

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на Інформаційно-вимірювальна система для контролю відхилення форми та
тему:

розміщення поверхонь для деталей великої довжини

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РНм
спеціальності 153 -«Мікро- та наносистемна
техніка»-
(шифр і назва спеціальності)

Фединець О. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Наконечний Ю.І
(підпис)

Нормоконтроль Апостол Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Паламар М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Приладів і контрольно- вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Паламар М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(шифр і назва спеціальності)

студента Фединець Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно-вимірювальна система для контролю відхилення форми та розміщення поверхонь для деталей великої довжини

Керівник роботи Наконечний Юрій Іванович ст. викладач каф. ПВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему: Інформаційно-вимірювальна система для контролю відхилення форми та розміщення поверхонь для деталей великої довжини.

Сторінок
рисунків
таблиць
креслень
джерел
додатків

Об'єкт дослідження: труби для геолого-розвідувальних робіт згідно ГОСТ 8467-83.

Мета роботи: є вдосконалення методів контролю параметрів довгомірних труб, зокрема труб для геолого-розвідувальних робіт, що здійснює комплексний контроль декількох параметрів: неспіввісність внутрішнього та зовнішнього діаметра, відхилення від круглості зовнішнього діаметра та відхилення від прямомілійності,

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальних конструктивних характеристик пристрою.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: ТРУБА, КОНТРОЛЬ, ЕКСЦЕНТРИСИТЕТ, НЕСПІВВІСНІСТЬ, ОВАЛЬНІСТЬ, ПРОГИН.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Огляд методу контролю заданих параметрів	8
1.2 Аналіз об'єкту вимірювання і контролю	11
1.3 Опис кінематичної і пневматичної схеми приладу	12
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Опис роботи приладу.....	14
2.2 Вибір елементів конструкції приладу.....	15
2.3 Розрахунок передачі гвинт-гайка	16
2.4 Вибір електродвигуна.....	21
2.5 Розрахунок черв'ячної передачі	23
2.1 Вибір пневмоциліндрів.....	34
2.1.1 Розрахунок пневмоциліндра завантажувача	34
2.1.2 Розрахунок пневмоциліндра сортування.....	35
2.2 Визначення похибки контролю	38
2.3 Повірка пристрою	38
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	40
3.1 Дослідження руху циліндричного тіла зі зміщеним центром мас по похилій площині	40
3.2 Опис програми та програма роботи	48
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	51
4.1 Опис схеми електричної структурної	51
4.2 Опис роботи та аналіз схеми електричної принципової.....	52
4.3 Алгоритм роботи мікропроцесорної системи	54
4.4 Лістинг програми зчитування.....	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61

5.1 Характеристика небезпечних зон обладнання і заходи безпеки при роботі.....	61
5.2 Розрахунок плавкої вставки електродвигуна.....	65
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	66
5.2.1 Безпека виробничої діяльності на підприємствах	66
5.2.2 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

Одним із важливих показників якості виробів машинобудування є точність всіх складових частин і виробів в цілому.

Точність геометричних параметрів і деталей характеризується точністю не тільки розмірів їх елементів, але й точністю форми і взаємного розміщення поверхонь. Відхилення (похибки) форми і розміщення поверхонь виникають в процесі обробки деталей через неточність і деформацію вузлів верстата, інструмента і пристрою, деформації оброблюваного виробу, неоднорідності матеріалу заготовки і т.п. В рухомих з'єднаннях ці відхилення приводять до зменшення зносостійкості деталей внаслідок підвищеного питомого тиску на виступах нерівностей, порушення плавності ходу, шумоутворення і т.д. В нерухомих і щільних рухомих з'єднаннях відхилення форми і розміщення поверхонь викликають нерівномірність натягів і зазорів, внаслідок чого знижується міцність з'єднання, герметичність і точність центрування.

Відхилення форми і розміщення поверхонь понижують не тільки експлуатаційні, але й технологічні показники виробів. Так, вони суттєво впливають на точність і трудомісткість складання і підвищують об'єм пригонювальних операцій, понижують точність вимірювання розмірів, впливають на точність базування деталі при виготовленні і контролі.

Таким чином, для забезпечення заданої точності параметрів виробу, його працездатності і довговічності в робочих кресленнях деталей необхідно вказувати не тільки граничні відхилення розмірів, а в необхідних випадках і допуски форми і розміщення поверхонь. Правильне і більш повне нормування точності форми і розміщення поверхонь, яке сприяє підвищенню точності геометрії деталей при їх виготовленні і контролі, являється одним із основних факторів підвищення якості машин і приладів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд методу контролю заданих параметрів

При глибинному бурінні, до якого відноситься і геологорозвідувальне буріння, важливим є точне виготовлення труб, яке впливатиме на міцність труб, а також на биття з'єднаних бурових труб в свердловині.

Ці фактори в свою чергу впливатимуть на міцність і довговічність як всієї бурової вежі, так і її окремих складових частин зокрема.

Після виготовлення, труби для геолого-розвідувальних робіт контролюють на відхилення від круглості зовнішнього радіуса, відхилення товщини стінки труби від номінального значення і відхилення від прямолінійності. Контроль проводять на деякій, наперед визначеній, частині труб від загальної кількості труб в партії.

Якщо контроль не пройде, знову ж таки наперед визначений замовником, відсоток труб, то всю партію труб визнають непридатною для використання в цих роботах.

Тому зручним був би попередній комплексний контроль за якістю виготовлення труб на підприємстві-виробникові, що дало б можливість значно скоротити час, затрачуваний при розсортюванні вимірюванням конкретних окремих параметрів труб.

Проектований пристрій “Стенд контролю відхилення форми та розміщення поверхонь деталей великої довжини” відноситься до контрольно-вимірювальної техніки.

Головною метою розробки є підвищення точності і зручності контролю та забезпечення механізації і автоматизації процесу встановлення контрольованої деталі на вимірювальну позицію, процесу контролю параметрів і операції сортування або відбраковування.

Робота пристрою базується на виведенні контрольованої труби з стану стійкої рівноваги, шляхом поступового нахилу площадки на яку вона

встановлена, і вимірюванні кута, при якому труба починає скочуватись, тобто втрачає стійкість.

Проектований пристрій проводить комплексний контроль параметрів труб, а саме: биття зовнішнього діаметра відносно внутрішнього, як наслідок різної товщини стінок, прогин та овальність труби.

Так як в процесі контролю на контрольовану трубу не потрібно одівати додаткові датчики чи механізми, наприклад в вигляді захвату, то її власні фізичні властивості не спотворюються і, відповідно, точність контролю підвищується.

Крім того, проектована “Стенд контролю відхилення форми та розміщення поверхонь деталей великої довжини” значно зменшує кількість ручних операцій, що фізично спрощує процес контролю, виключає можливість суб’єктивних похибок, а також знижує вимоги до кваліфікації персоналу.

Разом всі ці властивості проектованого пристрою підвищують точність та швидкість, знижують вартість операцій контролю і виключають можливість повернення партії труб від замовника, так як є забезпечується можливість контролю всіх виготовлених труб.

При геологорозвідувальних роботах, як і при інших глибинних буріннях, точності параметрів труб приділяється значна увага. При недотриманні цих параметрів виникає можливість руйнування труби, що негативно вплине на тривалість робіт і збільшить матеріальні витрати.

Робота проектованого пристрою базується на методі визначення биття труби по зміщенню її центра мас.

Фізична сутність методу полягає в наступному.

Контрольовану трубу кладуть на горизонтальну платформу, при цьому труба займає максимально стійке положення (рис.1.1а). Потім шляхом нахилу платформи нейтралізують величину моменту, який виникає в поперечному січенні труби від зміщення її центра мас і який перешкоджає коченню труби.

На рис. 1.1б, 1.1в показано механізми створення моменту від зміщення центра мас труби при її повороті на 90° і залежність моменту від величини зміщення.

Порівняння схем (рис. 1.1б, 1в) показує, що більшій величині зміщення центра каналу (рис.1.1в) відносно центра січення труби O_1 (відрізку b_2) відповідає більше зміщення центру мас C_2 відносно центра січення труби O_1 (відрізок a_2) і відповідно, більше значення моменту M_2 січення відносно точки опори січення O при однаковій вазі труби Q (так як $M_2 = a_2 Q$).

Те ж саме можна сказати і про кут α_2 з вершиною в точці опори січення O , утвореному прямими, які проходять через центр ваги C_2 і центр січення O_1 .

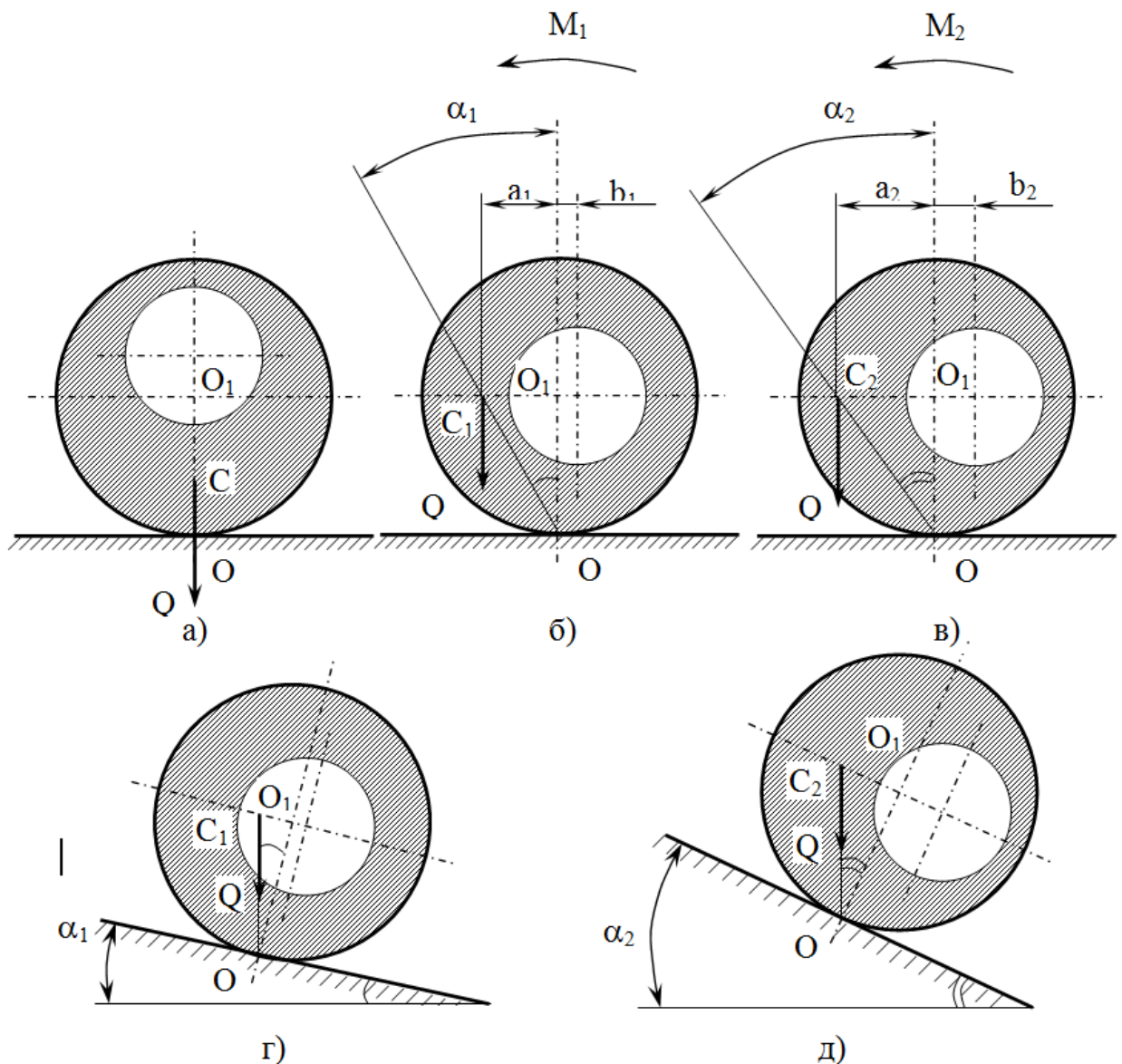


Рисунок 1.1 – Пояснювальні схеми

Аналіз схем (рис. 1.1б, 1.1в) показує також, що в зазначеному положенні труб, моменти M_1 і M_2 мають максимальне значення, так як величини плеч a_1 і a_2 максимальні, і при будь-якому зміщенні положення труб моменти мають менше значення.

Якщо почати поступовий нахил площини платформи, то труби деякий час практично нерухомі, хоч величини моментів, які їх утримують, поступово зменшуються за рахунок зменшення плеч a_1 і a_2 . Потім настає момент (рис. 1.1г, 1.1д), коли величина плеч a_1 і a_2 рівна нулю, тобто досягнуті критичні величини кутів α_1 і α_2 , подальше збільшення яких призведе до перекидання моментів, труба виходить зі стану стійкої рівноваги і починає котитись.

