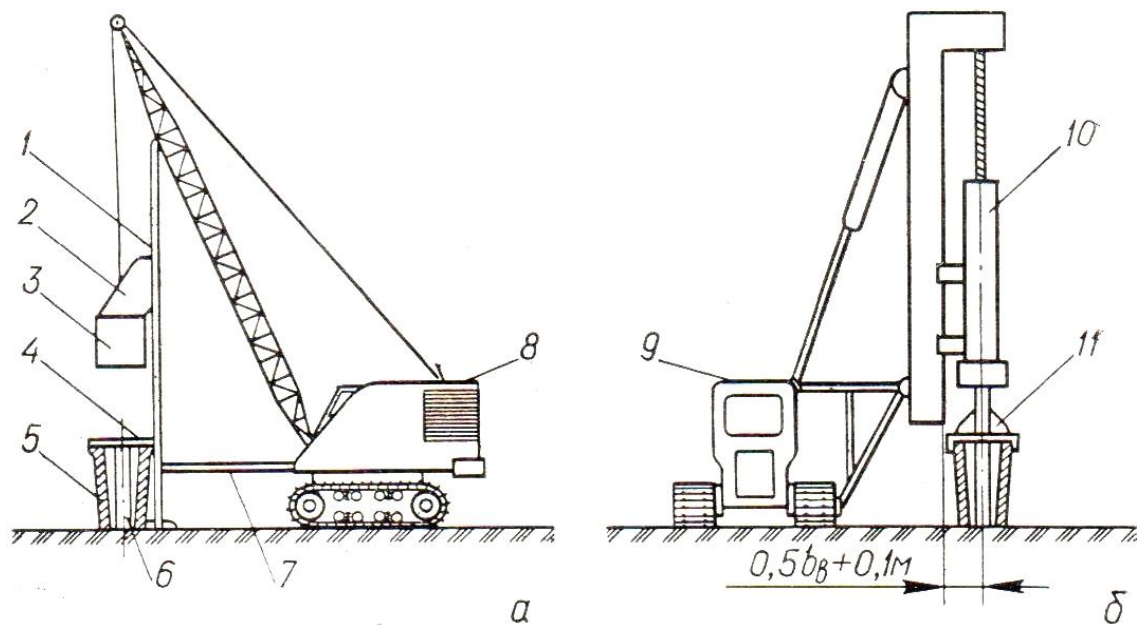
4.2. Технологія виробництва залізобетонних блоків

Виготовлення залізобетонних блоків у заводських умовах потребує арматурного металевих каркасу, встановленого у певну форму з попереднім напруженням розтягуванням чи без нього, бетонного розчину на основі цементу марки 400 чи 500, додаткового застосування віброущільнювальних машин і пристроїв, а також, що суттєво, - транспортних і перевантажувальних засобів для доставки блоків на місце будівництва.

У випадку влаштування буронабивних фундаментів усі роботи виконуються на місці, що економить кошти на доставку блоків на будівельний майданчик і їх перевантаження з використанням вантажопідійомних машин і пристроїв.

4.3. Обладнання для занурення у ґрунт блоків фундаментів

Відомі технічні машини на базі однокішшевих екскаваторів для занурення фундаментів з блоків у ґрунт ударної дії засновані на використанні енергії багаторазового падіння важких робочих органів, форма яких відповідає формі фундаментного блока, (рис. 4.3).

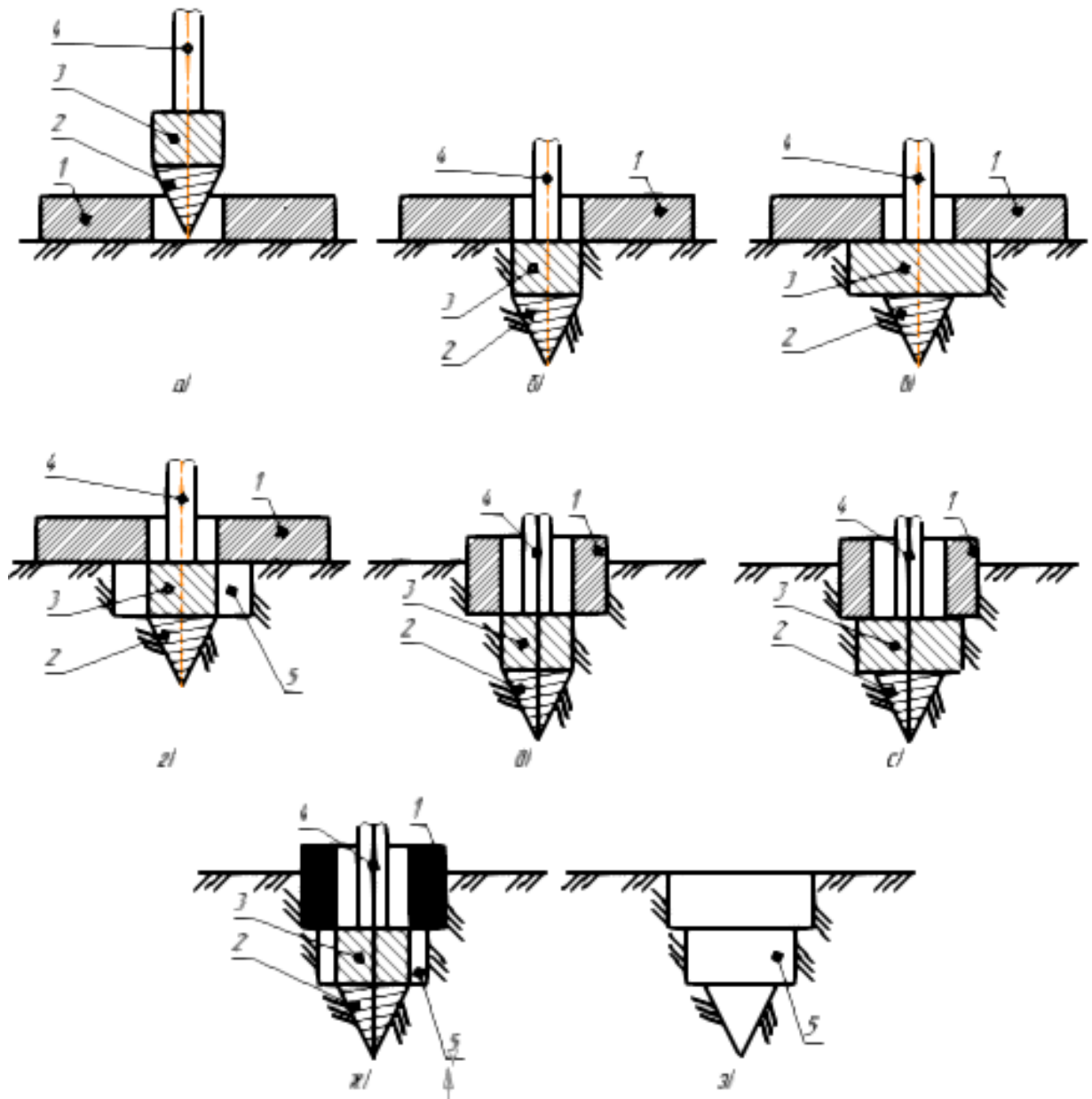


а – начіпне на крані-екскаватора із вільно падаючим вантажем; б – палезабивне обладнання (дизель-молот): 1 – напрямна стійка; 2 – каретка; 3 – падаючий вантаж; 4 – оголовок; 5 – забивний блок; 6 – запираючий сердечник; 7 – розпірна штанга; 8 – кран-екскаватор; 9 – трактор; 10 – дизель-молот; 11 – оголовок-перехідник;

Рис. 4.3. Обладнання для забивки збірних залізобетонних блоків

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

використанні привантажувальних плит (рис. 4.5, позиція 1 і 6) порядок виконання робіт може бути наступним:



1 - привантажувальна плита; 2 - конусний лідер; 3 - частина робочого органа змінним об'ємом;
4 - система співвісних валів; 5- уступ ТПГ; 6- додатковий привантажувач;

Рис. 4.5. Схеми робочого органа при утворенні ТПГ уступами зверху вниз і знизу догори під короткі фундаменти

а) початкова схема роботи розширювача ТПГ - встановлення привантажувальних плит 1 і розширювача для ТПГ у вихідне положення;

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

б) силове переміщення розширювача вниз на задану глибину з використанням лідера, який попередньо утворює ТПГ за рахунок конусної частини, ущільнюючи ґрунт в бічні сторони;

в) збільшення об'єму основної частини (3) розширювача шляхом використання вантажної системи яка має привід співвісні валів (4);

г) повернення основної частини розширювача (3) у вихідне положення;

д) повторне силове переміщення розширювача вниз на задану глибину;

є) збільшення об'єму основної частини (3) розширювача з утворенням уступа відносно попереднього збільшення даного об'єму;

ж) повернення розширювача у вихідне положення відносно пункту є);

з) переміщення розширювача вгору і видалення додаткового привантаження тобто утворення ТПГ.

Також розглянемо схеми виконання ТПГ для призматичних форм, для занурення фундаментів-оболонок у ґрунт. Для з'ясування якісних закономірностей і фізичної суті процесу занурення оболонок використовується розширювач, який може працювати за різними технологічними схемами. Наприклад, на рис.4.6. представлена технологічна схема з п'ятьма етапами: 1) – вихідне положення розширювача і встановлення привантажувальних плит; 2) – занурення розширювача в ґрунт; 3) – збільшення об'єму розширювача; 4) – повернення розширювача у вихідне положення та видалення з ТПГ.

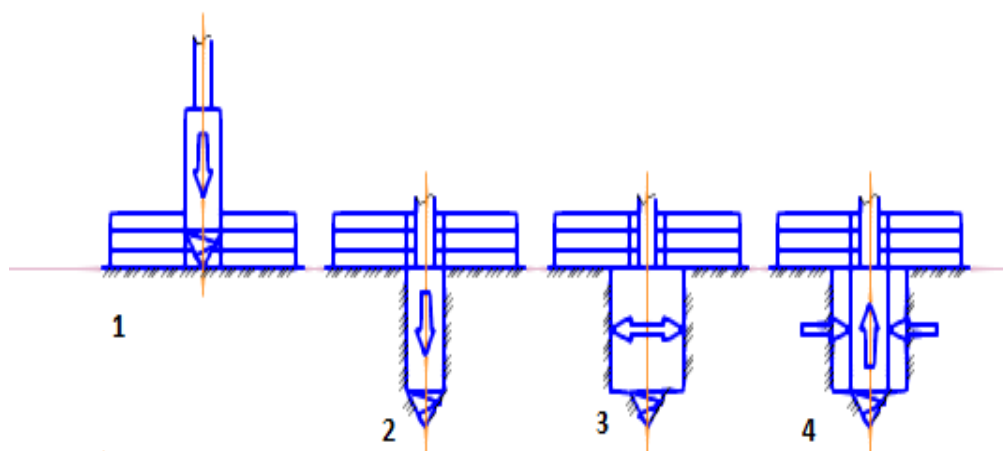


Рис. 4.6. Послідовність утворення ТПГ без уступів

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На рисунку 4.7 представлена технологічна схема з дев'ятьма етапами: 5) – утворена ТПГ; 6) – встановлення розширювача в утворену ТПГ; 7) – переміщення розширювача вгору на один уступ; 8) – збільшення діаметра розширювача до величини, більшої за попередній; 9) – зменшення діаметру розширювача до мінімальної величини; 10) – видалення розширювача з ТПГ; 11) – встановлення розширювача на половину висоти верхнього уступу; 12) – збільшення діаметра розширювача з утворенням уступу; 13) – зменшення діаметра розширювача до мінімального розміру.

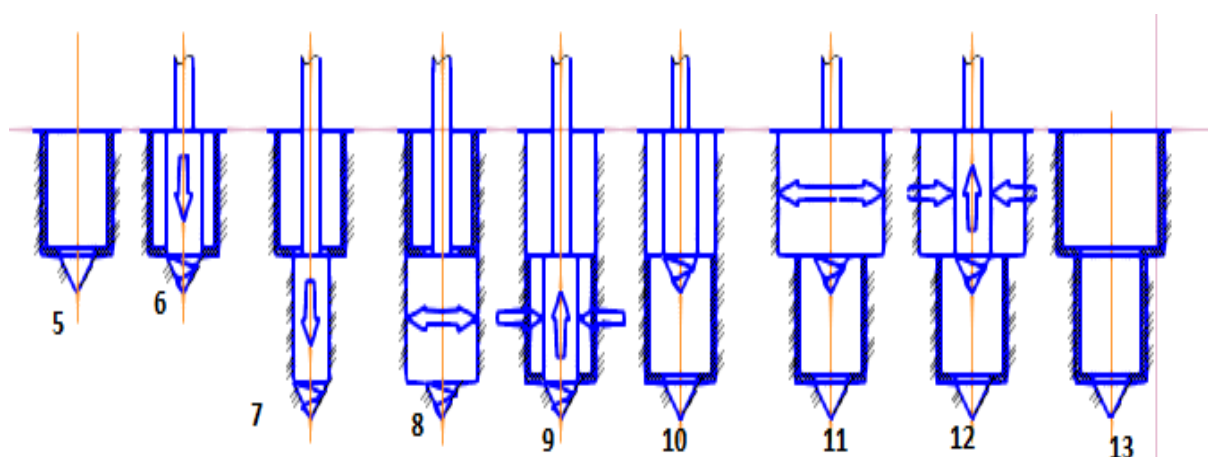


Рис. 4.7. Послідовність утворення ТПГ з одним уступом

На рисунку 4.8 показано послідовність утворення ТПГ без уступів, яку можна використати для утворення ТПГ з одним чи двома уступами. При цьому РО розширювача здійснює такі переміщення: 7) – силове занурення розширювача на повну його висоту при початковому діаметрі; 18) – збільшення діаметра розширювача до величини діаметра попереднього уступу; 19) – зменшення діаметра розширювача до початкового мінімального розміру з автоматичним опусканням вниз обсадних кілець; 20) – повторне силове занурення розширювача на повну його висоту; 21) – збільшення діаметра розширювача до величини діаметра попереднього уступу; 22) – зменшення діаметра розширювача до початкового мінімального розміру з автоматичним опусканням вниз обсадних кілець; 23) – видалення розширювача з ТПГ та заміна нормального РО на подовжений; 24) – встановлення розширювача на всю його висоту в ТПГ.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

На рис. 4.10. представлено послідовність утворення ТПГ з трьома уступами з використанням розширювача нормальної довжини. Послідовність його переміщень наступна: 32) – встановлення в утворений уступ обсадних кілець і остаточна утворена ТПГ; 33) – РО з заміненого на нормальний і встановлений на всю висоту в ТПГ; 34) – збільшення діаметра розширювача з утворенням уступа; 35) – зменшення діаметра розширювача до мінімального і видалення його з ТПГ.

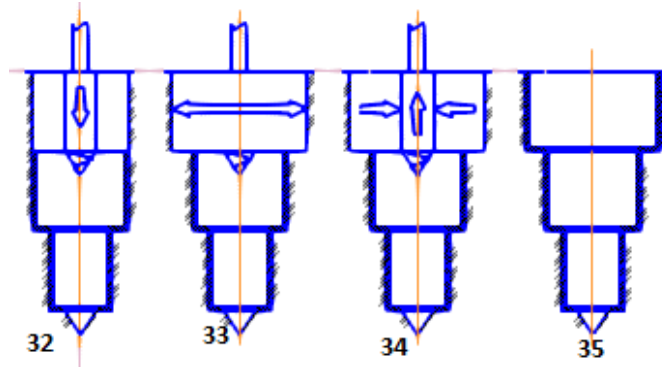


Рис. 4.10. Послідовність утворення ТПГ з трьома уступами з використанням розширювача нормальної довжини

Розробка структурних схем перспективних робочих органів для утворення ТПГ передбачає схематичне пояснення, конструктивних рішень з метою технологічних пропозицій їх використання, а саме: покрокового зображення положень складових частин РО для ТПГ протягом повного циклу їх застосування.

Для досліджень вибрані декілька варіантів РО: конічний, циліндричний, багатогранний(квадратний, трикутний чи прямокутний), які передбачають два варіанти приводів: механічний і гідравлічний.

На рисунках 4.11 та 4.13 зображено схеми розкриття розпірних плит для ущільнення ґрунту, що створює замкнений контур, дозволяє виключити потрапляння ґрунту до середини розширювача. Метою запропонованих схем є підвищити ефективність ущільнення ґрунту забезпечення збільшення опор на ґрунт. На схемах передбачений розподіл розмірів конічної і циліндричної чи багатогранної поверхонь, з врахуванням співвідношень між їх довжинами по висоті, які можуть бути 1:3, 1:4, 1:2, 1:1. У даній роботі таке співвідношення складає 1:2.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

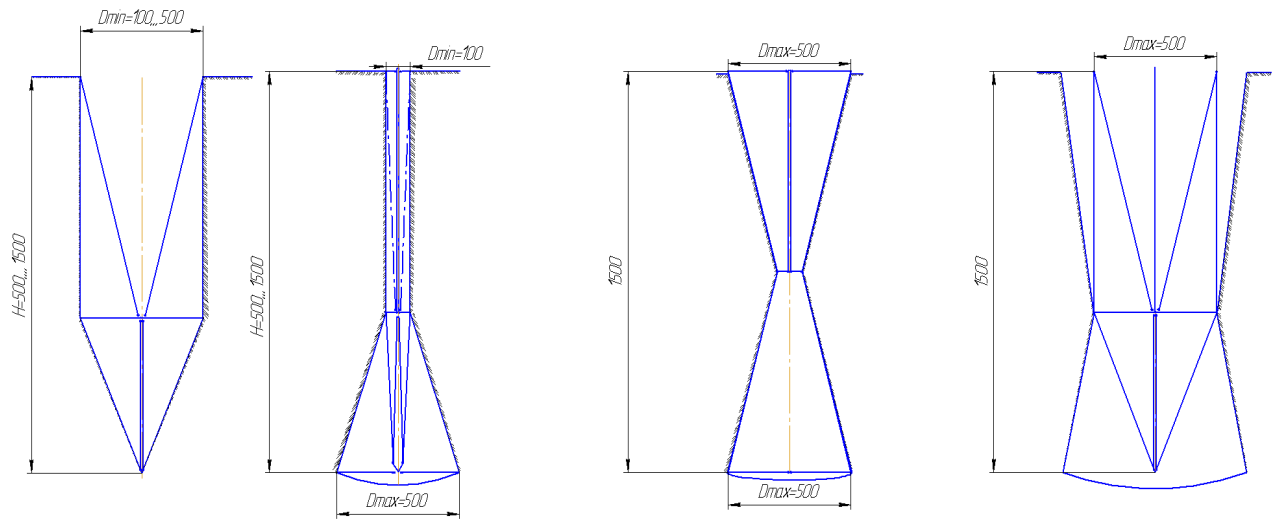


Рис. 4.11. Схеми розширювачів для утворення ТПГ

Важільний вібророзширювач стінок технологічних порожнин (рис. 4.12) представляє собою базову машину 1 із стрілою 2, уздовж якої пересувається віброущільнююче обладнання за допомогою канатно-блокового приводу 3 двосторонньої дії.

Вібророзширювач обладнання складається з вібросистеми 4, шарнірно з'єднаної з механізмом утворення і розширення технологічних порожнин, у склад якого входить електро- чи гідромотор 5, з'єднаний з багатоступеневим редуктором 6 з трьома вихідними співвісно розміщеними валами, з'єднаними за допомогою муфти 10 з відповідними співвісними валами 11, 12 і 13 приводу робочого органа. Вал 11 є центральним. Його нижній край має змінний оголовок 14, який, в залежності від технологічних умов, може бути напрямним елементом РО, що рухається по технологічній порожнині, чи ущільнюючим елементом РО, виконуючим початкову технологічну порожнину наприклад, прокол ґрунту. Зовні вала 11 співвісно до нього встановлені пустотілі вали 12 і 13 з ходовою різьбою на їх відповідних зовнішніх поверхнях. Кожен з валів 12 і 13 з'єднаний з відповідною ходовою гайкою 15 і 16 кутового нахилу відповідно нижніх 17 і верхніх 20 розпірних плит, з якими вони шарнірно з'єднані відповідними тягами 18 і 21.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

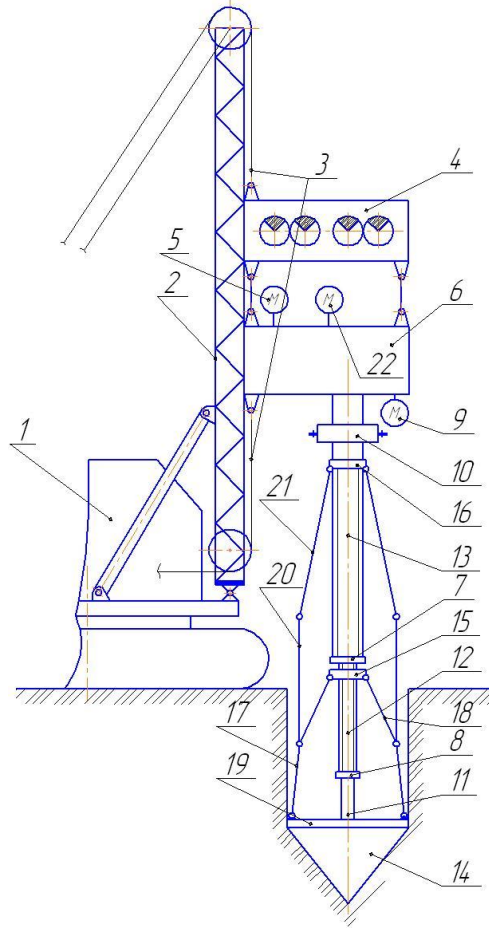


Рис. 4.12 Машина для утворення ГПП

На рисунку 4.13 зображено схему робочих положень важільного віброущільнювача стінок технологічних порожнин. Верхня 16 і нижня 15 ходові гайки мають відповідні обмежувачі 7 і 8 їх переміщення. Нижній край тяг 21 шарнірно з'єднаний з верхнім краєм верхніх розпирних плит 20, а нижній край тяг 18 шарнірно з'єднаний з шарніром з'єднання верхніх 20 і нижніх 17 розпирних плит. При цьому розпирні плити 17 шарнірно з'єднані з опорним фланцем 19 змінного оголовка 14.

До багатоступеневого редуктора 6 крім електро – чи гідромотора 5 може бути приєднаний додатковий електро – чи гідромотор 22, з'єднаний з його проміжним валом, та електро- чи гідромотор 9, з'єднаний з його зовнішнім вихідним валом 13.

У багатоступеневому редукторі 6 передбачено незалежне від'єднання валі 11, 12 і 13 від силового потоку.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

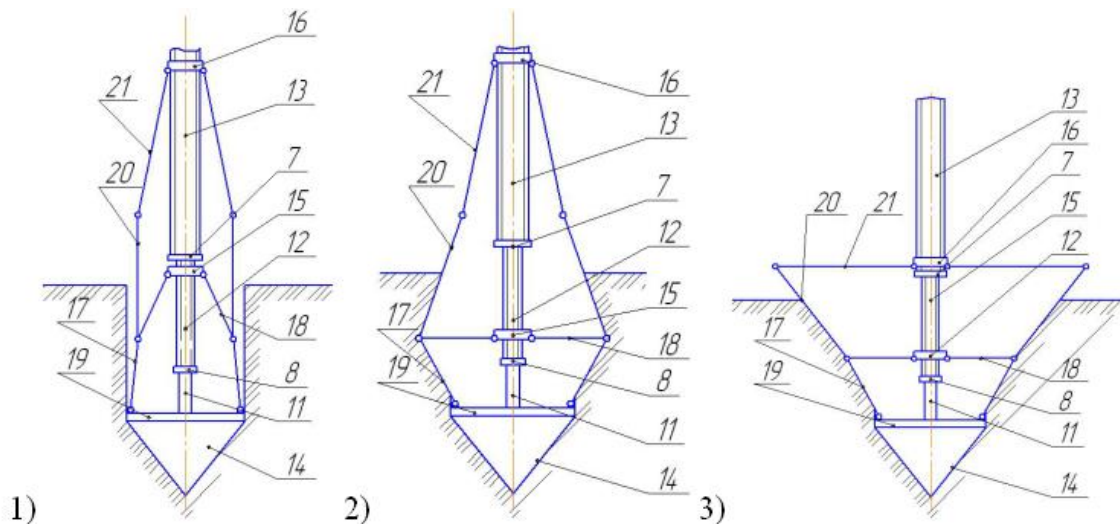


Рис. 4.13. Схеми 1, 2, 3 робочих положень важільного розширювача віброущільнювача стінок технологічних порожнин

Важільний вібророзширювач працює наступним чином. При початковому утворенні технологічної порожнини проколом ґрунт ущільнюється змінним оголовком 14 центрального вала 11, який здійснює подовжній, і, при необхідності, обертальний рух, опираючись на опорний фланець 19. При цьому верхні 21 і нижні 18 тяги знаходяться у вихідному положенні, тобто ходові гайки 15 і 16 знаходяться у верхньому крайньому положенні, а верхні 17 і нижні 20 розпірні плити розташовуються вертикально. Після відповідного лідерного проходу оголовка 14 його рух припиняється, а послідовне увімкнення в роботу нижніх 17 і верхніх 20 розпірних плит з відповідними тягами 18 і 21 та гайками 15 і 16 шляхом з'єднання валів 12 і 13 із силовим потоком та відповідного переміщення ходових гайок 15 і 16 униз до необхідного положення забезпечує заданий профіль розширення технологічних порожнин та ущільнення ґрунту. При наявності початкової технологічної порожнини на торець центрального вала 11 встановлюється змінний оголовок 14, що відповідає профілю ТПГ і виконуються операції, пов'язані з роботою нижніх 17 і верхніх 20 розпірних плит, внаслідок яких відбувається розширення свердловини ущільненням ґрунту в її бічні сторони.

