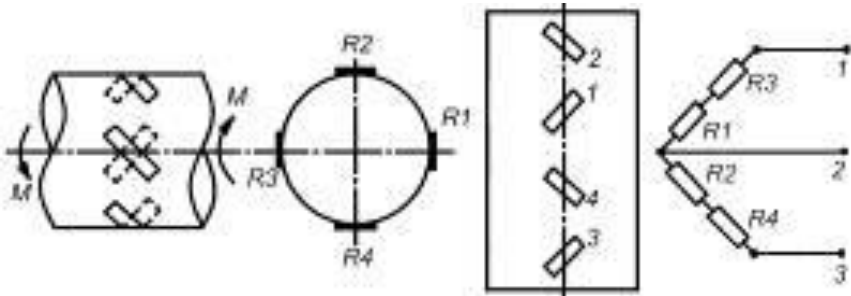


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ МАШИНИ ТА БУДІВНИЦТВО”



ВИПРОБУВАННЯ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»
спеціалізація: “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини та обладнання”
усіх форм навчання

Кропивницький 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ МАШИНИ ТА БУДІВНИЦТВО”

ВИПРОБУВАННЯ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»
спеціалізація: “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини та обладнання”
усіх форм навчання

*“Затверджено”
на засіданні кафедри “Будівельні,
дорожні машини та будівництво”
Протокол № 1 від 30.08.2017 р.*

Кропивницький 2017

Укладач: С.О. Карпушин – канд. техн. наук, доцент;

Рецензент: Є.К. Солових, доктор технічних наук, професор (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький).

Випробування машин та обладнання. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізація: «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання», усіх форм навчання.

/Укл.: С.О. Карпушин – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 48 с.

Методичні вказівки розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми підготовки магістрів напрямку «Машинобудування» та робочої програми курсу «Випробування машин та обладнання» для спеціалізації – «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» для усіх форм навчання.

Студенти денної форми навчання (курс лекцій читається на другому курсі магістратури у III семестрі) у відповідності до даних методичних вказівок виконують ряд практичних робіт передбачених робочою програмою з даної дисципліни.

Зміст лекційного матеріалу, методичне забезпечення, засоби тестового контролю, у відповідності до структури викладання курсу «Випробування машин та обладнання», наведено на сайті дистанційного навчання ЦНТУ moodle.kntu.kr.ua/?land=ru

© Випробування машин та обладнання
/Укладач: С.О. Карпушин 2017.

© РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2017

Лабораторно-практична робота №1

Тема: Будова і робота ґрунтового каналу

Мета: вивчити призначення, будову, роботу і технічні дані ґрунтового каналу.

Завдання:

- 1) ознайомитись з будовою ґрунтового каналу і його складових: тензометричного візка, моделями робочих органів, приводом візка, вимірювальною апаратурою;
- 2) вивчити динамометричний і тензометричний методи дослідження взаємодії робочих органів із ґрунтовым середовищем.
- 3) скласти звіт з даної теми, вказавши переваги та недоліки динамометричного і тензометричного методів дослідження.

1.1. Будова ґрунтового каналу

Ґрунтовий канал призначається для експериментального дослідження робочих органів машин і обладнання, в першу чергу, для визначення зусиль, що діють на окремі вузли і деталі машини, тягового опору, що виникає при пересуванні робочих органів машин і дослідження взаємодії моделей робочих органів з ґрунтом. Ґрунтовий канал використовується як для навчальних цілей, так і для науково експериментальних досліджень викладачами і аспірантами в дисертаційних роботах.

Ґрунтовий канал являє собою металевий лоток з розмірами 10х1,8х1,5 м. заповнений піщано-глинистою сумішшю, склад якої можна періодично змінювати.

Над каналом по рейках пересувається тензометричний візок, який являє собою зварну конструкцію, що спирається на чотири колеса з ребордами. Для пересування тензометричного візка спроектований привід. До приводу висувають такі вимоги: забезпечення необхідного тягового зусилля, широкого діапазону швидкостей пересування візка, плавність його ходу. В якості силового обладнання прийнято електродвигун трьохфазового струму, трансмісія трактора ДТ-75Б і барабан будівельної лебідки. Принципова схема і загальний вигляд приводу тензометричного візка наведено на рис. 1.1.

Обертовий момент двигуна 3 через ланцюгову передачу 5 передається на вхідний вал ходозменшувача 4 і далі на коробку зміни швидкостей 2. Для збільшення передаточного числа і полегшення керування пересуванням візка використовується задній міст трактора ДТ-75Б, який складається із головної передачі, бортового фрикціону і бортового редуктора.

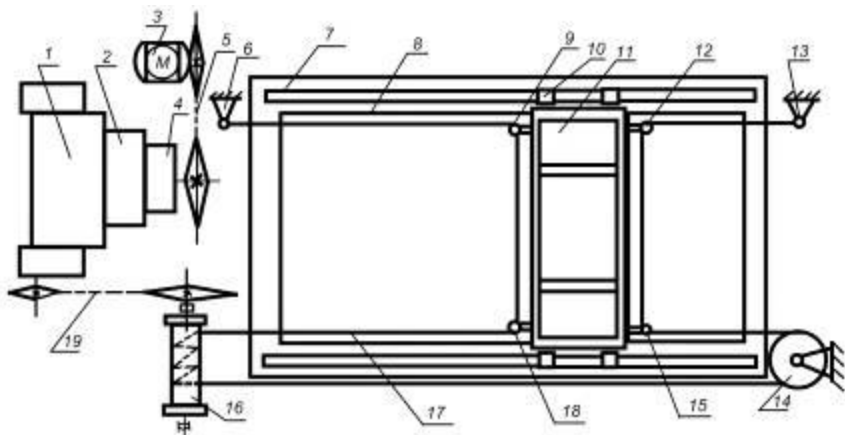


Рисунок 1.1 – Схема приводу тензометричного візка: 1 – задній міст; 2 – КПП; 3 – електродвигун; 4 – ходозменшувач; 5, 19 – ланцюгова передача; 6, 13 – опора; 7 – рамки; 8 – лоток; 9, 12, 14, 15, 16 – направляючі; 10 – ходові котки; 11 – візок; 17 – трос; 18 – барабан.

Обертний момент двигуна 3 за допомогою ланцюгової передачі 5 передається на вхідний вал ходозменшувача 4 і далі на коробку зміни передач 2.

Для збільшення передаточного числа і полегшення керування переміщенням візка використаний задній міст трактора ДТ-75Б, що складає з головної передачі, бортового фрикціону і бортового редуктора. На вихідному валові правого бортового редуктора встановлена зірочка ланцюгової передачі 19, що служить для передачі обертового моменту на вал барабана 18. Ведена зірочка цієї передачі виконана змінною. Набір зірочок разом з ходозменшувачем і коробкою зміни передач дозволяє змінити швидкість пересування візка в широких межах від 0,01 м/хв. до 3 м/хв. із великим числом проміжних величин. Механізм пересування візка трособлочний. Трос закріплюється на опорі 6, проходить через направляючі блоки 9 і 16, виходить на барабан 13. З барабана трос іде на проміжний блок 14 і далі, знову на направляючі блоки 12 і 15, минаючи які закріплюється на опорі 13. Така конструкція дозволяє уникнути перекосу візка при русі уздовж каналу.

Схема вимірювання сил різання дана на рис. 1.2. При визначенні сил різання можливі два методи виміру: динамометричний і тензометричний.

Основним методом досліджень робочих органів землерийних машин у даний час є тензометричний метод, заснований на вимірі електричного опору тензодатчика, міцно з'єднаного з досліджуваною деталлю, при його деформації разом з останньою.

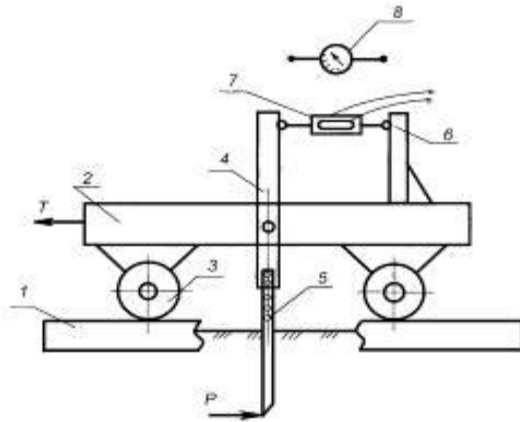


Рисунок 1.2 – Схема вимірювання сил різання: 1 – рейки; 2 – тензометричний візок; 3 – котки; 4 – кронштейн кріплення робочих органів; 5 – ніж, що досліджується; 6 – стояк; 7 – тензоланка; 8 – динамометр; P – сила різання; T – сила тяги

При ввімкненні у вимірювальну схему датчики з'єднують за допомогою одинарного моста Уїтстона. Основна задача якого полягає в тому, щоб перетворити зміни електричного опору датчика в електричний струм або напругу.

В залежності від прийнятої схеми з'єднання датчика в плечах моста можна вимірювати деформації розтягання, стиску, згину, кручення.

Головною перевагою тензометричного способу з використанням тензодатчиків опорів при дослідженні землерийних робочих органів є його універсальність, висока точність виміру (помилка не перевищує 10...12 %), а також можливість синхронно вести запис безлічі досліджуваних і взаємозалежних параметрів на одній стрічці у виді окремих ліній. Тому для виміру сил і моментів використовуємо метод тензометрування.

Динамометричний метод у лабораторних умовах можна використовувати як перевірочний.

Лабораторно-практична робота №2

Тема: Будова і робота вимірювально-реєструючої апаратури.

Мета: Вивчити призначення, будову, роботу, технічні дані вимірювально-реєструючої апаратури для тензометрування.

Завдання:

- 1) Ознайомитись із будовою і роботою тензорезисторів і тензоланок.
- 2) Вивчити методи вимірювань напружень згину, зсуву, кручення та апаратуру для їх визначення.
- 3) Провести наклеювання тензорезисторів на тензобалку.
- 4) Скласти звіт з даної теми.

2.1. Будова тензоопорів (тензодатчиків).

Вимірювання механічних напружень тензооперами засновані на зміні електричного опору провідника струму при його деформації. Тензоопераи бувають дротяні і фолієві.

Дротяні тензоопераи (датчики) (рис. 2.1) являють собою зигзагоподібний константановий дріт діаметром 0,02-0,05 мм, який розташований між двома тонкими смужками паперу або плівки і приклеєний до них.

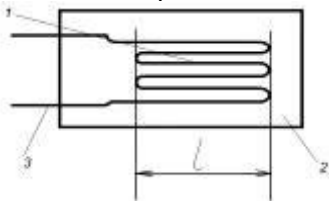


Рисунок 2.1 – Дротяний тензоопір: 1 – тензодріт; 2 – підкладка; 3 – струмовивідні кінці (контакти).

Для зручності електричного монтажу до кінців дротів припаюють мідні струмовивідні дроти діаметром 0,1-0,2 мм і довжиною 20-30 мм.

Недоліком дротяних тензоопераів є кінці ділянок, що складають петлі, мають поперечну чутливість. Це знижує чутливість датчика в порівнянні з чутливістю матеріалу дроту на 20-30 %, викликає зміну опору R від поперечних деформацій, що спотворює покази датчика. Разом з тим, дротяні датчики є самими поширеними дякуючи простоті виготовлення.

Фолієві тензоопераи (датчики) (рис. 2.2) складаються із стрічки товщиною 4-12 мікрон, частина металу якої вибрана травленням, а та що залишилася є самим датчиком. Частини, що сприймають поперечні деформації, мають більший переріз і, відповідно, менший опір, тому реакція датчика на поперечні деформації незначна. Кінці товсті, тому легко здійснюються виводи. Розташування сітки може бути будь-яким, зокрема, радіальним.

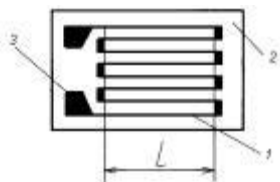


Рисунок 2.2 – Фолієвий тензоопір: 1 – стрічка; 2 – підкладка; 3 – струмовивідні кінці.

Недолік – дуже тонка стрічка, яка може ламатися, що знижує надійність.

2.2. Вимірювання напружень розтягу і стиску

При вимірюванні деформацій від розтягуючого або стискуючого навантаження на деталі, які мають симетричний відносно нейтральної осі розріз, монтажна і вимірювальна схема датчиків будуть мати два робочих і два компенсаційних датчики в кожному плечі (рис. 2.3). Датчики R_1 і R_1' наклеюють на деталі на діаметрально протилежних відносно нейтральної осі волокнах. На цю ж поверхню в перпендикулярному напрямку наклеюють компенсаційні датчики R_2 і R_2' . Така схема не чутлива до деформацій від згинаючого навантаження і від зміни температури.