Аналіз схем (рис. 1.1г і 1.1д) показує, що критичні кути нахилу рівні по величині кутам з вершиною в точці опори труби α_1 і α_2 , тобто кожному зміщенню центра мас відповідає свій критичний кут нахилу площини.

Крім того, на критичний кут нахилу впливатимуть овальність і прогин труби.

Таким чином, по величині критичного кута нахилу площини платформи можна проводити комплексний контроль параметрів труб і, відповідно, судити про міцність та придатність контрольованої труби.

1.2 Аналіз об'єкту вимірювання і контролю

Об'єктом контролю “Стенд контролю відхилень форми та розміщення поверхонь деталей великої довжини” є труби для геологорозвідувальних робіт.

Згідно ГОСТ 8467-83 ці труби виготовляють з сталі марок: 36Г2С, 4Х і 30ХГС по ГОСТ 4543-71 із параметрами приведеними в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри контрольованих труб

Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Довжина труби, мм	Маса, кг 1 пог. м
33,5 ± 0,3	4,75 ^{+0,57} _{-0,48}	1500	3,37
		3000	
42,0 ± 0,45	5,0 ^{+0,6} _{-0,5}	1500	4,56 + 0,67
		3000	
		4500	
50,0 ± 0,5	5,5 ^{+0,66} _{-0,55}	1500	6,04 + 0,96
		3000	
		4500	

Кривизна труби не повинна бути більшою 1 мм на погонний метр.

Овальність труби допускається в межах відхилення зовнішнього діаметру.

1.3 Опис кінематичної і пневматичної схеми приладу

З вхідного лотка 8, контрольована труба 9 поступає на завантажувач 10, який плавно кладе трубу на платформу 12 в зону дії матриці з десяти індуктивних безконтактних датчиків 11. За допомогою цих датчиків перевіряється наявність контрольованої труби на вимірювальній позиції і фіксується момент початку руху труби. Завантажувач 10 обертається навколо нерухомої осі за допомогою пневмоциліндра 15. Після встановлення труби на вимірювальну позицію включається електродвигун 17, який через муфту 18 з'єднаний з черв'ячним редуктором 20. Через передачу гвинт-гайка 19, обертовий рух черв'ячного колеса перетворюється в поступальний і платформа 12 разом з контрольованою трубою починає повільно нахилитись. При деякому куті нахилу платформи, труба вийде з стану стійкої рівноваги і

почне котитись. Покотившись, труба викличе спрацювання індуктивного датчика, це свідчитиме про те, що труба вийшла з стану стійкої рівноваги, тобто перехід через деякий граничний кут нахилу. Даний кут нахилу вимірюється круговим фотоелектричним імпульсним датчиком 16. Якщо граничний кут нахилу лежить в межах допустимого, то труба по сортувальній платформі попаде в верхній лоток, якщо ж кут нахилу більший допустимого – в нижній. Перекидання сортувальної платформи здійснюється за допомогою пневмоциліндра.

Для задання швидкості руху штока пневмоциліндра використовуються пневмодроселі 7. Керування напрямком руху штока пневмоциліндра здійснюється за допомогою пневморозподільвача з електронним керуванням 6. Щоб запобігти шумові при вихлопі повітря використовуються глушники 5. Повітря до пневморозподільвачів подається через блок підготовки повітря, який складається з фільтра 2, реле тиску 3, манометра 4 і маслорозпилювача 21.

При попаданні труби в вихідний лоток спрацьовує індуктивний датчик прикріплений до лотка, що є сигналом для реверсного включення двигуна і початку піднімання платформи 12. Верхнє крайнє положення платформи контролюється індуктивним датчиком закріпленим на нижньому кінці гвинта кінематичної пари гвинт-гайка 19.

Процеси завантаження, контролю і сортування є автоматизовані. Управління всіма процесами здійснюється за допомогою блоку управління.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Опис роботи приладу

Перед початком роботи приладу необхідно провести його наладку, яка включає в себе настройку матриці індуктивних датчиків, їх регулюють для зменшення похибки, збільшення чутливості.

Потім потрібно встановити платформу в горизонтальне положення, чим з більшою точністю це буде зроблено тим меншою буде похибка контролю. Горизонтальне положення платформи фіксується індуктивним датчиком, розміщеним на нижньому кінці гвинта кінематичної пари гвинт-гайка.

Після ввімкнення живлення установки необхідно з клавіатури ввести допустимий кут нахилу платформи з контрольованою трубою, який попередньо визначається експериментальним методом.

Для кожного типу труб буде свій допустимий кут нахилу, тому одночасно можуть контролюватись тільки труби однакового діаметру і однакової довжини. Якщо кут нахилу введений, то подальшими процесами керує блок керування.

Установка автоматично завантажує трубу на вимірювальну позицію, перевіряє наявність труби і вмикає двигун, за допомогою якого платформа з контрольованою трубою починає повільно опускатись.

Коли труба почне котитись спрацьовує той ж самий індуктивний датчик, кут нахилу фіксується датчиком кута і виводиться на індикатор, для того, щоб оператор міг слідкувати за проміжними результатами.

Якщо кут нахилу в межах допустимого то труба посилається в верхній лоток, якщо ж більший – в нижній шляхом перекидання сортувальної платформи.

При опусканні платформи на 10° , двигун зупиняється і, після спрацювання індуктивного датчика на вихідному лотку, вмикається в реверсному режимі. Після спрацювання індуктивного датчика положення платформи двигун зупиняється і проводиться завантаження наступної труби. Якщо труби в вхідному лотку немає, то установка стає в початкове положення і для подальшого контролю необхідно знову ввести з клавіатури кут нахилу.

2.2 Вибір елементів конструкції приладу

Виходячи з оптимальних співвідношень жорсткості та маси для конструкції платформи вибираємо:

Швелер	5П ГОСТ 8246-72
	Ст. 3 ГОСТ 380-71
Кутник	A-50x32x4 ГОСТ 8510-72
	Ст. 3 ГОСТ 380-71

Для піднімання-опускання платформи використовуємо кінематичну передачу гвинт-гайка, яка працює на зручному методі перетворення обертового руху в поступальний. Причому, для забезпечення жорсткості конструкції використовуємо дві такі передачі.

Для з'єднання передачі гвинт-гайка з електродвигуном використовуємо черв'ячний редуктор, в якого можливі великі передаточні відношення.

Синхронізацію руху гвинтів забезпечуємо валом, який з'єднує черв'яки редукторів.

Для забезпечення реверсивного руху двигуна, а також для роботи його в періодичному режимі, при виборі електродвигуна зупиняємося на електродвигуні постійного струму.

Фіксація початку руху контрольованої труби здійснюється індуктивним безконтактним датчиком німецької фірми “FESTO” марки SIE-M8S-PS-K-LED з напругою живлення 10..30 В і струмом комутації 125 мА.

Такими ж індуктивними датчиками будуть контролюватись горизонтальне положення платформи і завершення процесу контролю.

Вимірювання кута нахилу платформи з контрольованою трубою здійснюється круговим фотоелектричним імпульсним датчиком типу BE51M з дискретністю 4°, напругою живлення 10..30 В, який має достатню точність і на виході імпульсний сигнал, що спрощує опрацювання результату вимірювання.

Для завантажувального і сортувального пристроїв використовуються пневмоциліндри, так як потрібно тільки два фіксованих крайніх положення. Зокрема, вибір зупинено на пневмоциліндрах австрійської фірми “SAMOZZI”, одним з напрямків діяльності якої є пневмопристрої та пневмозасоби.

Для керування роботою пневмоциліндрів використано електропневморозподільвачі тієї ж фірми.

Використання імпортованих складових частин обумовлено їх надійністю, компактністю і тим, що не потрібно виготовляти спеціальні пристрої в невеликих кількостях, що, в свою чергу, вимагатиме додаткових затрат.

2.3 Розрахунок передачі гвинт-гайка

Дана кінематична передача гвинт-гайка є не що інше як частина гвинтового підйомника, до складу якого входять привідний електродвигун, черв'ячний редуктор, в маточині черв'ячного колеса якого розміщена гайка.

Вертикальний гвинт верхнім кінцем, через шарнір з'єднаний з платформою. При обертанні черв'ячного колеса разом з гайкою, гвинт здійснює поступальний рух.

Перед початком розрахунку передачі визначаємо масу вантажу, тобто масу платформи з розміщеною на ній трубою.

Масу платформи розраховуємо за формулою:

$$m_n = \sum_{i=0}^n m_i, \quad (2.1)$$

де m_n – маса платформи, кг;

m_i – маса окремої складової частини платформи, кг.

Платформа складається з швелера 5П і кутника А-50х32х4, маса одного погонного метра яких відповідно 4,8 кг і 1,81 кг.

Загальна довжина використаного швелера рівна $3,52 \cdot 2 = 7,04$ м, кутника – $1 \cdot 6 = 6$ м.

Загальна маса направляючих платформи рівна 10 кг.

Отже, загальна маса платформи рівна:

$$m_n = 4,8 \cdot 7,04 + 1,81 \cdot 6 + 10 \approx 55 \text{ кг}. \quad (2.1)$$

Максимальна маса труби, яку контролюють, рівна 28,5 кг.

Враховуючи масу гвинтів, шарнірів та елементів кріплення, приймаємо масу вантажу для підйомника $m = 100$ кг, швидкість піднімання (опускання) – $v = 0,0025$ м/с.

Осьова сила, що навантажує гвинти:

$$F_{ar} = \frac{1}{2} m g, \quad (2.2)$$

де F_{ar} – осьова сила на гвинті, Н;

m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$F_{ar} = 1/2 \cdot 100 \cdot 9,8 = 490 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт $1/2$ використовуємо тому, що загальна маса вантажу приблизно рівно розподілена між двома гвинтами.

Для того, щоб дістати самогальмівну передачу гвинт-гайка, орієнтуємося на малий крок різьби $P = 2$ мм і число заходів $z = 1$.

Тоді потрібну кутову швидкість гайки розраховуємо за формулою:

$$\omega = 2\pi v / (Pz), \quad (2.3)$$

де ω - кутова швидкість гайки, с^{-1} ;

v – лінійна швидкість руху гвинта, м/с.

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0025 / (2 \cdot 10^{-3} \cdot 1) = 7,85 \text{ с}^{-1}$$

Для виготовлення передачі вибираємо такі матеріали:

гвинт – із сталі 45, нормалізованої, для якої $\sigma_B = 598$ МПа, а $\sigma_T = 363$ МПа;

гайка – із безолов'яної бронзи БрА9Ж3Л.

Допустимий тиск у контактні витків сталевого нормалізованого гвинта і бронзової гайки $[p] = 5$ МПа.

У зв'язку з однобічним навантаженням гвинта вибираємо для передачі упорну різьбу.

Середній діаметр різьби гвинта:

$$d_2 = \sqrt{F_a / (\pi \varepsilon \lambda [p])}, \quad (2.4)$$

де d_2 – середній діаметр різьби, м;

F_a – осьова сила, що навантажує гвинт, Н; $F_a = 1/2 F_{ar}$;

ε - коефіцієнт висоти гайки; $\varepsilon = 2$;

λ - коефіцієнт повноти різьби, $\lambda = 0,75$ (для упорної різьби).

$$d_2 = \sqrt{245 / (3,14 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 5)} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

З конструктивних міркувань вибираємо упорну різьбу з наступними параметрами:

крок різьби $P = 2 \cdot 10^{-3}$ м,

номінальний діаметр $d = 2 \cdot 10^{-3}$ м,

внутрішній діаметр $d_1 = 16,528 \cdot 10^{-3}$ м,

внутрішній діаметр $d_2 = 18,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Висота гайки:

$$H = \varepsilon d_2, \quad (2.5)$$

де H – висота гайки, м.

$$H = 2 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3} = 37 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $H = 40 \cdot 10^{-3}$ м.

Число витків у гайці:

$$z_B = H/P, \quad (2.6)$$

де z_B - число витків у гайці.

$$z_B = 40 \cdot 10^{-3} / (2 \cdot 10^{-3}) = 20.$$

Кут підйому витків різьби за її середнім діаметром:

$$\psi = \arctg (Pz/(\pi d_2)), \quad (2.7)$$

де ψ - кут підйому витків різьби за її середнім діаметром.

$$\psi = \arctg (2 \cdot 10^{-3} \cdot 1 / (3,14 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3})) = 1,972^\circ.$$

Зведений кут тертя в різьбі при коефіцієнті тертя $f = 0,05$ для змащених деталей та при $\delta = 3^\circ$:

$$\varphi' = \arctg (f/\cos \delta), \quad (2.8)$$

де φ' - зведений кут тертя в різьбі.

$$\varphi' = \arctg (0,05/\cos 3) = 2,866^\circ.$$

Умова самогальмування різьбової пари виконується, оскільки $\varphi' > \psi$.