Вібраційна система 4 застосовується за необхідністю на кожному з етапів утворення свердловини. Інтенсивність її роботи збільшується по мірі ущільнення ґрунту як по глибині технологічної порожнини, так і по її діаметру.

В процесі роботи по мірі заглиблення РО в ґрунт він переміщається разом з багатоступеневим редуктором 6 та вібрисистемою 4 уздовж стріли 2 за допомогою поліспасти 3.

Машина для утворення ТПГ (рис. 4.14) представляє собою гусеничне шасі одноківшевого екскаватора з встановленим на ньому робочим обладнанням для вертикального силового переміщення РО, для утворення ТПГ.

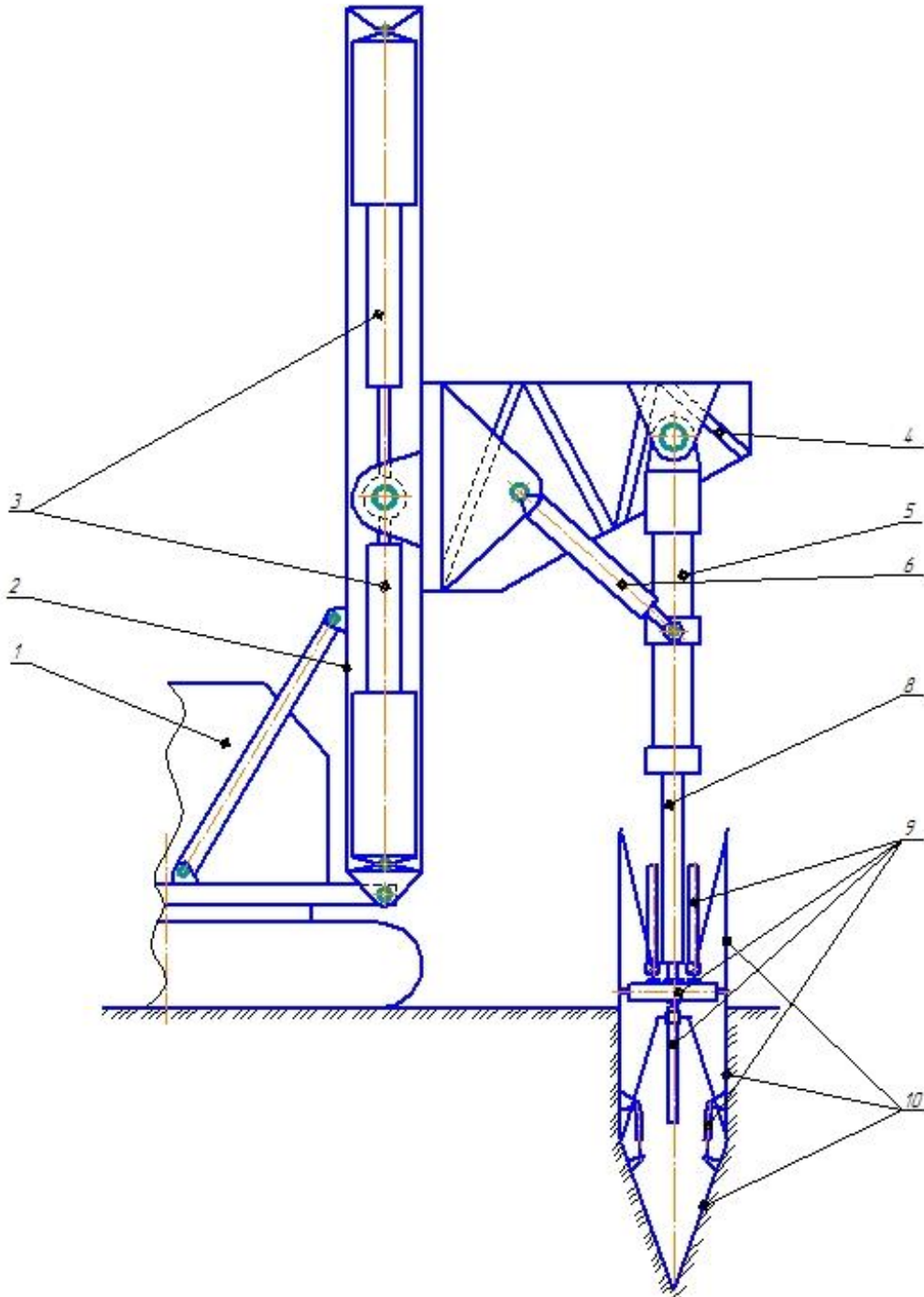


Рис. 4.14. Статичний гідравлічний ущільнювач стінок ТПГ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПТ.630000.306.КРПЗ

Арк.

32

Конструктивно машина включає: 1 – базову машину, 2 – щоглу, 3 – гідроциліндр телескопічний, 4 – консоль, 5 – основний силовий циліндр для РО, 6 – допоміжний силовий циліндр для нахилу розширювача, 8 – шток силового циліндра, 9 – допоміжні силові циліндри в середині розширювача, 10 – розпірні плити, які можуть працювати від дії гідроциліндрів або важільного механічного приводу окремо, або сумісно за рахунок редуктора зі співвісними вихідними валами.

Методика формування РО розширювачів машин для утворення статичним ущільненням ТПГ (рис. 4.15) представляє собою: 1 – замкнений силовий контур, утворений розпірними плитами 2, приєднаними одна до одної шарнірами 5 в перетинах поверхонь, висувними частинами 4 з опорними роликками, послідовно з'єднаних у напрямних гідроциліндрами 3.

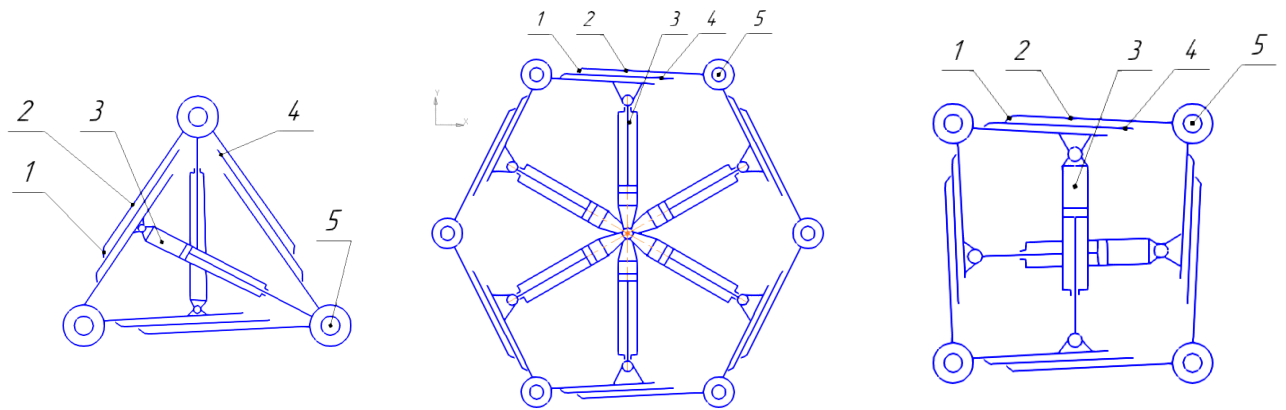


Рис. 4.15. РО для статичного утворення ущільненням технологічних порожнин у ґрунті тригранної, шестигранної чи чотиригранної форми периметра

4.5. Висновки за розділом

На основі всебічного огляду і аналізу відомих технічних рішень машин і устаткування для занурення у ґрунт елементів фундаментів у роботі запропоновані нові технічне рішення робочого обладнання для даного процесу, засновані на тому, що під буронабивний фундамент попередньо у ґрунті виконується технологічна порожнина без виїмки ґрунту, а шляхом його ущільнення статичним способом і використання у ролі додаткового чинника підвищення несучої спроможності фундаменту. При цьому силовий контур робочого обладнання замнений на ґрунт, що дозволяє створювати у ньому значні силові навантаження, які не залежать від маси машини, а тільки від її потужності.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5. ПРОПОЗИЦІЇ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ТПГ

5.1. Встановлення основних параметрів РО для влаштування ТПГ

Мета досліджень - з'ясування фізичної сутності процесу заглиблення РО прямокутної, конусної, квадратної, та круглої форми в ґрунт різними способами, а також розробка методики визначення опору ґрунту при заглибленні РО в умовах лабораторії. Для досягнення поставленої мети досліджень вирішені наступні задачі: встановлені умови фізичного моделювання, використаний стенд і моделі робочого устаткування для дослідження процесу заглиблення РО в ґрунт в умовах лабораторії; встановлена аналітична залежність опору ґрунту від глибини заглиблення для моделей РО різного масштабу. Однією з проміжних цілей роботи є вибір кращого варіанту для подальшого дослідження. В результаті для досліджень прийняті декілька варіантів РО: конічний, циліндричний, багатогранний (квадратний, трикутний чи прямокутний), передбачено два варіанти приводів: механічний і гідравлічний. На схемах передбачений розподіл розмірів конічної і циліндричної чи багатогранної поверхонь, з врахуванням співвідношень між їх довжинами по висоті, які можуть бути 1:3, 1:4, 1:2, 1:1. У даній роботі таке співвідношення складає 1:2.

При геометричних розрахунках використані параметри самої моделі без зовнішніх впливів та деформацій робочого обладнання. Оскільки роботи проводяться з ґрунтом, то $[\sigma]=1,5$ МПа, вихідними даними будуть: діаметр ТПГ $d=100\dots 500$ мм, глибина ТПГ $H=500\dots 1500$ мм.

Для цього виконані наступні геометричні та силові розрахунки.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

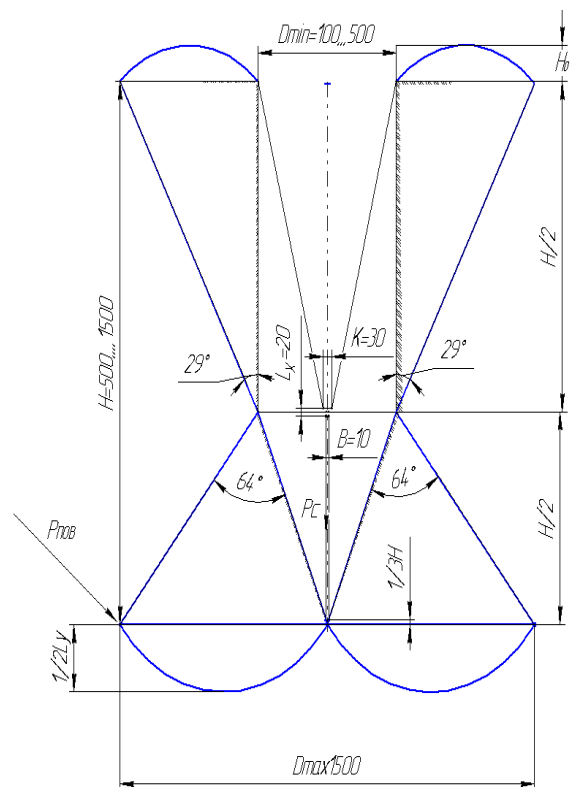
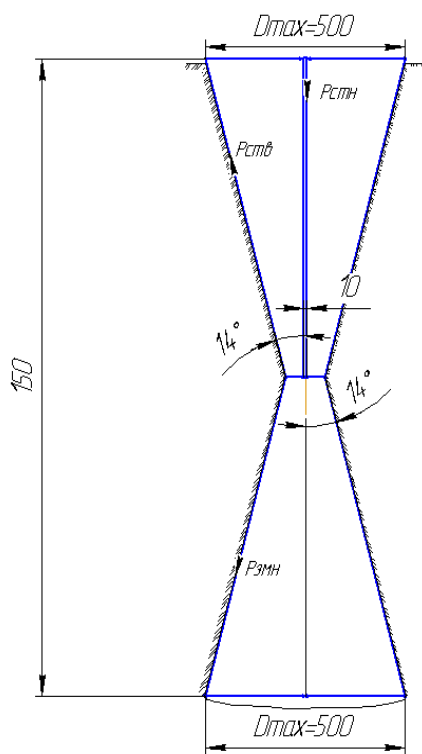
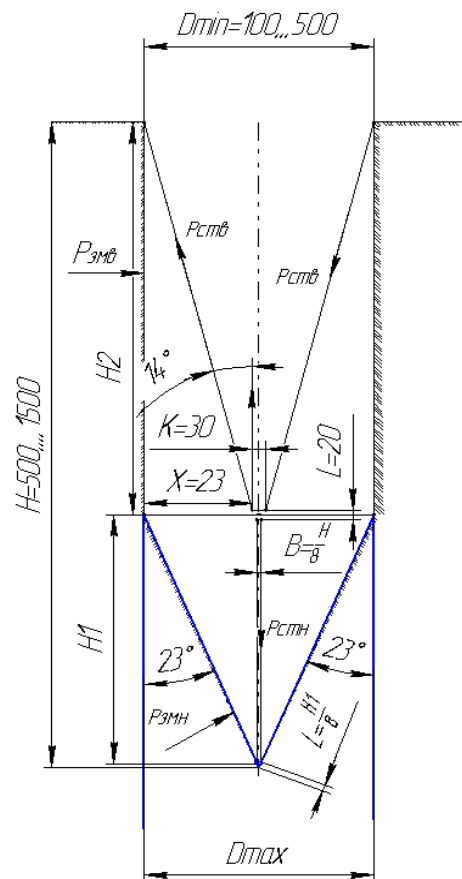
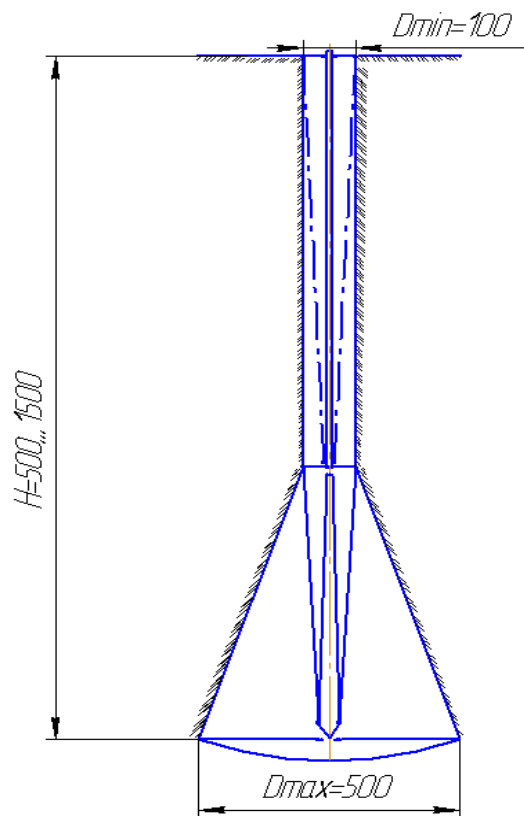


Рис. 5.1. Схеми РО розширювачів БУРО для утворення ТПГ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок для (2) технологічної схеми конусної форми:

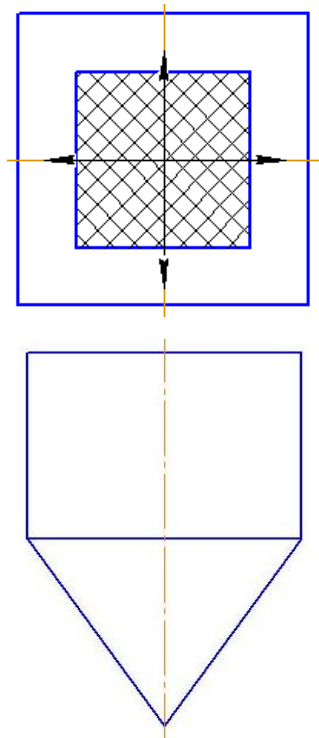
$$P_{OC} = [\sigma] \cdot A_{ДЕФ} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,0}{4} = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 30}{4} = 35325H = 35,3 \text{ кН};$$

$$P_{OC} = [\sigma] \cdot A_{ДЕФ} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,06}{4} = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 60}{4} = 70650H = 70,6 \text{ кН};$$

$$P_{OC} = [\sigma] \cdot A_{ДЕФ} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,09}{4} = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 90}{4} = 105975H = 105 \text{ кН};$$

$$P_{OC} = [\sigma] \cdot A_{ДЕФ} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,12}{4} = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 120}{4} = 141300H = 141,3 \text{ кН};$$

$$P_{OC} = [\sigma] \cdot A_{ДЕФ} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,15}{4} = 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 150}{4} = 176625H = 176,6 \text{ кН}.$$



Розрахунок технологічної схеми квадратної форми

$$d = 100 \dots 500 \text{ мм} = 0,1 \dots 0,5 \text{ м}; P_{OC} = [\sigma] \times A_{деф};$$

$$[\sigma] = 1,5 \text{ МПа}; A_{деф} = 0,1 \dots 0,5 \text{ м};$$

$$1,5 \times 10^6 \times 0,01^2 = 150H = 1,5 \text{ кН};$$

$$1,5 \times 10^6 \times 0,02^2 = 600H = 6 \text{ кН};$$

$$1,5 \times 10^6 \times 0,03^2 = 1350H = 13,5 \text{ кН};$$

$$1,5 \times 10^6 \times 0,04^2 = 2400H = 24 \text{ кН};$$

$$1,5 \times 10^6 \times 0,05^2 = 3750H = 37,5 \text{ кН};$$

На базі виконаних розрахунків для розкриття розширювача, можна вибрати найбільш мінімальний та максимальний опір, який буде створювати ґрунт під час його деформації. Роботи виконані з ґрунтом при $[\sigma] = 1,5 \text{ МПа}$. Такий діапазон прийнятий із запасом і збільшений у 5 разів, тож будемо враховувати, що реальний опір буде меншим у 5 разів і це цілком прийнятне для наших розширювачів.

При підрахунку розмірів окремих елементів моделей РО врахований крок їх зміни в межах діапазону між крайніми (максимальними і мінімальними) їх

значеннями. Але крім цих даних при подальших дослідженнях слід врахувати і результати розрахунку параметрів для більшої кількості ступенів.

Для дослідження занурення ступеневих фундаментів в умовах лабораторії проведені розрахунки для прямокутних, круглих, квадратних, конусних форм розширювачів; при цьому висота ТПГ складає $H=500\dots1500$, а максимальне розширення $a=500$ мм.

Визначені об'єми моделей, які зведені в табличну форму залежно від схем компоновки (таблиця 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).



Рис. 5.2. Елементи фізичної моделі РО БУРО для утворення ТПГ

На рисунку 5.2 наведена фізична модель РО БУРО, яка сконструйована в лабораторії кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство» УДУНТ та використовується у дослідженнях та випробуваннях.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

5.2. Розрахунок сил опору ґрунту заглибленню моделей БУРО для ТПГ

Для визначення опору ґрунту зануренню клина конусного типу пропонується розглянути взаємодію з ґрунтом симетричного конуса (рис. 5.3). В результаті витіснення часток ґрунту по сторонах уздовж Х-Х на базових поверхнях виникають нормальні напруження. Можна прийняти, що дотичні напруження пропорційні $\tau_{nx} = \sigma_{nx} f$. При цьому будемо вважати, що $f = const$ і рівне $tg\delta$ (δ - кут зовнішнього тертя). Результируюча напружень може бути визначена залежністю $\sqrt{\sigma_{nx}^2 + \tau_{nx}^2}$ і буде відхилена від нормалі на кут тертя клина по ґрунту. При зануренні клинів у ґрунт виконується робота по розсуванню часток у сторони (це забезпечує розкол ґрунту і його рух у сторони і розширювача). При цьому виконується тертя ґрунту по бічних поверхнях клина. Загальний опір ґрунту заглибленню РО БУРО:

$$P_B = P_C + P_T, \quad (5.1)$$

де: P_C – опір від бічних деформацій;

P_T – опір сил тертя ґрунту по поверхні клина.

На елемент dS поверхні клина діятимуть сили $\sigma_{nx} dS$, $\tau_{nx} dS$.

Відповідно

$$dP_C = \sigma_{nx} dS \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (5.2)$$

$$dP_T = \tau_{nx} dS \cos \frac{\alpha}{2} = \sigma_{nx} tg\delta dS \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (5.3)$$

Елементарний опір ґрунту заглибленню клина в ґрунт:

$$dP_B = dP_C + dP_T = \sigma_{nx} dS \sin \frac{\alpha}{2} + \sigma_{nx} tg\delta dS \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (5.4)$$

де: $dS = 2\pi r \frac{dr}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ - площа елементарної поверхні клина.

Результат розрахунку:

$$dP_B = 2\pi \left(\sigma_{nx} \sin \frac{\alpha}{2} + \sigma_{nx} tg\delta \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{r dr}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (5.5)$$

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Загальний опір заглибленню клина в ґрунт виражаємо інтегралом по всій поверхні контакту:

$$P_B = 2\pi \left[\int_0^R \sigma_{nx} r dr + \int_0^R \sigma_{nx} \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot r dr \right], \quad (5.6)$$

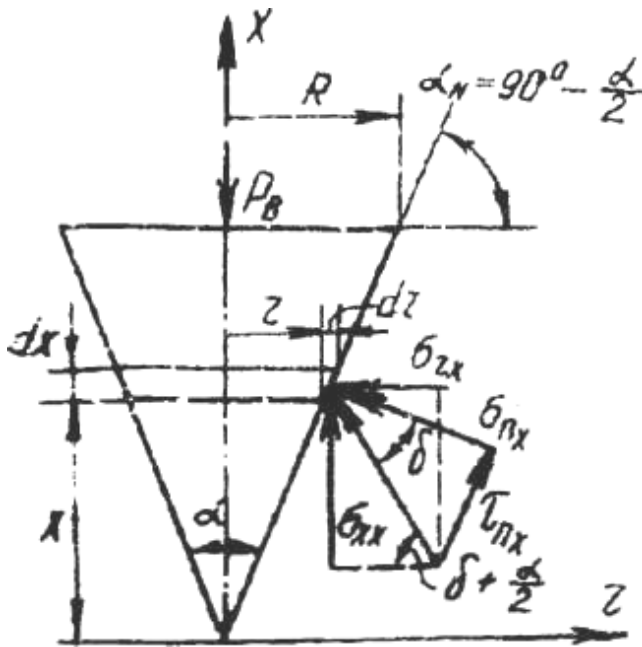


Рис. 5.3. Розрахункова схема до визначення опору зануренню в ґрунт

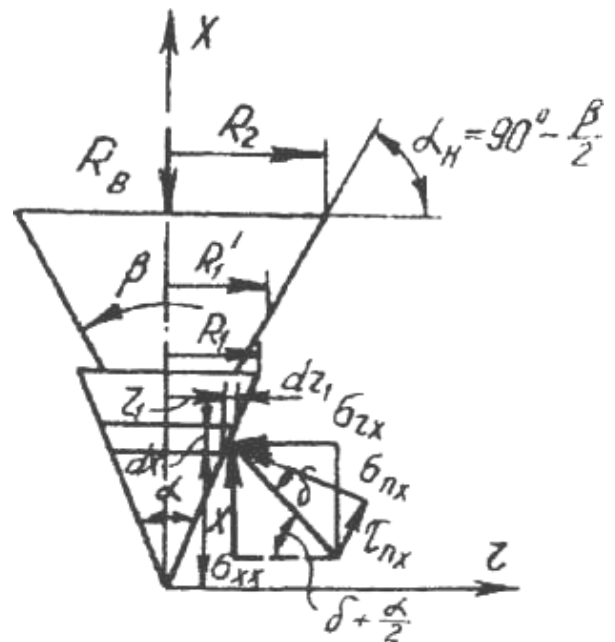


Рис. 5.4. Розрахункова схема до визначення опору зануренню у ґрунт клина з бічними уступами

Кінцеве значення P_B для одноступеневого клина:

$$P_B = \pi A_1 (\gamma x + c \cdot \operatorname{ctg} \rho) \left[R_1^2 \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) + (R_2^2 + (R_1')^2) \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \right], \quad (5.7)$$

Для двоступеневого клина по аналогії:

$$P_B = \pi A_1 (\gamma x + c \cdot \operatorname{ctg} \rho) \left[R_1^2 \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) + (R_2^2 + (R_1')^2) \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) + (R_3^2 + (R_2')^2) \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \rho}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right) \right]. \quad (5.8)$$

Значення R_1' визначаємо згідно розрахунковій схемі наступним чином:

$$R_1' = R_2 - d;$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$d = \frac{h_c - a}{\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}; \quad a = h_c k_a, \quad (5.9)$$

де: k_a – коефіцієнт, враховуючий наявність на робочих поверхнях уступів і залежний від їх кількості m і кута нахилу β .