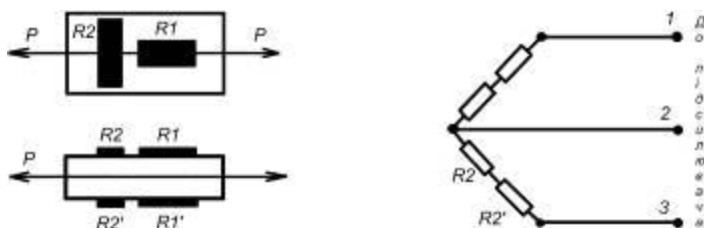


Рисунок 2.3 – Схема під'єднання датчиків для реєстрації деформацій розтягу-стиску з виключенням згину.

2.3. Вимірювання напружень згину

Монтажна і вимірювальна схеми датчиків для вимірювання деформацій від згину деталі в досліджуваному перерізі приведена на рис. 2.4.

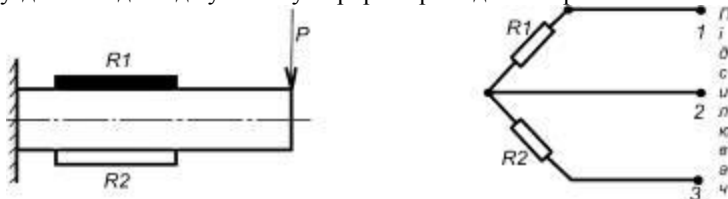


Рисунок 2.4 – Схема ввімкнення датчиків для реєстрації деформації.

Датчики R_1 і R_2 , що ввімкнені в сусідні плечі вимірювального містка, накладають на деталь, навантажену згинаючим моментом.

Один із датчиків R_1 , наклеюють на поверхню деталі, на які діють напруження розтягу, а другий датчик R_2 – на поверхню, на яку діє таке ж по величині напруження стиску, тобто датчики R_1 і R_2 підлягають деформаціям, однаковим по величині, але протилежним за знаком. При цьому виключається вплив температури на показ датчиків, так як при зміні температури обидва датчики деформуються на однакову по величині і знаку величину. Оскільки вони включені в сусідні плечі моста, струм у вимірювальній діагоналі моста не змінюється. Таким чином, тут забезпечується так звана схемна термокомпенсація. Другою перевагою такої схеми – чутливість датчиків в два рази більша, як при одному активному датчику.

2.4. Вимірювання напружень зсуву і кручення.

При вимірюванні напружень кручення (обертового моменту) датчики наклеюють на зовнішню поверхню валу, яка підлягає скручуванню і вмикають в мостову схему так, як показано на рис. 2.5.

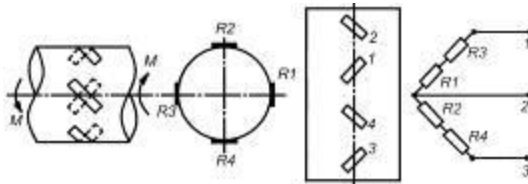


Рисунок 2.5 – Схема ввімкнення датчиків для реєстрації деформацій кручення.

Датчики 1-й і 3-й сприймають стиск, а 2-й і 4-й – розтягування. Тому датчики 1-й і 3-й вмикають послідовно в одне плече моста, а 2-й і 4-й – в сусіднє плече. Деформація кожного з датчиків змінює струм у вимірювальній діагоналі мосту в одному напрямку. Така схема забезпечує температурну компенсацію.

Якщо вал, який досліджується, окрім кручення навантажений згинаючим моментом, то датчики, що розташовані на протилежних кінцях діаметру вала (1 і 3, 2 і 4) деформуються на однакову величину в протилежних напрямках. Враховуючи те, що кожна пара таких датчиків розташована в одному плечі моста, то сумарний опір плеча моста (R_1+R_3 і R_2+R_4) і струм в діагоналі моста при цьому не змінюється, тобто вплив згину на показ датчиків виключається.

Одним з елементів вимірювальної електротензометричної системи є реєструючий пристрій. Для реєстрації, як статичних так і динамічних процесів, переважно використовуються світлопроменеві осцилографи. Серійно випускається багато світлопроменевих осцилографів, які відрізняються конструк-

тивним оформленням і технічними характеристиками, але усі вони побудовані приблизно по одній принциповій схемі.

Принципова схема осцилографа показана на рис. 2.6.

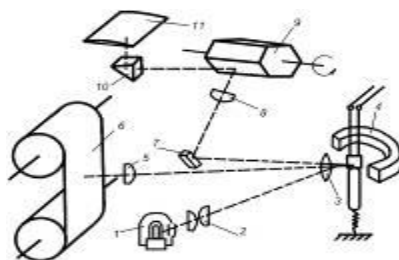


Рисунок 2.6 – Схема магнітоелектричного (шлейфового) осцилографа: 1 – лампа; 2, 3, 5, 8 – лінзи; 4 – вібратор; 6 – фотострічка; 7 – дзеркальце; 9 – барабан; 10 – призма; 11 – екран.

Основним робочим елементом осцилографа є вібратор (шлейф). Вібратор 4 представляє собою гальванометр, котушка якого з метою зменшення моменту інерції виконана у вигляді однієї петлі, розміщеної в магнітному полі сильного постійного магніту (рис. 2.7).

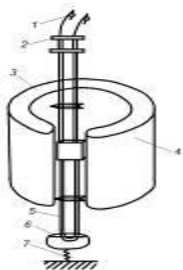


Рисунок 2.7 – Схема петльового вібратора: 1 – виводи; 2 – утримувачі; 3 – полюси магніту; 4 – дзеркало; 5 – петля; 6 – блок опори петлі; 7 – натяжна пружина.

До петлі приклеєне дзеркальце площею біля 1 мм^2 . Петля вібратора ввімкнена у вимірювальну діагональ мосту, при проходженні струму через петлю вона разом з дзеркальцем, внаслідок взаємодії струму і магнітного поля, скручується на кут, пропорційний величині струму, що проходить через неї, тобто на кут, пропорційний деформації датчика.

Внаслідок малої маси вібратор практично безінерційний, що дає можливість досліджувати процеси з частою коливань в декілька тисяч Герц.

Вібратор розташований в корпусі, що заповнений для заспокоювання ко-

ливань маслом, в корпусі є отвір, в якому вмонтована лінза 3.

Промінь світла від лампи 1 проходить через щілину її корпусу, через лінзи 2 конденсатора, через лінзу 3 і падає на дзеркальце вібратора. Відбившись від дзеркальця, промінь проходить через лінзи 3 та 5 і падає на рухому фотострічку 6, яка може рухатись з різною швидкістю.

Якщо через вимірювальну діагональ моста струм не проходить, то дзеркальце вібратора знаходиться у вихідному положенні і на фотострічці викреслюється нульова лінія.

Якщо через вимірювальну діагональ моста проходить струм постійної величини (стержень з наклеєним на нього датчиком знаходиться під дією постійного навантаження), то на стрічці викреслюється пряма лінія на деякій відстані від нульової лінії, якщо величина струму, що поступає у вимірювальну діагональ моста, змінюється, то на фотострічці викреслюється крива або ломана лінія.

Частка світлового променя, що йде від вібратора, відсикається дзеркальцем 7 і відбиваючись від нього, проходить через лінзу 8 і падає на багатогранний дзеркальний барабан 9, що обертається. Відбиті від дзеркального барабана промені, переломлюючись, проходять через призму 10 і по трапляють на матове скло 11, на якому відтворюється записуючий на стрічці процес, що вивчається для візуального спостереження. Внаслідок обертання барабана 9 світловий "зайчик" на матовому склі 11 переміщується в напрямку, перпендикулярному до його відхилення, що задається вібратором.

Якщо шляхом регулювання швидкості обертання дзеркального барабана 9 досягнути співпадання періоду передачі зображення з періодом процесу, що досліджується, то промінь буде викреслювати на матовому склі 11 зображення кривої цього процесу, яке буде здаватися спостерігачу нерухомим.

В залежності від конструкції осцилографа в його склад входить від 4 до 30 вібраторів, що дозволяє фіксувати на фотострічці одночасно декілька процесів (на схемі показано тільки один). Нульова лінія може записуватись або одним із вібраторів, або при допомозі спеціального дзеркальця.

Світлопроменевий осцилограф К115 призначений для одночасної реєстрації світловим променем на фотострічці з ультрафіолетовим записом або фотографічним записом і хімічним проявленням і візуального спостереження до 12 процесів зміни по часу електричних величин. Він має пересувне виконання. Границі електричних величин, що реєструються, по струму - до 6 А, по напрузі - до 600 В.

Осцилограф типу К115 представляє собою скомплектовані на монтажному столі переносний осцилограф типу Н115, блок живлення П133 і два магазину шунтів і додаткових опорів типу Р155 (рис.2.8).

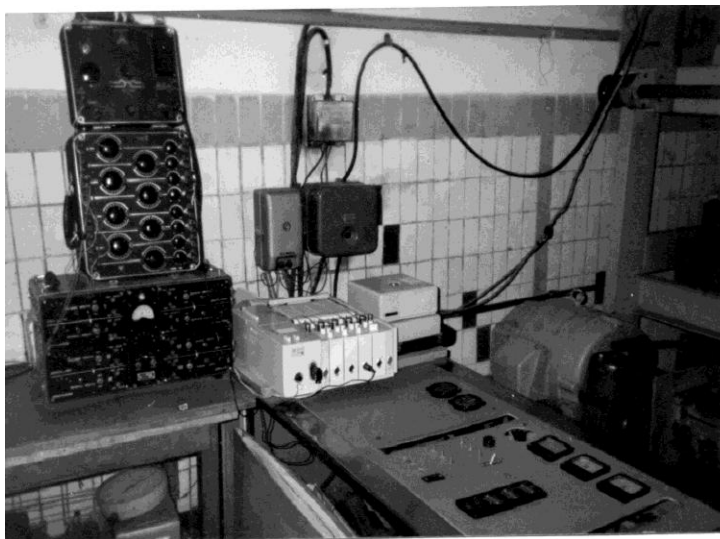


Рисунок 2.8 – Загальний вид стаціонарно встановленого комплексу вимірювально-реєструючої апаратури.

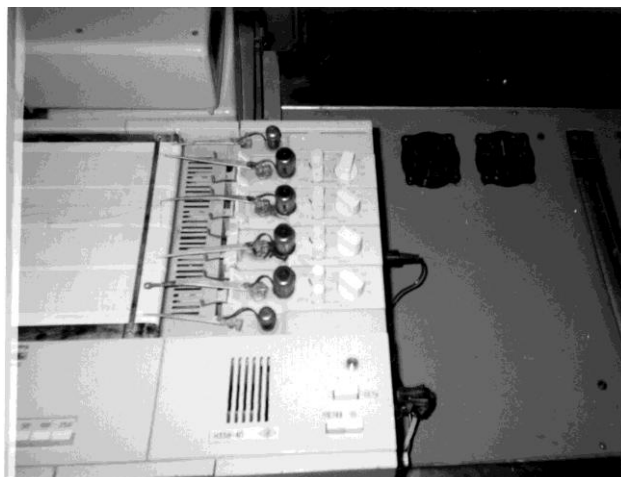


Рисунок 2.9 – Загальний вид самописця НЗЗ8-4П, що може бути використаний (варіант) замість осцилографа.

Лабораторно-практична робота №3

Тема: Лабораторне обладнання для фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин (ЗТМ).

Мета: Вивчити лабораторне обладнання для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ.

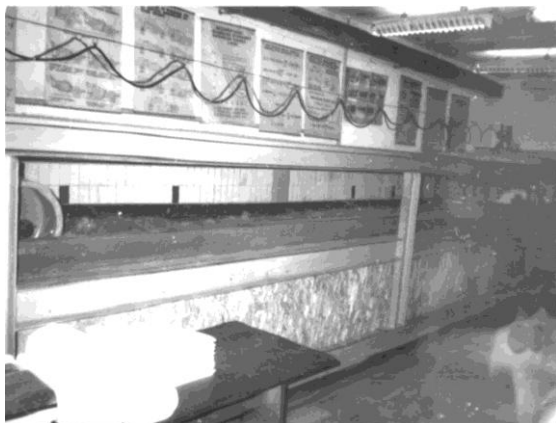
Завдання:

- 1) Ознайомитись з будовою стенду для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ;
- 2) Ознайомитись з вимірювальною системою для реєстрації параметрів взаємодії моделей робочих органів з середовищем, що розроблюється;
- 3) Вивчити основні положення по підготовці моделюючого середовища;
- 4) Вивчити методику планування та статистичної обробки експериментальних досліджень.
- 5) Скласти звіт з роботи.