Фактичний коефіцієнт корисної дії передачі гвинт-гайка:

$$\eta_1 = \operatorname{tg} \psi / \operatorname{tg}(\psi + \varphi'), \quad (2.9)$$

де η_1 - фактичний коефіцієнт корисної дії.

$$\eta_1 = \operatorname{tg} 1,972 / \operatorname{tg}(1,972 + 2,866) = 0,41.$$

Розрахунковий тиск у контактi витків з вибраними розмірами при робочій висоті витка $H_1 = 0,75P$ рівний:

$$p = F_a / (\pi d_2 H_1 Z_B), \quad (2.10)$$

де p - розрахунковий тиск у контактi витків, Па.

$$p = 245 / (3,14 * 18,5 * 10^{-3} * 1,5 * 10^{-3} * 20) = 0,14 * 10^6 \text{ Па.}$$

Стійкість витків проти спрацювання забезпечується, оскільки $p = (0,14 * 10^6) \text{ Па} < [p] = (5 * 10^6) \text{ Па}$.

Враховуючи те, що навантаження в даній передачі є досить малими, а параметри різьби вибрані з великим запасом, подальший розрахунок гайки і гвинта на міцність є зайвими.

2.4 Вибір електродвигуна

Здамося передаточним числом редуктора $u_p = 40$, кутовим прискоренням черв'ячного колеса $\varepsilon = 7,85 \text{ с}^{-2}$.

Необхідний момент створюваний на валу двигуна:

$$M_{\text{дв}} = M_c / (u_p \eta_p) + (I_{\text{дв}} + I_{\text{р.пр}}) u_p \varepsilon_{\text{н max}}, \quad (2.11)$$

де $M_{\text{дв}}$ - необхідний момент створюваний на валу двигуна, Н м;

M_c – момент сил опору, Н м;

u_p – передаточне число редуктора;

η_p – коефіцієнт корисної дії редуктора, $\eta_p = 0,75$;

$I_{\text{дв}}$ – момент інерції двигуна, кг м²;

$I_{\text{р.пр}}$ – приведений момент інерції редуктора, кг м²;

$\varepsilon_{\text{н max}}$ – максимальне кутове прискорення на виході редуктора, с⁻².

$$M_c = F_{\text{ар}} P z / (2 \pi \eta), \quad (2.12)$$

де η - коефіцієнт корисної дії передачі гвинт-гайка.

$$M_c = 490 * 2 * 10^{-3} * 1 / (2 * 3,14 * 0,41).$$

$$I_{p.pr} = I_1 + I_2 / u_p^2, \quad (2.13)$$

де I_1 – момент інерції вхідного вала редуктора, кг м²;

I_2 - момент інерції вихідного вала редуктора, кг м².

В формулі 13, другий доданок порівняно з першим настільки незначний, що ним можна знехтувати. Тоді приведений момент інерції редуктора буде рівний:

$$I_{p.pr} = I_1. \quad (2.14)$$

Момент інерції вхідного вала редуктора буде рівний сумі моментів інерції черв'яків, муфт, вала, який з'єднує черв'яки, та підшипників.

Прийнявши, наближено, всі вище перераховані складові за суцільний вал, розрахуємо момент інерції вала за формулою:

$$I_1 = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} \pi R^4 l, \quad (2.15)$$

де R – радіус вала, м;

l – довжина вала, м;

ρ - густина матеріалу вала, $\rho = 7,85 \cdot 10^3$ кг м³.

$$I_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,01^4 \cdot 2 \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 2,465 \cdot 10^{-4} \text{ кг м}^2.$$

Отже, необхідний момент створований на валу двигуна знаходимо за формулою:

$$M_{дв} = 0,38 / (40 \cdot 0,75) + (60 \cdot 10^{-6} + 2,465 \cdot 10^{-4}) \cdot 40 \cdot 7,85 = 0,11 \text{ Н м}$$

Кутова швидкість двигуна:

$$\omega_{\text{дв}} = u_p \omega, \quad (2.16)$$

де $\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна, с^{-2} .

$$\omega_{\text{дв}} = 40 * 7,85 = 314 \text{ с}^{-2}.$$

Частота обертання вала двигуна:

$$n = \omega_{\text{дв}} 30 / \pi, \quad (2.17)$$

де n – частота обертання вала двигуна, хв^{-1} .

$$n = 314 * 30 / 3,14 = 3000 \text{ хв}^{-1}.$$

Поставлені вимоги задовольняє електродвигун ПЯ-50, з номінальним моментом на валу 0,16 Н м, частотою обертання його вала 3000 хв^{-1} , номінальною потужністю 50 Вт та напругою живлення 36 В від джерела постійного струму.

2.5 Розрахунок черв'ячної передачі

Вихідні дані:

1. момент на валу черв'ячного колеса $T_2 = 0,175 \text{ Н м}$,
2. кутова швидкість вала черв'ячного колеса $\omega_2 = 7,85 \text{ с}^{-1}$,
3. передаточне число передачі $u = 40$, передача з архімедовим черв'яком, реверсивна,
4. режим навантаження – легкий, можливі короточасні перевантаження до 150 %,
5. строк служби передачі $h = 10000 \text{ год}$.

Кутова швидкість черв'яка:

$$\omega_1 = \omega_2 u, \quad (2.18)$$

де ω_1 - кутова швидкість черв'яка, с^{-1} .

$$\omega_1 = 7,85 \cdot 40 = 314 \text{ с}^{-1}.$$

Потужність на веденому валі:

$$P_2 = T_2 \omega_2, \quad (2.19)$$

де P_2 – потужність на веденому валі, Вт.

$$P_2 = 0,175 \cdot 7,85 = 1,3525 \text{ Вт.}$$

Потужність на ведучому валі:

$$P_1 = P_2 / \eta, \quad (2.20)$$

де P_1 – потужність на веденому валі, Вт;

η - коефіцієнт корисної дії редуктора, $\eta = 0,75$.

$$P_1 = 1,3525 / 0,75 = 1,8 \text{ Вт.}$$

Момент на ведучому валі передачі:

$$T_1 = P_1 / \omega_1, \quad (2.21)$$

де T_1 – момент на ведучому валі, Н м.

$$T_1 = 1,8/314 = 0,00573 \text{ Н м.}$$

Максимальний обертовий момент на веденому валі:

$$T_{2M} = 1,5 T_2, \quad (2.22)$$

де T_{2M} – максимальний обертовий момент на веденому валі, Вт.

$$T_{2M} = 1,5 * 0,175 = 0,2625 \text{ Н м}$$

Орієнтовна швидкість ковзання в зачепленні:

$$v_s = (4 \cdot \omega_1 / 10^3) \cdot \sqrt[3]{T_2^2}, \quad (2.23)$$

де v_s - орієнтовна швидкість ковзання в зачепленні, м/с.

$$v_s = (4 \cdot 314 / 10^3) \cdot \sqrt[3]{0,175^2} = 0,7 \text{ м/с.}$$

За строк служби передачі, сумарне число циклів навантаження зубів колеса становить:

$$N_{\Sigma 2} = 1800 \omega_2 h / \pi, \quad (2.24)$$

де $N_{\Sigma 2}$ - сумарне число циклів навантаження;

h – строк служби передачі, $h = 1000$ год.

$$N_{\Sigma 2} = 1800 * 7,85 * 10000 / 3,14 = 45 * 10^6.$$

Для легкого режиму роботи при коефіцієнті інтенсивності 0,01, еквівалентне число циклів навантаження зубців:

$$N_{FE2} = K_{FE} N_{\Sigma 2}, \quad (2.25)$$

де K_{FE} - коефіцієнті інтенсивності, $K_{FE} = 0,01$ (для легкого режиму роботи).

$$N_{FE2} = 0,01 * 45 * 10^6 = 0,45 * 10^6.$$

Для виготовлення черв'яка беремо леговану сталь 40Х, термообробка – гартування зі відпусканням, твердість $H_1 = 45...55$ HRC, робочі поверхні витків шліфовані.

Для вінця черв'ячного колеса, при швидкості ковзання $v_s = 0,7$ м/с, можна брати безолов'яну бронзу БрА9ЖЗЛ (відливання в кокіль) з такими характеристиками: границя міцності $\sigma_B = 500$ МПа, границя текучості $\sigma_T = 230$ МПа.

Допустиме контактне напруження:

$$[\sigma]_H = 300 - 25v_s, \quad (2.26)$$

де $[\sigma]_H$ – допустиме контактне напруження, МПа;

v_s – швидкість ковзання, м/с.

$$[\sigma]_H = 300 - 25 * 0,7 = 282,5 \text{ МПа.}$$

Допустиме граничне контактне напруження:

$$[\sigma]_{Hmax} = 2\sigma_T, \quad (2.27)$$

де $[\sigma]_{Hmax}$ - допустиме граничне контактне напруження, МПа.

$$[\sigma]_{Hmax} = 2 \cdot 230 = 460 \text{ МПа.}$$

Для бази випробувань 10^6 та реверсивного навантаження допустиме контактне напруження на згин:

$$[\sigma]_{F0} = 0,08\sigma_B + 0,25\sigma_T, \quad (2.28)$$

де $[\sigma]_{F0}$ - допустиме контактне напруження на згин, МПа.

$$[\sigma]_{F0} = 0,08 \cdot 500 + 0,25 \cdot 230 = 97,5 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт довговічності :

$$K_{FL} = \sqrt[3]{10^6 / N_{FE2}}, \quad (2.29)$$

де K_{FL} - коефіцієнт довговічності;

N_{FE2} - еквівалентне число циклів навантаження зубців.

$$K_{FL} = \sqrt[3]{10^6 / 0,45 \cdot 10^6} = 1,09.$$

Враховуючи обмеження $0,54 \leq K_{FL} \leq 1$, беремо $K_{FL} = 1$. Тоді для зубців черв'ячного колеса допустиме напруження на згин:

$$[\sigma]_F = [\sigma]_{F0} K_{FL}, \quad (2.30)$$

де $[\sigma]_F$ - допустиме напруження на згин, МПа.

$$[\sigma]_F = 97,5 \cdot 1 = 97,45 \text{ МПа.}$$

Допустиме граничне напруження згину:

$$[\sigma]_{F_{\max}} = 0,8 \sigma_T, \quad (2.31)$$

де $[\sigma]_{F_{\max}}$ - допустиме граничне напруження згину, МПа.

$$[\sigma]_{F_{\max}} = 0,8 * 230 = 184 \text{ МПа.}$$

Допоміжний коефіцієнт $K_A = 310 \text{ МПа}^{1/3}$ – при сталевому черв'яку та бронзовому вінцю колеса.

Число витків черв'яка беремо $z_1 = 2$. Тоді число зубців черв'ячного колеса:

$$z_2 = z_1 u, \quad (2.32)$$

де u – передаточне число редуктора.

$$z_2 = 2 * 40 = 80.$$

Коефіцієнт діаметра черв'яка вибираємо $q = 16$, тоді коефіцієнт деформації $Q = 163$, а $x = 0,31$.

Коефіцієнт що враховує розподіл навантаження по ширині вінця черв'ячного колеса:

$$K_{H\beta} = 1 + (z_2/Q)^3 (1-x). \quad (2.33)$$

$$K_{H\beta} = 1 + (80/163)^3 (1-0,31) = 1,544.$$

Мінімальна міжосьова відстань:

$$a_{\omega \min} = K_a (z_2 / q + 1) \sqrt[3]{T_2 K_{H\beta} q^2 / (z_2 [\sigma]_H)^2}, \quad (2.34)$$

де $a_{\omega \min}$ - мінімальна міжосьова відстань, м.

$$a_{\omega \min} = 310(80/16 + 1) \sqrt[3]{0,175 \cdot 1,544 \cdot 16^2 / (80 \cdot 282,5)^2} = 9,55 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Модуль черв'ячної передачі:

$$m' = 2 \cdot 10^3 a_{\omega \min} / (z_2 + q), \quad (2.35)$$

де m' - модуль черв'ячної передачі, мм.

$$m' = 2 \cdot 10^3 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3} / (80 + 16) = 0,2 \text{ мм.}$$

За стандартом вибираємо модуль $m = 1$ мм, якому відповідає $q = 16$.