Тоді:

$$R'_1 = R_1 - \frac{h_c}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}} + \frac{h_c k_a}{\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}. \quad (5.10)$$

Для двоступеневого клина:

$$R'_2 = R_3 - \frac{h_c(1 - k_a)}{\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}. \quad (5.11)$$

Значення коефіцієнта k_a встановлені дослідженнями при куті нахилу робочих граней клина $\beta = 40^\circ$ і зведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Значення коефіцієнта k_a залежно від числа уступів m

Число уступів, m	1	2	3	4
Значення коефіцієнта k_a	0,2..0,21	0,22..0,23	0,19..0,2	0,17..0,18

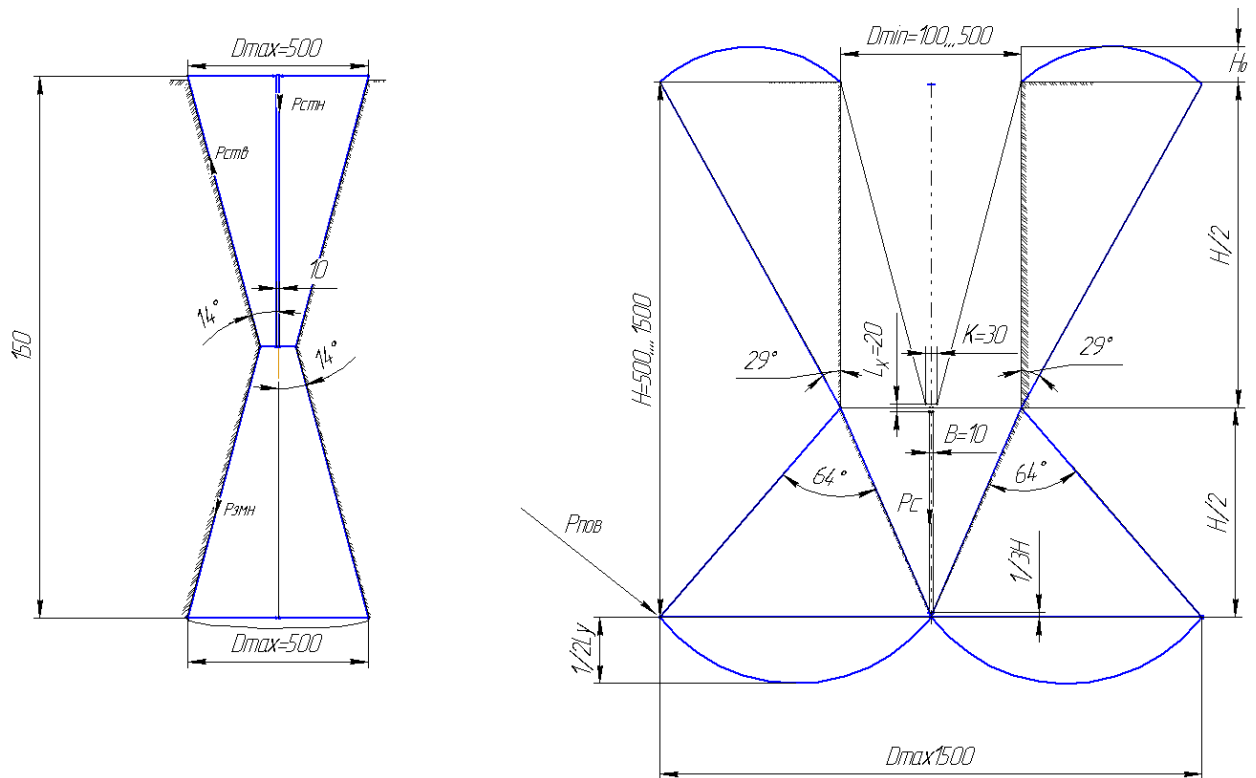
5.3. Розрахунок сил взаємодії БУРО для ТПГ з ґрунтом

Для встановлення опору взаємодії РО з ґрунтом наведені схеми (рис. 5.5).

Загальний опір ґрунту заглибленню:

$$P_{\text{пов}} = \sigma \cdot A_{\text{БГЦ}} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,025 = 3750 \text{ Н} = 375 \text{ кН}. \quad (5.13)$$

Розрахунок виконано для технічного рішення (рис. 5.6) з урахуванням зовнішніх сил, сил які прикладаються у стрижнях при заглибленні РО БУРО у ґрунт і при його послідовному або одночасному розкритті плит.



P_c – опір від розсування в сторони, $D_{\max} = 1500\text{мм}$ - максимальне розкриття; $K = 30\text{ мм}$ - діаметр важеля, який з'єднується з гідроциліндром; $B = 10\text{ мм}$ - діаметр важеля, за допомогою якого розкривається розширювач; α – кут розкриття розпірних плит;

Рис. 5.5. Розрахункова схема до визначення опору заглибленню РО БУРО в ґрунт

Розрахунок зовнішніх сил:

$$P_{\text{пл}} = \sigma \cdot A_{\text{пл}} \quad (5.14)$$

Звідси

$$P_{\text{свп}} \cdot l_1 - P_{\text{пл}} \cdot \frac{H_{\text{пл}}}{2} = 0;$$

$$P_{\text{свп}} \frac{P_{\text{пл}} \times \frac{H_{\text{пл}}}{2}}{l_1} = \frac{843,75 \cdot \frac{0,75}{2}}{16} = 1977\text{Н}; \quad (5.15)$$

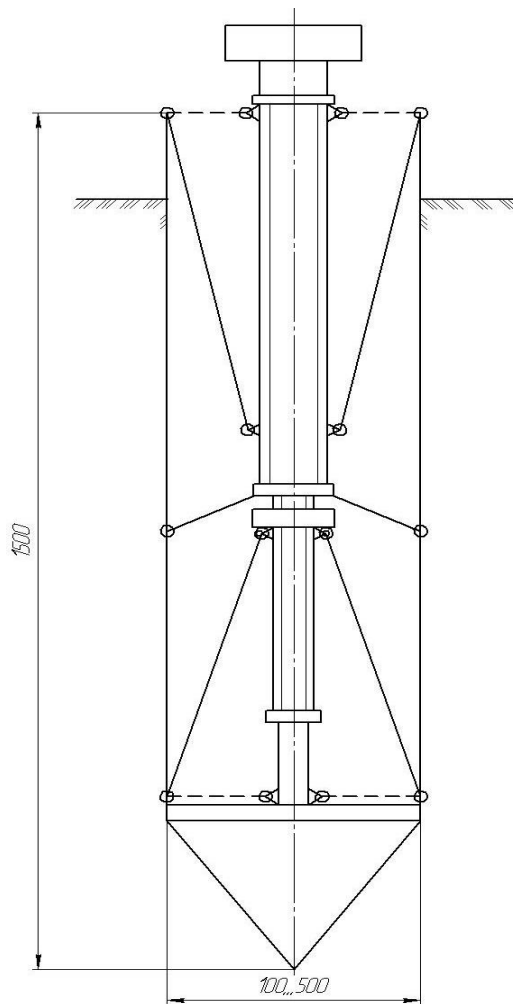
$$M_T = F_{\text{ТР}} \cdot d_{\text{ф}} = 199 \cdot 0,032 = 6,39\text{Нм} \quad (5.16)$$

$$f = 0,08; \quad d_{\text{ф}} = 32\text{мм} = 0,032\text{м}; \quad F_{\text{ТР}} = N \cdot f = 2498 \times 0,08 = 199 \quad (5.17)$$

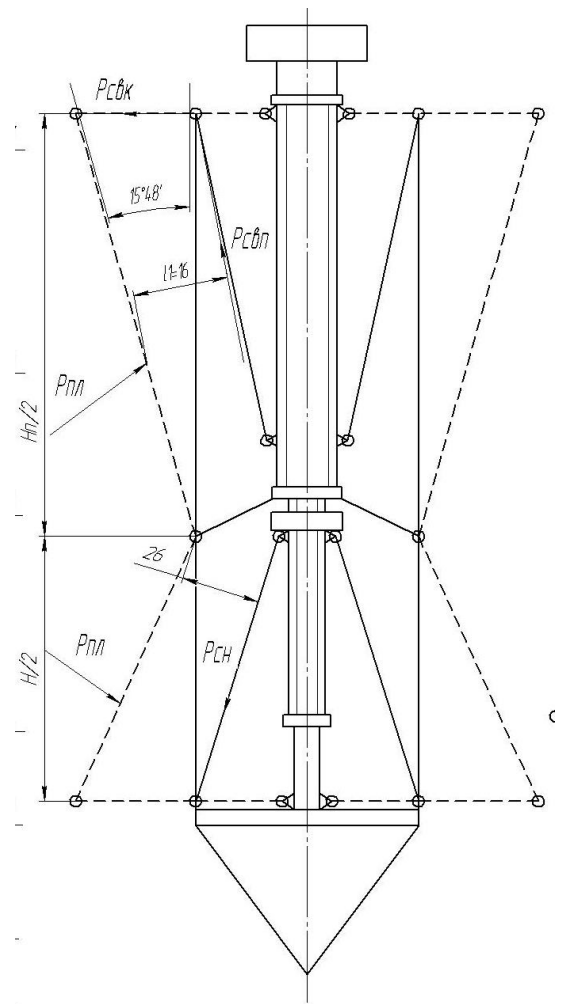
Звідси можна виразити потужність:

$$N = P_{\text{свп}} \cdot \alpha_1 \cdot f = 1977 \cdot 15 \cdot 0,08 = 2498\text{Вт} = 2,5\text{кВт}.$$

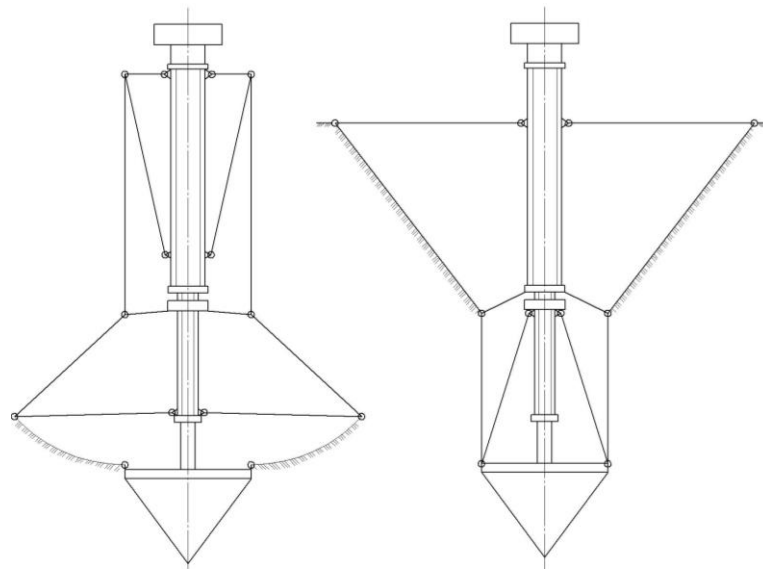
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



1) конструкція розширювача у вихідному положенні при початковому утворенні ТПГ



2) Конструкція розширювача з урахуванням дії зовнішніх сил та сил, які прикладаються у стрижнях при занурені РО у ґрунт з одночасним розкриттям плит



3) послідовне розкриття плит розширювача:

а) нижніх

б) верхніх

Рис. 5.6. Схема положень розкриття РО розширювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.630000.306.КРПЗ

Арк.

43

$$N_{\text{пр}} = M_{\text{кр}} \cdot \omega = 0,039 \cdot 62,8 = 2,5 \text{ Вт} \quad (5.18)$$

Момент обертання вала:

$$\text{Отже: } M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} = \frac{2,5}{62,8} = 0,039; \quad \omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 600}{60} = 62,8 \text{ Нм.}$$

Розраховуємо довжину переміщення плити: $l_{\text{переміщ}} = t \cdot n_{\text{об}} = 8 \cdot 10 = 80 \text{ мм.}$

5.4. Розрахунок вантажного вала-гвинта

Для заданої схеми розрахунку положень розкриття РО: (рис. 5.10) виконано вибір деталей і складальних одиниць: двигун, редуктор, валів та визначено їх раціональний конструктивний варіант. Конструювання вантажного вала здійснено вибір і розрахунок його характеристик: геометрія (рис. 5.11), зовнішній діаметр 1 (d_1), внутрішній діаметр 2 ($d_{\text{внт}}$) та товщин його стінок, вибрано і визначено внутрішній діаметр вала 3.

$$P_c = \sigma \cdot A_k \quad (5.19)$$

Отже: $P_c = 118 \dots 2945 \text{ Н} (12 \dots 300 \text{ кг}); \quad \sigma = 1,5 \text{ МПа}; \quad d_k = 10 \dots 50 \text{ мм.}$

5.4.1. Вибір зовнішнього та внутрішнього діаметра вала 1

Вал 1 можна виконати суцільного чи пустотілого поперечного перерізу, з круга або трубчатого прокату (Ст. бсп ГОСТ 380-96).

З точки зору економії та зменшення маси вала 1 він виконаний пустотілим.

При цьому на вал 1 діє навантаження $P_{1\text{ос}}$ (робота на стискання), від $M_{1\text{кр}}$ (робота на кручення) та $P_{1\text{р}}$ (робота на згинання).

Визначимо необхідну товщину стінки пустотілого вала 1 за умови, що його зовнішній діаметр d_1 не перевищує мінімального діаметра основи конуса, тобто $d_1 \geq 10 \text{ мм.}$

З умови роботи вала 1 на стискання:

$$\sigma_{1\text{ст}} = \frac{P_{1\text{ос}}}{A_{1\text{в}}} \leq \frac{[\sigma]}{K_3} = \frac{160}{2,5} = 64 \text{ МПа} \quad (5.20)$$

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

де $[\sigma]$ - допустиме напруження на стискання для Ст. 6;

K_3 - коефіцієнт запасу міцності, $K_3=2,5$;

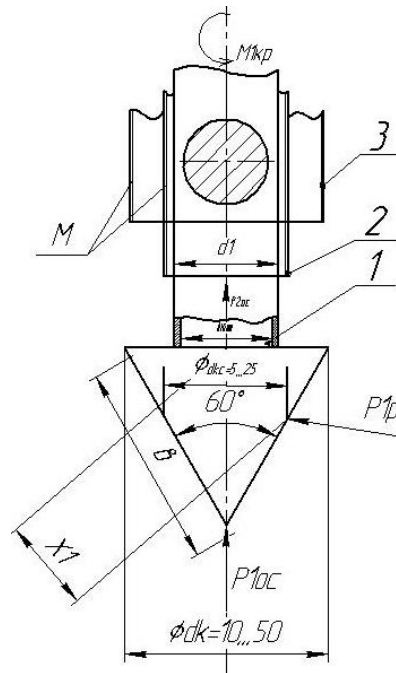


Рис. 5.6. Схема - ескіз до розрахунку вала 1 (геометричний розріз)

Знайдемо:

$$A_{1B} = \frac{P_{1oc}}{\sigma_{1CT}} = \frac{2945}{64 \cdot 10^6} = 0,000046 \text{ м}^2; \quad (5.21)$$

$$A_{1B} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{1BH}^2}{4} = \frac{\pi(d_1^2 - d_{1BH}^2)}{4}. \quad (5.22)$$

$$\text{Звідси } d_{1BH} = \sqrt{d_1^2 - \frac{4 \cdot A_{1B}}{\pi}} = \sqrt{0,0001 - \frac{4 \cdot 0,000046}{3,14}} = 0,0064 \text{ м} = 6,4 \text{ мм}.$$

З умови роботи вала 1 на кручення:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{1кр}}{W_{кр}} < \frac{[\tau_{кр}]}{K_3} = \frac{40}{2,5} = 16 \text{ МПа}, \quad (5.23)$$

$$\text{де: } [\tau_{кр}] = (0,2 \dots 0,3);$$

$$[\sigma] = (0,2 \dots 0,3) \cdot 160 = 32 \dots 48;$$

$$M_{1кр} - \text{крутний момент: } M_{1кр} \geq 1,5 P_{1p} \cdot d_{кc} = 1,5 \cdot 75 \cdot 0,025 = 2,8 \text{ Нм};$$

P_{1p} - дотична опору ґрунту коченню:

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$P_{ip} = K_{пит} \cdot v \cdot h_{стр} = 0,3 \cdot 10^6 \cdot 0,05 \cdot 0,005 = 75 \text{ Н}, \quad (5.24)$$

де v - ширина стружки (при $\alpha_k = 60^\circ$ $v = d_k$);

$K_{пит}$ - питомий коефіцієнт опору ґрунту копанню ($K_{питIII} = 0,3 \text{ МПа}$);

$h_{стр}$ - товщина стружки ($h_{стр} = 0,005 \text{ м}$);

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} (1 - a^4) = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} \left(1 - \frac{d_{1ВН}^4}{d_1^4} \right). \quad (5.25)$$

$$1 - \frac{d_{1ВН}^4}{d_1^4} = \frac{M_{1кк} \cdot 16}{\tau_{кр} \cdot \pi \cdot d_1^3};$$

Звідси

$$d_{1ВН}^4 \sqrt[4]{\left(1 - \frac{M_{1кк} \cdot 16}{\tau_{кр} \cdot \pi \cdot d_1^3} \right)} \cdot d_1^4 = \sqrt[4]{\left(1 - \frac{2,8 \cdot 16}{16 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,01^3} \right)} \cdot 0,01^4 = 0,0057 \text{ м} = 5,7 \text{ мм}.$$

З умови роботи вал 1 на згинання:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{1зг}}{W_{зг}} \leq \frac{[\sigma_{зг}]}{K_3} = \frac{0,4 \cdot [\sigma]}{2,5} = \frac{0,4 \cdot 160}{2,5} = 25 \text{ МПа}; \quad (5.26)$$

$$M_{1зг} = P_{ip} \cdot X_1 = 75 \cdot 0,025 = 1,9 \text{ Н}, \quad (5.27)$$

де X_1 - половина висоти конуса і дорівнює середній лінії конуса, яка дорівнює половині довжини основи, тобто $X_1 = 25 \text{ мм}$.

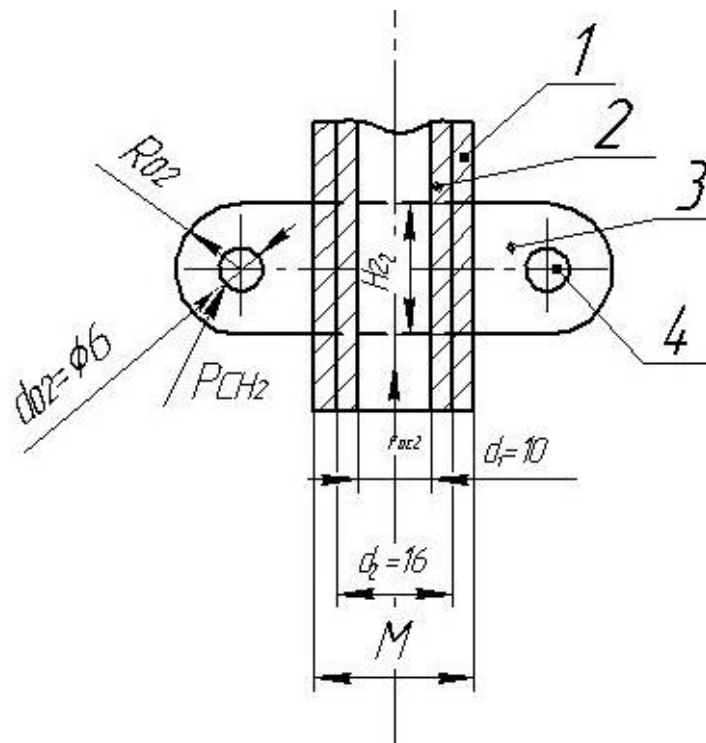
$$W_{зг} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32} \left(1 - \frac{d_{1ВН}^4}{d_1^4} \right) \quad (5.28)$$

$$\text{Звідси } d_{1ВВ} = \sqrt[4]{\left(1 - \frac{M_{1зг} \cdot 32}{\sigma_{зг} \cdot \pi \cdot d_1^3} \right)} \cdot d_1 = \sqrt[4]{\left(1 - \frac{1,9 \cdot 32}{25 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,01^3} \right)} \cdot 0,01^4 = 0,0069 \text{ м} = 6,9 \text{ мм}.$$

Виходячи з виконаних розрахунків застосовуємо пустотілий вал 1 із зовнішнім діаметром $d_1 = 10 \text{ мм}$ та внутрішнім діаметром $d_{1ВН} = 6 \text{ мм}$, або суцільний вал з круглого прокату $d_1 = 10 \text{ мм}$ з матеріалу (Ст. бсп).

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

5.4.2. Вибір внутрішнього і зовнішнього діаметра вала 2 з урахуванням нарізання на його зовнішній поверхні метричної різі



1 - різь; 2 - вал; 3 - провущина; 4 - отвір шарніра;

Рис. 4.7. Розрахункова схема - ескіз вала 2

5.4.3. Розрахунок та вибір розмірів вала 2

Вихідні дані: 1) розміри внутрішнього вала 1 ($d_1=10$ мм), 2) сили в стрижні важеля механізму розкриття плит $P_{\text{ВАЗЖ}_2}$, 3) матеріал деталей (Ст. бсп) $[\sigma]=160$ МПа, $[\tau]=100$ МПа, $K_s=2,5$.

Для розрахунку сили $P_{\text{ВАЗЖ}_2}$, складені рівняння рівноваги відносно точки А (рис. 5.11):

$$\sum M_A = 0;$$

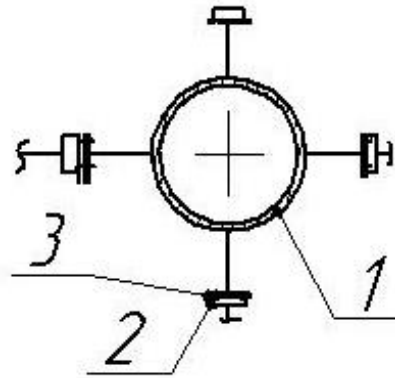
$$P_{\text{пл}} \cdot \frac{H}{4} - P_{\text{СН}_2} \cdot X_{\text{ПСВ}_2} = 0; \quad (5.29)$$

$$[\sigma_{\text{гр.пл}}] \cdot A_{\text{пл}} \cdot \frac{H}{4} - P_{\text{СН}_2} \cdot X_{\text{ПСВ}_2} = 0; \quad (5.30)$$

$$P_{\text{СН}_2} = \frac{[\sigma_{\text{гр.пл}}] \cdot H \cdot d_k \cdot H}{2 \cdot 4 \cdot X_{\text{ПСВ}_2}} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,15^2 \cdot 0,05}{8 \cdot 0,010} = 21094 \text{ Н} = 21,1 \text{ кН}. \quad (5.31)$$

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

5.4.4. Схема шарніра кріплення важеля до гайки вала 2



1 - гайка вала 2; 2 - важіль; 3 – вісь;

Рис. 5.8. Схема шарніра кріплення

Згідно схеми (рис. 5.7), вісь шарніра працює на зріз.

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{зр.р} = \frac{P_{CH2}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{02}^2}{4}} = \frac{2P_{CH2}}{\pi \cdot d_{02}^2}; \quad (5.32)$$

$$d_{02} \geq \sqrt{\frac{2P_{CH2}}{\pi \cdot \tau_{зв.р}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 21,1 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,018\text{м} = 18\text{мм} . \quad (5.33)$$

Отриманий результат не задовольняє умові, оскільки потрібно зменшити габарити РО.

Приймаю $d_{02}=8$ мм і знайдемо матеріал, з якого потрібно виготовити вісь 3 шарніра:

$$\tau_{зр.потр} = \frac{2P_{CH2}}{\pi \cdot d_{02}^2} = \frac{2 \cdot 21,1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,008^2} = 210\text{МПа} \quad (5.34)$$

З виразу $\tau_{зр.потр} = \frac{[\tau_{зр.п}]}{K_3}$ та з урахування співвідношення $[\tau_{зр.п}] = 0,6[\sigma_{пл}]$ знайдемо

$[\sigma_{пл}]$ та виберемо матеріал осі:

$$\tau_{зр.п.тр} = \frac{0,6[\sigma_{пл}]}{K_3},$$

$$[\sigma_{пл}] \geq \frac{\tau_{зр.п.тр} \cdot K_3}{0,6} = \frac{210 \cdot 2,5}{0,6} = 875\text{МПа} . \quad (5.35)$$

Приймаємо матеріал Сталь 35ХМ з $\sigma_T = 1400\text{МПа}$.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Оскільки матеріал Сталь 35ХМ має значний запас міцності порівняно з потрібним, то можливо припустити, що $d_{02} = 6$ мм.