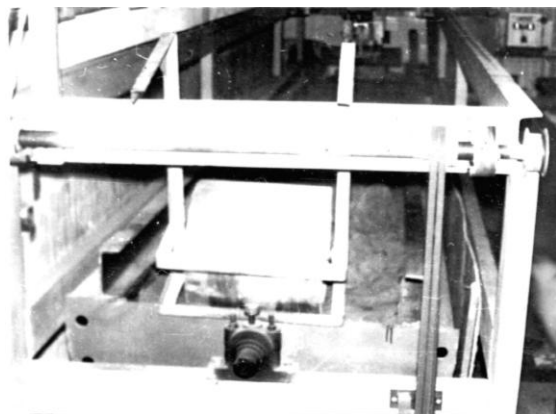
3.1. Конструкція та принцип дії стенду для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ

Експериментальні дослідження робочого процесу чагарниково-болотного плуга, бульдозера, скрепера, автогрейдера, струга, розпушувача що обладнуються різними за конструкцією ріжучими елементами квазістатичної дії та працюють за різними технологічними схемами можуть проводитися на стенді для фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин кафедри БДМБ [1]. Загальний вид стенду і його конструктивна схема представлені відповідно на рис. 3.1 і рис. 3.2.

Стенд складається з ґрунтового контейнера 1, стола з приладами 2, пульта керування 3, привідної станції 4, клинопасової передачі 5, привідних шківів 6, ущільнюючого котка 7, несучої рами 13, виконаної у вигляді просторової ферми, верхні пояси якої служать направляючими для тензометричного візка 11, тягових канатів 9, направляючих блоків 12. Для опускання-піднімання, при незмінному куті установки досліджуваної моделі РО, на рамі тензометричного візка 11 встановлений паралелограмний механізм 15. Досліджуваний РО 17 встановлюється на г – подібному кронштейні 10 паралелограмної підвіски 15 за допомогою універсальних г – подібних тензоланок 16 і вертикальної, шарнірно встановленої осі 8, яка виконана рухомою для установки необхідного кута різання. Для адаптації поверхні модельованого середовища, що сплановане, під досліджуваний РО, контейнер 1 повинен бути встановлений з можливістю повороту щодо власної повздовжньої осі на підшипниках ковзання 14.



а)



б)



в)

Рисунок 3.1 – Стенд для випробування землерийних і зем-
лерийно-транспортних машин на фізичних моделях РО:
а, б – відповідно вид збоку і зпереду;
в – тензометричний візок з встановленою моделлю РО.

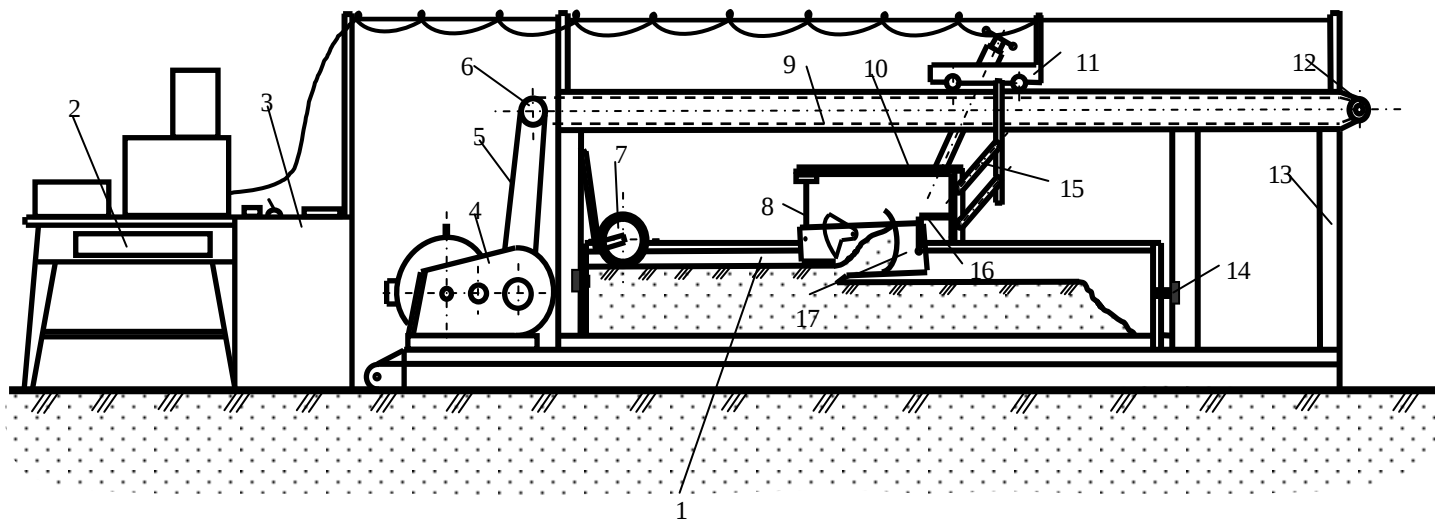


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема стенда для фізичного моделювання робочих процесів землерийних та землерійно-транспортних машин.

Переміщення моделі в ґрунтовому каналі 1 відбувається спільно з тензометричним візком 11 (див. рис. 3.2, в), що приводиться в рух привідною станцією за допомогою клинопасової передачі і тягових канатів. Привідна станція складається з електродвигуна постійного струму, живлення якого здійснюється від генератора, 3-х швидкісної коробки зміни передач і двоступінчатого редуктора. Прилади контролю і керування приводом зосереджені на пульті керування стендом, поряд з яким розташовується стіл з підсилюючою і реєструючою апаратурою. Конструкцією стенду передбачений додатковий пульт керування, встановлений на тензометричному візку, який дозволяє знизити працемісткість проведення експериментальних досліджень.

Для підготовки ґрунтового середовища, що перебуває в ґрунтовому контейнері, використовується комплект розпушувально-планувального інструменту і ущільнюючий коток.

Моделюване середовище. Моделювання ґрунту здійснюється піщано-глинистою сумішшю, що складається з 85% кварцового піску і лесовидного суглинку [1]. Для лабораторних досліджень з РО землерийних машин можна застосовувати не повне моделювання фізико-механічних властивостей середовища, що розробляється. Належність ґрунту до тієї або іншої категорії визначається по показнику C_{y0} . Також здійснюють вимірювання і підтримують постійною для даної категорії величину вологості ґрунту.

Контроль вологості, міцності, щільності модельованого ґрунтового середовища, температури навколишнього середовища, маси набраного в ківші ґрунту і інших, необхідних при проведенні експериментальних досліджень параметрів, виконується за допомогою лабораторного обладнання: букс, сушильної шафи, аналітичних вагів з комплектом гир, моделі динамічного щільноміра ДОРНИИ, термометра, сдвигового приладу, лінійки 0,5м.

3.2. Вимірювальна система

Вимірювальна система стенду для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ являє собою комплект стаціонарно встановлених приладів, які призначені для тензометрування досліджуваних процесів. Блок-схема системи вимірювання показана на рис. 3.3.

Основними елементами системи є універсальні тензоланки, на яких наклеєні тензодатчики $R_1, R_2, R_3; R_4, R_5, R_6, R_7, R_8$. Тензодатчики R_1, R_2, R_3 наклеєні на вертикальному плечі тензоланки і призначені для вимірювання поздовжніх навантажень, R_5, R_6, R_7, R_8 – для вертикальних. З'єднання датчиків виконано за напівмостовою схемою.

До комплекту вимірювальної системи стенду також належать підсилювач і реєстраційний прилад (осцилограф, самописець). Живлення напівмосту забезпечується від підсилювача, канали якого з'єднані з відповідними напівмостами екранованими провідниками. Вимірювані сигнали, які виникають в напівмостах тензометрів, підсилюються в підсилювачі і подаються на відповідні канали реєстраційного приладу. Живлення всіх приладів відбувається

від відповідних блоків живлення, що під'єднані до зовнішньої мережі напру-
гою $U = 220 \text{ В}$.

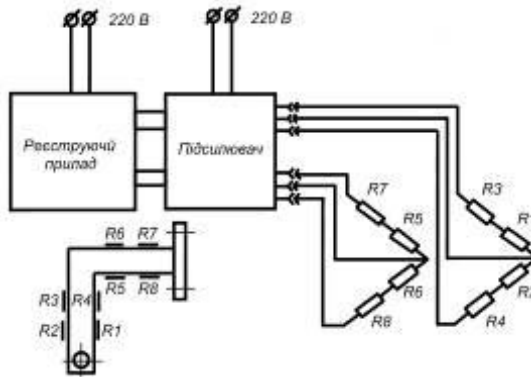


Рисунок 3.3 – Блок схема системи вимірювання.

3.3. Моделюване середовище.

Зміна фізико-механічних властивостей ґрунту, в залежності від масштабу моделі є важливою умовою наближеного фізичного моделювання. З аналізу критеріїв подібності випливає, що в процесі моделювання такі характеристики ґрунту, як зчеплення C_w і кут внутрішнього тертя ρ , потрібно змінювати пропорційно масштабу моделювання, а щільність ґрунту γ_i , кут зовнішнього тертя δ , змінювались не більш ніж в межах точності вимірювання.

В якості комплексного параметра, що визначає міцнісні характеристики ґрунту, при експрес-аналізі, використовується – кількість ударів динамічного щільноміра.

Моделювання ґрунту досягається піщано-глинистою сумішшю, яка складається з 85 % піску та 15 % лесовидного суглинку.

Визначення потрібних фізико-механічних властивостей середовища, що розроблюється відбувається з урахуванням рівності наступних критеріїв подібності:

$$\frac{\gamma_M l_M}{\sigma_M} = \frac{\gamma_H l_H}{\sigma_H}; \frac{\gamma_M l_M}{\tau_M} = \frac{\gamma_H l_H}{\tau_H}; \frac{\gamma_M l_M}{C_{WM}} = \frac{\gamma_H l_H}{C_{WH}}; \frac{C_M V_M}{\sigma_M l_M} = \frac{C_H V_H}{\sigma_H l_H}; \text{tg } \varphi_M = \text{tg } \varphi_H, \quad (3.1)$$

де γ – щільність ґрунту; l – визначальний лінійний розмір робочого органу; σ – нормальне напруження; τ – дотичне напруження ґрунту; C_w – зчеплення ґрунту; φ – кут внутрішнього тертя ґрунту; C – кількість ударів динамічного щільноміра, яка відповідає питомій енергоємності занурення в ґрунт круглого штампа; V – швидкість руху робочого органу.

Підготовка моделюючого середовища відбувається шляхом його зволоження, ретельного перемішування та ущільнення до потрібної міцності, яка контролюється динамічним щільноміром.

$$C_m = \frac{C_n}{K_1}; \quad C_{wm} = \frac{C_{wn}}{K_1}. \quad (3.2)$$

Додержання співвідношення (3.2) гарантує фізичну подібність моделюючого середовища, що дозволяє забезпечити подібність процесів, які відбуваються при копанні ґрунту робочим обладнанням моделі та натури.

3.4. Зміст експериментальних досліджень

Основу експерименту складає методика. Методика експерименту являє собою систему прийомів і засобів для послідовного найбільш ефективного здійснення експериментальних досліджень. Методика експерименту складається з наступних пунктів:

- визначення мети та задач експерименту;
- вибір об'єкту дослідження;
- визначення предмету дослідження;
- визначення обладнання і вимірювальних приладів для проведення експериментальних досліджень;
- визначення критерію оцінки процесу; вибір факторів, що змінюються;
- обґрунтування по трібної кількості вимірювань;
- порядок проведення експериментальних досліджень;
- обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

Мета та задачі експерименту обґрунтовуються на підставі раніш відомої інформації, висунутої гіпотези і виконаних теоретичних дослідженнях.

Вибір факторів, що змінюються – це встановлення основних і другорядних характеристик, які впливають на процес, що досліджується. На підставі аналізу розрахункових або теоретичних схем процесу всі фактори класифікуються, і далі з них вибирається ряд найбільш впливових.

Обґрунтування засобів вимірювання включає вибір потрібних для спостереження та вимірювання приладів, обладнання, машин, апаратів та ін.

Визначення потрібної мінімальної кількості повторних вимірювань потрібно для забезпечення стійкого середнього значення величини, що вимірюється, яке задовольняє заданій ступінь точності. Встановлення потрібної мінімальної кількості вимірювань має велике значення, оскільки забезпечує отримання найбільш об'єктивних результатів при мінімальних витратах часу та засобів і визначається по окремій методиці [4].

В методиці експерименту докладно описується процес проведення експерименту. Спочатку складається послідовність проведення операцій вимірювання і спостереження. Потім ретельно описується кожна операція окремо з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту. Важливу увагу потрібно приділяти методам контролю якості операцій, які забезпечують при мінімальній кількості вимірювань високу надійність та задану точність.

Важливим розділом методики проведення експерименту є вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних.