Ділильні діаметри черв'яка та черв'ячного колеса:

$$d_1 = m q \cdot 10^{-3}, \quad (2.36)$$

$$d_2 = m z_2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.37)$$

де d_1, d_2 – ділильний діаметр черв'яка та черв'ячного колеса відповідно,

м.

$$d_1 = 1 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$d_2 = 1 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Діаметри вершин витків черв'яка та зубців колеса:

$$d_{a1} = d_1 + 2m \cdot 10^{-3}, \quad (2.38)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m \cdot 10^{-3}, \quad (2.39)$$

де d_{a1} , d_{a2} - діаметр вершин витків черв'яка та зубців колеса відповідно.

$$d_{a1} = 16 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

$$d_{a2} = 80 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 82 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Міжосьова відстань передачі:

$$a_{\omega} = 0,5 (d_1 + d_2), \quad (2.40)$$

де a_{ω} - міжосьова відстань передачі, м.

$$a_{\omega} = 0,5 (16 \cdot 10^{-3} + 80 \cdot 10^{-3}) = 48 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Ширина вінця черв'ячного колеса:

$$b_2 \leq 0,75 d_{a1}, \quad (2.41)$$

де b_2 - ширина вінця черв'ячного колеса, м.

$$b_2 \leq 0,75 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 13,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

вибираємо $b_2 = 13 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Ділильний кут підйому лінії витка черв'яка:

$$\gamma = \text{arctg } z_1/q. \quad (2.42)$$

$$\gamma = \text{arctg } 2/16 = 7,125^\circ.$$

Швидкість ковзання в зачепленні:

$$v_S = 0,5 \omega_1 d_1 / \cos \gamma, \quad (2.43)$$

де v_S - швидкість ковзання в зачепленні, м/с.

$$v_S = 0,5 * 314 * 16 * 10^{-3} / \cos 7,125^\circ = 2,53 \text{ м/с.}$$

Уточнене значення допустимого контактного напруження розраховуємо по формулі 26:

$$[\sigma]_H = 300 - 25 * 2,53 = 236,76 \text{ МПа.}$$

Розміри елементів витків черв'яка та черв'ячного колеса:

- висота головки витка: $h_a = m = 1 \text{ мм};$
- висота ніжки: $h_f = 1,2 m = 1,2 \text{ мм};$
- висота витка та зубця: $h = 2,2 m = 2,2 \text{ мм};$
- розрахункова товщина витка: $S = 0,5 \pi m = 1,57 \text{ мм.}$

Розміри вінців черв'яка та черв'ячного колеса:

- ділильні діаметри: $d_1 = 16 \text{ мм}, d_2 = 80 \text{ мм};$
- діаметри впадин: $d_{f1} = d_1 - 2,4m = 13,6 \text{ мм}, d_{f2} = 77,6 \text{ мм};$
- найбільший діаметр колеса $d_{am2} \leq d_{a2} + 1,5 m = 83,5 \text{ мм};$
- нарізувана частина черв'яка $b_1 \geq (11 + 0,06 z_2) m = 15,8 \text{ мм.}$

Приймаємо довжину нарізуваної частини черв'яка $b_1 = 26 \text{ мм}$, ширину вінця колеса $b_2 = 13 \text{ мм}$.

Колова сила, що діє на зубці колеса:

$$F_{t2} = 2T_2/d_2, \quad (2.44)$$

де F_{t2} - колова сила, що діє на зубці колеса, Н.

$$F_{t2} = 2 * 0,175 T_2 / 80 * 10^{-3} = 4,375 \text{ Н.}$$

Радіальна сила на черв'ячному колесі та черв'яку:

$$F_{r2} = F_{r1} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.45)$$

де F_{r2} , F_{r1} - радіальна сила на черв'ячному колесі та черв'яку відповідно, Н;
 α - кут обхвату, $\alpha = 20^\circ$.

$$F_{r2} = F_{r1} = 4,375 * \operatorname{tg} 20^\circ = 1,59 \text{ Н.}$$

Осьова сила на черв'ячному колесі:

$$F_{a2} = F_{t1} = F_{t2} \operatorname{tg} \gamma, \quad (2.46)$$

де F_{a2} - осьова сила на черв'ячному колесі, Н;
 F_{t1} - колова сила, що діє на черв'як, Н.

$$F_{a2} = F_{t1} = 4,375 * \operatorname{tg} 7,125^\circ = 0,538 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт корисної дії передачі:

$$\eta = (0,95 \dots 0,96) \operatorname{tg} \gamma / \operatorname{tg}(\gamma + \varphi'), \quad (2.47)$$

де φ' - зведений кут тертя в передачі.

$$\eta = (0,95 \dots 0,96) \operatorname{tg} 7,125^\circ / \operatorname{tg}(7,125^\circ + 3^\circ) = 0,74 \dots 0,75.$$

Рівнодійна колової та радіальної сил на черв'як:

$$F = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{r1}^2}, \quad (2.48)$$

де F - рівнодійна колової та радіальної сил на черв'як, Н.

$$F = \sqrt{0,538^2 + 1,59^2} = 4,33\text{Н.}$$

Осьовий момент перерізу черв'яка:

$$I_0 = \pi d_{f1}^4 / 64, \quad (2.49)$$

де I_0 - осьовий момент перерізу черв'яка, м^4 .

$$I_0 = 3,14 \cdot (13,6 \cdot 10^{-3})^4 / 64 = 1,678 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4.$$

Беремо, наближено, відстань між опорами черв'яка $l = 110$ мм.

При модулі пружності для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, розрахункова стріла прогину черв'яка:

$$y = F l^3 / (48 E I_0), \quad (2.50)$$

де y - розрахункова стріла прогину черв'яка, м.

$$y = 4,33 \cdot 110^3 / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,678 \cdot 10^{-9}) = 3,4 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Допустима стріла прогину:

$$[y] = 0,01\text{м}, \quad (2.51)$$

де $[y]$ - допустима стріла прогину, м.

$$[y] = 0,01 * 1 * 10^{-3} = 1 * 10^{-5} \text{ м.}$$

Жорсткість черв'яка достатня, оскільки $y < [y]$.

2.1 Вибір пневмоциліндрів

2.1.1 Розрахунок пневмоциліндра завантажувача

Необхідне знаходимо з умови:

$$Q l_2 \geq G l_1, \quad (2.52)$$

де Q - зусилля на пневмоциліндрі, Н;

l_2, l_1 – плече дії зусилля на пневмоциліндрі та ваги труби відповідно, м;

G – вага труби, Н.

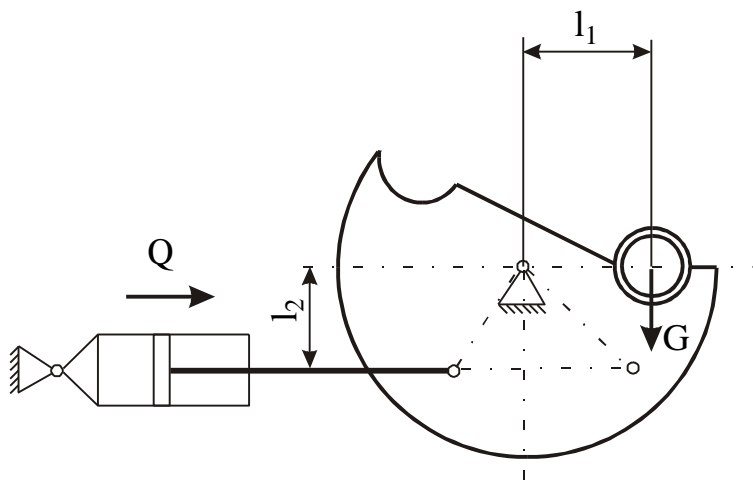


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема

Розділивши ліву і праву частину рівняння 1.52 отримаємо:

$$Q \geq G l_1 / l_2. \quad (2.53)$$

Знаходимо масу труби діаметром 50 мм і довжиною 4,5 м:

$$G = g m l, \quad (2.54)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

m – маса одного погонного метра труби, кг ;

l – довжина труби, м .

$$G = 9,8 * 6,04 * 4,5 = 267 \text{ Н.}$$

$$Q \geq 267 * 98 / 43 = 603 \text{ Н.}$$

Зусилля пневмоциліндра:

$$Q = \pi D^2 p \eta / 4, \quad (2.55)$$

де Q - зусилля пневмоциліндра, Н ;

D – діаметр поршня, м ;

p – тиск повітря пневмомережі, Па .

Приймаємо $p = 0,4 \text{ МПа}$ – мінімально допустимий тиск повітря біля робочого місця;

η - коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра, $\eta = 0,9$.

З формули 1.54 знаходимо необхідний діаметр поршня:

$$D = \sqrt{4Q / \pi p \eta}, \quad (2.56)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 603 / 3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 46 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо циліндр з діаметром поршня $D = 50 \text{ мм}$.

Хід пневмоциліндра $S = 100 \text{ мм}$ визначаємо з побудови.

2.1.2 Розрахунок пневмоциліндра сортування

Необхідне зусилля пневмоциліндра:

$$Q_1 \cos \alpha L/2 \cos \alpha + GL \cos \alpha. \quad (2.57)$$

$$Q \geq L/l (G_n/2 + G), \quad (2.58)$$

де Q - необхідне зусилля пневмоциліндра, Н;

L – довжина платформи, $L = 0,5$ м;

l – плече шарніра пневмоциліндра, $l = 0,25$ м;

G – найбільша вага труби, $G = 267$ Н;

G_n – вага платформи, Н.

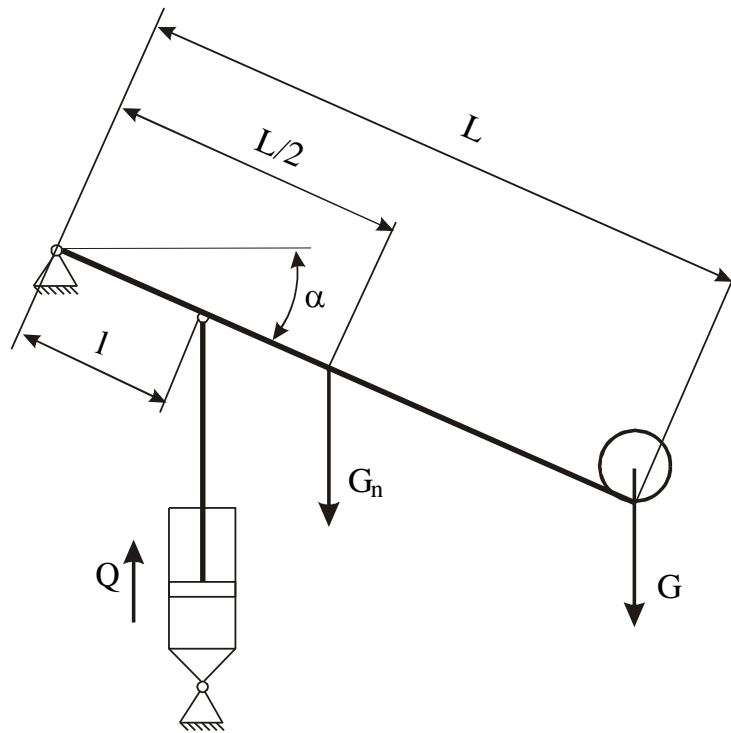


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема.

При виготовленні платформи з швелера 5, з масою погонного метра $m = 4,84$ кг, з масою направляючих та кронштейнів вага платформи буде становити $G_n = 9,81 * 18 = 176$ Н.

$$Q \geq 0,5/0,25 (176/2 + 267) = 710 \text{ Н.}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра розраховуємо за формулою (1.56).

$$D = \sqrt{4 \cdot 710 / 3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 50,01 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Приймаємо циліндр з діаметром поршня $D = 50 \text{ мм}$.

Хід циліндра визначаємо з побудови – $S = 50 \text{ мм}$.

2.2 Визначення похибки контролю

Для контрольованих труб кут нахилу платформи не перевищує 6° .

Похибка контролю буде залежати від точності датчика кута нахилу і відхилення від горизонталі платформи приладу.

Точність, яку забезпечує коловий імпульсний фотоелектричний датчик BE51M рівна $\pm 4'$, але підрахунок імпульсів ведеться по низькому і високому рівню тому похибка відліку $\pm 2'$ або ж $0,033^\circ$. відхилення від горизонталі платформи не більше 0,5 мм.

Точність відтворення безконтактного індуктивного датчика SIE-M8S-PS-K-LED рівна 0,01 мм.

Сумарне відхилення від горизонталі $\Delta = 0,51$ мм. На довжину платформи це складатиме:

$$\delta_1 = \arctg \Delta / l, \quad (2.59)$$

де δ_1 – сумарне відхилення від горизонталі, $^\circ$;

Δ - сумарне відхилення від горизонталі, м;

l – довжина платформи, $l = 1$ м.

$$\delta_1 = \arctg (0,51 * 10^{-3} / 1) = 0,029^\circ.$$

Загальна похибка приладу складає $0,062^\circ$, або ж

$$\delta = 0,062^\circ / 6^\circ * 100\% = 1,033 \%$$

2.3 Повірка пристрою

Для повірки пристрою використовують 10 повірочних труб, які також використовують і для настроювання пристрою перед початком її роботи.

Труби вибирають з партії виготовлених труб, проводячи вимірювання їх параметрів за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Параметри труб повинні лежати на границі поля допуску.

Зовнішній діаметр труби вимірюють за допомогою гладкого мікрометра МК-50-1 ГОСТ 6507-78, з діапазоном вимірювання 25-50 мм і похибкою

0,0025 мм. Для того, щоб можна було судити про овальність труби, вимірюють найбільший і найменший зовнішній діаметр труб.