Приймаємо розміри провусин, пропорційно d_{02} , $R_{02} = d_{02} \cdot l_{02} > R_{02}$ на 1 мм.

Далі визначаємо мінімальний зовнішній діаметр вала 2 d_2 та вибираємо розміри різьби.

Розмір d_2 (рис. 5.7) визначимо за умови роботи вала 2 на розтяг (стискання) під дією навантажень від 4-х важелів 2 (рис.5.8) з урахуванням малих кутів нахилу важелів 2.

Умова міцності: приймаємо, що зусилля P_{C2} залишається таким же і у вертикальному напрямку $\sigma_{p(CT)pe6} = 4 \cdot P_{CH2}$;

$$\text{Умова міцності:} \quad \sigma_{p(CT)pe6} = \frac{P_{CH2}}{A_{B2}} \quad (5.36)$$

$$A_{B2} = \frac{d_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}; \quad \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) = \frac{4P_{CH2}}{\sigma_{p(CT)pe6}} \cdot \frac{4}{\pi} + d_1^2.$$

Звідси:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4P_{CH2}}{\sigma_{p(CT)pe6}}} + d_1^2 = \sqrt{\frac{16 \cdot 21,1 \cdot 10^3}{64 \cdot 10^6}} + (0,01)^2 = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}. \quad (5.37)$$

Рішення задовольняє умову, оскільки товщина стінки вала 2 становить 3 мм.

Отримані розміри d_2 є внутрішнім діаметром різьби (рис. 5.7) тоді різьба на зовнішній поверхні вала 2 може бути М20 чи більше.

За умови компактності конструктивно приймаємо різьбу на зовнішній поверхні вала 2 М20 з кроком 2 мм.

5.4.5. Розрахунок та вибір розмірів вала 3

Вихідні дані: 1) розміри внутрішнього вала 2 (зовнішній діаметр М20), зусилля в стрижні важеля механізму розкриття верхніх плит $P_{важ3}$, 3) матеріал деталей (Ст. бсп) $[\sigma] = 160$ МПа, $[\tau] = 100$ МПа, $K_s = 2,5$.

Стосовно зусилля $P_{важ3}$ приймаємо $P_{важ3} = P_{важ2}$, оскільки схеми роботи важільних механізмів розкриття нижніх і верхніх плит однакові (рис. 5.5).

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа поперечного перетину вала 3 визначена аналогічно валу 2.

Для визначення сили $P_{\text{ВАЖ3}}$, складені рівняння рівноваги відносно точки А:

$$\sum M_A = 0; \quad P_{\text{пл}} \cdot \frac{H}{4} - P_{\text{СН2}} \cdot X_{\text{ПСВ2}} = 0;$$

$$P_{\text{СН2}} = \frac{[\sigma_{\text{гр.пл}}] \cdot H \cdot d_{\text{к}} \cdot H}{2 \cdot 4 \cdot X_{\text{ПСВ2}}} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,15^2 \cdot 0,05}{8 \cdot 0,010} = 21094 = 21,1 \text{кН}.$$

$$[\sigma_{\text{зр.пл}}] \cdot A_{\text{пл}} \frac{H}{4} - P_{\text{СН2}} \cdot X_{\text{ПСВ2}} = 0.$$

Згідно виразу формули (5.32) діаметр шарніра кріплення важеля вала 3 до гайки дорівнює 18 мм, оскільки за умовою сили у важелях валів 2 і 3 однакові.

Відповідно пропорціям між перерізами валів 2 та 3, їх площа повинна бути рівними, тобто:

$$\frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_{(M20)3}^2)}{4};$$

$$d_2^2 - d_1^2 = d_3^2 - d_{(M20)3}^2;$$

$$d_3 \geq \sqrt{d_2^2 - d_{(M20)3}^2} = \sqrt{0,016^2 - 0,01^2 + 0,02^2} = 0,024 \text{м} = 24 \text{мм}.$$

З урахуванням типорозмірного ряду різьби та коефіцієнту запасу міцності $K_3 = 2,5$, приймаємо різьбу на валу 3 М27х2.

5.4.6. Розрахунок розмірів гайок валів 2 та 3

Ескіз гайки вала 2 показано на рис. 4.7. Згідно нього уточнюємо ескіз гайки.

З урахуванням кількості важелів, приймаємо 4 важелі і відповідно 4 розпірні плити. Отже сумарна сила на зріз різьби гайки вала 2 буде:

$$P_{\Gamma 2} = P_{\text{СН2}} \cdot 4 = 21,1 \cdot 4 = 84,4 \text{кН}.$$

Для визначення мінімальної висоти гайки вала 2 H_2 визначимо кількість витків різьби, що працює на зріз:

$$\tau_{\text{зр.р}} = \frac{P_{\Gamma 2}}{A_{\text{зр}}}.$$

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Звідси $P_{Г2} = 84,4к4 \cdot 10^3$; $A_{зр} = \pi \cdot d_{C2} \cdot \frac{t}{2} \cdot n_B$;

$$n_B \geq \frac{P_{Г2}}{\pi \cdot d_{C2} \cdot \frac{t}{2} \cdot \tau_{зр,р}} = \frac{84,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,018 \cdot 0,001 \cdot 100 \cdot 10^6} = 14,9 \text{ витків} \quad (5.43)$$

Приймаємо $n_{BГ2} = 15$ витків.

Тоді $H_2 = 15 \cdot 2 = 30$ мм, $H_2 = n_B \cdot t$.

Товщина стінки гайки 2 аналогічна товщині стінки вала 2, тобто 3 мм.

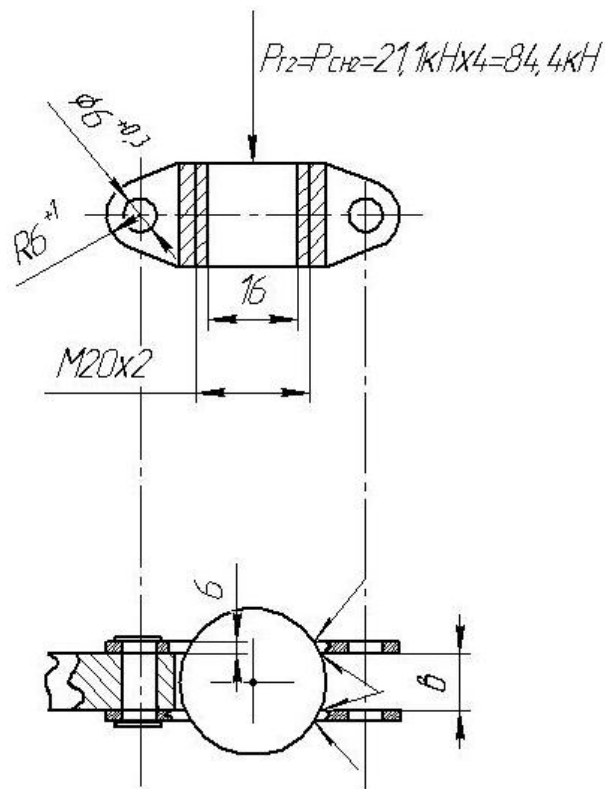


Рис. 5.9. Уточнений ескіз гайки

Визначимо довжину зварних швів, що з'єднують гайку 2 з провусиною.

Для цього попередньо визначимо товщину важеля 2 (e) з умов його роботи на розрив:

$$\sigma_p = \frac{P_{CH2}}{A_{PB2}} = \frac{P_{CH2}}{B \cdot X_{B2}} \quad (5.44)$$

Приймаємо $X = 2R6 = 12$ мм конструктивно.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\epsilon \geq \frac{P_{CH2}}{\sigma_p} = \frac{21,1 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 0,0001 \text{ м} = 0,1 \text{ мм}.$$

За умови роботи важеля на згинання від осьової сили P_{H2} внаслідок втрати

$$\begin{aligned} J_{zC} &= \frac{\epsilon \cdot h^2}{12} = \frac{6 \cdot 12^2}{12} = 72 \text{ мм}; \\ J_{yC} &= \frac{h \cdot \epsilon^3}{12} = \frac{12 \cdot 6^3}{12} = 216 \text{ мм}; \\ \text{стійкості: } W_x &= \frac{x \epsilon^2}{6} \cdot \frac{h}{3} \cdot h^2 = \frac{h^3}{18} = \frac{12^3}{18} = 96 \text{ мм}^3; \\ J_z &= \frac{\epsilon h^3}{12} = \frac{6 \cdot 12^3}{12} = 864 \text{ м} = 0,867 \text{ мм}^4. \end{aligned} \quad (5.45)$$

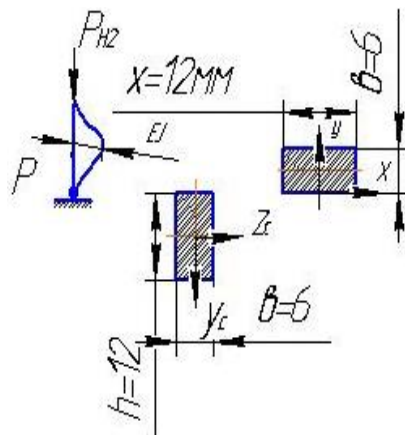


Рис. 5.10. До розрахунку стійкості важеля

Попередньо визначимо розміри поперечного важеля 2 за умови його роботи на згинання від сили P_{H2} :

$$\sigma_{згp} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{P_{H2} \cdot H / 4}{\frac{x \epsilon^2}{6}} = \frac{P_{H2} \cdot H \cdot 6}{4 \cdot x \epsilon^2};$$

звідси

$$\epsilon \geq \sqrt{\frac{6 \cdot P_{H2} \cdot H}{4 \cdot x \cdot \sigma_{згp}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 211 \cdot 10^3 \cdot 0,15}{4 \cdot 0,012 \cdot 64 \cdot 10^6}} = 0,078 \text{ м} = 78 \text{ мм}. \quad (5.46)$$

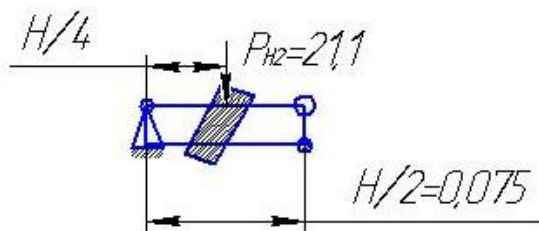


Рис. 5.11. До розрахунку зварювальних швів

Визначимо довжину зварних швів:

$$\tau_{зв} = \frac{P_{CH2}}{A_{зв.швов}} = \frac{P_{CH2}}{4 \cdot l_{шов} \cdot k \cdot 0,7} \leq \frac{[\tau]100}{\kappa_3 \cdot 0,25}$$

Приймаємо $\kappa = \kappa_1 = 0,01 \text{ м}$.

$$l_{шов \text{ min}} = \frac{P_{HC2}}{4 \cdot \tau_{зп} \cdot \kappa \cdot 0,7} = \frac{21,1 \cdot 10^3}{4 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 0,7} = 0,018 \text{ м} = 18 \text{ мм} \quad (5.47)$$

Приймаємо $l_{шв} = 30 \text{ мм}$ та визначаємо $\kappa_{шв}$:

$$\kappa_{шв} \geq \frac{21,1 \times 10^3}{4 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 0,03 \cdot 0,7} = 6 \text{ мм} \quad (4.48)$$

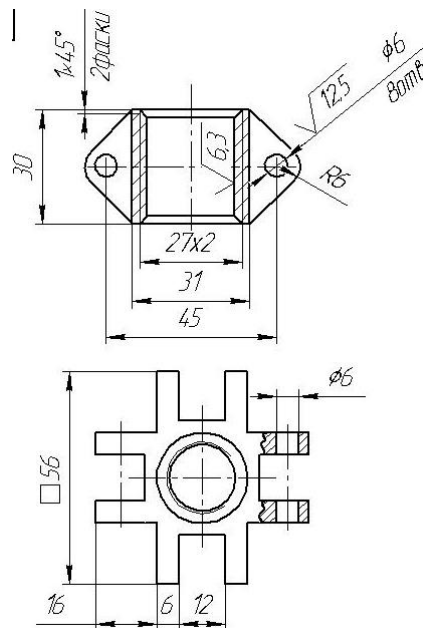


Рис. 5.12. Гайка вала 3

Попередньо отримані ескізи деталі (гайки, вісь, тяга) можуть бути уточнені згідно вимог робочих креслень деталі.

5.4.7. Розрахунок механізму заглиблення РО розширювача

Для розрахунків розмірів необхідно уточнити зусилля в канаті $P_{зос}$:

$$P_{з.ос}^I = \frac{P_{з.ос}}{\eta^3} = \frac{3000}{0,95^3} = 3500 \text{ Н} \quad (5.49)$$

З умови рівноваги моментів відносно осі барабана(точка А) знайдемо l_p :

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$l_p \rightarrow \sum M_A = 0; P_{з.ос} \cdot d_{бараб} - P_p \times l_p = 0$$

$$l_p \geq \frac{P_{з.ос}^I \cdot d_{бараб}}{P_p} = \frac{3500 \cdot 0,15}{200} = 2,6 \text{ м} \quad , \quad (5.50)$$

Скорегуємо вихідні дані, тобто приймемо $P_p = 250 \text{ Н}$, $d_{бараб} = 80 \text{ мм}$.

Тоді

$$l_p \geq \frac{3500 \cdot 0,080}{250} = 1,12 \text{ м} \quad (5.51)$$

Скорегуємо довжину рукоятки $l_p = 1 \text{ м}$, та зусилля на ній $P_p = 200 \text{ Н}$.

Тоді потрібний діаметр барабана буде:

$$d_{бл} = \frac{l_p \cdot P_p}{P_{з.ос}^I} = \frac{1 \cdot 200}{3500} = 0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм} \quad (5.52)$$

Остаточно приймаємо $d_{бл} = 60 \text{ мм}$, $d_{бар} = 60 \text{ мм}$, $l_p = 1 \text{ м}$, $P_p = 200 \text{ Н}$.

Для визначення довжини каната встановимо максимальну величину занурення розширювача $H = 300 \text{ мм}$, та скористаємось геометричними розмірами стенда.

Довжина навитої на барабан частини каната за умови на проковзування каната відносно барабана при числі витків каната 10 становить:

$$l_H = \pi(d_{бар} + d_{канат}) \cdot n_B = 3,14(0,06 + 0,006) \cdot 10 = 2,1 \text{ м} \quad , \quad (5.53)$$

де $d_{канат} \leq 6 \text{ мм}$ з умови роботи каната на розрив: $P_{кр} = P_{з.ос}^I \cdot [31, 32]$

Загальна довжина каната:

$$l_{\Sigma} = l_n + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = 2,1 + 0,8 + 1,45 + 0,5 + 1,91 + 0,8 = 7,56 \approx 8 \text{ м} \quad , \quad (5.54)$$

де

$$l_2 = \sqrt{1050^2 + 1000^2} = 1450 \text{ мм}; l_4 = \sqrt{1050^2 + 1600^2} = 1910 \text{ мм}; l_5 = \sqrt{800^2 + 0,06^2} = 800 \text{ мм}.$$

Знайдемо сили на блоках, що діють на їх осі ($P_{б1}$, $P_{б2}$):

$$P_{б1\Gamma} = P_{з.ос}^{II} \cdot \cos 45^\circ = \frac{3000}{0,95} \cdot 0,707 = 2230 \text{ Н};$$

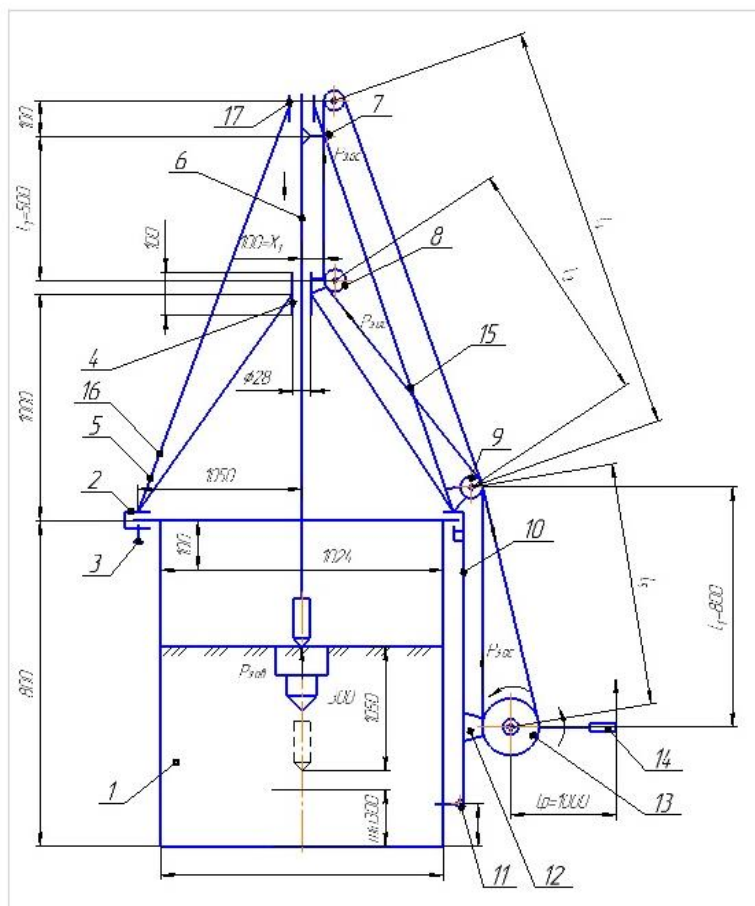
$$P_{б2\Gamma} = P_{з.ос}^{III} \cdot \cos \alpha(20^\circ) = \sum G_{po} \cdot \cos 20^\circ = 300 \cdot 0,95^2 \times 2 = 312 \text{ Н}, \quad (5.55)$$

де попередньо визначена вага РО:

$$\sum G_{po} = G_{розр} + G_{валів(1,2,3)} + G_{ел.д} = 50 + 100 + 30 = 180 \text{ Н} \rightarrow 200 \text{ Н} \rightarrow 300 \text{ Н}.$$

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $\sum G_{po} = 300H$.



1 - короб з ґрунтом; 2 - рамка; 3 - кріплення рамки; 4 - вал 2; 5, 6, 7, 8 - натяжний блок каната;
 9 - натяжний блок каната 2; 10, 11, 12, 13 - натяжний блок каната 3; 14 - рукоять;
 15 - натяжний канат; 16, 17 - вал 2;

Рис. 5.13. Розрахунок механізму заглиблення РО розширювача

5.5. Висновки за розділом

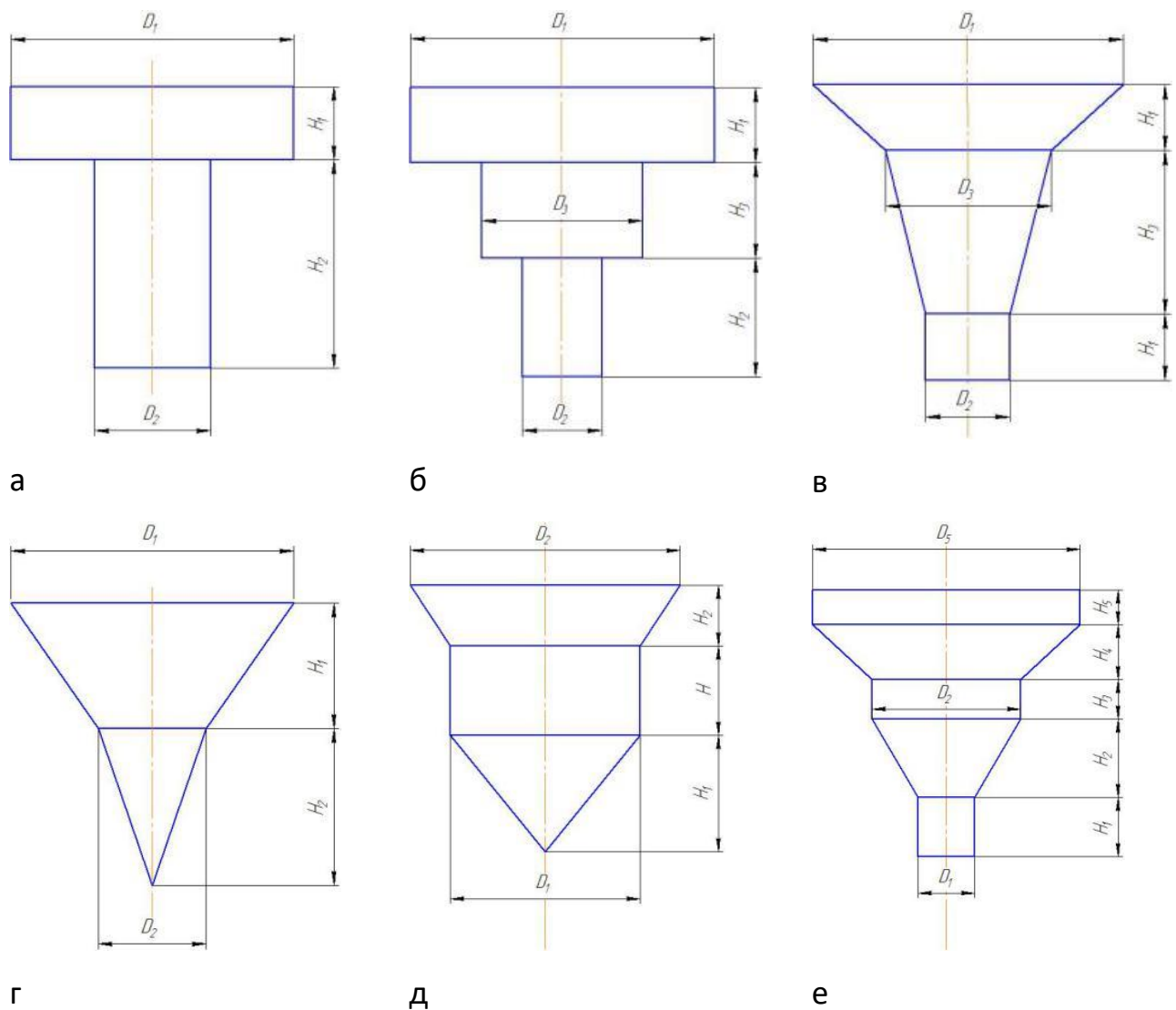
На основі проведених розрахунків можна сконструювати модель для використання у подальшому її в випробуваннях, за розрахунками для вантажного вала можна закласти розрахунки на необхідну кількість матеріалу для виконання робіт та попередньо розрахувати кошторис. Метою розрахунку роботи було підвищення ефективності ТПГ з використанням ґрунтоущільнюючих машин у технологічному процесі за рахунок розробки РО ступеневої форми, максимально підібрати матеріали для виготовлення зовнішніх поверхонь яких може бути виконана комбінованою, і може складатися з циліндричних, призматичних, і сферичних поверхонь, а також важільних схемах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ТПГ

6.1 Лабораторне обладнання

Для співставлення результатів дослідів прийємо сталим об'єм деформації ґрунту. З попередніх досліджень відомо, що ґрунт деформується і зменшується в об'ємі на (20...40)% від початкового об'єму ґрунту. На основі цього прийємо об'єм деформації ґрунту – 40%. Для досліджень прийняті схеми ступеневих РО для утворення ТПГ шляхом його ущільнення в масив ґрунту (рис. 6.1).



а – двоступеневий циліндричний; б – триступеневий циліндричний; в, д – триступеневий конічно-циліндричний; б – триступеневий циліндричний; г - двоступеневий конічний; е – п'ятиступеневий циліндрично-конічний;

Рис. 6.1. Схеми ступеневих фізичних моделей РО зі змінним профілем зовнішньої поверхні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розміри складових частин визначені так, щоб загальний об'єм моделі РО залишався б сталим і дорівнював максимальному об'єму деформації ґрунту.

При підрахунку розмірів окремих елементів моделей РО врахований крок їх зміни у діапазоні між крайніми їх значеннями.

На рисунках 6.2 та 6.3 наведено стенд, на якому в лабораторії кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство» УДУНТ виконані дослідження.