Лабораторно-практична робота №4

Тема: Тарування вимірювальної системи і обробка осцилограм.

Мета: Вивчити принцип дії тарувального стенда для тарування тензопаратури.

Завдання:

- 1) Ознайомитись з будовою тарувального стенда.
- 2) Провести тарування тензоланки.
- 3) Провести обробку тарувальної діаграми.
- 4) Скласти звіт з роботи.

4.1. Тарування вимірювальної системи

Суть тарування полягає в визначенні відповідності між відхиленням реєструючого сигналу від нульового положення і навантаженням, яке діє в заданому напрямі.

При дослідженні дотичної складової опору ґрунту копанню робочими органами ЗТМ (наприклад, зубом розпушувача) для тарування вимірювальної системи використовується гнучкий канат 1, з кінцевим гаком 2, блок 3, гакова підвіска 4 і тарувальні вантажі 5 (рис. 4.1). Тарувальний канат за допомогою кінцевого гака 2 зачіплюється за лезо робочого органу, а до другого кінця, що огинає блок 3, підвішується гакова підвіска 4, на яку встановлюються тарувальні вантажі 5.

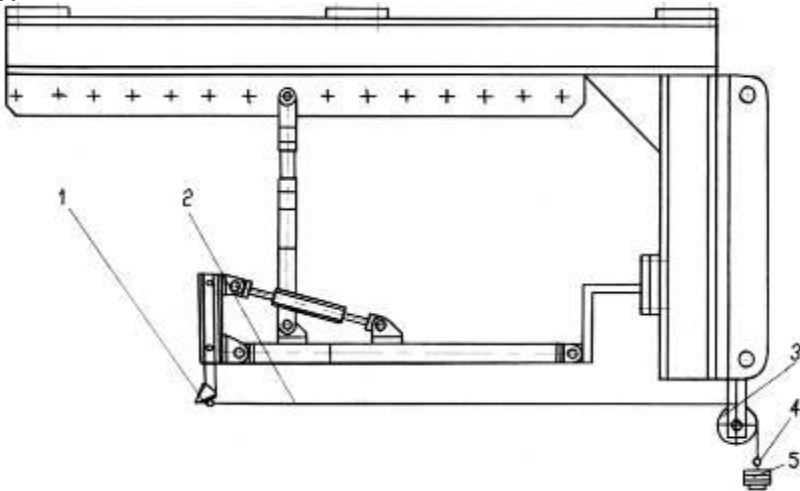


Рисунок 4.1 – Схема тарувальної системи.

Тарування вимірювальної системи виконується наступним чином: при відчепленому від ножа тарувальному канаті, відбувається балансування напівмостів тензометрів, яка дозволяє встановити реєструючий сигнал в нульове

положення. Дане положення записується на осцилограму. Далі до леза робочого органу поєднується тарувальний канат і послідовно встановлюються на гакову підвіску 3-5 тарувальних вантажів. При цьому, після установки кожного з них відбувається ввімкнення стрічкопротяжного механізму реєструючого приладу. Після установки та реєстрації останнього тарувального вантажу відбувається послідовне розвантаження гакової підвіски з відповідною реєстрацією даних на осцилограмі.

Після закінчення тарування на осцилограмі залишається зображення даних тарування (рис. 4.2).

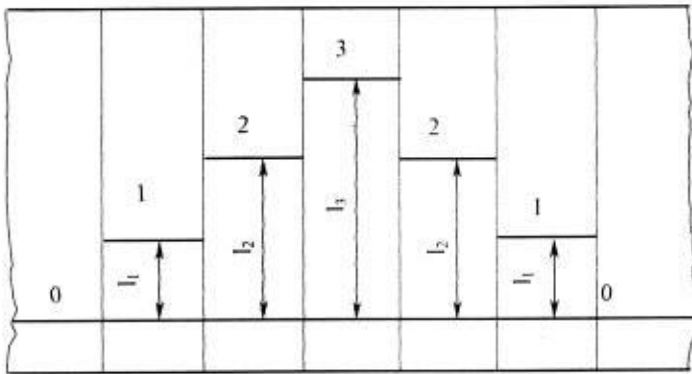


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд тарувальної осцилограми

Положення відрізків 1, 2, 3 відносно нульової лінії відповідає величинам тарувальних навантажень

$$l_1 \rightarrow G_1^T ; l_2 \rightarrow G_1^T + G_2^T ; l_3 \rightarrow G_1^T + G_2^T + G_3^T .$$

Якщо відома величина тарувальних вантажів і замірів відхилень l_1 , l_2 та l_3 , можливе визначення коефіцієнтів тарування

$$\bar{K}_T = \frac{1}{2} \left(\frac{G_1^T}{l_1} + \frac{G_1^T + G_2^T}{l_2} + \frac{G_1^T + G_2^T + G_3^T}{l_3} \right) . \quad (4.1)$$

Значення отриманого коефіцієнта використовується для розшифровки осцилограм досліджуваних процесів У цьому випадку величина діючого в процесі копання зусилля P_i визначається залежністю

$$P_i = K_T l_i ,$$

де l_i – відхилення сигналу від нульового положення в потрібному нам місці осцилограми, яке вимірюється в мм.

Для розшифровки осцилограми часто використовуються тарувальні графіки, які будуються по даним тарувальних осцилограм. Вид тарувального графіка показано на рис. 4.3. Наявність тарувального графіка значно спрощує

процедуру розшифровки осцилограми і забезпечує потрібну точність вимірювання параметрів, що досліджуються.

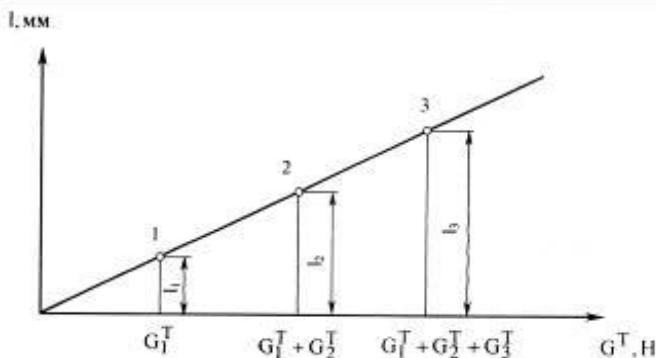


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд тарувального графіка.

4.2. Обробка і розшифровка осцилограм

В результаті реалізації кожного дослідів на стрічці осцилограми залишається безперервний запис величини реєстрованого параметра P_l . Загальний вигляд отриманої осцилограми показано на рис. 4.4.

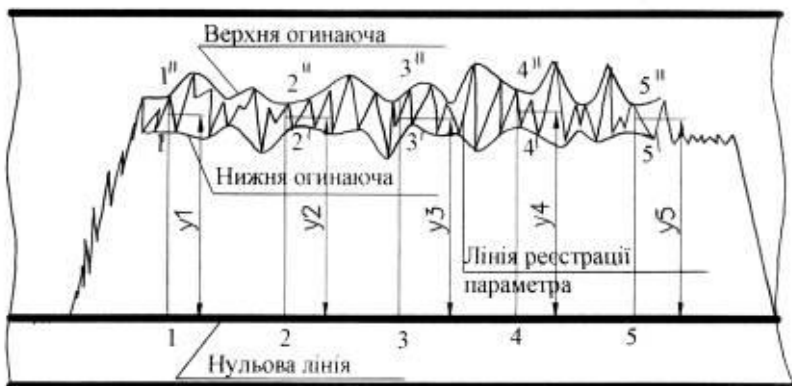


Рисунок 4.4 – Схема фрагменту осцилограми

Для отримання числових значень вимірюваного параметра P_l осцилограма може бути опрацьована різними методами: планіметриванням, скануванням і методом координат.

Найбільш поширеним серед названих є метод координат, який пропонується використовувати в учбових лабораторних роботах.

Для обробки осцилограми методом координат потрібно:

- гостро заточеним олівцем на осцилограмі відмітити нульову лінію;
- по пікам максимальних і мінімальних відхилень реєструючого сигналу провести верхню і нижню огинаючи криві;
- на кривій реєстрації відмітити початок і кінець сталої стадії процесу, що вивчається і через вказані відмітки опустити на нульову лінію перпендикуляри 1, 5;
- довжину відрізка нульової лінії між ординатами початку і кінця реєстрації перпендикулярами 2, 3 і 4 розділити на рівні інтервали миттєвих значень вимірюваного параметра. Кількість інтервалів залежить від погрібної кількості значень вимірюваного параметра P_l . Для учбового експерименту пропонується кількість інтервалів приймати в межах 4-х або 6-й;
- відрізки $1^I, 1^{II}, 2^I, 2^{II}, \dots, 5^I, 5^{II}$, що відображають миттєвий інтервал варіації параметра P_l при перетині ординатами 1, 2, ..., 5 верхньої і нижньої огинаючих кривих, поділити на дві рівні частини. Користуючись вимірювачем заміряти середні значення ординат $y_1, y_2, \dots, y_5$. Отримані значення в мм за допомогою тарувального графіка або коефіцієнта тарування K_T перевести в розмірність сили (H) і занести в робочу таблицю, форма якої надається в кожній наступній лабораторній роботі;
- отриманий масив цифрової інформації підлягає статистичному аналізу, на основі якого при потребі будуються відповідні графіки та діаграми.

Середнє значення випадкової величини визначається по формулі

$$P_l = \frac{\sum_{i=1}^n P_{li}}{n}, \quad (4.2)$$

де n – кількість інтервалів

При відомому вибіркового значенні визначаємо дисперсію

$$S_{(P_l)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{li} - \bar{P}_l)^2}{n-1}, \quad (4.3)$$

та середньоквадратичне відхилення

$$S_{(P_l)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{li} - \bar{P}_l)^2}{n-1}}. \quad (4.4)$$

Тоді коефіцієнт варіації P_l буде дорівнювати

$$K_{var} = \frac{S_{(P_l)}}{\bar{P}_l} 100, \%. \quad (4.5)$$

Для оцінки довірчого інтервалу зміни середнього значення використовуються наступна розрахункова залежність

$$\Delta \bar{P}_l = \frac{t \cdot S_{(P_l)}}{\sqrt{n}}, \quad (4.6)$$

де t – критерій Ст'юдента – табульована величина, значення якої визначається числом повторних вимірювань n і довірчою ймовірністю α_0 . При довірчій ймовірності $\alpha_0 = 0,95$ (95%) його значення визначається по табл. 4.1. [2].

Таблиця 4.1 – Значення критерію Ст'юдента (t -критерію) для різного числа вимірювань при $\alpha_0 = 0,95$

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T	12,71	4,3	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,2	2,18
N	14	15	16	17	18	19	20	30	40	60	120	
T	2,16	2,15	2,13	2,12	2,11	2,10	2,09	2,0	2,0	2,0	2,0	

При відомому ΔP_1 довірчі межі для середнього значення визначаються із співвідношення:

$$P_{l_{cp}} = P_1 \pm \frac{t \cdot S(P_{li})}{\sqrt{n}}. \quad (4.7)$$

4.3. Порядок виконання роботи

1. Надати схему конструкції стенду для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ з позначенням його складових частин.
2. Привести схему системи вимірювання та її принцип роботи, а також марки приладів для вимірювальної системи.
3. Записати критерії подібності для наближеного фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ.
4. Надати склад методики експерименту.
5. Ознайомитися з порядком обробки і розшифровки осцилограм.
6. Надати висновки по роботі.

4.4. Техніка безпеки при виконанні практичної, лабораторної роботи

1. Перед проведенням роботи потрібно пройти загальний інструктаж по техніці безпеки з розписом в журналі.
2. В лабораторії пройти інструктаж по техніці безпеки на робочому місці.
3. Уважно вивчити апаратуру керування стендом для фізичного моделювання і вивчити інструкцію по пуску та керуванню ним.
4. В процесі виконання практичної роботи суворо дотримуватись учбової дисципліни.
5. Категорично забороняється:
 - самостійно вмикати центральний рубильник стенду;
 - порушувати інструкцію по запуску та керуванню стендом;
 - розташовуватись ближче 0,5 м від стенда під час переміщення тензOMETричного візка.

Лабораторно-практична робота №5

Тема: Дослідження процесу копання ґрунту робочим обладнанням скрепера.

Мета: Отримання практичних знань та навичок експериментального визначення головних параметрів процесу копання ґрунту робочим обладнанням скрепера

Завдання:

- 1) Закріпити загальнотеоретичні положення про закономірності процесу взаємодії ківшевих органів ЗТМ та аналітичне визначення кількісних показників дотичної складової опору ґрунту копанню ковшем скрепера;
- 2) Вивчити об'єм та послідовність дій, що виконуються при проведенні експериментальних досліджень процесів копання ґрунтів ковшем скрепера;
- 3) Обробити і проаналізувати дослідно-експериментальну інформацію та скласти звіт по виконаній роботі.
- 4) Скласти звіт з роботи.