Товщину стінки труби вимірюють за допомогою індикаторного стінкоміра С-10 ГОСТ 11951-82 в якого ціна поділки становить 0,01 мм і похибка складає ± 20 мкм.

Прогин труби вимірюють з допомогою індикатора годинникового типу ИЧ-02 кл 0 ГОСТ 577-68 (границі вимірювання 0-2 мм, ціна поділки 0,01 мм, похибка 10 мкм) і приспособлення, яке являє собою кутник довжиною 1 м, виготовлений з високою точністю (відхилення від лінійності $\leq 0,02$ мм), на одній з сторін якого закріплений вище згаданий індикатор.

Повірочні труби завантажують в вхідний лоток і проводять їх контроль вже за допомогою пристрою 10 разів.

Якщо більше 90% труб, але не всі 100%, попадають в сортувальний лоток як придатні для використання, то пристрій можна вважати придатним для використання.

Крім того контролюють відхилення від горизонтального положення вимірювальної платформи.

Допустимим вважається відхилення $\pm 0,5$ мм/м. Вимірювання проводять за допомогою рамного регулюємого рівня тип 122 ГОСТ 9393-72 з ціною поділки 0,02 мм/м і похибкою вимірювання 0,004 мм/м.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження руху циліндричного тіла зі зміщеним центром мас по похилій площині

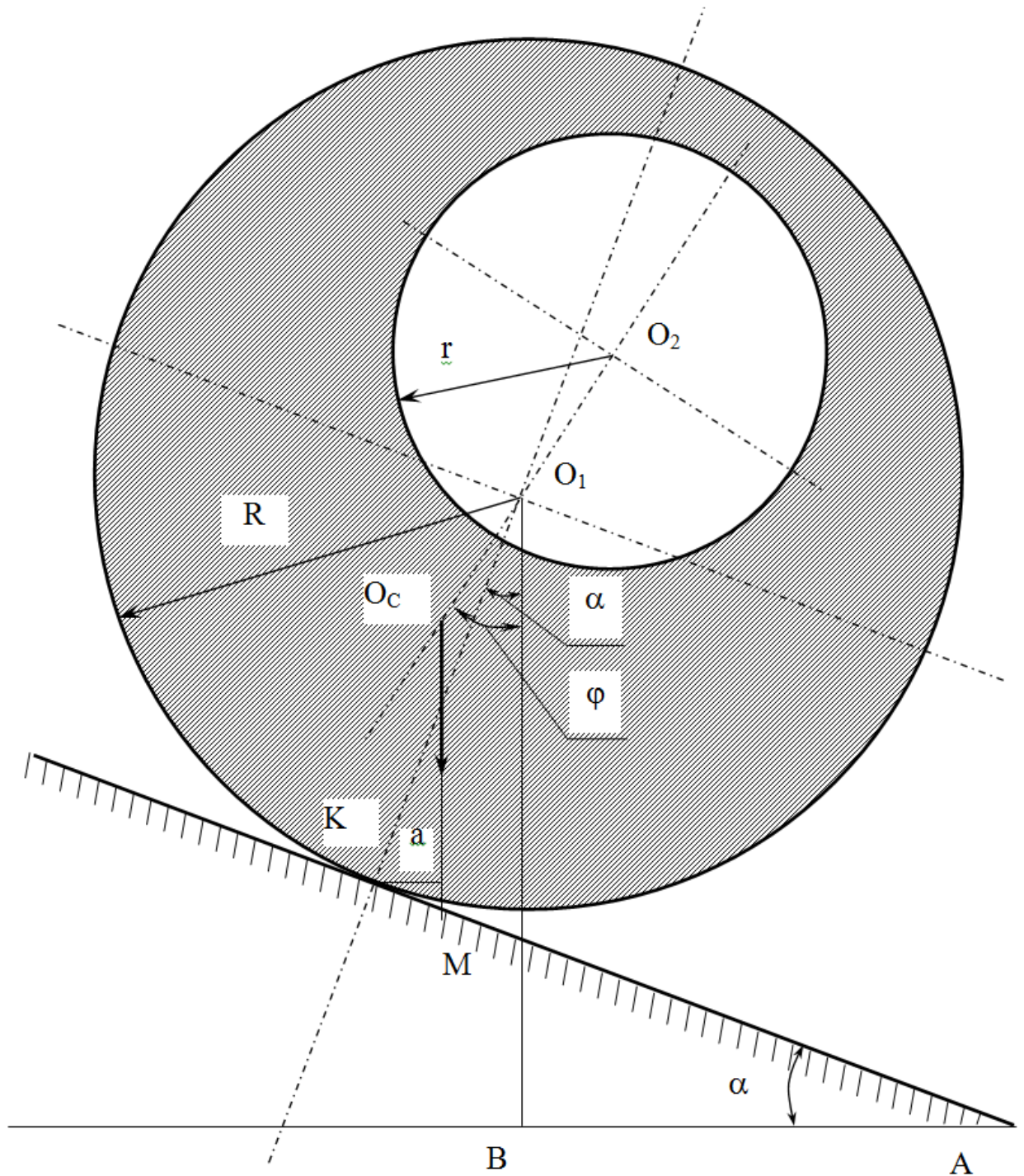


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема

Згідно з другим законом Ньютона для обертового руху:

$$M(\varphi) = I \varphi'' \quad (3.1)$$

де M – момент сили, Н;

φ - кут повороту;

I – момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Аналізуючи схему (рис. 3.1), можна сказати, що в трикутниках $КО_1М$ і $ВAM$, кути $КО_1М$ і $ВAM$ рівні α , так як кути при вершині M є рівні як різносторонні і також трикутники є прямокутними. Тому кути $КО_1М$ і $ВAM$ є рівними, а з умови $ВAM = \alpha$, отже $КО_1М = \alpha$.

Позначимо $O_1O_2 = c$, $O_1O_C = e$.

Миттєвим центром обертання є точка K .

$$M(\varphi) = P a, \quad (3.2)$$

де P – вага циліндра;

a – перпендикуляр, опущений з точки K на лінію дії сили P , м.

$$a = R \sin \alpha - e \sin \varphi, \quad (3.3)$$

де R – радіус циліндра, м;

α - кут нахилу площини;

e – ексцентриситет центра маси, м;

φ - кут закручування циліндра.

$$M(\varphi) = PR \sin \alpha - Pe \sin \varphi \quad (3.4)$$

$$I = I_{01} + I_2$$

де I_{01} – момент інерції циліндра радіусом R відносно його осі, кг м²;

I_2 – момент інерції циліндра радіусом r відносно осі циліндра R , кг м².

$$I_2 = + m_2 c^2, \quad (3.5)$$

де I_{02} - момент інерції циліндра радіусом r відносно його осі, кг м²;

m_2 – маса циліндра радіусом r , кг.

$$I_{01} = \frac{1}{2} R^2 m_1 = \frac{1}{2} R^2 \pi R^2 l = \frac{1}{2} \pi \rho_1 R^4 l, \quad (3.6)$$

$$I_{02} = \frac{1}{2} r^2 m_2 = \frac{1}{2} r^2 \rho_2 \pi r^2 l = \frac{1}{2} \pi \rho_2 r^4 l, \quad (3.7)$$

де m_1, m_2 – маса циліндра радіусом R і r відповідно, кг;

l – довжина циліндра, м;

ρ_1, ρ_2 – густина матеріалу для циліндра радіусом R та r відповідно, кг/м³.

Так як $\rho_1 = -\rho_2$, то:

$$I_2 = -\rho_1 l (\frac{1}{2} \pi r^4 l + \pi r^2 l c^2). \quad (3.8)$$

$$I = \rho_1 l \pi (\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2). \quad (3.9)$$

$$P = m g = (m_1 + m_2)g = \rho_1 l \pi (R^2 - r^2)g. \quad (3.10)$$

$$\varphi'' (\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2) = (R^2 - r^2)g R (\sin \alpha - e \sin \varphi). \quad (3.11)$$

$$\varphi'' + \frac{(R^2 - r^2) \cdot g \cdot e \cdot \sin \varphi}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} - \frac{(R^2 - r^2) \cdot g \cdot e \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} = 0.$$

Координати центра мас O_C знаходимо по формулах:

$$x_C = \frac{\iint_D x dx dy}{\iint_D dx dy} \quad (3.13)$$

$$y_C = \frac{\iint_D y dx dy}{\iint_D dx dy} \quad (3.14)$$

Рівняння кола радіусом R :

$$x^2 + y^2 = R^2, \quad (3.15)$$

де R – радіус круга;

x, y – координати точки.

$$y = \pm \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (3.16)$$

$$x = \pm \sqrt{R^2 - y^2}. \quad (3.17)$$

$$x^2 + (y - c)^2 = r^2, \quad (3.18)$$

де r – радіус отвору.

$$y = c \pm \sqrt{r^2 - x^2}. \quad (3.19)$$

$$y = \pm \sqrt{r^2 - (x - c)^2}. \quad (3.20)$$

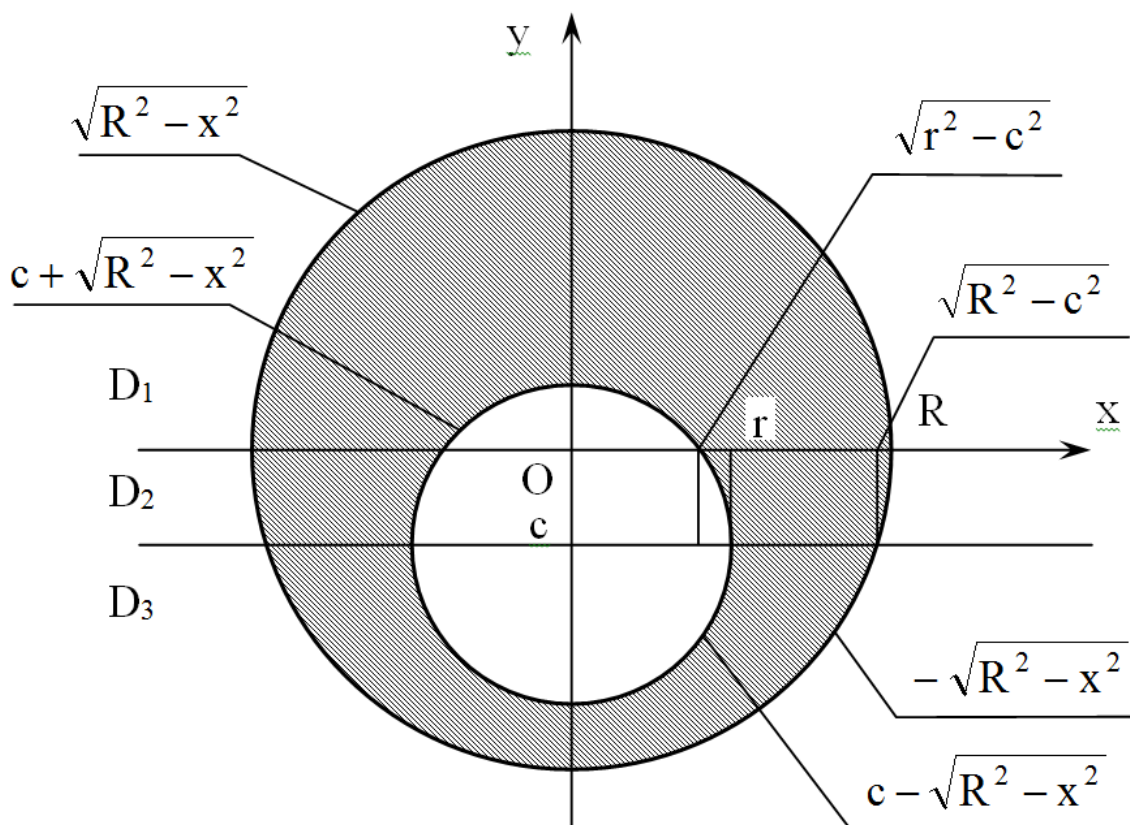


Рисунок 3.2 Розрахункова схема

Координата $x_c = 0$.

$$\iint_D dx dy = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi(R^2 - r^2). \quad (3.21)$$