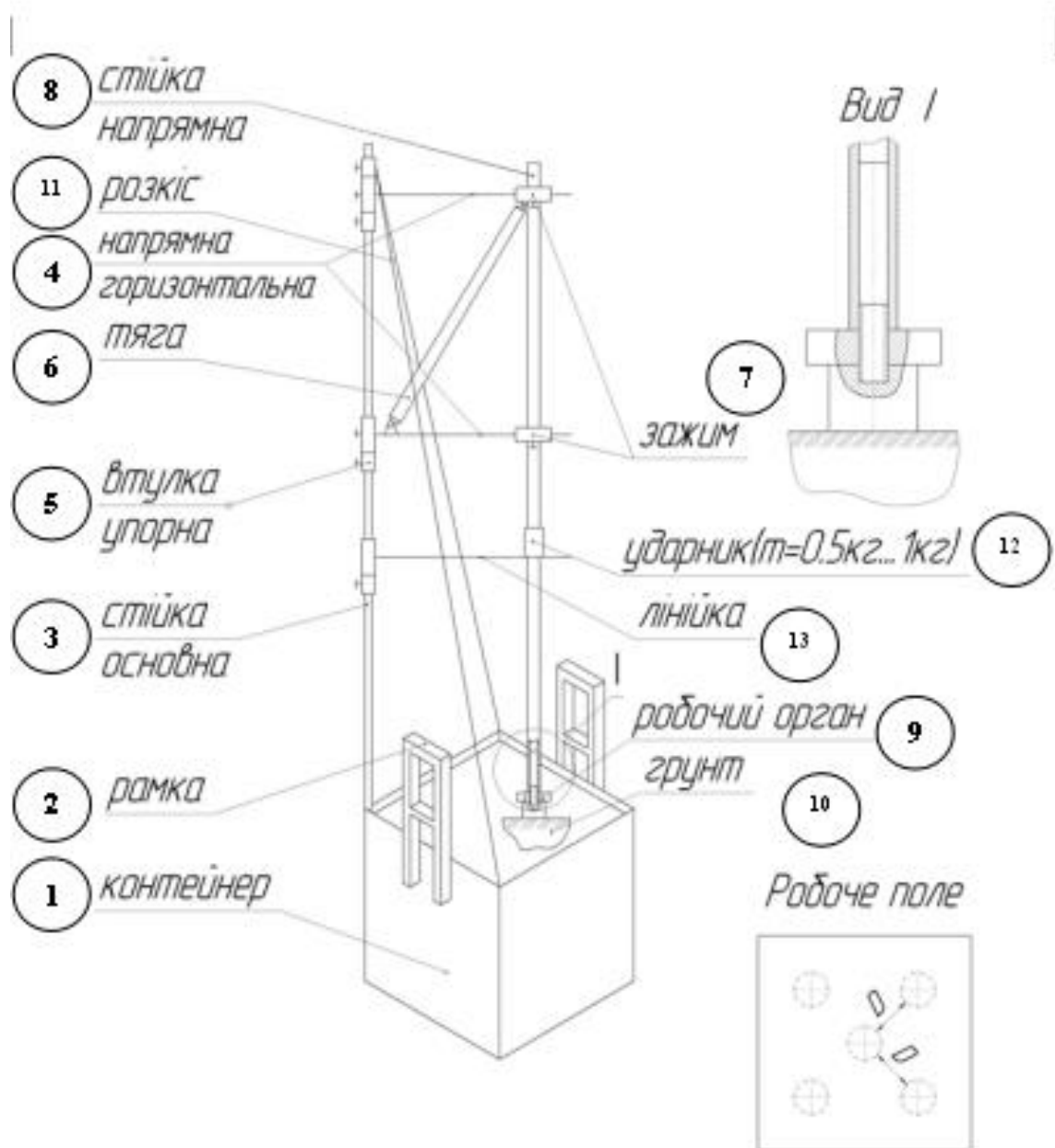


Рис. 6.2. Схема стенда для дослідження процесів утворення ТПГ у ґрунті

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис.6.3. Стенд для дослідження процесів утворення ТПГ у ґрунті

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

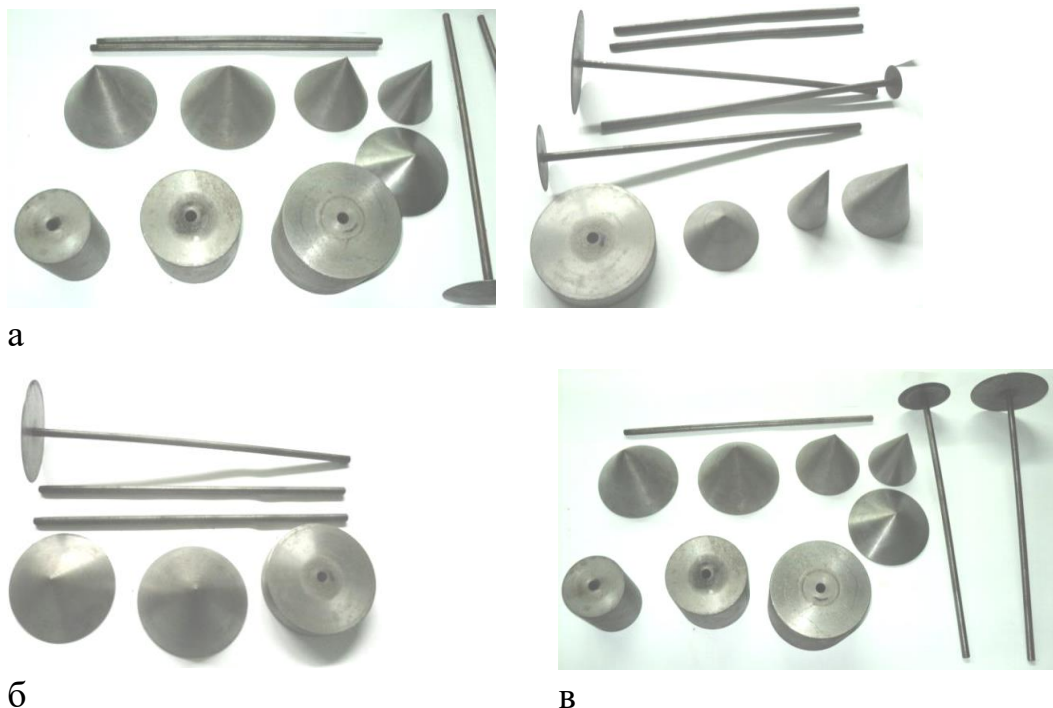
ДІТ.630000.306.КРПЗ

Арк.

58

Стенд відповідає ряду вимог, серед яких основними є: технологічність, простота конструкції, унеможливлення потрапляння ґрунту в середину розширювача, зручність виконання монтажних-демонтажних робіт та ін. Лабораторний стенд (рис. 6.2 та рис. 6.3) складається з контейнера 1, закріпленої на ньому рами 2 і основної стійки 3. На основній стійці 3 закріплені горизонтальні напрямні 4 за допомогою упорних втулок 5. Між горизонтальними напрямними 4 основної стійки 3 знаходиться тяга 6, яка разом з горизонтальними напрямними 4 утримує за допомогою зажимів 7 напрямну стійку 8 у вертикальному положенні. На нижньому кінці напрямної стійки 8 знаходиться робочий орган 9, який упирається у ґрунт 10. Для надання більшої жорсткості конструкції встановлені два розкоси 11. Занурення робочого органа 9 у ґрунт 10 виконується за рахунок вільного падіння ударника 12 по напрямній стійці 8. Ударник 12 знаходиться на заданій постійній висоті відносно ґрунту за рахунок утримання його лінійкою 13, яка горизонтально одним кінцем кріпиться на основній стійці 3, і має відносно неї здатність обертатися, а іншим кінцем утримує ударник 12.

На стенді можна виконати дослідження моделей ступеневих РО різного профілю, які можна зібрати з окремих складових частин (рис. 6.4).



- а) двоступенева модель, циліндрично-конічна, діаметри рівні, висота фіксована;
 б) двоступенева модель, циліндрично-конічна, діаметри рівні і фіксовані, висота не фіксована;
 в) двоступенева модель, циліндрично-конічна, діаметри не рівні, висота фіксована;

Рис.6.4. Елементи фізичних моделей робочих органів

На рисунку 6.5 представлена фотограма процесу утворення ТПГ, а на рисунку 6.6 - фізичні моделі, які виготовлені для досліджень в лабораторії УДУНТ.



Попереднє ущільнення моделі ґрунту



Зняття попереднього привантаження ґрунту



Підготовлена площадка ущільненого ґрунту



Встановлення на ґрунт фізичної моделі



Перший удар бойка по фізичній моделі



Процес занурення фізичної моделі



Завершення занурення фізичної моделі



Видалення з ґрунту фізичної моделі



Технологічна порожнина, утворена у ґрунті

Рис. 6.5. Фотограма процесу утворення технологічної порожнини у ґрунті

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис.6.6. Елементи фізичних моделей РО для утворення ТПГ (масштаб 1:10)

Розміри елементів визначені так, щоб їх загальна кількість була б мінімальною, а з них можна було б зібрати моделі відповідно до планів експериментальних досліджень. Це дає змогу визначати дієвість енергії заглиблення різних робочих органів у ґрунт під час ущільнення.

Ущільнюючі елементи запропонованого досліджуваного РО мають жорстку конструкцію, що дозволяє застосування значних контактних тисків на ґрунт порівняно з пристроями з пневматичними пружно-еластичними камерами.

Однією з конструктивних пропозицій (рис. 6.7) може бути виконання попереднього ущільнення ґрунту плитою за допомогою гідравлічного ручного домкрата, вимірювання постійності ущільнення за допомогою штангового датчика. Дана конструкторська пропозиція складається з контейнера 1, який заповнений моделлю ґрунту 2. На ґрунт покладена ущільнююча плита 9, до якої приварений стакан 4. У стакані 4 знаходиться штанго подібний датчик 3, на який давить натискна рухома кришка 5. На кришку 5 встановлюється ручний гідравлічний домкрат 6, який штоком упирається у швелер 8, що тримається в пазах стійок 7, які прикріплені до контейнера 1. Вдосконалення конструкції дозволить більш якісно та точно попередньо ущільнювати модель ґрунту для достовірності проведення дослідів та подальшого їх співставлення.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

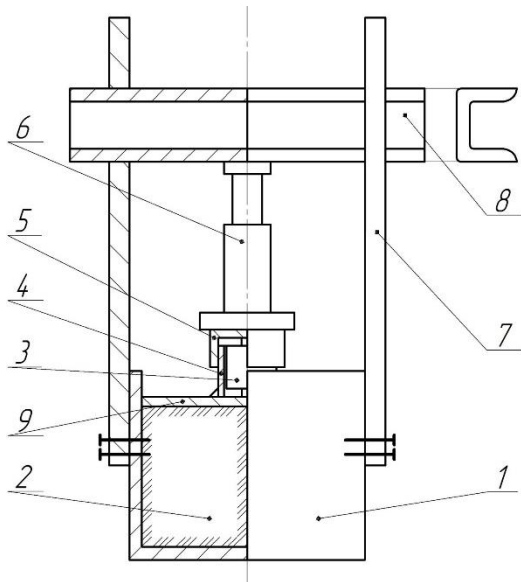


Рис. 6.7. Конструкторське виконання варіанту доробки стенда для попереднього ущільнення ґрунту

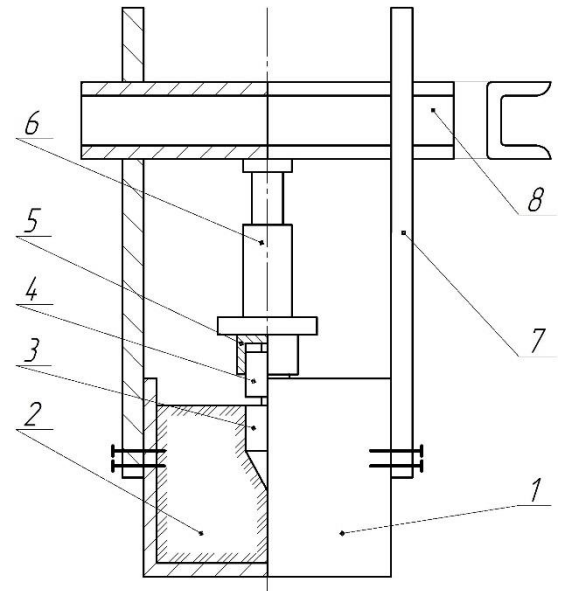


Рис. 6.8. Конструкторське виконання варіанту доробки стенда для занурення моделі РО у ґрунт

Також конструктивна пропозиція (рис. 6.8) дозволить ефективніше заглиблювати модель РО у ґрунт та більш точно вимірювати енергію занурення. Дана конструкторська пропозиція (рис. 6.8) складається з контейнера 1, який заповнений моделлю ґрунту 2. В ґрунті знаходиться модель РО 3. На модель РО 3 ставиться штанго подібний датчик 4, на який тисне натискна рухома кришка 5. На кришку 5 встановлюється ручний гідравлічний домкрат 6, який штоком упирається у швелер 8, що тримається в пазах стійок 7, які прикріплені до контейнера 1. Вдосконалення конструкції дозволить більш якісно та точно заглиблювати модель РО у ґрунт для достовірності проведення дослідів та подальшого їх співставлення.

Умови фізичного моделювання, стендове устаткування і методика дозволяє з мінімальними витратами провести дослідження нових конструктивних рішень РО і оптимізацію їх параметрів.

Запропонована доробка стендового обладнання (рис. 6.9) для визначення несучої здатності утвореної ТПГ, для заміни динамічного забивання на статичне протискання з датчиками вимірювання сили заглиблення, та для попереднього більш якісного ущільнення моделі ґрунту з можливістю регулювання постійності ущільнення.

Схематично стенд складається з гідроциліндра 1, датчика стискання 2, контрольного кільця 3, моделі РО 4 та контейнера 5 з моделлю ґрунту. У якості моделі ґрунту використовується суміш, яка складається з піску – 75%, глини – 20% та води – 5% (відповідає лісовим ґрунтам II – III категорії).

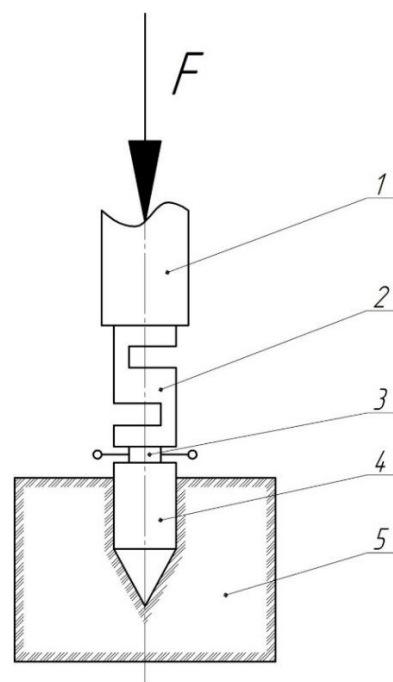


Рис. 6.9. Схема доробки стенду

6.2. Висновки за розділом

Сівставний аналіз науково-технічної інформації дає уяву про різноманіття технічних рішень устаткування РО для створення умов ефективності утворення ТПГ БУРО. Ця задача вирішується різними способами.

Суть запропонованого способу влаштування блочних фундаментів у тому, що на відміну від забивання у ґрунт на певну глибину збірних залізобетонних фундаментних блоків, їх занурюють у готову втрамбовану ТПГ або створюють на місці як буро-набивний фундамент. Надалі без додаткових елементів на фундаментні блоки встановлюють колони, фундаментні балки. У результаті утворення ТПГ статичним способом під блоком і навколо нього утворюється ущільнена зона, в межах якої повністю ліквідуються просадні властивості ґрунту, підвищується його щільність, міцні характеристики, знижується стисливість, що забезпечує передачу на ущільнений ґрунт значних вертикальних і горизонтальних навантажень від фундаментів.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

7. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

7.1. Дослідження заглиблення у ґрунт ступеневих фундаментів

Визначаємо об'єм заготовки. З попередніх досліджень відомо, що ґрунт деформується і зменшується в об'ємі на (20...40)% від початкового об'єму ґрунту. Приймаємо об'єм деформації ґрунту – 40%.

Вихідні дані прийняті з урахуванням масштабу моделей і розмірів фундаментних блоків:

$$D_{max} = 130\text{мм}; H_{max} = 190\text{мм}.$$

Об'єм моделі:

$$V = 70 * 50 * 50 * 3,14 = 588750\text{мм}^3.$$

$$V_{const} = 588750 * 40\% = 235500\text{мм}^3.$$

В результаті дослідження запропоновані різні схеми ступеневих РО для утворення ТПГ його ущільненням в основний масив. Розміри складових частин встановлені так, щоб загальний об'єм фізичної моделі залишався постійним і дорівнював максимальному об'єму деформації ґрунту.

При підрахунку розмірів окремих частин фізичних моделей врахований крок їх зміни в межах діапазону між крайніми їх значеннями.

Але крім цих даних при подальших дослідженнях слід врахувати і результати розрахунку параметрів для більшої кількості ступенів.

На рисунку 7.1 показані схеми компоновки циліндричних двоступеневих моделей РО.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

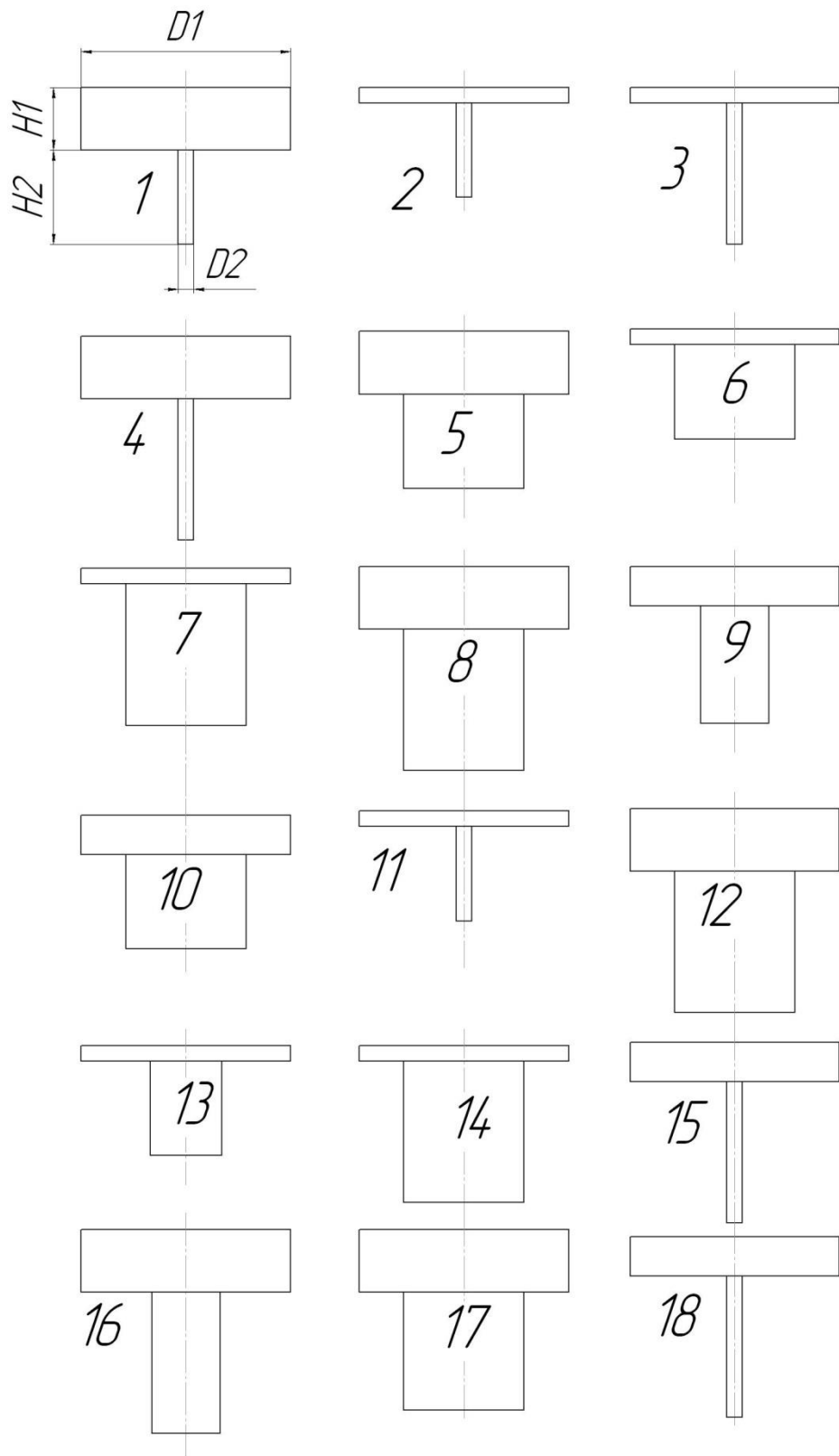


Рис. 7.1. Схеми компоновки циліндричних двоступеневих моделей РО

Дослідження проводилися згідно плану, наведеному в таблицях 7.1 і 7.2 з урахуванням факторів (табл. 7.1).

Натуральні значення змінних

Фактори	Параметри	Одиниця вимірювання	Інтервал зміни параметра	Рівні зміни параметра		
				-	0	+
X_1	H_1	мм	22,5	7,5	18,75	30
X_2	$D1$	мм	0	100	100	100
X_3	H_2	мм	22,5	45	56,25	67,5
X_4	$D2$	мм	50	7,4	32,4	57,4

При виконанні досліджень кількість дослідів відповідає плану досліджень, а кожен дослід повторювався тричі з метою виключення похибки. Отримані значення енергії ударів заносилися до таблиці 7.4 як середнє арифметичне трьох досліджень, повторених за однакових умов.

Планування експериментальних досліджень

№ з/п	X_1	X_2	X_3	X_4
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	+	+	+	-
5	+	-	-	+
6	-	+	-	+
7	-	-	+	+
8	+	+	+	+
9	0	0	0	0
10	0	+	-	+
11	-	0	-	-
12	+	0	+	+
13	-	+	-	0
14	-	0	+	+
15	0	+	+	-
16	+	-	+	0
17	+	-	0	+
18	0	-	+	-

Чисельні значення факторів експериментальних досліджень

№	X1	X2	X3	X4
1	30	0	45	7,4
2	7,5	0	45	7,4
3	7,5	0	67,5	7,4
4	30	0	67,5	7,4
5	30	0	45	57,4
6	7,5	0	45	57,4
7	7,5	0	67,5	57,4
8	30	0	67,5	57,4
9	18,75	100	56,25	32,4
10	18,75	0	45	57,4
11	7,5	100	45	7,4
12	30	100	67,5	57,4
13	7,5	0	45	32,4
14	7,5	100	67,5	57,4
15	18,75	0	67,5	7,4
16	30	0	67,5	32,4
17	30	0	56,25	57,4
18	18,75	0	67,5	7,4

На рисунку 7.2 показані виготовлені в металі компоненти (деталі), з яких складено циліндрично-конусні робочі органи (відповідно до рис. 7.1).

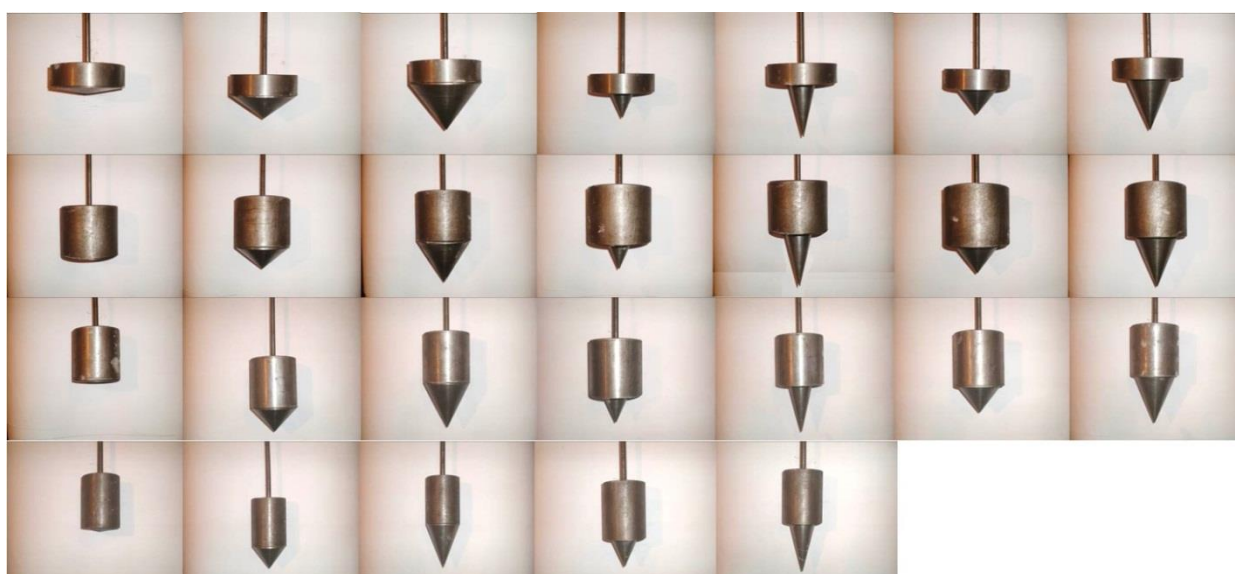


Рис. 7.2. Набір фізичних моделей циліндрично-конусних робочих органів

Вихідні дані прийняті з урахуванням масштабу моделей і розмірів РО, описаних у попередньому розділі:

$$D_{\max} = 130\text{мм}; H_{\max} = 190\text{мм}.$$

$$\text{Об'єм моделі } V = 150 * 48 * 48 * 3,14 = 1103906,25\text{мм}^3$$

$$V_{\text{const}} = 1103906,25 * 40\% = 441562,5\text{мм}^3$$



Рис. 7.3. Елементи фізичних моделей циліндрично-конічних РО для утворення ТПГ (масштаб 1:20)

Розміри складових частин підраховані таким чином, щоб загальний об'єм моделі залишався постійним і дорівнював максимальному об'єму деформації ґрунту. Результати розрахунку параметрів для різних схем компонування циліндрично-конусних моделей наведені у кінці розділу (рис. 7.7 - 7.9 та табл. 7.14 – 7.16).