5.1. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є фізична модель ковша скрепера, що виготовлена в масштабі 1:5 ($k_l = 5$).

Фізична модель ковша скрепера, що показана на рис. 5.1, складається із 2-х бокових стінок 1, днища 2, передньої заслінки 7 та задньої стінки 11. В передній частині днища ковша закріплено трьохсекційний ніж 4. З'єднання днища з боковими стінками забезпечено за допомогою кутників 3.

Задня стінка виконана рухомою і фіксується в потрібних позиціях за допомогою спеціального гвинта, що встановлений в отворі траверси 10. Передня заслінка ковша 7 шарнірно закріплена на бокових стінках 1. Положення передньої заслінки фіксується за допомогою 2-х бокових тяг 8, що кріпляться на пальцях кронштейнів бокових стінок 9.

Положення передньої заслінки фіксується за допомогою 2-х бокових тяг 8, що кріпляться на пальцях кронштейнів бокових стінок 9.

Бокові стінки ковша в передній частині обладнанні підрізаючими ножами 12.

Ківш за допомогою осей 6 і 5 під'єднано до передньої підвіски 13 та тензометрів 18 Г-подібного кронштейна тензометричного візка ґрунтового каналу. Передня підвіска шарнірно кріпиться до кутників 17 Г-подібного кронштейна за допомогою вісі 16. Конструкція передньої підвіски, що складається із верхніх 15, нижніх 13 тяг і рамки 14, забезпечує поперечну стійкість ковша а також необхідний кут нахилу ковша до горизонту.

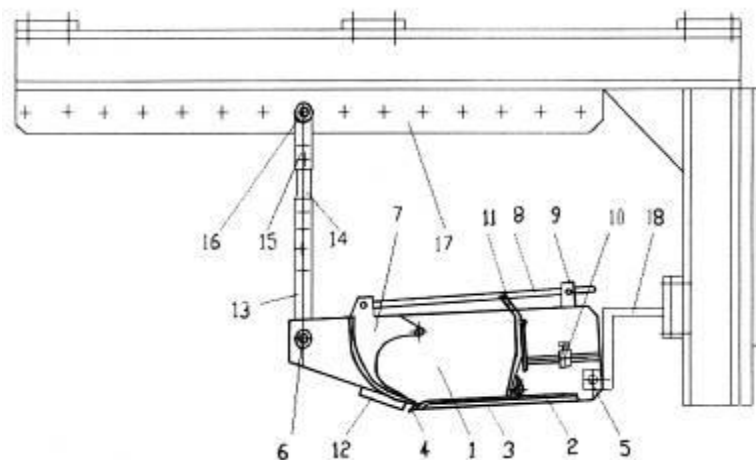


Рисунок 5.1 – Схема фізичної моделі ковша скрепера.

Фізична модель виконана збірно-розбірною, що дозволяє при необхідності змінювати форму та геометричні параметри елементів досліджуваного робочого органу. Технічні дані фізичної моделі приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика фізичної моделі ковша скрепера ДЗ-87-1

Назва параметрів	Одиниці вимір.	Значення
1. Геометрична місткість	м ³	0,031
2. Ширина ковша	м	0,486
3. Висота ковша	м	0,194
4. Кут різання ґрунту	град	38
5. Хід задньої стінки	м	0,162
6. Довжина	м	0,706
7. Ширина	м	0,492
8. Висота	м	0,28

5.2. Предмет дослідження

Предметом дослідження в даній лабораторній роботі є виявлення якісних та кількісних показників процесу взаємодії ковшового робочого органу з ґрунтом на стадії копання.

Відомо [5, 6, 7, 8, 9, 10], що процес копання ґрунтів ковшовим робочим органом супроводжується безперервним зростанням опору. Величина та закономірність вказаної протидії залежить від багатьох факторів, серед яких найбільш впливовими є фізико-механічні властивості ґрунтів, геометричні параметри робочого органу, та режими копання.

Схема взаємодії ковша скрепера з ґрунтом в період копання носить складний і суперечний характер, що обумовлює відсутність достатньо ефективної методики аналітичного визначення силових параметрів процесу копання.

Найбільш поширеною методикою аналітичного прогнозу максимальної величини дотичної складової опору ґрунту копанню ковшем скрепера на заключній стадії його заповнення є методика Є.Р. Петерса, в основу якої покладена розрахункова схема, що показана на рис. 5.2.

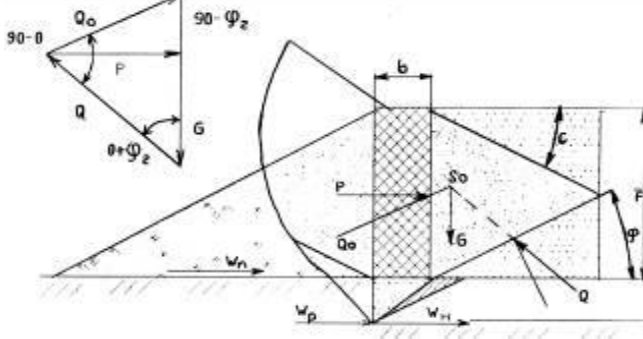


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема до визначення опору ґрунту наповненню ковша скрепера.

Згідно методики, опір ґрунту в кінці заповнення ковша дорівнює сумі 3-х складових:

$$W = W_p + W_m + W_n, \quad (5.1)$$

де W_p - опір ґрунту різанню ножем ковша; W_n - опір наповненню ковша; W_n - опір пересуванню призми волочіння перед передньою заслінкою.

Опір ґрунту різанню визначається по формулі:

$$W_p = kbh, \quad (5.2)$$

де k - питомий опір ґрунту різанню. Його орієнтовне значення приведені у відповідній літературі [3, 5]; b - ширина різання; h - товщина стружки.

Опір пересуванню ґрунтової стружки в ківш на заключній стадії копання відповідно до методики дорівнює:

$$W_n = W_n' + W_n'', \quad (5.3)$$

де W_n' - опір підйому ґрунтового стовпа; W_n'' - опір сил тертя, що діють на поверхні ґрунтового стовпа.

Згідно розрахункової схеми рис. 5.2

$$W_n'' = bhH\gamma_z g, \quad (5.4)$$

$$W_n'' = bhH^2 \gamma_z \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2}, \quad (5.5)$$

де g - прискорення вільного падіння; H - висота ковша; γ_z - щільність ґрунту; φ_2 - кут тертя ґрунту по ґрунту.

Опір пересуванню призми волочіння визначаємо по формулі:

$$W_n = bhH^2 \gamma_z g \mu_2, \quad (5.6)$$

де y - коефіцієнт об'єму призми волочіння перед передньою заслінкою, $y = 0,5 \dots 0,7$; $\mu_2 = 0,3 \dots 0,5$ - коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту. Підставивши розгорнуті значення складових в формулу (3.1), отримаємо:

$$W = bhH \gamma_z \left(\frac{kh}{gH \gamma_z} + \frac{H \operatorname{tg} \varphi_2}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2} + yH \mu_2 + h \right), \quad (5.7)$$

Аналізуючи даний вираз бачимо, що найбільш впливовим фактором на величину загального опору заповнення ковша є його висота H . По відношенню до інших факторів функція W є лінійно залежною.

Головною метою даної лабораторно-практичної роботи є отримання фактичної інформації про величину і характер дотичної складової опору ґрунту конанню ковшем скрепера в залежності від товщини стружки, що вирізається із масиву, а також від фізико-механічних властивостей ґрунту, що розроблюється.

5.3. Прилади та обладнання

Для проведення експериментальних досліджень використовуємо наступні вимірювальні прилади та обладнання:

1	фізична модель робочого обладнання скрепера ДЗ-87-1 в масштабі, $k_1 = 5$	1 шт.
2	ґрунтовий канал	1
3	Комплект тензометричних приладів	1 компл.
4	модель щільноміра, $\kappa_G = 5$	1 шт.
5	ваги аналітичні ВЛА-200	1 шт.
6	кільця ґрунтозабірні	3 шт.
7	ґрунтозабірник	1 шт.
8	бюкси	3 шт.
9	піч сушильна	1 шт.
10	лінійка мірна	1 шт.
11	тарувальний пристрій	1 шт.
12	тарувальні гирі	5 шт.
13	ґрунтообробне знаряддя	1 компл.

Дослідження процесу копання ґрунту робочим органом скрепера проводиться в аналогічних ґрунтових умовах, що і при дослідженнях бульдозерного обладнання, описаних в лабораторно-практичній роботі №3.

5.4. Ґрунтові умови

Дослідження процесу копання ґрунту робочим органом скрепера проводиться в аналогічних ґрунтових умовах, що і при дослідженнях бульдозерного обладнання, описаних в лабораторно-практичній роботі №3.

5.5. Умови дослідження

Експериментально досліджується процес копання ґрунту моделлю ковша скрепера ДЗ-87-1.

Критерієм оцінки процесу приймається дотична складова опору ґрунту копанню W , а факторами, що впливають - товщина стружки, що вирізається h і міцність ґрунту, що оцінюється кількістю ударів моделі динамічного щільності $W = f(C_m)$ при фіксованому значенні h .

Експеримент складається з двох серій дослідів: в першій серії досліджується залежність $W = f(h)$ при фіксованому значенні C_m , а в другій - залежність $W = f(C_m)$ при фіксованому значенні h .

Першу серію дослідів проводимо при варіації фактора h на трьох рівнях: $h_1 = 2,0$ см; $h_2 = 3,0$ см; $h_3 = 4,0$ см. Фактор C_m фіксується на рівні $C_m = 2$ уд.

Другу серію дослідів проводимо при варіації фактора C_m на трьох рівнях: $C_{m1} = 1$ уд; $C_{m1} = 2$ уд; $C_{m1} = 3$ уд, а фактор h фіксуємо на рівні $h = 3,0$ см.

Швидкість копання ґрунту в обох серіях приймаємо $V_m = 0,3$ м/с. При проведенні дослідів критерій W фіксується реєструючим приладом (осцилографом, самописцем).

Рівні фактора h встановлюються підйомним механізмом навіски тензометричного візка, а фактор C_m - ущільненням ґрунту до потрібної міцності.

Реалізація вказаних умов дозволить отримати досить широкую інформацію про кількісні і якісні показники досліджуваного процесу.

5.6. Порядок проведення дослідів

1. Провести підготовку експериментального поля. Для цього потрібно розпушити зволожений в каналі ґрунт, спланувати його поверхню і ущільнити до потрібної міцності.

2. Відібрати із експериментального поля зразки ґрунту для визначення його вологості та щільності по стандартній методиці.

3. Виконати тарування вимірювальної системи, навантажуючи робочий орган в горизонтальному напрямі і фіксуючи результати на реєструючому приладі.

4. Провести планування поверхні експериментального поля по всій довжині каналу ковшем скрепера при мінімальній товщині шару ґрунту. Бокові валки, що утворились після проходження відвала, видалити за межі експериментального поля.

5. Підготувати виступ експериментального поля та встановити модель ковша в вихідне положення за 150...200 мм до ребра виступу.

6. Виставити необхідну глибину копання h , користуючись механізмом підйому робочої панелі навіски тензометричного візка.

7. Лінійкою або рулеткою відміряти необхідну довжину шляху копання. Розрахунок шляху копання виконується по формулі:

$$L_3 = \frac{1,8qk_n}{k_n B h}, \quad (5.1)$$

де q - геометрична місткість ковша, м^3 ; k_n - коефіцієнт заповнення ковша; k_p - коефіцієнт розпушення ґрунту; B - ширина прорізу ґрунту, м ; h - товщина стружки ґрунту, що вирізається із забою, м .

Умовою ідентифікації дослідів є рівність об'ємів ґрунту що вирізається із забою.

8. Провести запланований дослід, ввімкнувши попередньо вимірювальну систему. В ході дослідів уважно спостерігати за процесом копання, відмічаючи його характерні особливості.

9. При досягненні ковшем відміченої довжини експериментального поля зупинити рух тензометричного візка і вимкнути тензометричну систему.

10. Перемістити тензометричний візок в вихідне положення і підготувати експериментальне поле до наступного дослідів, для чого повторити дії, вказані в пунктах 6, 7.

11. Провести наступний дослід, діючи по пунктах 8 і 9. Для отримання закономірності впливу товщини стружки h на критерій оцінки W , відповідно до умов експерименту, в першій серії дослідів фактор h варіюємо на 3-х рівнях: $h_1 = 2,0 \text{ см}$; $h_2 = 3,0 \text{ см}$; $h_3 = 4,0 \text{ см}$ при $C_m = 2 \text{ уд}$. Надійність даних експериментального дослідження забезпечується проведенням повторних дослідів, кількість яких визначається по окремій методиці [3].