Розіб'ємо область D на три області D_1 , D_2 , D_3 . Тоді

$$\iint_D y dx dy = \iint_{D_1} y dx dy + \iint_{D_2} y dx dy + \iint_{D_3} y dx dy. \quad (3.22)$$

$$\iint_{D_1} y dx dy = 2 \left(\int_0^R dx \int_0^{\sqrt{R^2 - x^2}} y dy - \int_0^{\sqrt{r^2 - c^2}} dx \int_0^{c + \sqrt{r^2 - x^2}} y dy \right) \quad (3.23)$$

$$\iint_{D_1} y dx dy = \frac{2}{3} R^3 - c^2 \sqrt{r^2 - c^2} - r^2 \sqrt{r^2 - c^2} + \frac{(r^2 - c^2)^{3/2}}{3} - cr^2 \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r} -$$

$$-\frac{1}{2} cr^2 \sin \left(2 \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r} \right)$$

$$\iint_{D_2} y dx dy = 2 \left(\int_0^{\sqrt{R^2 - c^2}} dx \int_c^0 y dy + \int_{\sqrt{r^2 - c^2}}^R dx \int_{-\sqrt{R^2 - x^2}}^0 y dy - \int_0^{\sqrt{r^2 - c^2}} dx \int_c^0 y dy - \int_{\sqrt{r^2 - c^2}}^r dx \int_{c + \sqrt{r^2 - x^2}}^c y dy \right) \quad (3.24)$$

$$\iint_{D_2} y dx dy = -c^2 \sqrt{R^2 - c^2} - \frac{2}{3} R^3 + R^2 \sqrt{R^2 - c^2} - \frac{(R^2 - c^2)^{3/2}}{3} + c^2 \sqrt{r^2 - c^2} -$$

$$-\frac{2}{3} r^3 + r^2 \sqrt{r^2 - c^2} - \frac{(r^2 - c^2)^{3/2}}{3} - cr^2 \frac{\pi}{2} + cr^2 \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r} +$$

$$+\frac{1}{2} cr^2 \sin \left(2 \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r} \right).$$

$$\iint_{D_2} y dx dy = 2 \left(\int_0^{\sqrt{R^2 - c^2}} dx \int_{-\sqrt{R^2 - x^2}}^0 y dy - \int_0^r dx \int_{c + \sqrt{r^2 - x^2}}^c y dy \right) \quad (3.25)$$

$$\iint_{D_2} y dx dy = c^2 \sqrt{R^2 - c^2} - R^2 \sqrt{R^2 - c^2} + \frac{(R^2 - c^2)^{3/2}}{3} + \frac{2}{3} r^3 - cr^2 \frac{\pi}{2}.$$

$$\iint_D y dx dy = -cr^2 \pi. \quad (3.26)$$

$$y = e = -c r^2 \pi / \pi(R^2 - r^2) = -c r^2 / (R^2 - r^2). \quad (3.27)$$

$$\varphi'' - \frac{c \cdot r^2 \cdot g \cdot \sin \varphi}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} - \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} = 0. \quad (3.28)$$

Для спрощення розв'язку зробимо заміну:

$$a = \frac{c \cdot r^2 \cdot g}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}; \quad b = \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}.$$

Отримаємо наступне диференційне рівняння:

$$\varphi'' = a \sin \varphi + b. \quad (3.29)$$

Початкові умови $\varphi(0) = 0$, $\varphi'(0) = 0$.

Робимо заміну $\varphi' = \psi$.

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = \psi; \\ \frac{d\psi}{dt} = a \cdot \sin \varphi + b. \end{cases} \quad (3.30)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\varphi(n \cdot \Delta t) - \varphi((n-1) \cdot \Delta t)}{\Delta t} \quad (3.31)$$

$$\begin{cases} \varphi(n \cdot \Delta t) - \varphi((n-1) \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) - \psi((n-1) \cdot \Delta t) = a \sin \varphi((n-1) \Delta t) + b. \end{cases} \quad (3.32)$$

$$\begin{cases} \varphi(n \cdot \Delta t) = \varphi((n-1) \cdot \Delta t) + \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) + a \sin \varphi((n-1) \Delta t) + b. \end{cases} \quad (3.33)$$

$$\begin{cases} \varphi(n \cdot \Delta t) = \varphi((n-1) \cdot \Delta t) + \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) + \frac{c \cdot r^2 \cdot g}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} \sin \varphi((n-1) \Delta t) + \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}. \end{cases} \quad (3.34)$$

Система (3.34) є розв'язком диференційного рівняння (3.28).

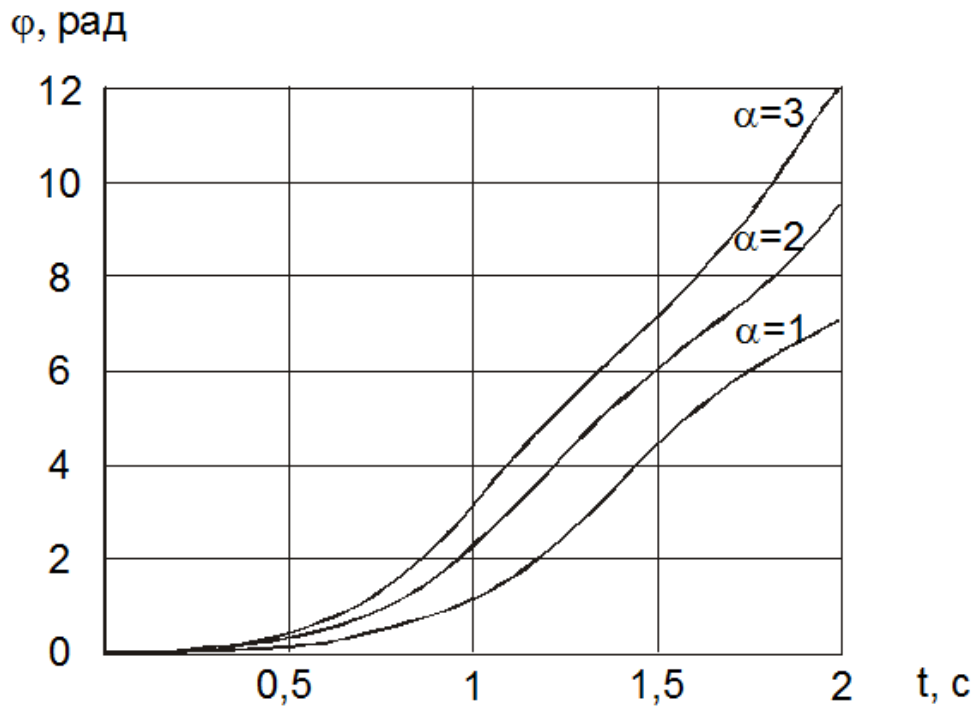
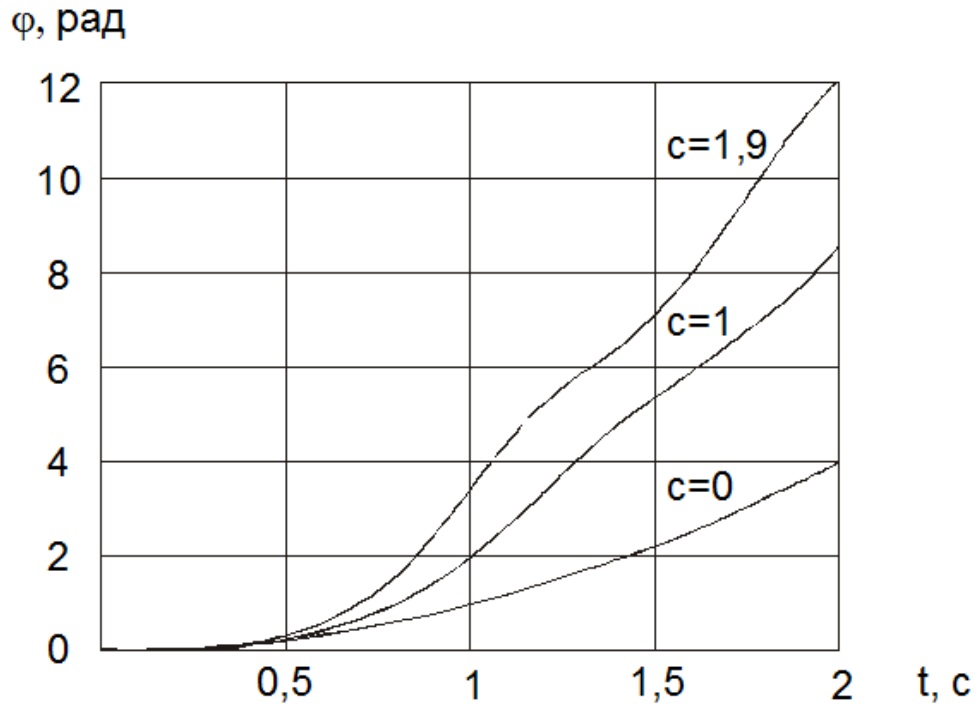


Рисунок 3.3 – Графіки залежності $\varphi(t)$

3.2 Опис програми та програма роботи

Program Mahtmodel;

```

uses graph,crt;
const x=200;
y=26;
g=9.8;
p=3.1416;
var f:array[1..200] of real;
f1:array[1..200] of real;
t:array[1..200] of real;
a,b,c,r1,r2,al,tk,d:real;
grdriver,grmode,n,i:integer;
begin
  writeln('Input R r c alfa tk n');
  readln(r1,r2,c,al,tk,n);
  clrscr;
  GrDriver:=Detect;
  InitGraph(Grdriver,Grmode,'d:\bp\bgi');
  SETBKCOLOR(0);
  line(70,400,550,400);
  line(70,30,70,400);
  OutTextXY(540,420,'t');
  OutTextXY(60,40,'f');
  al:=al*p/180;
  b:=0.5*(sqr(sqr(r1))-sqr(sqr(r2)))-sqr(r2)*sqr(c);
  a:=c*sqr(r2)*g/b;
  b:=(sqr(r1)-sqr(r2))*r1*g*sin(al)/b;
  d:=tk/n;
  t[1]:=0;
  f[1]:=0;
  f1[1]:=0;
  for i:=2 to n+1 do
  begin
    f[i]:=f[i-1]+f1[i-1]*d;
    f1[i]:=f1[i-1]+a*sin(f[i-1])+b;
    t[i]:=t[i-1]+d;
  end;
  for i:=1 to n do
  line(trunc(t[i]*x)+70,400-trunc((f[i])*y),
  trunc(t[i+1]*x)+70,400-trunc((f[i+1])*y));
  readln;
  closegraph;
  i:=1;
  repeat
  writeln('t=',t[i]:5:3,' f:=',f[i]:7:3,'P');
  i:=i+4;
  until i>n+1;
  readln;
end.

```


R=10	R=10	R=10
r=8	r=8	r=8
c=1.9	c=1	c=0
alfa=2	alfa=2	alfa=2
tk=2	tk=2	tk=2
t=0.000 f:= 0.000P	t=0.000 f:= 0.000P	t=0.000 f:= 0.000P
t=0.080 f:= 0.005P	t=0.080 f:= 0.005P	t=0.080 f:= 0.005P
t=0.160 f:= 0.026P	t=0.160 f:= 0.024P	t=0.160 f:= 0.023P
t=0.240 f:= 0.064P	t=0.240 f:= 0.058P	t=0.240 f:= 0.055P
t=0.320 f:= 0.124P	t=0.320 f:= 0.109P	t=0.320 f:= 0.100P
t=0.400 f:= 0.213P	t=0.400 f:= 0.181P	t=0.400 f:= 0.158P
t=0.480 f:= 0.344P	t=0.480 f:= 0.277P	t=0.480 f:= 0.230P
t=0.560 f:= 0.531P	t=0.560 f:= 0.404P	t=0.560 f:= 0.315P
t=0.640 f:= 0.798P	t=0.640 f:= 0.570P	t=0.640 f:= 0.414P
t=0.720 f:= 1.173P	t=0.720 f:= 0.785P	t=0.720 f:= 0.526P
t=0.800 f:= 1.684P	t=0.800 f:= 1.059P	t=0.800 f:= 0.651P
t=0.880 f:= 2.346P	t=0.880 f:= 1.405P	t=0.880 f:= 0.789P
t=0.960 f:= 3.133P	t=0.960 f:= 1.831P	t=0.960 f:= 0.941P
t=1.040 f:= 3.963P	t=1.040 f:= 2.339P	t=1.040 f:= 1.106P
t=1.120 f:= 4.730P	t=1.120 f:= 2.914P	t=1.120 f:= 1.285P
t=1.200 f:= 5.380P	t=1.200 f:= 3.528P	t=1.200 f:= 1.477P
t=1.280 f:= 5.925P	t=1.280 f:= 4.140P	t=1.280 f:= 1.682P
t=1.360 f:= 6.420P	t=1.360 f:= 4.715P	t=1.360 f:= 1.900P
t=1.440 f:= 6.932P	t=1.440 f:= 5.236P	t=1.440 f:= 2.132P
t=1.520 f:= 7.526P	t=1.520 f:= 5.709P	t=1.520 f:= 2.377P
t=1.600 f:= 8.255P	t=1.600 f:= 6.151P	t=1.600 f:= 2.636P
t=1.680 f:= 9.130P	t=1.680 f:= 6.591P	t=1.680 f:= 2.908P
t=1.760 f:= 10.084P	t=1.760 f:= 7.058P	t=1.760 f:= 3.193P
t=1.840 f:= 11.000P	t=1.840 f:= 7.580P	t=1.840 f:= 3.492P
t=1.920 f:= 11.801P	t=1.920 f:= 8.178P	t=1.920 f:= 3.804P
t=2.000 f:= 12.507P	t=2.000 f:= 8.856P	t=2.000 f:= 4.129P