Дослідження проводилися згідно планів та факторів, наведених у таблицях 7.1 - 7.12, а результати досліджень наведені у таблиці 7.13.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

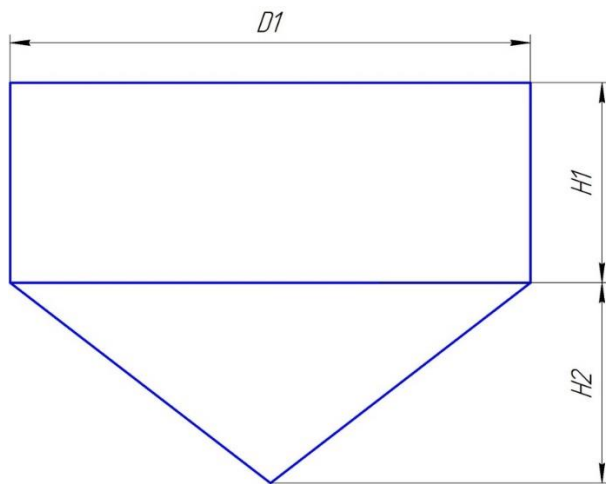


Рис. 7.4. Схема №1
циліндрично-конічна з рівними
діаметрами та фіксованими
висотами

Таблиця 8.4

Натуральні значення змінних для схеми №1

Фактори	Параметри	Одиниця вимірювання	Інтервал зміни параметра	Рівні зміни параметра		
				-	0	+
X_1	H_1	мм	26	5	18	31
X_2	H_2	мм	74	10	47	84
X_3	$D1$	мм	0	130	130	130

Таблиця 7.5

Планування експериментальних досліджень

№ з/п	X_1	X_2
1	+	+
2	-	-
3	+	-
4	-	+
5	0	0
6	0	-
7	-	0
8	0	+
9	+	0

Таблиця 7.6

Чисельні значення факторів експериментальних досліджень

№	X1	X2	X3
1	5	84	130
2	5	10	130
3	18	84	130
4	18	10	130
5	31	10	130
6	5	47	130
7	18	47	130
8	31	84	130
9	31	47	130

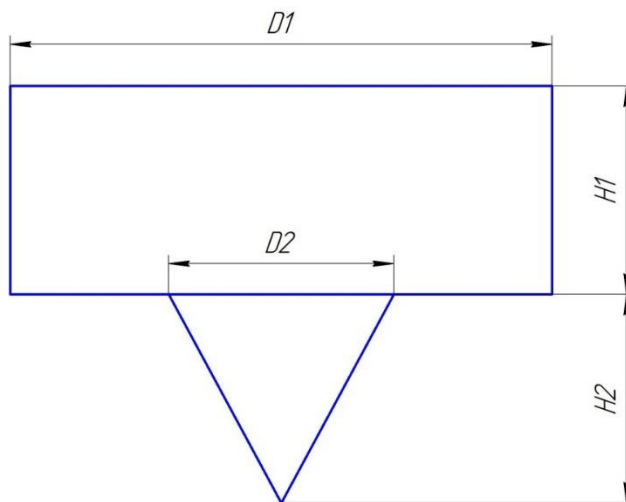


Рис. 7.5. Схема №2 циліндрично-конічна з різними діаметрами і фіксованими висотами

Таблиця 7.7

Натуральні значення змінних для схеми №2

Фактори	Параметри	Одиниця вимірювання	Інтервал зміни параметра	Рівні зміни параметра		
				-	0	+
X_1	H_1	мм	90	5	50	95
X_2	D_1	мм	0	130	130	130
X_3	H_2	мм	90	5	50	95
X_4	D_2	мм	74	48	85	122

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Планування експериментальних досліджень

№ з/п	X ₃	X ₄
1	+	+
2	-	-
3	+	-
4	-	+
5	0	0
6	0	-
7	-	0
8	0	+
9	+	0

Таблиця 7.9

Чисельні значення факторів експериментальних досліджень

№	X1	X2	X3	X4
1	5	130	5	48
2	50	130	5	48
3	95	130	5	48
4	5	130	5	85
5	50	130	5	85
6	95	130	5	85
7	5	130	5	122
8	50	130	5	122
9	95	130	5	122
10	5	130	50	48
11	50	130	50	48
12	95	130	50	48
13	5	130	50	85
14	50	130	50	85
15	95	130	50	85
16	5	130	50	122
17	50	130	50	122
18	95	130	50	122
19	5	130	95	48
20	50	130	95	48
21	95	130	95	48
22	5	130	95	85
23	50	130	95	85
24	95	130	95	85
25	5	130	95	122
26	50	130	95	122
27	95	130	95	122

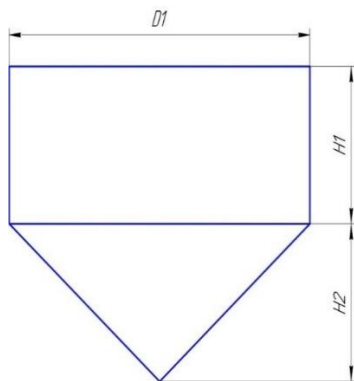


Рис. 7.6. Схема №3 циліндрично-конусна з рівними діаметрами та не фіксованими висотами

Таблиця 7.10

Натуральні значення змінних для схеми №3

Фактори	Параметри	Одиниця вимірювання	Інтервал зміни параметра	Рівні зміни параметра		
				-	0	+
X_1	H_1	мм	90	5	50	95
X_2	D_1	мм	46	77	100	123
X_3	H_2	мм	90	5	50	95

Таблиця 7.11

Планування експериментальних досліджень

№ з/п	X_1	X_2	X_3
1	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	-
4	-	-	-
5	-	-	+
6	-	+	+
7	0	0	0
8	0	0	+
9	0	+	+
10	+	0	+
11	+	+	0
12	+	0	0
13	+	-	0
14	0	+	-
15	0	0	-
16	0	-	-
17	+	0	-
18	-	-	0

Чисельні значення факторів експериментальних досліджень

№	X1	X2	X3
1	5	77	5
2	50	77	5
3	95	77	5
4	5	77	50
5	50	77	50
6	95	77	50
7	5	77	95
8	50	77	95
9	95	77	95
10	5	100	5
11	50	100	5
12	95	100	5
13	5	100	50
14	50	100	50
15	95	100	50
16	5	100	95
17	50	100	95
18	95	100	95
19	5	123	5
20	50	123	5
21	95	123	5
22	5	123	50
23	50	123	50
24	95	123	50
25	5	123	95
26	50	123	95
27	95	123	95

Результати експериментальних досліджень циліндричного робочого органа

№ п/п	Суд у дослідженнях			Суд ср	H, м	m, кг	E, Нм
	1	2	3				
1	37	39	37	37,67	0,87	0,5	160,74
2	3	4	4	3,67	0,5	0,5	8,99
3	3	4	5	4,00	0,5	0,5	9,81
4	37	35	33	35,00	0,87	0,5	149,36
5	32	30	30	30,67	0,5	1	150,42
6	11	9	8	9,33	0,5	1	45,78
7	49	48	53	50,00	0,5	0,5	122,63
8	45	47	48	46,67	0,5	1	228,90
9	9	10	9	9,33	0,5	1	45,78
10	17	19	19	18,33	0,5	1	89,93
11	3	4	4	3,67	0,5	0,5	8,99
12	45	47	46	46,00	0,5	1	225,63
13	9	9	10	9,33	0,5	0,5	22,89
14	49	48	53	50,00	0,5	0,5	122,63
15	20	21	20	20,33	0,5	0,5	49,87
16	29	25	26	26,67	0,5	1	130,80
17	50	49	53	50,67	0,5	1	248,52
18	8	9	8	8,33	0,5	1	40,88

7.2. Висновки за розділом

За результатами наведеними в таблицях 7.14 – 7.16 побудовано графіки (рис. 7.7 – 7.9 залежностей витраченої енергії на занурення моделей циліндрично-конусних робочих органів від їх геометричних розмірів.

На графіку залежності $\frac{H1}{H2}$ від ΣE (рис. 7.7) видно, що побудована на їх основі апроксимуюча крива має низький коефіцієнт достовірності $R^2 = 0,001$, використано лінійний метод апроксимації - оптимальний для даної множини значень. Обмеживши множину значень $\frac{H1}{H2}$ до такої, що менша за одиницю та побудувавши додаткову апроксимуючу криву ($R^2 = 0,02$) за степеневим методом, я дійшов

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

висновку, що висоти елементів моделей (конуса і циліндра) не мають прямого впливу на величину витраченої енергії на занурення їх у ґрунт. Висоти є лише математичними складовими об'ємів моделей, котрі в свою чергу безпосередньо впливають на сумарну витрачену енергію на занурення моделей, це очевидно демонструє графік залежності ΣV від ΣE (рис. 7.7), який має дуже високий коефіцієнт достовірності $R^2 = 0,94$. Відношення об'ємів секцій при однакових діаметрах основ також зводиться до відношення висот (графік залежності $\frac{V1}{V2}$ від ΣE), тому графік отриманої залежності подібний до вище описаного графіка. Залежність відношення об'ємів секцій $\frac{V1}{V2}$ від об'ємного розподілу сумарної витраченої енергії (сумарна кількість енергії затрачена на ущільнення одиниці об'єму ґрунту при зануренні робочого органа) $\frac{\Sigma E}{\Sigma V} = \left[\frac{Hm}{mm^3} \right]$ прийняла вигляд логарифмічної (рис. 7.7) з коефіцієнтом достовірності $R^2 = 0,42$. Очевидно, що зі зменшенням об'єму конуса густина сумарної витраченої енергії на занурення робочого органа зростає.

При використанні схеми №2 та №3 для компоновання секцій циліндрично-конічних моделей робочого органа, залежності $\frac{V1}{V2}$ від ΣE , $\frac{H1}{H2}$ від ΣE , $\frac{V1}{V2}$ від $\frac{\Sigma E}{\Sigma V}$, $\frac{H1}{H2}$ від $\frac{\Sigma E}{\Sigma V}$ мають тенденцію зростання з задовільними коефіцієнтами достовірності $R^2 = 0,29$, $R^2 = 0,12$, $R^2 = 0,13$, $R^2 = 0,17$ на рис. 8.8 та $R^2 = 0,14$, $R^2 = 0,17$, $R^2 = 0,13$, $R^2 = 0,11$ на рис. 8.9 відповідно.

Очевидно, що зі збільшенням об'єму і висоти циліндру, сумарна витрачена енергія та її частка на одиницю об'єму ущільненого ґрунту збільшується.

За результатами наведеними в таблиці 7.13 видно, що максимальна енергія занурення моделі РО у ґрунт дорівнює 248,52 Нм, тобто можна припустити, що для варіанту №17 і ущільнення ґрунту в зоні ТПГ буде максимальним. Але для дослідів №8 і № 12 енергія удару наближена до максимальної. А це означає, що вказані варіанти моделей можуть бути альтернативними з урахуванням ґрунтових умов

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ПРОПОЗИЦІЇ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ТПГ

8.1. Напрямки подальших досліджень

Що стосується поліпшення використання коротких фундаментів, то подальші дослідження можуть дозволити занурювати їх у готові порожнини виконані одним з наведених в роботі способів або виконані за допомогою агрегату, спроектованого за принципом замкненого силового контуру, що унеможливорює статичну чи динамічну дію на ґрунт від машини та робочого обладнання. Робоче обладнання і робочі органи такої машини (рис. 8.1) виконують секційними з шарнірно з'єднаними елементами, керованими гідроциліндрами. Обладнання (рис. 8.2) виконує покрокове розкриття секцій та ущільнення технологічних порожнин. На рис. 8.3 наведено приклад геометричної конфігурації ущільнюючих плит у вигляді коробів шарнірно з'єднаних між собою. Наведений приклад із множиною ідей по його вдосконаленню оформлено у вигляді патентної заявки.

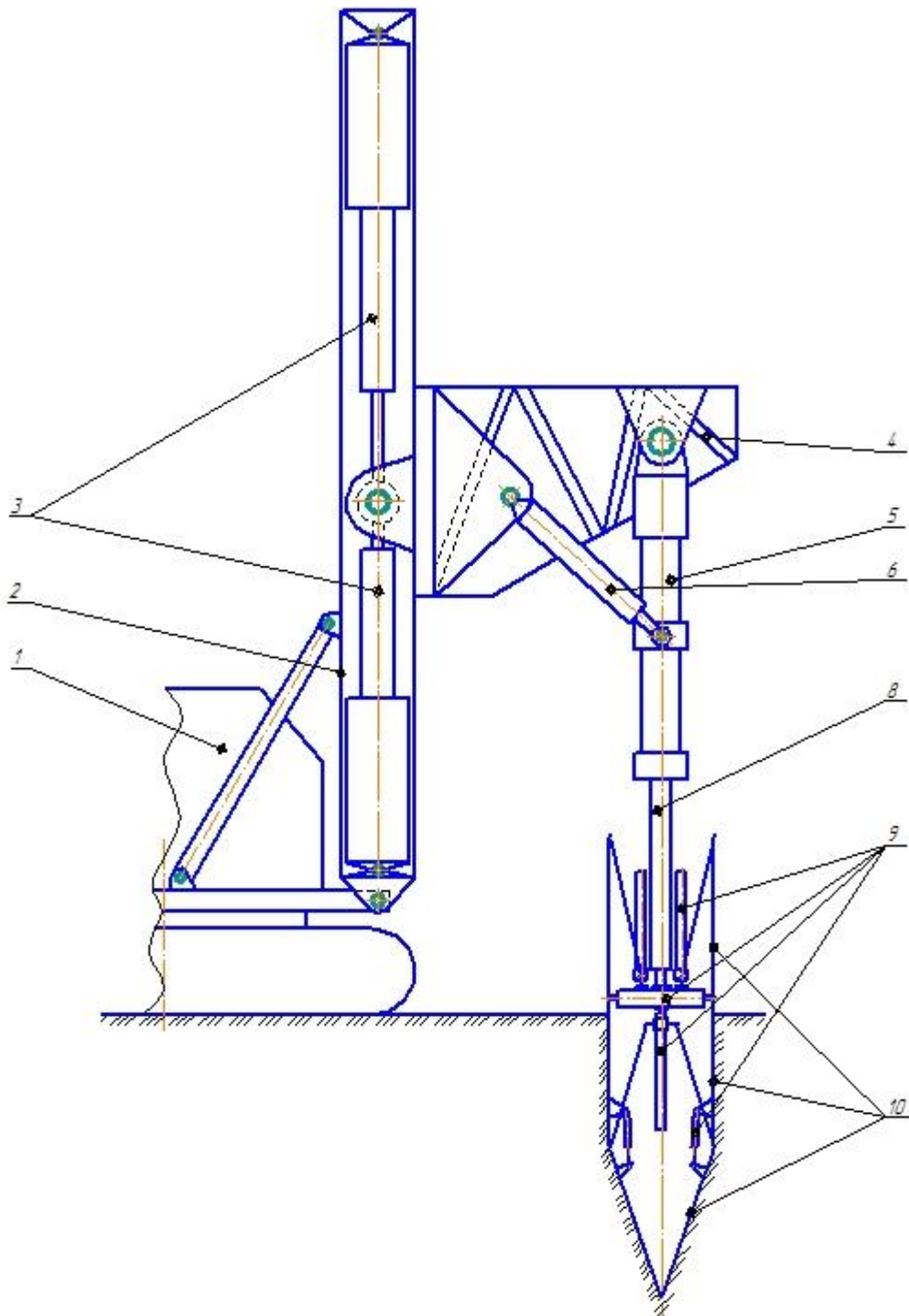
Що до стенду для досліджень РО для утворення ТПГ, пропонується його подальше вдосконалення (рис. 8.2), яке дасть можливість визначати стійкість та несучу спроможність технологічних порожнин. Першим етапом буде вдосконалення механізму занурення шляхом влаштування гідроциліндру (рис. 8.2) замість ручного ударного механізму занурення зразків у ґрунт.

Можливість вимірювати несучу спроможність дадуть тензодатчики влаштовані (рис. 8.3) між гідроциліндром та зразком, вони також дозволять реєструвати витрачену енергію на занурення моделей робочих органів у ґрунт. Другим етапом буде розробка методики вимірювань, розрахунку та аналізу результатів вимірювань. Аналогії викладені в цій роботі можуть служити базою для прототипу експериментально-аналітичної частини для стенда.

Третім етапом буде влаштування гідроприводу (рис. 8.4) для можливості дослідження навантажень на бічні стінки зразків при їх зануреному у ґрунт стані, що дозволить визначати бічну несучу спроможність. Останній етап дасть

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

можливість досліджувати технологічні порожнини при їх виконанні під кутом до горизонту.



1 - серійна гусенична машина; 2 - стріла; 3 - гідроциліндри переміщення консолі; 4 - консоль;
 5 - напрямна колона; 6 - гідроциліндр нахилу колони; 8 - гідроциліндр занурення робочого органа;
 9 - гідроциліндри розкриття ущільнюючих плит; 10 - ущільнюючі плити;
 Рис. 8.1. Статичний гідравлічний ущільнювач стінок технологічних порожнин

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.630000.306.КРПЗ

Арк.

77

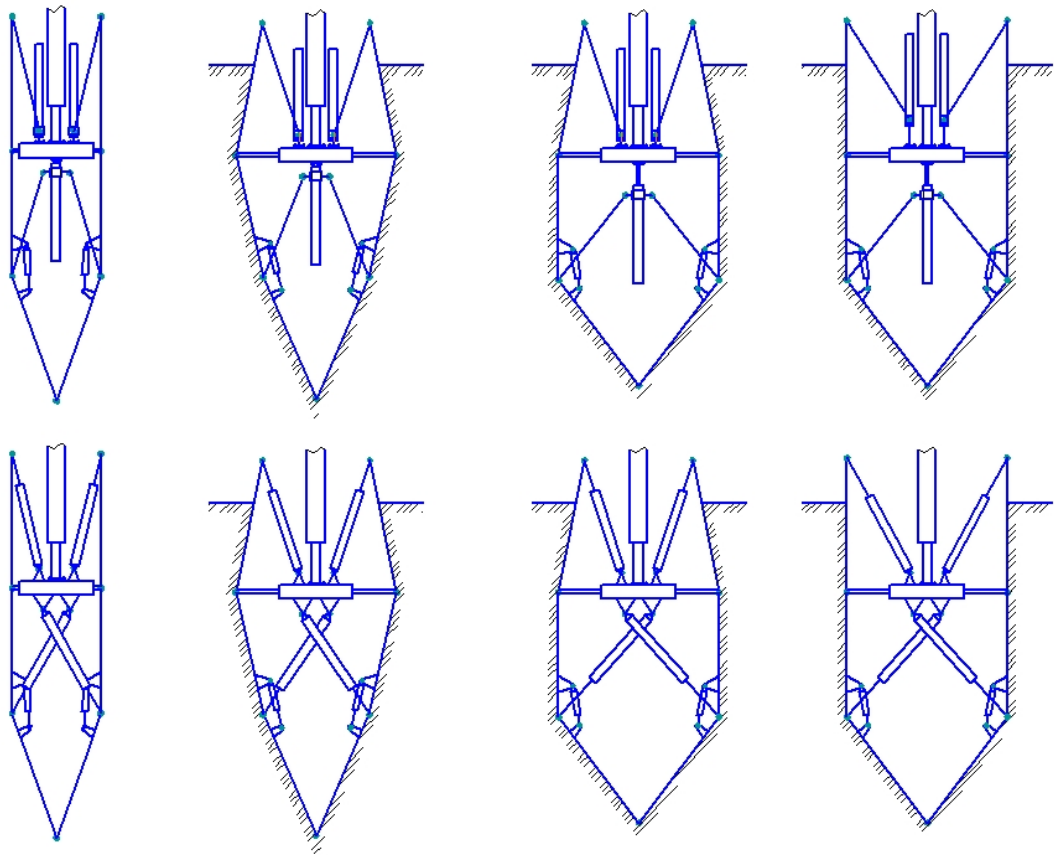


Рис. 8.2. Схема покрокового розкриття секцій

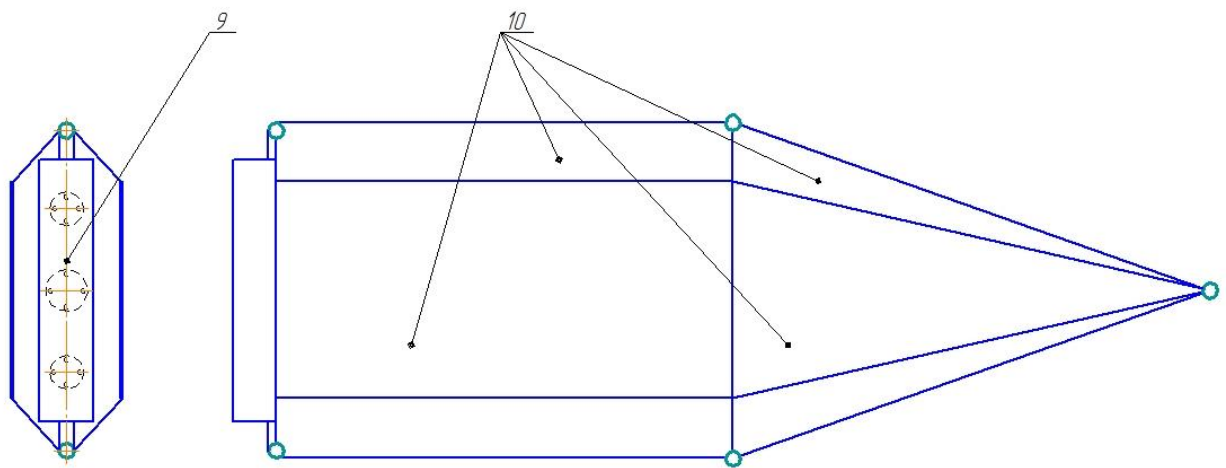
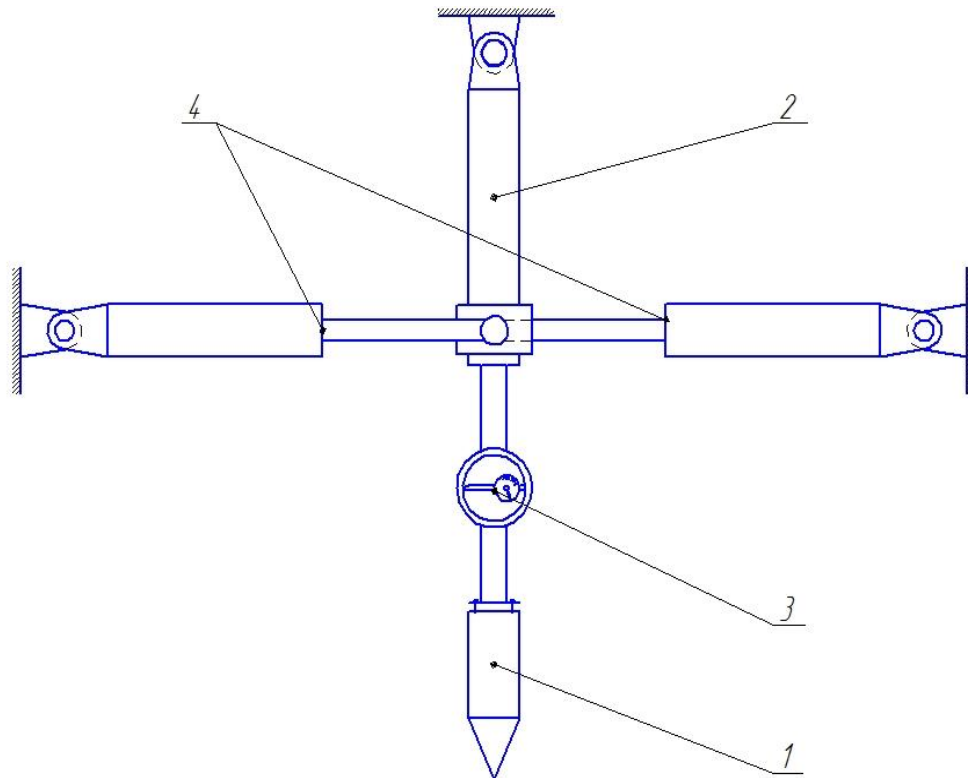


Рис. 8.3. Схема прикладу моделі ущільнюючих плит робочого органу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