Аналогічним чином приводимо 2-гу серію дослідів, варіюючи фактор C_m при постійному значенні $h = 3,0 \text{ см}$.

12. Після проведення всіх дослідів розшифрувати отримані осцилограми за допомогою тарувального графіка або коефіцієнта тарування. Для перевірки стабільності роботи вимірювальної системи рекомендується після закінчення дослідів (серії дослідів) виконати повторне тарування вимірювальної системи і зіставити отримані результати з попередніми.

13. Занести результати розшифровки осцилограм в таблицю 5.2 і 5.3, а також дані по щільності і вологості ґрунту.

Таблиця 5.2 – Результати експериментальних даних по дослідженню $W = f(h)$, $C_m = \text{const}$

№ п/п	$\gamma, \text{г/см}^3$	$\alpha, \%$	$C_m, \text{уд}$	$h, \text{см}$	$L_{K3}, \text{см}$	$W_i, H, \text{інтервали}$					$\varepsilon_{\text{КК}}$
						1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			2	2,0							
2			2	2,0							

Продовження табл. 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3			2	2,0							
Середні значення											
4			2	3,0							
5			2	3,0							
6			2	3,0							
Середні значення											
7			2	4,0							
8			2	4,0							
9			2	4,0							
Середні значення											

Таблиця 5.3 – Результати експериментальних даних по дослідженню $W = f(C_m), h = \text{const}$.

№ п/п	$\gamma, \text{г/см}^3$	$\alpha, \%$	$C_m, \text{уд}$	$h, \text{см}$	$L_k, \text{см}$	W_i, H_i інтервали					ε_{kk}
						1	2	3	4	5	
1			1	2,0							
2			1	2,0							
3			1	2,0							
Середні значення											
4			2	3,0							
5			2	3,0							
6			2	3,0							
Середні значення											
7			3	4,0							
8			3	4,0							
9			3	4,0							
Середні значення											

14. Виконати статистичний аналіз дослідних даних і побудувати графіки залежностей $\bar{W} = f(V)$; $\bar{W}_{\max} = f(h)$; $\bar{\varepsilon}_{kk} = f(C)$, де W - значення дотичної складової при зміні h ; W' - значення дотичної складової при зміні C_m ; $W_{\max} = W_5$; $W'_{\max} = W'_5$; $\varepsilon_{kk} = \frac{W_5}{Bh}$; $\varepsilon'_{kk} = \frac{W'_5}{Bh}$.

Форма графіків показана на рис. 5.3 і 5.4.

15. Виконати аналіз отриманих даних та сформулювати висновки по роботі.

16. Виконати звіт по лабораторній роботі та захистити його у ведучого викладача.

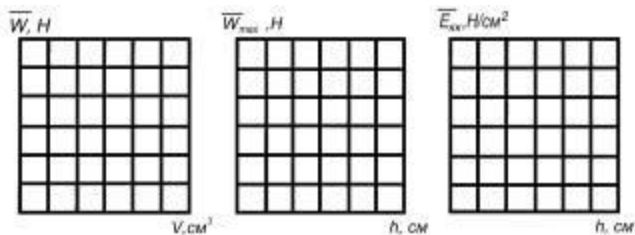


Рисунок 5.3 – Форми для побудови графіків залежностей:

а) $\bar{W} = f(V)$; б) $\bar{W}_{max} = f(h)$; в) $\bar{\varepsilon}_{kk} = f(h)$

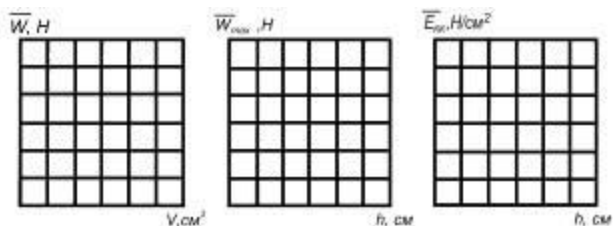


Рисунок 5.4 – Форми для побудови графіків залежностей:

а) $\bar{W}' = f(V)$; б) $\bar{W}'_{max} = f(h)$; в) $\bar{\varepsilon}'_{kk} = f(h)$

5.7. Розшифровка осцилограм і статистичний аналіз експериментальних даних.

Копання ґрунту ковшем скрепера в якісному відношенні, як показує досвід, аналогічно процесу копання ґрунту відвалом бульдозера. Тому розшифрування отриманих осцилограм та статистичний аналіз дослідних даних виконується в тій же послідовності, яка описана в лабораторній роботі №3.

5.8. Техніка безпеки при проведенні експериментальних досліджень.

При підготовці та проведенні експериментальних досліджень необхідно дотримуватись наступних правил безпеки.

1. Заходячись в дослідній лабораторії, суворо дотримуватись правил учбової дисципліни.
2. Без дозволу керівника не вмикати або вимикати будь-яке обладнання і прилади.
3. Самостійно не покидати визначене керівником місце.
4. Уважно слідкувати за положенням рухомих частин дослідного обладнання.
5. Ретельно виконувати вказівки та пропозиції керівника досліджень, лаборантів і завідувача лабораторії.
6. Інформувати керівника про помічені неполадки в роботі обладнання та приладів.

Лабораторно-практична робота №6

Тема: Дослідження процесу розпушення ґрунту зубом розпушувача.

Мета: Отримання практичних знань та навичок експериментального визначення головних параметрів процесу розпушення ґрунту робочим органом розпушувача.

Завдання:

- 1) Закріпити загальнотеоретичні положення про закономірність взаємодії розпушувальних робочих органів з ґрунтом та аналітичне визначення кількісних показників дотичної складової опору ґрунту копанню зубом розпушувача;
- 2) Ознайомитись з об'ємом та послідовністю дій, що виконуються при підготовці та проведенні експериментальних досліджень розпушувальних робочих органів;
- 3) Виконати експериментальне дослідження процесу розпушення ґрунту фізичною моделлю робочого органа розпушувача;
- 4) Обробити та проаналізувати експериментальні дані і скласти звіт по виконанні роботи.
- 5) Скласти звіт з роботи.

6.1. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є фізична модель зуба розпушувача ДП-26С, що виконана в масштабі 1:5 ($k_l = 5$).

Схема фізичної моделі зуба та навіски його на робочу панель тензометричного візка показана на рис. 6.1.

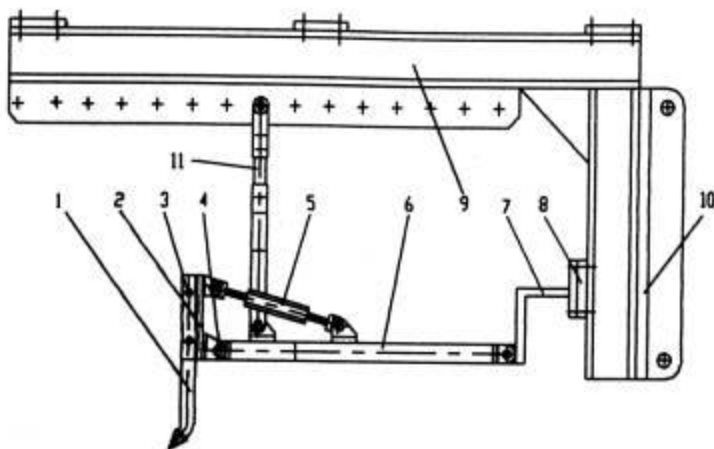


Рисунок 6.1 – Схема фізичної моделі робочого обладнання розпушувача ДП -26С: 1 – зуб; 2 – універсальна панель; 3 – палець зуба; 4 універсальний шарнір; 5 – регулюючий підкіс; 6 – штовхаюча рама; 7 – тензометри; 8 – балка тензометрів; 9 – Г-подібний кронштейн; 10 – робоча панель.

Робочий орган розпушувача 1 за допомогою двох пальців 3 закріплено на універсальній панелі 2, яка під'єднана шарніром 4 і підкосом 5 до універсальної штовхаючої рами 6 фізичної моделі відвала бульдозера.

Універсальна штовхаюча рама за допомогою шарнірів під'єднана до Г-подібного кронштейна 9 тезометричного візка через тензометри 7 і передню підвіску 11. Конструкція універсальної панелі 2, при необхідності, дозволяє встановлювати на ній додатково два і більше розпушувальних органів.

Параметри фізичної моделі досліджуваного обладнання наведені в технічній характеристиці (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Технічна характеристика фізичної моделі розпушувача.

Назва параметрів	Одиниці виміру	Значення
1. Кут розпушення	град	48
2. Ширина наконечника	мм	12
3. Глибина розпушення	мм	90

6.2. Предмет дослідження

Предметом дослідження в даній лабораторно-практичній роботі є процес взаємодії зуба розпушувача з ґрунтом при зміні глибини розпушення і міцності ґрунту.

При підготовці до даної лабораторно-практичної роботи необхідно детально опрацювати лекційний і літературний матеріал, що відноситься до існуючих методик по визначенню дотичної складової опору ґрунтів руйнуванню зубом розпушувача і стисло викласти його в звіті, як аналогічний матеріал, що відображений в роботах № 4 і 5.

6.3. Прилади та обладнання

Для проведення експериментальних досліджень використовуємо наступні прилади та обладнання:

- | | | |
|----|---|----------|
| 1 | фізична модель робочого обладнання розпушувача ДП-26С в масштабі, $k_1 = 5$ | 1 шт. |
| 2 | Ґрунтовий канал | 1 |
| 3 | комплект тензометричних приладів | 1 компл. |
| 4 | модель щільноміра, $k_G = 5$ | 1 шт. |
| 5 | ваги аналітичні ВЛА-200 | 1 шт. |
| 6 | кільця ґрунтозабірні | 3 шт. |
| 7 | ґрунтозабірник | 1 шт. |
| 8 | бюкси | 3 шт. |
| 9 | піч сушильна | 1 шт. |
| 10 | лінійка мірна | 1 шт. |
| 11 | тарувальний пристрій | 1 шт. |
| 12 | тарувальні гирі | 5 шт. |
| 13 | Ґрунтообробне знаряддя | 1 компл. |

6.4. Ґрунтові умови

Дослідження процесу копання ґрунту робочим органом розпушувача проводиться методом фізичного моделювання в умовах зміни фізико-механічних властивостей середовища, що розробляється.

В лабораторно-практичній роботі досліджується процес розпушення ґрунту IV і V категорії. Моделювання даного ґрунту забезпечується піщано-глиняною сумішшю, склад якої попередньо визначається експериментально.

Підготовка ґрунту виконується шляхом його зволоження, ретельного розпушення та ущільнення до потрібної міцності. Контроль міцності виконується моделлю динамічного щільноміра.

6.5. Умови проведення досліджень

Експериментально досліджується процес розпушення ґрунту фізичною моделлю зуба розпушувача ДП-26С.

Критерієм оцінки процесу приймається дотична складова опору ґрунту копанню P_p , на подолання якої в реальних умовах затрачується тягове зусилля базового трактора.

В якості головного фактора, що впливає при розпушенні конкретного ґрунту приймаємо глибину розпушення h_p .

Для визначення закономірності зміни $P_p = f(h_p)$ фактор h_p змінюємо на 5-ті рівнях: $h_1 = 4$ см; $h_2 = 6$ см; $h_3 = 8$ см; $h_4 = 10$ см; $h_5 = 12$ см.

При проведенні дослідів критерій P_p реєструється приладами, а рівні фактора h_p встановлюються підйомним механізмом робочої панелі навіски тензометричного візка.

6.6. Порядок проведення дослідів

1. Провести підготовку експериментального поля. Для цього потрібно розпушити зволожений в каналі ґрунт, спланувати його поверхню і ущільнити до потрібної міцності.

2. Відібрати із експериментального поля зразки ґрунту для визначення його вологості та щільності по стандартній методиці.

3. Виконати тарування вимірювальної системи, навантажуючи робочий орган в горизонтальному напрямі і фіксуєючи результати на реєструючому приладі.

4. Провести планування поверхні експериментального поля по всій довжині каналу.

5. Підготувати виступ експериментального поля та встановити модель зуба розпушувача в вихідне положення за 150...200 мм до ребра виступу.

6. Виставити необхідну глибину копання h_p , користуючись механізмом підйому робочої панелі навіски тензометричного візка.

7. Лінійкою або рулеткою відміряти необхідну довжину шляху реалізації розпушення. Довжину шляху пропонується прийняти в межах 500...700 мм.

8. Провести запланований дослід, ввімкнувши попередньо вимірювальну систему.

9. При досягненні зубом відміченої довжини експериментального поля зупинити рух тензометричного візка і вимкнути тензометричну систему.

10. Перемістити тензометричний візок в вихідне положення і підготувати експериментальне поле до наступного досліджу, для чого повторити дії, вказані в пунктах 6, 7.