R=10	R=10	R=10
r=8	r=8	r=8
c=1	c=1	c=1

alfa=1

tk=2

t=0.000 f:= 0.000P
 t=0.080 f:= 0.006P
 t=0.160 f:= 0.012P
 t=0.240 f:= 0.029P
 t=0.320 f:= 0.055P
 t=0.400 f:= 0.090P
 t=0.480 f:= 0.138P
 t=0.560 f:= 0.202P
 t=0.640 f:= 0.286P
 t=0.720 f:= 0.394P
 t=0.800 f:= 0.534P
 t=0.880 f:= 0.714P
 t=0.960 f:= 0.944P
 t=1.040 f:= 1.234P
 t=1.120 f:= 1.595P
 t=1.200 f:= 2.030P
 t=1.280 f:= 2.537P
 t=1.360 f:= 3.096P
 t=1.440 f:= 3.675P
 t=1.520 f:= 4.234P
 t=1.600 f:= 4.746P
 t=1.680 f:= 5.196P
 t=1.760 f:= 5.589P
 t=1.840 f:= 5.940P
 t=1.920 f:= 6.269P
 t=2.000 f:= 6.599P

alfa=2

tk=2

t=0.000 f:= 0.000P
 t=0.080 f:= 0.012P
 t=0.160 f:= 0.024P
 t=0.240 f:= 0.058P
 t=0.320 f:= 0.109P
 t=0.400 f:= 0.181P
 t=0.480 f:= 0.277P
 t=0.560 f:= 0.404P
 t=0.640 f:= 0.570P
 t=0.720 f:= 0.785P
 t=0.800 f:= 1.059P
 t=0.880 f:= 1.405P
 t=0.960 f:= 1.831P
 t=1.040 f:= 2.339P
 t=1.120 f:= 2.914P
 t=1.200 f:= 3.528P
 t=1.280 f:= 4.140P
 t=1.360 f:= 4.715P
 t=1.440 f:= 5.236P
 t=1.520 f:= 5.709P
 t=1.600 f:= 6.151P
 t=1.680 f:= 6.591P
 t=1.760 f:= 7.058P
 t=1.840 f:= 7.580P
 t=1.920 f:= 8.178P
 t=2.000 f:= 8.856P

alfa=3

tk=2

t=0.000 f:= 0.000P
 t=0.080 f:= 0.018P
 t=0.160 f:= 0.036P
 t=0.240 f:= 0.087P
 t=0.320 f:= 0.164P
 t=0.400 f:= 0.271P
 t=0.480 f:= 0.415P
 t=0.560 f:= 0.605P
 t=0.640 f:= 0.853P
 t=0.720 f:= 1.170P
 t=0.800 f:= 1.568P
 t=0.880 f:= 2.055P
 t=0.960 f:= 2.626P
 t=1.040 f:= 3.259P
 t=1.120 f:= 3.916P
 t=1.200 f:= 4.554P
 t=1.280 f:= 5.149P
 t=1.360 f:= 5.700P
 t=1.440 f:= 6.226P
 t=1.520 f:= 6.759P
 t=1.600 f:= 7.337P
 t=1.680 f:= 7.987P
 t=1.760 f:= 8.726P
 t=1.840 f:= 9.536P
 t=1.920f:= 10.373P
 t=2.000 f:= 11.186P

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Опис схеми електричної структурної

Схема електрична структурна блоку керування пристроєм для контролю ексцентриситету маси та відхилення форми довгомірних труб складається з таких основних блоків: мікропроцесора, блоку індикації, блоку клавіатури, перетворювачів рівня напруги, індукційних датчиків положення, фотоімпульсного датчика кута повороту, комутаторів, електродвигуна та електромагнітів.

Мікропроцесор являється основним керуючим елементом пристрою. Він здійснює програмно-апаратне керування всіма елементами та вузлами: забезпечує включення, виключення та реверс електродвигуна, включення та виключення електромагнітів, підрахунок кількості імпульсів з фотодатчика, контроль за станом датчиків положення і забезпечує опитування клавіатури, отримання коду натиснутої клавіші і перетворення його в керуючі сигнали для керування іншими вузлами пристрою.

Керування роботою мікропроцесора здійснюється по програмі, яка знаходиться у внутрішньому постійному запам'ятовуючому пристрої.

Схема керування індикацією та клавіатурою проводить сканування блоку клавіш. визначення натиснутої клавіші та передає інформацію по шині даних в мікроконтролер., забезпечує динамічну індикацію для семисегментних індикаторів, отримує інформацію від мікроконтролера та виводить її на індикатори.

З допомогою комутаторів здійснюється керування електродвигуном та електромагнітами.

Керування здійснюється по трьох окремих каналах. окремо для кожного виконавчого пристрою.

Кожен канал керування включає в себе підсилювач потужності.

4.2 Опис роботи та аналіз схеми електричної принципової

Структура схеми електричної принципової визначається функціональним призначенням приладу.

Основні вузли: тринадцять дискретних індуктивних датчиків, десять з яких фіксують наявність труби на вимірювальній позиції та початок руху труби і утворюють матрицю індуктивних датчиків, імпульсний фотодатчик підрахунку кількості імпульсів, комутатори для керування роботою пневморозподільвачів та реверсивного двигуна, блок індикації та клавіатури.

Основним керуючим елементом в даній схемі являється восьмирозрядний однокристальний мікроконтролер KM1816BE51. Мікросхема побудована по п-МДП технології, в керамічному корпусі з 40 виводами. Для забезпечення роботи внутрішнього тактового генератора (знаходиться в середині мікросхеми) призначені конденсатори C2 та C3. А також кварцовий резонатор BQ1. Конденсатор C1 забезпечує початкову ініціалізацію мікроконтролера (на вхід RS мікроконтролера подається сигнал, що близький до потенціалу землі. Тривалістю не менше 50мс, після подачі напруги живлення +5В).

Для подачі сигналу у стандартній формі безпосередньо на мікро ЕОМ використано перетворювач рівня на оптопарі U1. Для зменшення напруги $U_{\text{вих}}$ до робочого рівня для U₁ використано подільник напруги на R₁ і R₂.

Розрахунок подільника напруги:

Прийmemo $R_2 = 10 \text{ кОм}$.

$$R_1 = R_2(U_1 - U_2) / U_2; \quad (4.1)$$

де R₁, R₂ – опори подільника напруги, Ом;

U₁ – вхідна напруга подільника, В;

U₂ – вихідна напруга подільника, В.

$$R_1 = 10000 \cdot (15 - 2) / 2 = 65000 \text{ Ом.} \quad (4.2)$$

Приймаємо $R_1 = 68000 \text{ Ом}$.

Підрахунок кількості імпульсів ведеться програмно.

Проведемо аналіз похибки відліку (рис.4.1). Припустимо, що в початковому стані датчик знаходився в положенні А.

Тоді можливий варіант, що початковий перепад, відлік ведеться по одному з фронтів імпульсу, буде врахований як один імпульс тобто похибка становитиме $+1$ імпульс, або $+4'$, так як період імпульсів T рівний $4'$.

В кінцевому положенні датчик може зупинитись в точці В і, якщо імпульс буде порахований, то похибка буде рівною нулю, і загальна похибка $\Delta = +4'$, якщо останній імпульс не буде пораховано, то похибка буде рівною -1 імпульс, і загальна похибка відліку буде відсутня.

Аналогічний випадок, якщо початковий перепад не буде пораховано. Враховуючи, що підрахунок ведеться по низькому і високому рівню, то максимальна загальна похибка відліку становитиме $4'/2$, тобто $2'$.

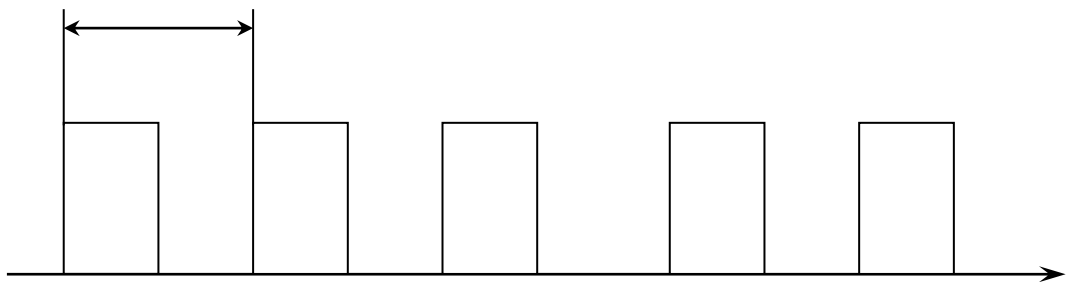


Рисунок 4.1 – Схема послідовності імпульсів з фотодатчика.

Для керування електродвигуном використано транзисторний ключ на КТ825 для якого максимальний струм $I_{KE} = 8 \text{ А}$, при установці його на радіатор. Пусковий струм двигуна рівний $1,2 \text{ А}$, вибраний транзистор забезпечить надійну комутацію електродвигуна.

Для узгодження транзисторного ключа з портом мікро ЕОМ використано транзисторний підсилювач на КТ608Б.

Для керування електромагнітами пневморозподіювачів використано транзисторні ключі.

Підключення фотодатчика, індуктивних датчиків, електродвигуна, електромагнітів та живлення схеми здійснюється через роз'єми S.

Ключі вмикання електродвигуна та електромагнітів розміщені на окремій друкованій платі, так як через них протікають великі струми.

Блок індикації і клавіатури виконано по типовій схемі включення з використанням інтерфейсу клавіатури та індикації DD2 і елементів спряження DD3 і DD4.

На цифровому чотирьох розрядному табло індукується інформація про кут нахилу.

Клавіатура, виконана на кнопках S1-S20, дає можливість керування режимами роботи мікропроцесорної системи керування і вводити дані в процесі роботи.

Система працює в автоматичному режимі.

4.3 Алгоритм роботи мікропроцесорної системи

Після подачі живлення система очікує вводу з клавіатури допустимий кут нахилу платформи і дозволу на початок роботи.

Потім подається сигнал на ввімкнення електромагніта, який керує роботою пневмоциліндра завантажувача, і проводиться перевірка стану десяти індуктивних комутаційних датчиків, які здійснюють контроль наявності труби на вимірювальній позиції.

Якщо жоден з них не спрацює, то система повертається на очікування вводу кута нахилу.

Якщо ж труба на вимірювальній позиції, то вмикається електродвигун, який починає опускати платформу з трубою, і починається підрахунок

імпульсів з фотодатчика, чим здійснюється вимірювання кута нахилу платформи.

Після зворотного спрацювання датчика, який зафіксував наявність труби на платформі, порівнюється кут нахилу платформи з допустимим і, якщо він більший за допустимий, то подається сигнал на ввімкнення електромагніта, який керує роботою пневмоциліндра сортування.

Потім проводиться опитування датчиків, які розміщені на вихідних лотках, і після їх спрацювання проводиться реверс електродвигуна.

Після спрацювання індуктивного комутаційного датчика, який контролює горизонтальне положення платформи, електродвигун зупиняється і проводиться завантаження нової контрольованої труби (видається сигнал на ввімкнення електромагніта пневмоциліндра завантажувача).

Система працює в циклічному режимі. Якщо після вводу допустимого кута нахилу з клавіатури дозвіл не отримано, то робота мікропроцесорної системи припиняється.

Робота програми для однокристалльної мікро ЕОМ починається з настройки КР580ВД79. Потім програма очікує вводу з клавіатури дозволу на початок роботи.

Наступним є ядро програми, в якому здійснюється включення електромагніта 1, перевірка датчиків S1-S10, пуск електродвигуна, підрахунок кількості імпульсів з фотодатчика, виключення електромагніта 1, порівняння кута нахилу платформи, включення електромагніта 2, перевірка датчиків S11 і S12, виключення електромагніта 2, реверс електродвигуна, перевірка датчика S13, зупинка електродвигуна.