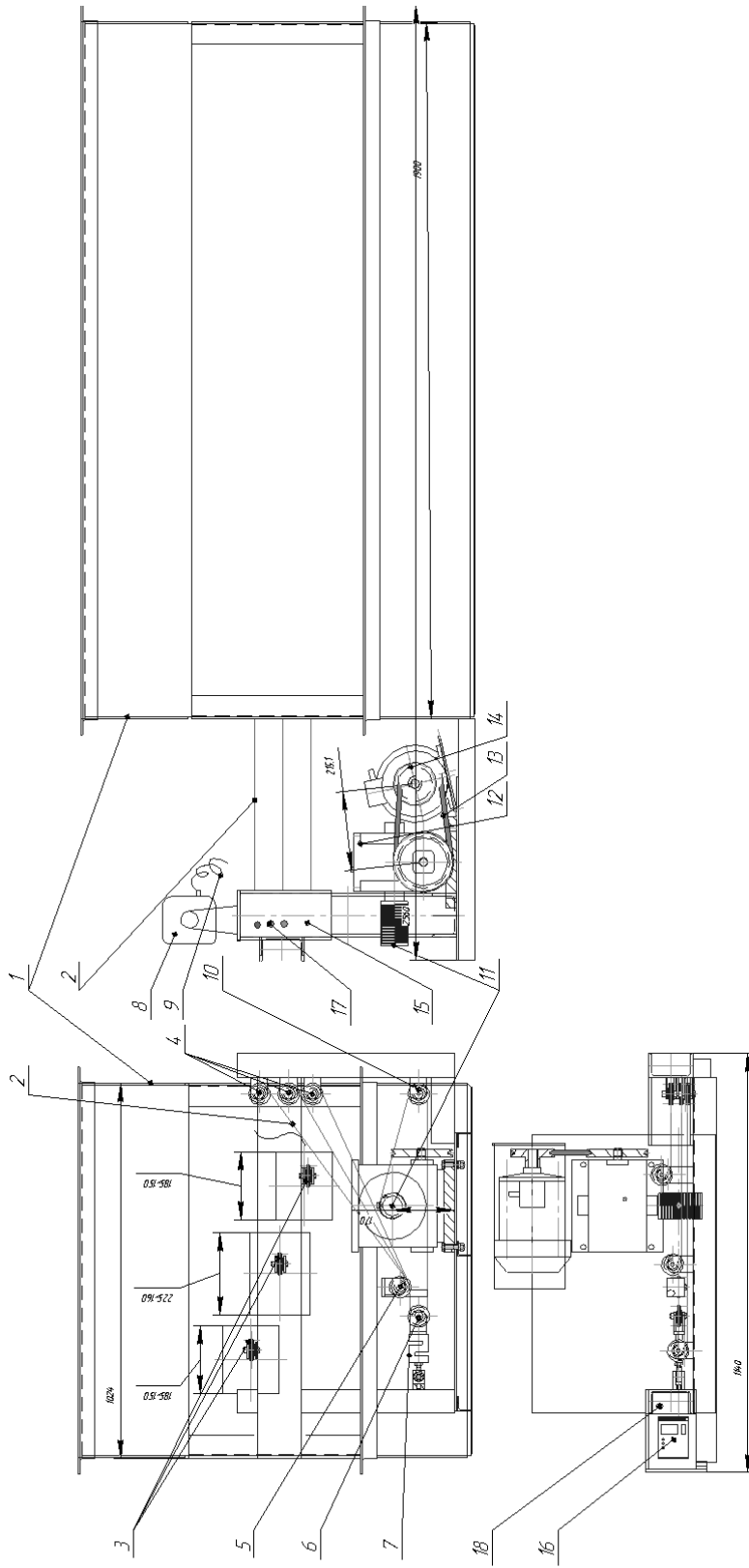
1 - модель робочого органа; 2 - гідроциліндр занурення моделі; 3 - тензоланка (тензокільце); 4 - гідроциліндри зміни кута занурення моделі та дослідження несучої здатності бічної стінки технологічної порожнини у ґрунті;

Рис. 8.4. Схема пропозиції по вдосконаленню експериментальної установки

8.2. Стендове обладнання для дослідження процесу утворення ТПГ

При розробці креслень розглянуто декілька варіантів конструювання стенду. На рисунку 8.5 зображений варіант рішення, який складається з короба 1 з ґрунтом, до якого приєднаний тяговий канат 2, горизонтального 3 і вертикального 4 блоків, які призначені для спрямування каната. Відхиляючий блок 5 розташований так, щоб через нього проходив вимірювальний пристрій 6. Блок тензодатчика 7 фіксує показання та передає на цифровий термінал 8. Кабель живлення 9 забезпечує роботу панелі керування 15, на якій розташовані пускові кнопки 17. Блок барабана 10 призначений для намотування каната, включає нарізний барабан 11, черв'ячний редуктор 12, клинопасову передачу 13, електродвигун 14, частотний перетворювач 16 та регулятор 18 швидкості обертання вала двигуна. Стенд включає також короб розміром 1x1x2 м, заповнений сумішшю глини та піску, обладнаний вікнами 6 для пропускання РО певної форми (рис. 8.7).

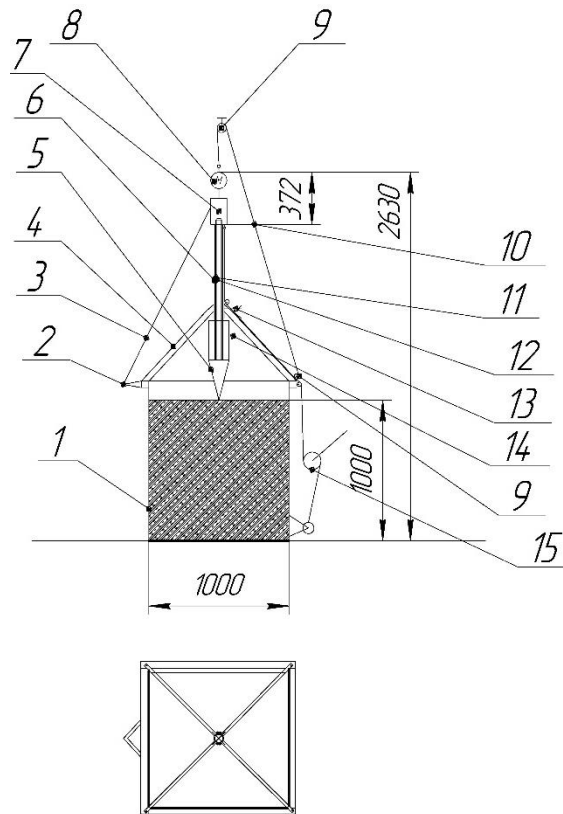
					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79



1 – короб з ґрунтом; 2 – канат тяговий; 3 – горизонтальні блоки; 4 – вертикальні блоки; 5 – відхиляючий блок; 6 – блок тензодатчика; 7 – тензодатчик; 8 – термінал цифровий; 9 – з’єднувальний кабель; 10 – блок барабана; 11 – нарізний барабан; 12 – редуктор черв’ячний; 13 – клинопасова передача; 14 – електродвигун; 15 – панель керування; частотний перетворювач; 17 – пускові кнопки; 18 – регулятор швидкості обертання двигуна

Рис. 8.5. Стенд для дослідження процесу проколювання ґрунту:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



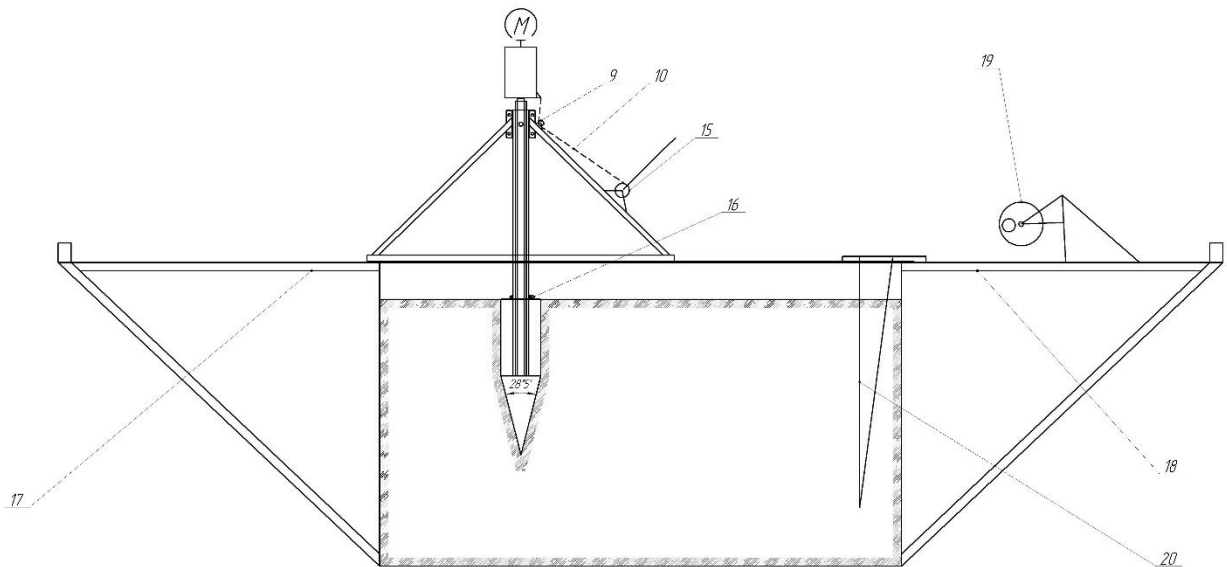
1 - модельоване середовище; 2 - упор напрямної штанги; 3 - напрямна штанга;
 4 - кронштейни; 5 - гвинт; 6 - основний вал; 7 - редуктор; 8 - двигун електричний; 9 - канатні
 блоки механізму підйому опускаючого робочого органу; 10 - сталевий канат; 11 - вал приводу
 гвинта; 12 - додатковий вал; 13 - фіксатор; 14 - розпірні плити; 15 - таль ручна;

Рис. 8.6. Варіант конструкторського рішення стану

На рисунку 8.6 та 8.7 зображено варіант рішення, який складається з модельного середовища 1 та упорної напрямної штанги 2, на якій встановлена штанга 3; також встановлені кронштейни 4, а на гвинті 5 загвинчений розширювач, який з'єднаний з основним валом, на якому, в свою чергу, встановлено двигун 8 та редуктор 7. До них приєднані канатні блоки механізму підйому опускаючого робочого органу 9, через які проходить сталевий канат 10. Вал приводу гвинта 11 поєднаний з додатковим валом 12 та закріплений до фіксаторів 13, які утримують розпірні плити 14. На станді встановлена ручна таль 15 для втискання зразка РО у ґрунт. До провусини 16 рухомого підйому РО, яка опускається в спеціально підготовлену для цього площадку для відводу РО з модельованого середовища 17 та площадку для відводу розпушувача та ущільнювача від модельованого

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

середовища 18, прикріплений підйомний канат. По площадці переміщується вібротрамбівка 19 та розпушувач 20.



1 - модельоване середовище; 2 - упор напрямної штанги; 3 - напрямна штанга;
 4 - кронштейни; 5 - гвинт; 6 - основний вал; 7 - редуктор; 8 - двигун електричний; 9 - канатні
 блоки механізму підйому опускання робочого органу; 10 - сталевий канат; 11 - вал приводу
 гвинта; 12 - додатковий вал; 13 - фіксатор; 14 - розпірні плити; 15 - таль ручна; 16 - провущина
 рухома підйому РО; 17 - площадка для відводу РО з модельованого середовища; 18 - площадка
 для відводу розпушувача та ущільнювача від модельованого середовища; 19 - вібротрамбівка;
 20 – розпушувач;

Рис. 8.7. Варіант конструкторського рішення стенду

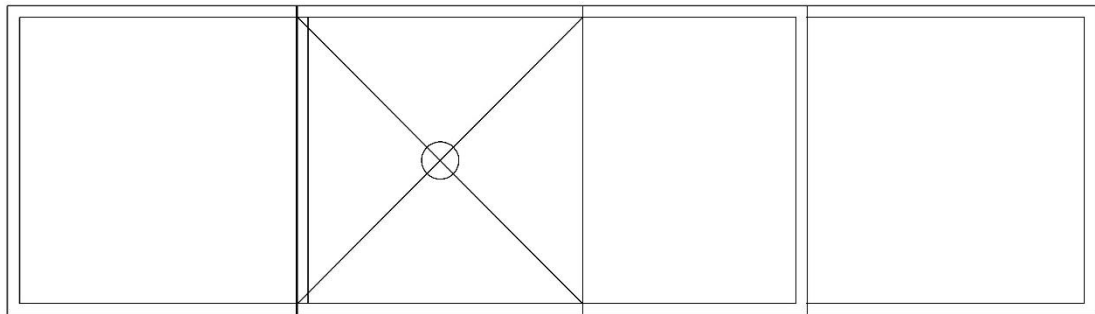


Рис. 8.8. Варіант конструкторського рішення стенду вид зверху

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

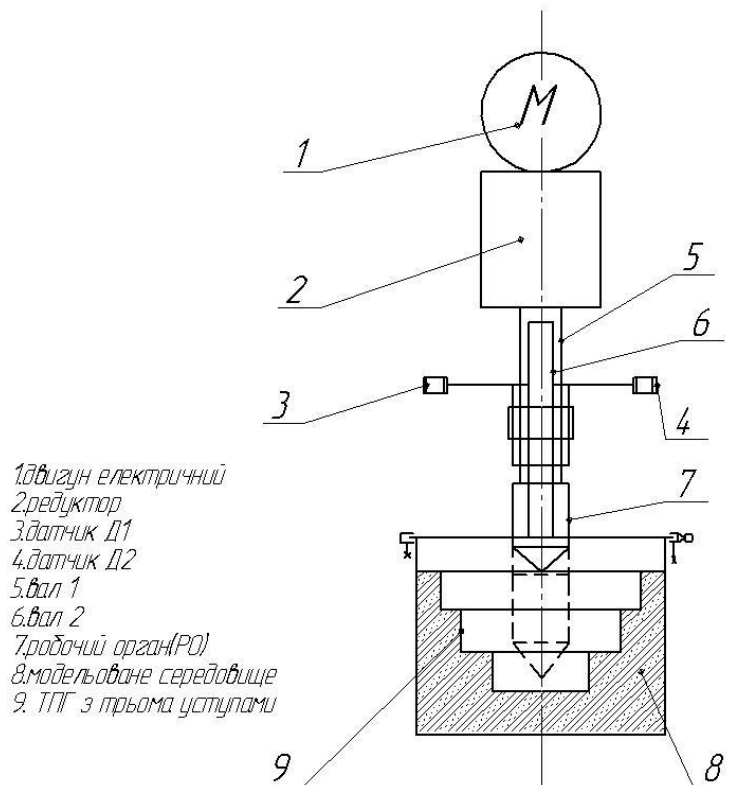


Рис. 8.10. Конструкторське рішення стенду з утвореними ТПГ триступеневої форми

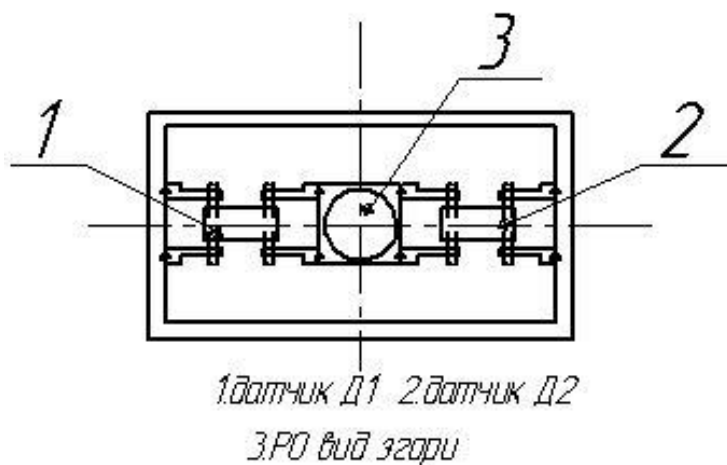


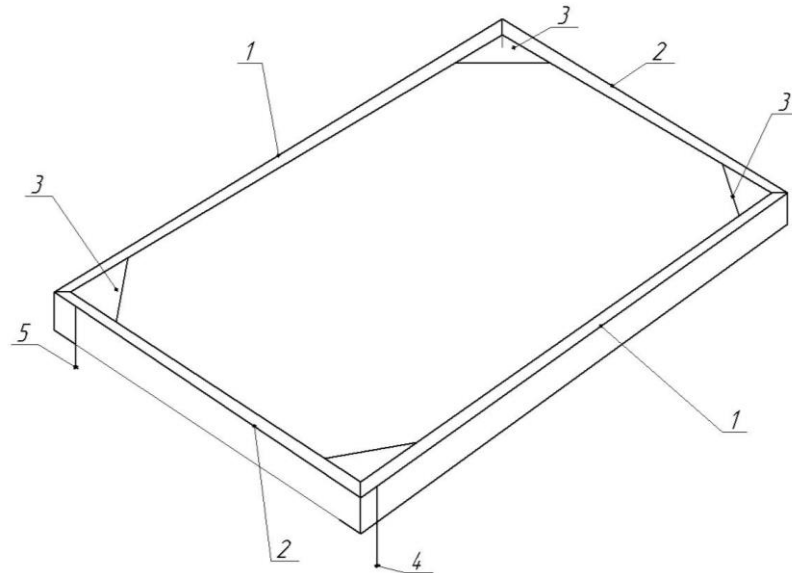
Рис. 8.11. Датчики балкового типу (Н4, Н2, Н11) для вимірювання крутних моментів

Під час виконання дослідів на стенді встановлено датчики для вимірювання зусиль, які виникають у процесі роботи лабораторного устаткування рис. 8.11.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В таблиці 8.1 представлено ряд сучасних датчиків зі своїми характеристиками та конструктивними особливостями силового та масо вимірювального типу (Н4, Н2, Н11).

На рисунку 8.12 схематично зображено рамку повзуна для встановлення з стендом.



1 - подовжні стінки; 2 – поперечні стінки;
3 – кутники; 4 і 5 - подовжні та поперечні ребра опорної поверхні;

Рис. 8.12. Рамка повзуна

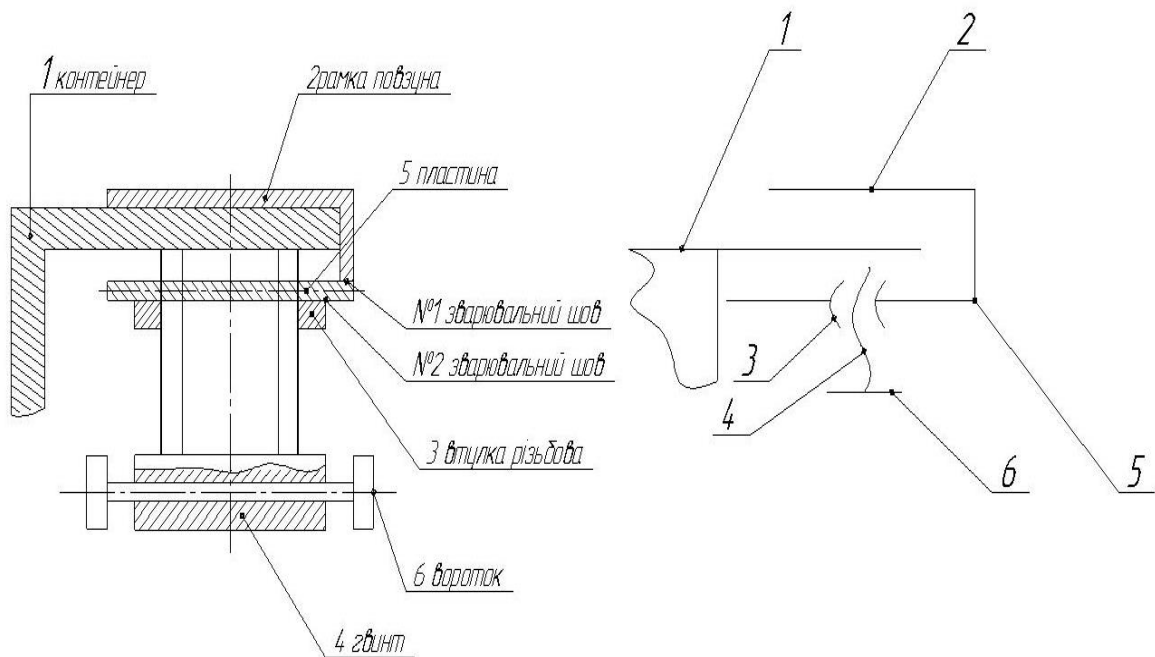
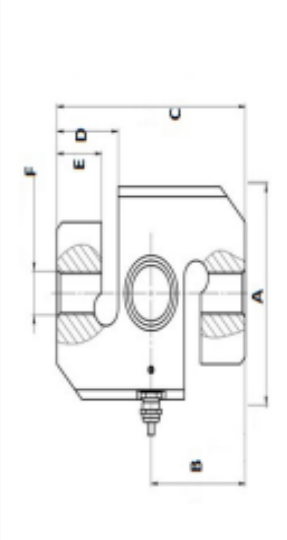
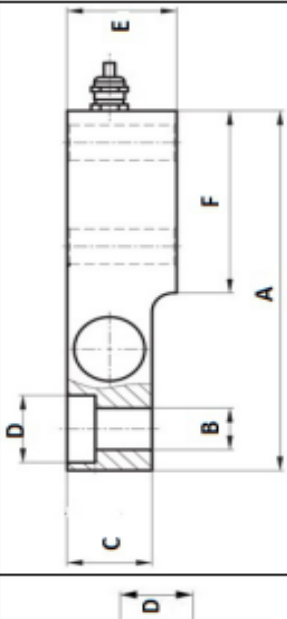
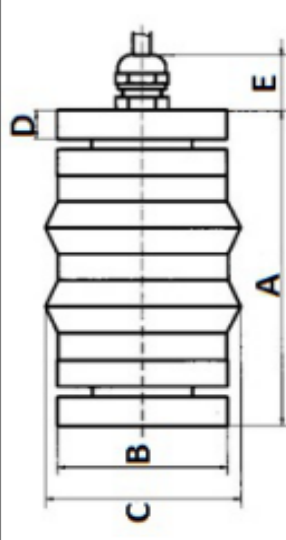
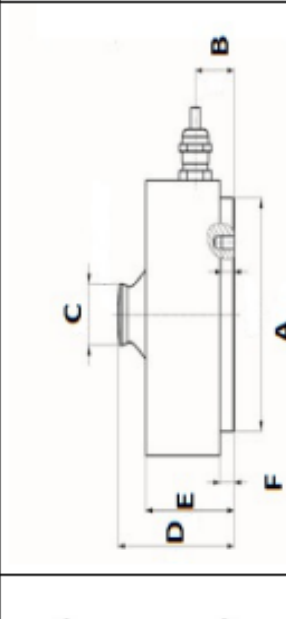


Рис. 8.13. Схема та ескіз фіксатора рамки повзуна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 8.1

Геометричні параметри вимірювальних датчиків

									
(мм)		T2	T4	H2	H4	H11	C2	C2A	C2H
A		124	210	280	245	188	120	78	130
B		21	44	33	18	13	60	40	94
C		47	72	60	52	16	120	80	188
D		20	40	51	30	13	-	-	61
E		∅48	∅65	88	60	34	-	-	44.5
F		20	25	140	120	138	M24	M12	M30
									
(мм)		MB	MB150	M70K	M100	T100A	T70A		
A		140	130	96	124	160	120		
B		50	44	27	40	98	68		
C		74.8	75	25	40	108	80		
D		131.5	-	75	100	15	11		
E		101	-	57	73	18	18		
F		77	-	9	15	-	-		

За темою даної магістерської роботи отримані 2 патенти України на винахід.

Згідно останнього запропонований наступний опис конструктивного рішення. Запропонований статичний гідравлічний ущільнювач стінок ТПГ (рис. 8.14) представляє собою базову машину 1 із стрілою 2, уздовж якої пересувається ущільнююче обладнання за допомогою канатно-блокового приводу 3 двосторонньої дії. Ущільнююче обладнання складається з рухомої консолі 4, до якої приєднано колону 5, яка має можливість відхилитися за допомогою гідроциліндра 6, шток якого приєднано до стріли. В нижньому кінці колони 5 встановлено основний вал 7 з нерухомо приєднаним гвинтом 8, на який спирається механізм утворення і розширення технологічних порожнин. У склад механізму входить додатковий вал 9, на ньому закріплено секції розпірних плит 10. Розпірні гідроциліндри 11 шарнірно з'єднано з додатковим валом 9 та розпірними плитами 12. Розпірні гідроциліндри 11 та розпірні плити 12 закріплено рівновіддалено один від одного навколо додаткового вала 9. Додатковий вал 9 встановлено рухомо на зовнішній поверхні головного вала 7. Нижньою частиною додатковий вал 9 опирається на гвинт 8, а верхньою частиною - з'єднується з механізмом приводу 13. Колона 5 з'єднана з рухомою консоллю 4 за допомогою фланця 14. Розпірні плити вільними краями притискаються до зовнішніх поверхонь сусідніх плит під дією опору ґрунту, утворюючи замкнений силовий контур ущільнення технологічних порожнин.