11. Провести наступний дослід при новому рівні фактора h_p , діючи по пунктах 8 і 9. Кожен дослід на визначеному рівні h_p повторити не менше як 3 рази.

12. Після проведення дослідів розшифрувати отримані осцилограми по методиці, що викладена в роботі №3.

13. Занести результати розшифровки осцилограм в таблицю 6.2. В таблицю занести також дані по щільності і вологості ґрунту.

14. Виконати статистичний аналіз дослідних даних і побудувати графіки залежностей $\bar{P}_p = f(h_p)$ і $\bar{\varepsilon}_p = f(h_p)$. Графіки виконати по формі, що показана на рис. 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати експериментального дослідження $P_p = f(h_p)$.

№ п/п	γ , г/см ³	C , уд	ω , %	h_p , см	l_k , см	P_p, H , інтервали					$\bar{P}_p$	$\bar{\varepsilon}_p$
						1	2	3	4	5		
1				4	50							
2				4	50							
3				4	50							
4				6	50							
5				6	50							
6				6	50							
7				8	50							
8				8	50							
9				8	50							
10				10	50							
11				10	50							
12				10	50							
13				12	50							
14				12	50							
15				12	50							

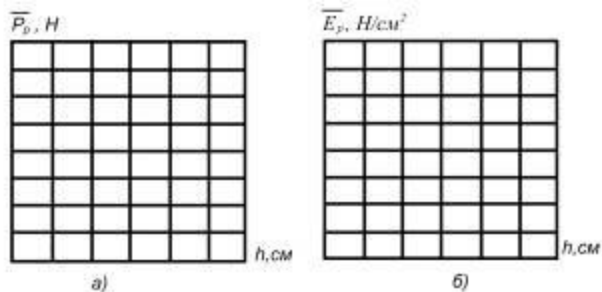


Рисунок 6.2 – Форми для побудови графіків залежностей:

$$\text{а) – } \bar{P}_p = f(h_p); \text{ б) – } \bar{E}_p = f(h_p)$$

15. Виконати аналіз отриманих даних, та сформулювати висновки по роботі.
16. Виконати звіт по лабораторній роботі та захистити його у викладача.

6.7. Розшифровка осцилограм і статистичний аналіз експериментальних даних

Розпушення ґрунту зубом розпушувача носить нестационарний характер, тому розшифровка осцилограм і статистичний аналіз отриманих даних виконується в послідовності, яка приведена в роботі № 3.

6.8. Техніка безпеки при проведенні експериментальних досліджень

При підготовці і проведенні даної роботи необхідно дотримуватись правил безпеки, що наведені в лабораторно-практичних роботах № 3, 4, 5.

Лабораторно-практична робота №7

Тема: Дослідження процесу опору ґрунту копанню робочим органом бульдозера.

Мета: Отримання практичних знань та навичок експериментального визначення головних параметрів процесу копання ґрунту робочим органом бульдозера.

Завдання:

1) Закріпити загальнотеоретичні положення про закономірності процесу взаємодії відвальних органів ЗТМ з ґрунтом, та аналітичне визначення кількісних показників дотичної складової опору ґрунту копанню відвалом бульдозера;

2) Вивчити конструкцію та принцип дії лабораторного обладнання для проведення експериментальних досліджень;

3) Ознайомитись з об'ємом та послідовністю дій, що виконуються при підготовці та проведенні експериментальних досліджень;

4) Виконати експериментальне дослідження процесу копання ґрунту фізичною моделлю відвалу бульдозера, обробити і проаналізувати отриману інформацію та скласти звіт по виконаній роботі.

5) Скласти звіт з роботи.

7.1. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є фізична модель відвалу бульдозера ДЗ-171.1, що виконана в масштабі 1:5 ($k_l = 5$).

Схема фізичної моделі відвала та елементів його навіски на робочу панель тензометричного візка показана на рис. 7.1.

Відвал виготовлено із листової сталі зварної конструкції. Лінійні параметри моделі визначались з урахуванням основних положень теорії подібності [1] при використанні наступних критеріїв в геометричній подібності:

$$\frac{l_{m_i}}{l_{m_b}} = \frac{l_{n_i}}{l_{n_b}}; \alpha_{m_i} = \alpha_{n_i},$$

де l_{m_i} і l_{n_i} - лінійні параметри відповідно моделі і натури, що визначаються; B_m і B_n - довжина відвалів, відповідно моделі і натури; α_{m_i} і α_{n_i} кутові параметри моделі і натури.

Параметри фізичної моделі досліджуваного обладнання наведені в технічній характеристиці (табл. 7.1)

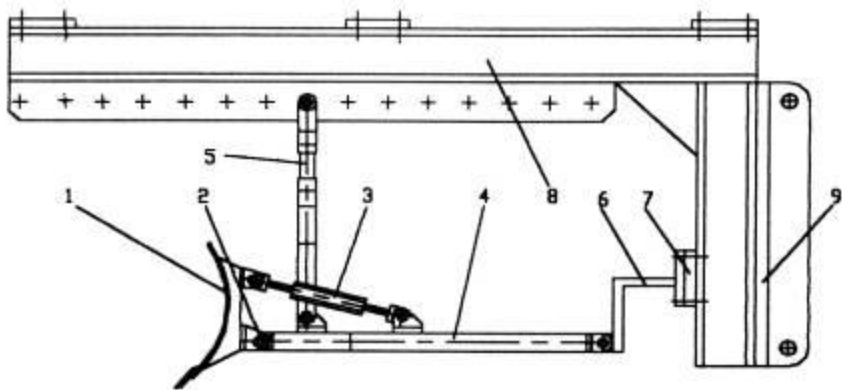


Рисунок 7.1 – Схема фізичної моделі робочого обладнання бульдозера ДЗ-171.1: 1 - відвал; 2 - універсальний шарнір; 3 - регулюючий підкіс; 4 - штовхаюча рама; 5 - передня підвіска; 6 - тензометри; 7 - балка тензометрів; 8 - Г-подібний кронштейн; 9 - робоча панель.

Таблиця 7.1 – Технічна характеристика фізичної моделі бульдозера ДЗ-171.1

Назва параметрів	Одиниці вимірювання	Значення
1. Довжина відвала, B	см	82,4
2. Висота відвала, H	см	22,8
3. Кут різання, α	град	55
4. Радіус кривизни лобової поверхні, R	см	20
5. Кут перекидання, β	град	75
6. Ширина ножа, l	см	5,5

7.2. Предмет дослідження

Предметом дослідження в даній лабораторно-практичній роботі є вивчення якісних та кількісних показників процесу взаємодії відвального робочого органу з ґрунтом на протязі всієї стадії його копання.

Відомо [5], що процес копання ґрунтів відвальними робочими органами супроводжується безперервною зміною величини протидії просуванню їх в забої. Величина та закономірність вказаної протидії залежить від багатьох факторів, серед яких найбільш значними є фізико-механічні властивості ґрунтів, що розробляються, геометричні характеристики робочого органу, та режими копання, що визначаються товщиною відокремлюваного від забою ґрунту h та швидкістю просування відвала в забої V_k . Найбільш поширена

схема взаємодії відвалу бульдозера з ґрунтом [5], що показана на рис. 7.2.

Загальний опір ґрунту копанню відвалом бульдозера розглядаються як сума наступних складових: опору ґрунту різанню ножової системою відвала, W_p ; опору переміщення накопиченої перед відвалом призми ґрунту по поверхні забою $W_{п.в}$; сили тертя ґрунту по лобовій поверхні відвалу F_T та сили тертя леза ножа об ґрунт W_L .

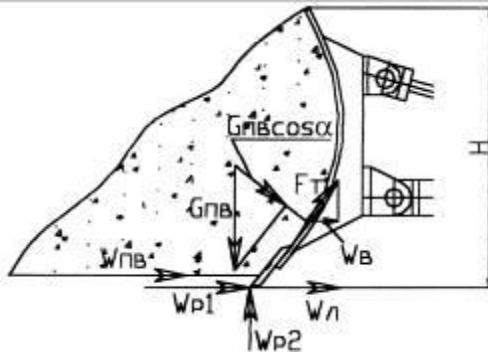


Рисунок 7.2 – Схема процесу взаємодії відвала бульдозера з ґрунтом в період копання.

Дотична складова загального опору ґрунту копанню дорівнює сумі дотичних складових вказаних сил.

$$W_k = W_{p1} + W_{п.в} + W_B + W_L, \quad (7.1)$$

де W_{p1} - дотична складова опору ґрунту різанню; W_B - дотична складова сили тертя ґрунту по лобовій поверхні відвалу.

Дотична складова опору різанню ножовою системою відвала визначається по формулі [3]:

$$W_{p1} = k_1 B h, \quad (7.2)$$

де k_1 - коефіцієнт питомого опору ґрунту різанню, значення якого табульоване [5] і залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту; B - довжина відвалу; h - товщина шару ґрунту, що відокремлюється від забою.

Опір переміщенню призми волочіння залежить від ваги ґрунту, що накопичений в визначальний момент процесу копання, та величини коефіцієнту тертя ґрунту по ґрунту. Його величина визначається виразом:

$$W_{п.в} = q \gamma_p \mu_1 g, \quad (7.3)$$

де q - об'єм призми волочіння, м^3 ; γ_p - щільність розпушеного ґрунту, кг/м^3 ; μ_1 - коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Враховуючи складність зовнішньої форми призми волочіння, її величину визначають як об'єм тригранної призми, параметри якої приведені на рис. 7.3.

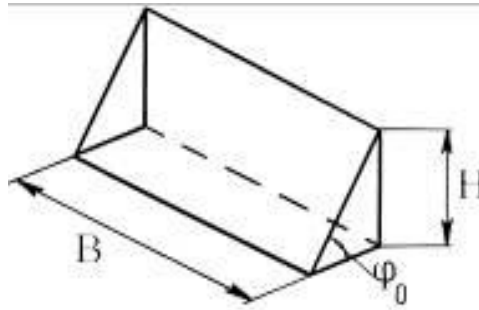


Рисунок 7.3 – Розрахункова схема форми призми волочіння для визначення її об'єму.

Тоді

$$W_B = \frac{\gamma_p g B H^2 \cos^2 \alpha \cdot \mu}{2 \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (7.4)$$

де α - кут різання ґрунту; μ - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Величину сили тертя леза ножа визначають по емпіричній формулі.

$$W_L = 0,3 W_{pi}. \quad (7.5)$$

З урахуванням розгорнутих значень складових загальний опір ґрунту копанню відвалом бульдозера на кінцевій стадії визначається по формулі:

$$W_B = 1,3 k_1 B h + \frac{\gamma_p g B H^2}{2 \operatorname{tg} \varphi_0} (\mu_1 + \cos^2 \alpha \cdot \mu). \quad (7.6)$$

Аналіз даної формули показує, що вона не відображає динаміки процесу копання на протязі часу формування призми волочіння, а тільки дозволяє визначити орієнтовне значення дотичної складової W_K , коли кількість ґрунту, що вирізається із поверхні забою дорівнює величині втрат ґрунту із призми в бокові валки.

Тому для визначення фактичного значення W_K , динаміки його зміни на протязі всього процесу копання, а також оцінки аналітичних моделей, що використовуються для початкового орієнтовного прогнозу величини навантажень на бульдозерне обладнання, потрібні експериментальні дослідження, які дають об'єктивну відповідь на зазначенні питання.

7.3. Прилади та обладнання

Для проведення експериментальних досліджень використовуємо наступні вимірювальні прилади та обладнання.

Таблиця 7.2 – Вимірювальні прилади та обладнання.

1	фізична модель робочого обладнання бульдозера ДЗ-171.1 в масштабі, $k_1 = 5$	1 шт.
2	грунтовий канал	1
3	комплект тензометричних приладів	1 компл.
4	модель щільноміра, $k_G = 5$	1 шт.
5	ваги аналітичні ВЛА-200	1 шт.
6	кільця ґрунтозабірні	3 шт.
7	ґрунтозабірник	1 шт.
8	бюкси	3 шт.
9	піч сушильна	1 шт.
10	лінійка мірна	1 шт.
11	тарувальний пристрій	1 шт.
12	тарувальні гирі	5 шт.
13	ґрунтообробне знаряддя	1 компл.

7.4. Ґрунтові умови

Дослідження процесу копання ґрунту робочим органом бульдозера проводиться методом фізичного моделювання в умовах зміни фізико-механічних властивостей середовища, що розробляється.

В лабораторній роботі досліджується опір копанню відвалом бульдозера ґрунту II-ї категорії. Моделювання вказаного ґрунту забезпечується піщано-глиняною сумішшю, що складається з 85% річного піску і 15% глини. Виходячи із технологічних міркувань, рекомендується варіювати h на слідуючи рівнях:

- 1) 3-х рівневий експеримент – $h = 20, 30, 40$ мм;
- 2) 5-ти рівневий експеримент – $h = 10, 20, 30, 40, 50$ мм.