Ущільнюючі елементи запропонованого досліджуваного робочого органа мають жорстку конструкцію, що дає можливість застосування значних контактних тисків на ґрунт у порівнянні з пристроями з пневматичними пружно-еластичними камерами.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів переміщувались по поверхні один одного та унеможлилювали потрапляння ґрунту в середину робочого органа.

Розпірні плити 12 вільними краями притискаються до зовнішніх поверхонь сусідніх плит під дією опору ґрунту, утворюючи замкнений контур та підвищуючи надійність конструкції. Також створюється замкнений силовий контур у горизонтальній площині ТПГ, який виключає обмеження, пов'язані з масою машини, (моментом стійкості базової машини).

Шнек-бур 8 може мати змінне ножове обладнання. Також робочий орган може виконувати ущільнення ґрунту за декілька циклів з наступним заглибленням на більшу глибину, тим самим утворюючи ущільнену порожнину, що перевищує по довжині сумарну висоту розпірних плит 12. Таке технологічне рішення забезпечує заданий профіль розширення технологічної порожнини та ущільнення ґрунту. Порівняно з методом проколювання ґрунту, використовуючи комбіновану систему приводу (з використанням поліспаств, лебідок, гідромеханізмів) досліджуваний РО не створює шуму, що дозволить використовувати його у місцях, де підвищений рівень шуму і вібрації може негативно вплинути на оточуючих людей в умовах щільної міської забудови. Також процес утворення ТПГ може бути циклічний, тобто виконаний за три операції без підймання РО у вихідне положення а саме: загвинчування шнека-бура 8 РО в ґрунт, утворення ТПГ ущільненням, підйом РО у вихідне положення.

8.4. Висновки за розділом

Моделювання при проведенні лабораторних експериментальних досліджень необхідно для зменшення витрат на отримання корисних результатів, що підтверджують чи спростовують теоретичні дослідження та для виключення помилок у розрахунках щодо натурних розмірів робочих органів машин при одночасному спрощенні конструкції робочого органа і здешевленні дослідницьких робіт.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9.1. Дослідження шкідливих і небезпечних факторів для робочого органу розширювача для утворення технологічних порожнин у ґрунті під короткі фундаменти

Робочий орган розширювача у складі лабораторного станду призначений для дослідження процесу утворення технологічних порожнин у ґрунті (ТПГ) під короткі фундаменти шляхом статичного ущільнення ґрунтів у бічні сторони та дно ТПГ, а саме для визначення сили, ступеня ущільнення та несучої здатності, які створюються змінними РО. Основним приводом лабораторного станда являється електромеханічний привод, у склад якого входить електродвигун, редуктор та важільний механізм. Допоміжний привод – ручний, що забезпечує встановлення робочого органу у проектне положення на початку роботи та у транспортне положення при зміні позиції відносно короба станда.

Характеристика виробничого приміщення

Лабораторне приміщення знаходиться у нульовому поверсі навчального корпусу університету та складається з трьох кімнат, в яких розміщено лабораторні установки. У приміщеннях лабораторії відсутні вікна, а для освітлення використовуються штучні джерела світла. У приміщеннях лабораторії одні вхідні двері з вогнестійкого матеріалу. У сусідніх приміщеннях знаходиться лабораторія постачання та електрифікації залізниці. Стіни цегляні, приблизна товщина 300...400 мм. Над лабораторією знаходиться видавництво. Стельове перекриття багатошарове (керамзит-бетон, плити, профнастил). Товщина перекриття не менше 250 мм. Під лабораторією приміщення відсутні. Труби опалювання прокладені по периметру лабораторії, і через кут аудиторії прокладені в лабораторію електрифікації залізниць. Проводка виконана приховано, під штукатуркою, у стінах — через сталеві патрубки. У приміщенні лабораторії — 8 розеток (по чотири у кожному приміщенні). До лабораторних установок підведені силові кабелі. Відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроустановок споживачів напруга живлення в лабораторії — 220 і 380 В. Магістраль заземлення, виконана із смуг сталі, проходить по периметру всієї лабораторії уздовж її стін, а також по контурах більшості приміщень. У приміщенні лабораторії є пожежні датчики диму і температури. Система пожежної сигналізації може бути увімкнена автоматично або вручну.

Згідно зі стандартом «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація» шкідливі та небезпечні фактори, які можуть діяти на персонал, при виконанні роботи на устаткуванні або лабораторному стенді при експлуатації такі: недостатнє освітлення, ураження електричним струмом [82].

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Мікроклімат виробничих приміщень» відхилення окремих параметрів мікроклімату від рекомендованих значень знижують працездатність, погіршують самопочуття, і можуть привести до професійних захворювань. Так, при низькій температурі повітря відбувається охолодження організму, що сприяє виникненню простудних захворювань. При високій температурі виникає перегрів організму, що призводить до підвищеного потовиділення і зниження працездатності. Працівник втрачає увагу, що може стати причиною нещасного випадку. Швидкість руху повітря також має важливе значення, при температурі до 35...36°C чинить на людину освіжаючу дію, а при температурі більше 40°C - несприятливу. За характером виконується на ділянці робота відноситься до легкої фізичної категорії 1б (виконується сидячи, стоячи або пов'язана з ходьбою і супроводжуватись деякою фізичною напругою). У відповідності до ДСН 3.3.6.042 - 99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень в таблиці 1, приміщення де виконуються роботи такої категорії, встановлені наступні нормовані значення мікрокліматичних умов: температура повітря в холодний період року 22...24°C; відносна вологість 40...60%; температура повітря в теплий період року – 23...25°C; швидкість руху повітря не більше 0, 2 м/с [81].

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Для стабілізації мікроклімату у приміщеннях лабораторії під час виконання практичних занять потрібно використовувати системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається.

ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення, штучне освітлення передбачається у всіх приміщеннях лабораторії, місцях проходження людей. Від якості прийнятої системи освітлення залежить продуктивність та безпека праці, а також здоров'я працівників. Раціонально виконане штучне освітлення лабораторного приміщення при одній і тій же витраті електроенергії може підвищити продуктивність праці на 15...20% [81].

При штучному освітленні нормативною величиною є абсолютне значення освітленості, яке залежить від характеристики зорової праці та системи освітлення (загальне, комбіноване). Всього визначено вісім розрядів (залежно від розміру об'єкта розпізнання), у свою чергу розряди (I-V) містять чотири під розряди (а, б, в, г) - залежно від контрасту між об'єктом і фоном та контрасту між об'єктом і фоном та характеристики фону (коефіцієнта відбиття). Найбільша нормована освітленість складає 5000 лк (розряд I а), а найменша — 30 лк (розряд VIII в) з ДБН В.2.5-25-2006. Штучне освітлення, як джерело світла при освітленні використовуються лампи розжарювання та газорозрядні (люмінесцентні) лампи.

Електробезпека у лабораторії відповідає НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Оскільки у лабораторії струмопровідна підлога (бетонна) і є можливість одночасного доторкання людини до струмонепровідних частин електроустановки та металевих конструкцій, що мають контакт із землею, то вона відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою отримання електротравм. Отже лабораторія обладнана захисними засобами відповідно до ДБН В.2.5-27-2006 „Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд“ [81].

По мірі доступності лабораторія відноситься до виробничих приміщень (устаткування доступне для обслуговуючого персоналу не електротехнічних

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

спеціальностей, що не мають достатнього уявлення про безпеку при роботі з електроустановками).

У приміщенні даного класу використовується чотирипровідна електромережа з глухо заземленою нейтраллю і з нульовим захисним дротом, оскільки неможливо забезпечити хорошу ізоляцію дротів унаслідок наявності агресивного хімічного середовища. Мережа електроживлення-трифазна, 380/220 В.

Ураження електричним струмом може статися при короткому замиканні проводки на металевий корпус апаратури, при невмілому поводженні з електрообладнанням, при випадковому торканні до струмопровідних частин. Для захисту персоналу від ураження електричним струмом застосовуються: занулення, що забезпечує швидке відключення апарату при замиканні струмопровідних частин на металевий корпус; пристрої захисного відключення, що автоматично відключають електроустановку при потенційній нагоді зіткнення людини зі струмопровідними частинами; а також захисне заземлення.

Пожежна безпека в лабораторії

Причинами пожежі у лабораторії можуть стати коротке замикання у ланцюгах живлення електроустановки; значні перевантаження проводки; погані контакти у місцях з'єднання провідників, що призводять до збільшення перехідного опору, на якому виділяється велика кількість тепла; недбале поводження з вогнем; удари блискавки і ін., згідно з ДБН В.1.1.7-2002 „Пожежна безпека об'єктів будівництва“.

Оскільки у лабораторії є велика кількість електроустановки, а також різного роду паливо - мастильні матеріали, використання води для гасіння пожежі небезпечно. Тому передбачається використовувати вуглекислотні вогнегасники, у яких у якості вогнегасної речовини застосовують зріджений діоксид вуглецю (вуглекислоту). Приміщення для монтажу, регулювання і випробування лабораторного стенда повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, при якій повинно унеможливитися, а також створення умов виникнення пожежі для його успішного гасіння.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На випадок пожежі система вентиляції має бути обладнана пристроєм, що відключає її при виникненні спалаху. Після роботи необхідно відключити всі комунікації, окрім системи протипожежної сигналізації. При виникненні спалаху потрібно негайно провести організовану евакуацію персоналу і відключити системи енергопостачання.

Необхідно перевірити всі контакти і затиски в електричних ланцюгах на відсутність іскріння, електричної дуги, які можуть бути причиною спалаху електропроводки. У електричних ланцюгах повинні використовуватися лише штатні запобіжники, щоб уникнути короткого замикання і пожежі. Щоб уникнути появи зарядів статичної електрики всі корпуси устаткування повинні мати надійне і справне заземлення.

Сходові клітки, прольоти і тамбури не повинні захищатися сторонніми предметами. Всі роботи з легкозаймистими і леткими складами повинні виконуватися під примусовою вентиляцією.

Всі засоби пожежогасінні повинні знаходитися у досяжних місцях. Для гасіння проводки, що спалахнула, необхідно застосовувати вуглекислотні вогнегасники, а для гасіння дерев'яних конструкцій - пінні вогнегасники, воду або пісок. При повільному тлінні дерев'яних конструкцій можна користуватися азбестовими листами.

Приміщення лабораторії необхідно постійно підтримувати у чистоті, горюче сміття повинне систематично видалятися на спеціально відведені ділянки і по мірі накопичення вивозитися.

Відповідальним за дотримання Правил пожежної безпеки у лабораторії призначений завідувач лабораторії.

Всі струмопровідні частини, розподільні пристрої, рубильники і інші пускові апарати монтуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і тому подібне). Вимір опору ізоляції електромережі здійснюється не рідше двох разів на рік. Несправні ділянки знеструмлюються і замінюються новими. Вся електрична апаратура, встановлена в лабораторії, виконується вибухозахищеною.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Для освітлювальної проводки в лабораторії застосовуються лише дроти у кислотостійкій оболонці.

Для усунення можливості проникнення пари і газів з лабораторії у сусідні приміщення виводи дротів крізь стіни робляться із застосуванням фарфорових трубок, отвори яких закриваються кислотостійкою мастикою. На дверях лабораторії виконується крупний напис "Вогненебезпечно, з вогнем не входити", а також категорія приміщень В ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною небезпекою.

Паління у приміщенні лабораторії забороняється.

На випадок виникнення пожежі передбачена можливість евакуації людей. Евакуаційні шляхи забезпечують евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщенні лабораторії протягом необхідного часу. Число евакуаційних шляхів передбачено не менше двох.

Двері на шляхах евакуації навішуються так, щоб вони відкривалися по напрямленню виходу з будівлі. Встановлення розсувних і під'їзних дверей на дорогах евакуації не допускається. Мінімальна ширина дверей на дорогах евакуації не менше 0,8 м. Висота переходу на дорогах евакуації не менше 2 м.

Влаштування гвинтових сходів і забіжних рівнів на дорогах евакуації не допускається. Схема евакуації людей розроблена і вивішена на видних місцях. Увесь трудовий колектив проходить вивчення заходів протипожежної безпеки.

Заходи безпеки при проведенні лабораторних робіт

Перед проведенням лабораторних робіт необхідно пройти первинний інструктаж з охорони праці безпосередньо на місці виконання лабораторних робіт відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 „Типове положення про проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці» та відповідно до «Переліку робіт з підвищеною небезпекою“.

На робочому місці є прилади, клеми і інші елементи, які знаходяться під напругою. Тому при проведенні лабораторних робіт необхідно знати і виконувати наступні основні правила охорони праці.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Лабораторну роботу можна виконувати лише на справному стенді. Про виявлені несправності необхідно повідомити персонал лабораторії.

Виконувати лабораторну роботу на кожному стенді повинні одночасно не менше двох чоловік. Перед початком роботи на стенді необхідно переконатися, що всі вимикачі стенду знаходяться у положенні "Вимкнено".

Забороняється вмикати стенд без дозволу викладача або завідувача лабораторією.

Зміни у схемі за допомогою сполучних дротів можна виконувати лише при знеструмленій схемі, для чого відповідні вимикачі мають бути поставлені у положення "Вимкнено".

Усі операції з приладами і елементами, що знаходяться під напругою (регулювання, увімкнення тумблерів і тому подібне), повинні виконуватися однією людиною і лише однією рукою. Друга рука має бути вільною і не повинна доторкатися апаратури стенду.

При виявленні будь-яких пошкоджень або несправностей, а також при появі диму, іскріння або запаху перегрітої ізоляції необхідно знеструмити лабораторний стенд і повідомити про це викладачеві або завідувачеві лабораторією.

У разі враження людини електричним струмом необхідно негайно вимкнути живлення стенду. Якщо відключення напруги не може бути виконано швидко, потрібно вжити заходів щодо ізоляції постраждалого від елементів, що знаходяться під напругою. Для цього необхідно використовувати діелектричні рукавички, діелектричний килимок або застосувати такі підручні засоби, як сухий одяг, сухі дерев'яні елементи і інші ізолятори.

При втраті потерпілим свідомості і дихання необхідно звільнити його від одягу, що ускладняє дихання, і робити йому штучне дихання до прибуття лікаря.

При виконанні лабораторної роботи спочатку потрібно ознайомитися з інструкцією з керування механізмами стенда, а потім необхідно дотримуватись методичних рекомендацій навчальної дисципліни й безумовно виконувати вказівки, завідувача лабораторією, технічного персоналу й провідного викладача.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Забороняється:

- самостійно вмикати стенд;
- виконувати будь-які роботи у ґрунтовому каналі при увімкненому стенді.

9.2. Дії працівника у аварійних ситуаціях

При виявленні підтікання мастила або замикання електропроводки лабораторних засобів слід терміново доповісти завідувачу лабораторією. При виявленні обриву електричного дроту кабельних ліній слід огородити місце обриву і терміново повідомити завідувача лабораторії чи викладача та вжити заходів щодо недопущення у зону враження струмом людей (студентів).

При виявленні у зоні крокової напруги людини, слід вжити заходів для відключення електроустановки. Якщо відключення електроустановки неможливе, можна відкинути дріт сухою палицею, або відтягнути потерпілого за сухий одяг, не торкаючись оголених ділянок тіла потерпілого. При цьому слід одягнути діелектричні рукавички або намотати на руку суху тканину. Крім того слід пам'ятати, що вхід та вихід із зони крокової напруги слід здійснювати лише "тусячим кроком", не відриваючи ніг від землі.

При відключенні електроенергії у лабораторії слід терміново повідомити про це завідувача лабораторією. Самому студенту здійснювати спроби з відновлення електропостачання **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ!**

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожний працівник (студент) зобов'язаний: негайно повідомити про це пожежно-рятувальну службу (номер телефону для виклику -101). При цьому необхідно назвати точну адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище; вжити (по можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння пожежі з використанням наявних вогнегасників та інших засобів пожежогасіння; повідомити про виникнення пожежі завідувача лабораторії; перевірити та впевнитись, що пожежно-рятувальну службу викликано (продублювати повідомлення про

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежу); завідувач лабораторії чи викладач повинен очолити керівництво гасінням пожежі до прибуття підрозділів пожежно-рятувальної служби.

Завідувачу лабораторії потрібно організувати і провести з викладачами та студентами, що проводять заняття в лабораторії практичне відпрацювання дій на випадок виникнення пожежі на конкретному об'єкті.

9.3. Висновки за розділом

При роботі з РО розширювача для утворення ТПГ і для безпечної експлуатації лабораторного стенда, на якому він встановлений, потрібно чітко дотримуватися встановлених рекомендацій:

- для створення оптимальних умов роботи необхідно забезпечити в приміщенні відповідно до нормативних актів мікроклімат, штучне освітлення, шумо- і віброізоляцію;

- для запобігання нещасних випадків, потрібно дотримуватися встановлених заходів пожежної та електробезпеки;

- допускати до виконання робіт на стенді тільки тих студентів, які знають інструкцію з експлуатації даної установки та після проходження інструктажу з охорони праці.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАПРЯМКІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті виконання магістерської роботи поставлена в ній мета досягнута. Зокрема, виконані дослідження щодо підвищення ефективності утворення технологічних порожнин ущільненням ґрунту з використанням ґрунтоущільнюючих машин у технологічному процесі будівництва за рахунок розробки робочих органів ступеневої форми, зовнішня поверхня яких виконана комбінованою, і може складатися з циліндричних, конічних, сферичних, багатогранних призматичних чи пірамідальних поверхонь, які можна додати до існуючих ґрунтоущільнюючих машин для поліпшення їх характеристик.

Для досягнення поставленої мети в роботі досліджені відомі технологічні процеси влаштування фундаментів із забивних блоків, що суттєво відрізняються зменшеними розмірами елементів порівняно з традиційними палями і мають вигреш у витратах на їх реалізацію.

Розроблені комплекти фізичних моделей багатоступеневої форми з різними варіантами виконання зовнішніх поверхонь. Виготовлений комплект фізичних моделей робочих органів ступеневої форми, а також проведена серія лабораторних досліджень щодо визначення несучої здатності утворених технологічних порожнин у ґрунті.

За результатами наведеними в таблиці 7.13 видно, що максимальна енергія занурення моделі робочого органу ґрунт дорівнює 248,52 Нм, тобто можна припустити, що для дослідів №17 і ущільнення ґрунту в зоні технологічної порожнини буде максимальним. Але для дослідів №8 і № 12 енергія удару наближена до максимальної. А це означає, що вказані варіанти моделей можуть бути альтернативними з урахуванням ґрунтових умов.

Інші результати можна також класифікувати і використовувати для конкретних умов виконання технологічних порожнин у ґрунті, коли не вимагається його максимальне ущільнення згідно технології виконання робіт.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами наведеними в таблицях 7.14 – 7.16 побудовано графіки (рис. 7.7 – 7.9) залежностей витраченої енергії на занурення моделей циліндрично-конусних робочих органів від їх геометричних розмірів.

На графіку залежності $\frac{H1}{H2}$ від ΣE (рис. 7.7) видно, що побудована на їх основі апроксимуюча крива має низький коефіцієнт достовірності $R^2 = 0,001$, використано лінійний метод апроксимації - оптимальний для даної множини значень. Обмеживши множину значень $\frac{H1}{H2}$ до такої, що менша за одиницю та побудувавши додаткову апроксимуючу криву ($R^2 = 0,02$) за степеневим методом, я дійшов висновку, що висоти елементів моделей (конуса і циліндра) не мають прямого впливу на величину витраченої енергії на занурення їх у ґрунт. Висоти є лише математичними складовими об'ємів моделей, котрі в свою чергу безпосередньо впливають на сумарну витрачену енергію на занурення моделей, це очевидно демонструє графік залежності ΣV від ΣE (рис. 7.7), який має дуже високий коефіцієнт достовірності $R^2 = 0,94$. Відношення об'ємів секцій при однакових діаметрах основ також зводиться до відношення висот (графік залежності $\frac{V1}{V2}$ від ΣE на рис. 7.7), тому графік отриманої залежності подібний до вище описаного графіка. Залежність відношення об'ємів секцій $\frac{V1}{V2}$ від об'ємного розподілу сумарної витраченої енергії (сумарна кількість енергії затрачена на ущільнення одиниці об'єму ґрунту при зануренні робочого органа) $\frac{\Sigma E}{\Sigma V} = \left[\frac{Hm}{mm^3} \right]$ прийняла вигляд логарифмічної (рис. 7.7) з коефіцієнтом достовірності $R^2 = 0,42$. Очевидно, що зі зменшенням об'єму конуса густина сумарної витраченої енергії на занурення робочого органа зростає.

При використанні схеми №2 та №3 для компоновання секцій циліндрично-конічних моделей робочого органа, залежності $\frac{V1}{V2}$ від ΣE , $\frac{H1}{H2}$ від ΣE , $\frac{V1}{V2}$ від $\frac{\Sigma E}{\Sigma V}$, $\frac{H1}{H2}$ від $\frac{\Sigma E}{\Sigma V}$ мають тенденцію зростання з задовільними коефіцієнтами

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достовірності $R^2 = 0,29$, $R^2 = 0,12$, $R^2 = 0,13$, $R^2 = 0,17$ на рис. 8.8 та $R^2 = 0,14$, $R^2 = 0,17$, $R^2 = 0,13$, $R^2 = 0,11$ на рис. 7.9 відповідно.

Очевидно, що зі збільшенням об'єму і висоти циліндру, сумарна витрачена енергія та її частка на одиницю об'єму ущільненого ґрунту збільшується.

Результати матимуть доцільність при чіткому направленні на конкретну модель та на задачу, які вона виконуватиме:

- якщо це прокол ґрунту, то необхідно визначити конструкцію наголовника, яка дозволить зменшити витрати енергії та вирішить питання не осипання бічних стінок;

- якщо буріння під фундаменти споруди, то необхідне обґрунтування використання буро-набивних модулів, які дозволить збільшити несучу спроможність в декілька разів і унеможливити пошкодження споруд, що знаходяться в області небезпечної дії вібрацій від занурення традиційних паль;

- якщо це трамбування, необхідно визначити оптимальну конфігурацію робочого обладнання для машин статичної та динамічної дії за умови мінімальних затрат енергії та максимальних розмірів ядра ущільнення.

Що стосується поліпшення використання фундаментів оболонки, то подальші дослідження можуть дозволити занурювати їх у вже готові порожнини виконані одним з наведених в роботі способів або виконані за допомогою агрегату, спроектованого за принципом замкнутого силового контуру, що унеможливає статичну чи динамічну дію на ґрунт від машини та робочого обладнання. Робоче обладнання і робочі органи такої машини виконують секційними з шарнірно з'єднаними елементами, керованими гідроциліндрами. Обладнання виконує покрокове розкриття секцій та ущільнення технологічних порожнин.

					ДІТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Крутов В.И., Тропп В.Б. Фундаменти із забивних пустотілих блоків [Текст]: //Основи, фундаменти і механіка ґрунтів. – 1982. - № 6. – С. 21–24.

2. Сигалов М.Д., Тропп В.Б. Застосування раціональних конструкцій фундаментів з індустріальними методами їх облаштування [Текст]: //Пром. і житл.-цив. буд-во. – 1982. – Вип. 9. – С. 20–22.

3. Коваль В.Е., Угнивенко А.П., Оперштейн В.П. Влаштування безроствіркових пальових фундаментів [Текст]: //буд-во і архітектура. – 1981. - № 1. – С. 16–18.

4. Понін В.М., Илляшенко В.А., Гончаров Б.В. Перспектива розвитку пальового фундаментобудування [Текст]: //Основи, фундаменти і механіка ґрунтів. – 1982. - № 6. – С. 12–14.

5. Крутов В.И. Основи і фундаменти на просадкових ґрунтах. [Текст]: – К.: Будівельник, 1982. – 224 с.

6. Тропп В.Б. Експериментальні дослідження фундаментів із забивних пустотілих блоків [Текст]: //Основи, фундаменти і механіка ґрунтів. – 1984. - № 1. – С. 15–17.

7. Баловнєв В.І., Хмара Л.А., Осипчук В.І., Гришин В.А. Машини для утворення виїмок у ґрунті виштамповуваннм. [Текст]: Ж. "Будівельні і дорожні машини", № 12, 1985. – С. 7–9.

8. Хмара Л.А., Пантелієнко В.І. Високоєфективне обладнання для занурення фундаментів-оболонки в ґрунт. //Бдівництво, матеріалознавство, машинобудування. – Дніпропетровськ: ПДАБА. – 2002. – Випуск 15, Частина 3 – С. 95–96.

9. Пантелієнко В.І., Осипчук В.І. Методичні основи для визначення деяких параметрів багатомасової системи "молот-наголовник-оболонка-ґрунт". Сб. наукових праць ПДАБА. Наукові дослідження для будівництва, 1994.– с 111–116.

					ДПТ.630000.306.КРПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		