При цьому, кожен дослід необхідно повторити 3...5 разів. Кількість повторень визначається по окремій методиці [4], що передбачає проведення попередньо спеціальної серії однотипних дослідів в кількості, достатній для статистичного аналізу.

Підготовка ґрунту виконується шляхом його зволоження, ретельного розпушення та ущільнення до потрібної міцності. Контроль міцності забезпечується динамічним щільноміром по співвідношенню:

$$C_m = \frac{C_n}{k_1}, \quad (7.7)$$

де C_m - потрібне число ударів для моделі ґрунту; C_n - число ударів для натурального ґрунту; k_1 - масштаб моделі робочого органу.

7.5. Умови дослідження

Експериментально досліджується процес взаємодії відвалу бульдозера з ґрунтом на стадії копання.

Критерієм оцінки процесу приймається дотична складова опору ґрунту копанню W_k , на подолання якої витрачається практично вся сила тяги рушія базового тягача.

В якості головного фактора приймається товщина шару ґрунту h , що вирізається із забою. Вказаний фактор в реальних умовах роботи бульдозерного агрегату є найбільш змінним, оскільки при копанні через коливання машини в поздовжньо-вертикальній площині внаслідок нерівностей опорної поверхні, леза ножа відвала весь час міняють своє вертикальне положення, змінюючи товщину шару ґрунту h , що вирізається із масиву.

Таким чином, експериментальне досліджується залежність дотичної складової опору ґрунту копанню відвалом бульдозера W_k від товщини шару ґрунту h , що вирізається із масиву.

Можливі два варіанти експерименту: 1 - фактор h змінюється на 3-х рівнях; 2 - фактор h змінюється на 5-и рівнях.

При 3-х рівневому експерименті значення h можна послідовно прийняти таким, що дорівнює 2, 3, 4 см, а при 5-ти рівневому - 1, 2, 3, 4, 5 см. Середнє значення $h = 3$ см, відповідає середньому значенню вказаного фактора, зазначеного в технічній характеристиці бульдозера ДЗ-171.1 і перерахованому для моделі по залежності:

$$h_{m_i} = \frac{h_{n_i}}{k_l} \text{ см,}$$

де h_{m_i} - товщина шару ґрунту для моделі, см; h_{n_i} - товщина шару ґрунту для натури, см; k_l - масштаб моделі.

Інтервал варіювання h в залежності від поставлених задач можуть бути збільшені або зменшені.

Швидкість копання ґрунту визначається по критерію подібності Фруда

$$(Fr) [1] \quad \frac{V_m^2}{ql_m} = \frac{V_n^2}{ql_n}, \text{ тоді } V_m = \frac{V_n}{\sqrt{k_l}}. \text{ При } V_n = 0,6 \text{ м/с, } V_m = \frac{0,6}{\sqrt{5}} = 0,268 \text{ м/с.}$$

Остаточно при проведенні експерименту швидкість тензометричного візка можна прийняти $V_m = 0,3$ м/с.

7.6. Порядок проведення дослідів

1. Провести підготовку експериментального поля. Для цього розпушити зволожений в каналі ґрунт, спланувати його поверхню і ущільнити до потрібної міцності ($C_n = 1-2$ уд.).

2. Відібрати із експериментального поля зразки ґрунту для визначення його вологості та щільності по стандартній моделі.

3. Виконати тарування вимірювальної системи каналу, навантажуючи робочий орган в горизонтальному напрямі і фіксуючи результати на реєструючому приладі (осцилографи, самописці тощо). Після тарування таруваль-

ні пристосування демонтувати.

4. Виконати планування поверхні забою по всій довжині каналу за допомогою відвала при мінімальній товщині шару ґрунту, що зрізається. Бокові валки ґрунту, що утворились після проходу відвала, видалити за межі експериментального поля.

5. Підготувати виступ експериментального поля та встановити відвал у вихідне положення за 150...200 мм до виступу.

6. Виставити необхідну глибину копання, користуючись механізмом підйому робочої панелі навіски тензометричного візка.

7. Мірною лінійкою на поверхні забою відмітити необхідну довжину шляху копання. Розрахунок шляху копання виконується по формулі:

$$L_k = \frac{H^2}{2htg\varphi_0}, \quad (7.8)$$

де H - висота відвала, м; h - товщина шару ґрунту, що зрізається, м; φ_0 - кут природного укосу ґрунту, град.

8. Ввімкнути реєструючий прилад і хід тензометричного візка. В ході дослідів уважно спостерігати за процесом копання, особливу увагу приділяючи процесу накопичення призми ґрунту перед відвалом та втратами ґрунту в бокові валки.

9. При досягненні відвалом відмітки довжини шляху копання, зупинити тензометричний візок і вимкнути реєстраційний прилад. Повернути тензометричний візок у вихідне положення.

10. Підготувати експериментальне поле до наступного дослідів, для чого повторити дії вказані в пунктах 6, 7.

11. Провести наступний дослід по пунктам 8 і 9. Для отримання необхідної статистичної інформації необхідно провести 3-5 груп дослідів, що відрізняється рівнем (величиною) змінюваного фактора

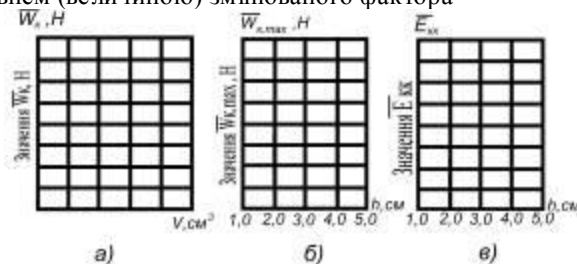


Рисунок 7.4 – Форми для побудови графіків

$$\bar{W}_k = f(V), \quad \bar{W}_{k,max} = f(h), \quad \varepsilon_{kk} = f(h)$$

12. По даних тарування вимірювальної системи побудувати тарувальний графік, або визначити числове значення коефіцієнта тарування K_m .

13. Користуючись тарувальним графіком, або коефіцієнтом тарування,

14. По табличних даним побудувати графіки залежностей

де $\overline{W}_\kappa$ - середнє подине значення дотичної складової опору ґрунту копанню відвалом бульдозера, що зафіксоване на визначених ділянках осцилограм, H ; V - об'єм ґрунту, що вирізається із забою на визначених ділянках експериментального поля, см³; $\overline{W}_{\kappa, \max}$ - середнє значення дотичної складової опору ґрунту копанню, взяте на кінцевій стадії процесу копання, м; $\mathcal{E}_{\kappa\kappa}$ - енергоємність процесу копання на кінцевій стадії.

Форма графіків показана на рис. 7.4 (а, б, в).

15. Виконати аналіз отриманих графічних залежностей та сформулювати висновки по виконаній роботі.

№ п/п	γ , г/см ³	C, уд.	ω , %	h, см	l _k , см	W _{ki} , Н						ϵ_{kk}
						Ділянки						
						1	2	3	4	5	6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1				1,0								
2				1,0								
3				1,0								
Середнє значення												
4				2,0								
5				2,0								
6				2,0								
Середнє значення												
7				3,0								
8				3,0								
9				3,0								
Середнє значення												
10				4,0								
11				4,0								
12				1,0								
Середнє значення												
13				5,0								
14				5,0								
15				5,0								
Середнє значення												

7.7. Рекомендації по розшифруванню осцилограм

Копання ґрунту відвалом бульдозера являє собою нестационарний процес, що характеризується безперервною зміною досліджуваного параметра в часі. Схема фрагмента осцилограми показана на рис. 7.5.

Для того, щоб отримати фактичні дані по досліджуваному параметру W_k осцилограму попередньо потрібно обробити та розшифрувати.



Рисунок 7.5 – Схема фрагменту осцилограми.

Обробка кожної осцилограми виконується в послідовності, яка наведена в роботі №4. Тобто, на осцилограмі виділяється початок процесу (точка 0) і його кінець (точка 5). Потім гостро заточеним олівцем проводимо верхню і нижню огибаючі криві. Відрізок 0-5 ділимо на 5 рівних інтервалів і з кінця кожного інтервалу проводимо перпендикулярно нульовій лінії ординати y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 . Відрізки, що утворились від перетину кожною ординатою нижньої та верхньої огибаючих кривих, ділимо пополам і від отриманої середини вимірювачем заміряємо значення кожної ординати до нульової лінії в мм, після чого за допомогою тарувального графіка або коефіцієнта тарування, визначаємо миттєві значення діючих зусиль $W_{k1}, W_{k2}, W_{k3}, W_{k4}$ і W_{k5} в Н. Отримані значення W_{ki} , заносимо у відповідні стрічки таблиці. Після заповнення таблиці обчислюємо середні значення $\overline{W_{ki}}$, для ідентичних інтервалів (ділянок) осцилограм однакових (повторних) дослідів і визначаємо інтервал варіювання $\overline{W_{ki}}$ по методиці, що викладена в роботі №3. Інтегральні значення $\overline{W_{ki}}$ розглядаємо, як окремі спостереження. Аналогічні дії виконуємо для інших рівнів варіації фактора h . Довірчі інтервали нанести на відповідні точки побудованих графіків.

7.8. Техніка безпеки при проведенні експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводяться в науково-дослідній лабораторії, де виконуються експериментальні дослідження. Головними загрозливими факторами є електричний струм, рухомі частини дослідних стендів,

гострі кути виступаючих частин обладнання, та не закріплені важкі предмети, що знаходяться на столах лабораторії. Тому при роботі в лабораторії потрібно дотримуватися наступних правил безпеки:

1. Суворо дотримуватись навчальної дисципліни.
2. Уважно слухати та ретельно виконувати розпорядження та рекомендації керівника роботи.
3. Не зачіпати руками, та не наступати на кабелі, що прокладені в лабораторії.
4. Не вмикати або вимикати будь-яке електричне обладнання без дозволу керівника.
5. Уважно слідкувати за положенням рухомих частин лабораторного обладнання, знаходячись від них на безпечній відстані.
6. Вчасно інформувати керівника про помічені неполадки в роботі обладнання та приладів.

Список літератури

1. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. – М.: Высшая школа, 1981. – 355 с.
2. Васильев А. А. Дорожные машины / Учебник для техникумов по специальностям «Эксплуатация и ремонт дорожных машин и оборудования» и «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог». – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1979. 448 с., ил.
3. Домбровский Н. Г., Картвелишвили Ю. А., Гальперин М. И. Строительные машины. / Учебник для вузов / В 2 частях. 4.1-2. М.: Машиностроение, 1976. – 391 с.
4. Зеленин А. Н. и др. Лабораторный практикум по резанию грунтов./ Учебное пособие для студентов инженерно-строительных и автомобильно-дорожных вузов. – М.: Высш. Школа, 1969, – 310 с.
5. Мобіло Л.В. Особливості тестування при вивченні технічних дисциплін. Науково-методичний журнал. – Рівне. 2007. – 2 с.
6. Машины для земляных работ (теория и расчет) / Т. В. Алексеева, К. А. Артемьев, А. А. Бромберг и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
7. Машины для земляных работ: Учебник / Ю. А. Ветров, А. А. Кархов, А. С. Кондра и др. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1981 – 383 с.
8. Машины для земляных работ: Учебник / Гаркави Н. Г., Аринченков В. И., Карпов В. В. и др.; под ред. Н. Г. Гаркави. – М.: Высш. школа, 1982. – 335 с., ил.
9. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
10. Проектирование машин для земляных работ / под ред. А. М. Холодова. Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 272 с.
11. Хмара Л.А. Методика проведення досліджень процесу взаємодії робочих органів ЗТМ з ґрунтом. Звіт по НДР. Дніпропетровськ, 2002. – 49 с.

Зміст

	Стор.
Лабораторно-практична робота №1	3
Лабораторно-практична робота №2	6
Лабораторно-практична робота №3	12
Лабораторно-практична робота №4	18
Лабораторно-практична робота №5	23
Лабораторно-практична робота №6	31
Лабораторно-практична робота №7	36
Список літератури	46

Навчально-методичне видання

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу “Випробовування машин та обладнання” для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізація “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання” усіх форм навчання.

Укладач: *С.О. Карпушин*

Редактор *В.О. Омельяненко*

Комп’ютерний набір та верстка *С.О. Карпушин*

Тиражування

Здано до друку “__” ____ 2017. Підписано до друку “__” ____ 2017.
Формат 64х84 1/16 (A5). Папір газетний. Умов.друк. арк. ____ . Тираж 50 прим.
Зам. № ____ / 2017.
РВЛ ЦНТУ. м. Кропивницький, пр. Університетський, 8-А. Тел.: 597-541, 559-245.