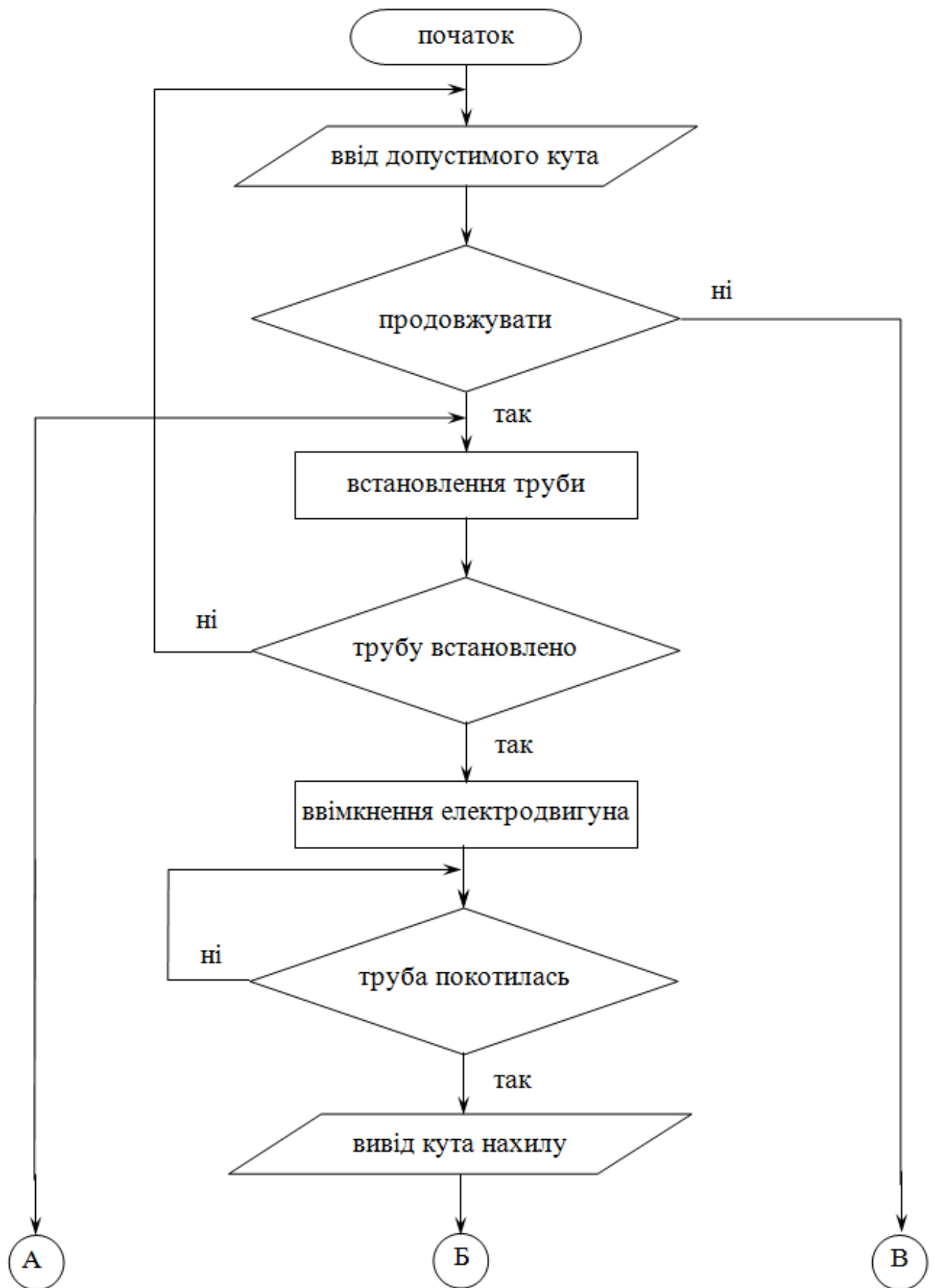


Рисунок 4.2 – Блок-схема алгоритму роботи мікропроцесорної системи



Продовження рисунка 4.2 – Блок-схема алгоритму роботи мікропроцесорної системи



Продовження рисунка 4.2 – Блок-схема алгоритму роботи мікропроцесорної системи

Створення часової затримки виконується як окрема підпрограма, до якої йде звернення по ходу програми.

4.4 Лістинг програми зчитування

Sun May 23 2020 15:22

2500 A.D. 8051 Macro Assembler - Version 4.02a

 Input Filename : program.asm
 Output Filename : program.obj

```

1 0010 ORG 10H
2 0010 7C 0F MOV R4,#0FH
3 ;
4 ;НАСТРОЙКА КР580 ВД79
5 ;
6 0012 D2 80 SETB P0.0 ;установка А0.
7 0014 74 00 MOV A,#00H ;загрузка кер.слова.
8 0016 F5 A0 MOV P2,A ;ініціалізація ккд.
9 0018 74 34 MOV A,#(20H+20) ;загрузка коеф.ділення.
10 001A F5 A0 MOV P2,A ;синхронізація.
  
```

```

11 ;
12 ;ПУСК
13 ;
14 001C E5 A0 WAIT: MOV A,P2
15 001E 30 80 02 JNB P0.0,W1 ;чекання натискання
16 0021 01 1C JMP WAIT ;клавiші.
17 0023 74 01 W1: MOV A,#01H
18 0025 F5 80 MOV P0,A
19 0027 74 40 MOV A,#40H
20 0029 F5 A0 MOV P2,A
21 002B 74 00 MOV A,#00H
22 002D F5 80 MOV P0,A
23 002F E5 A0 MOV A,P2
24 0031 FE MOV R6,A
25 0032 24 F0 ADD A,#0F0H ;перевірка
26 0034 70 E6 JNZ WAIT ;коду клавiші.
27 ;
28 ;ЯДРО ПРОГРАМИ
29 ;
30 0036 75 B0 01 MOV P3,#01H ;включення EM1
31 0039 12 00 A6 CALL DEL ;часова затримка
32 003C E5 90 MOV A,P1 ;перевірка
33 003E 70 09 JNZ M1 ;
34 0040 E5 80 MOV A,P0 ;датчиків
35 0042 54 06 ANL A,#06H ;
36 0044 60 D6 JZ WAIT ;S0-S10
37 0046 02 00 65 JMP M21
38 0049 F8 M1: MOV R0,A ;пуск
39 004A 75 80 80 MOV P0,#80H ;електродвигуна
40 004D 30 B2 FD M2: JNB P3.2,M2 ;підрахунок
41 0050 09 INC R1 ;
42 0051 E8 MOV A,R0 ;
43 0052 B5 90 2F M3: CJNE A,P1,N1 ;
44 0055 20 B2 FA JB P3.2,M3 ;
45 0058 09 INC R1 ;імпульсів
46 0059 E8 MOV A,R0 ;
47 005A B5 90 27 M4: CJNE A,P1,N1 ;

```

Sun May 23 2020 15:22 Page 2

```

48 005D 30 B2 FA JNB P3.2,M4 ;
49 0060 09 INC R1 ;
50 0061 E8 MOV A,R0 ;з фотодатчика
51 0062 02 00 84 JMP N1
52 0065 F8 M21: MOV R0,A ;пуск
53 0066 75 80 80 MOV P0,#80H ;двигуна
54 0069 30 B2 FD M22: JNB P3.2,M22 ;підрахунок
55 006C 09 INC R1 ;
56 006D E8 MOV A,R0 ;
57 006E B5 80 13 M23: CJNE A,P0,N1 ;
58 0071 20 B2 FA JB P3.2,M23 ;

```

```

59 0074 09 INC R1 ;імпульсів
60 0075 E8 MOV A,R0 ;
61 0076 B5 80 0B M24: CJNE A,P0,N1 ;
62 0079 30 B2 FA JNB P3.2,M24 ;
63 007C 09 INC R1 ;
64 007D E8 MOV A,R0 ;
65 007E B5 90 03 CJNE A,P1,N1 ;
66 0081 20 B2 EA JB P3.2,M23 ;з фотодатчика
67 0084 12 00 A6 N1: CALL DEL ;часова затримка
68 0087 75 B0 00 MOV P3,#00H ;виключення EM1
69 008A E9 MOV A,R1 ;порівняння
70 008B 2C ADD A,R4 ;кута нахилу
71 008C 50 03 JNC N2 ;
72 008E 75 B0 01 MOV P3,#01H ;включення EM2
73 0091 20 83 03 N2: JB P0.3,N3 ;перевірка датчика S11
74 0094 30 84 FA JNB P0.4,N2 ;перевірка S12
75 0097 75 B0 00 N3: MOV P3,#00H ;виключення EM2
76 009A 75 80 40 MOV P0,#40H ;реверс електродвигуна
77 009D 20 85 FD N4: JB P0.5,N4 ;перевірка датчика S13
78 00A0 75 80 00 MOV P0,#00H ;зупинка електродвигуна
79 00A3 02 00 B3 JMP EN
80 ;
81 ;СТВОРЕННЯ ЧАСОВОЇ ЗАТРИМКИ
82 ;
83 00A6 DEL:
84 00A6 7A FA MOV R2,#250
85 00A8 12 00 AE DS: CALL DELAYMS
86 00AB DA FB DJNZ R2,DS
87 00AD 22 RET
88 00AE DELAYMS:
89 00AE 7B C6 MOV R3,#198
90 00B0 DB FE DELA: DJNZ R3,DELA
91 00B2 22 RET
92 00B3 EN: END

```

Lines Assembled : 92 Assembly Errors : 0

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Характеристика небезпечних зон обладнання і заходи безпеки при роботі

Сучасні машинобудівні заводи обладнані самими різними видами технологічного обладнання. Його використання полегшує працю людини, робить її продуктивнішою. Однак в ряді випадків робота цього обладнання пов'язана з виробничою небезпекою, тобто можливістю дії на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Основними вимогами, які ставляться з точки зору охорони праці при проектуванні машин і механізмів, є: безпека для здоров'я та життя людини, надійність, зручність експлуатації.

Безпечна робота виробничого обладнання забезпечується правильним вибором принципів його дії, кінематичних схем, конструктивних рішень, робочих тіл, параметрів робочих процесів, використанням різних захисних засобів.

Зовнішні контури захисних засобів повинні вписуватись в контури основного обладнання. Необхідно старатись, щоб ці захисні засоби дозволяли вирішувати декілька задач одночасно і по можливості конструктивно суміщались з машинами і агрегатами, являючись їх складовою частиною. При наявності в агрегатів електроприводу останній повинен бути виконаний в відповідності з Правилами побудови електричних установок.

Надійність машин і механізмів визначається ймовірністю порушення нормальної роботи обладнання.

Такого роду порушення можуть стати причиною аварій і, в кінцевому результаті, травм.

Велике значення в забезпеченні надійності роботи машин і механізмів має наявність необхідних контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматичного керування і регулювання.

При відмові автоматики надійність роботи технологічного обладнання визначається ефективністю дій осіб, які його обслуговують. Однак це, в свою чергу, залежить від того, в яких умовах проходить робота людей, чи відповідають ці умови можливостям людського організму. Тому виробниче обладнання повинно проектуватись з врахуванням фізіологічних і психологічних можливостей людини, а також з врахуванням його антропологічних даних. Врахування останніх також необхідно і при організації робочого місця. Всі види технологічного обладнання повинні бути зручними для огляду, змащування, розбирання, наладки, прибирання, транспортування, встановлення і керування ними в роботі.

Небезпечна зона – це простір, в якому діють постійно або виникають періодично фактори, які є небезпечними для життя або здоров'я людини.

Небезпечна зона локалізована в просторі навколо будь-яких рухомих елементів, ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, планшайб, зубчастих, пасових і ланцюгових передач, зубчастих зачеплень, робочих столів верстатів, підйомно-транспортних машин, вантажів і т. п. В всіх вказаних випадках присутня небезпека травмування осіб, які обслуговують обладнання, рухомими частинами останнього. Особлива небезпека виникає в випадку, коли можливий захват одягу або волосся працюючого робочими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути пов'язано з небезпекою ураження електричним струмом, з дією теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, а також з дією шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів, газів, пилу, з можливістю травмування відлітаючими частинами матеріалу заготовки та інструменту при обробці, з вилітанням оброблюваної деталі через погане її закріплення або поломки.

Габарити небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між пасом і шківом і т. п.) і перемінним (прокатне поле прокатних станів, зона різання при зміні характеру обробки, параметрів обробки, ріжучого інструменту і т. п.).

При проектуванні технологічного обладнання в машинобудуванні і його експлуатації необхідно враховувати застосування пристроїв, які або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту. Такого роду пристроями є засоби захисту працюючих, використовувані для попередження або зменшення впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Засоби захисту у відповідності ГОСТ12.4.011-75 “Средства защиты работающих. Классификация” класифікуються на дві великі групи:

- а) колективні, які забезпечують безпеку виробничого обладнання;
- б) індивідуальні, які забезпечують безпеку виробничих процесів.

Всі використовувані в машинобудуванні захисні засоби можна розділити на наступні основні групи: огорожувальні, запобіжні, блокуючі, сигналізуючі, а також системи дистанційного керування машинами і спеціальні пристрої.

Огорожувальні пристрої – засоби захисту, які обмежують доступ людини в небезпечну зону. Їх поділяють на три основні груп: стаціонарні (нез’ємні), рухомі (з’ємні) і переносні.

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметру, який характеризує режим роботи обладнання, за межі допустимих значень.

Сигнальні пристрої – це засоби інформації про роботу технологічного обладнання, а також про небезпечні і шкідливі фактори, які при цьому виникають. По призначенню системи сигналізації поділяють на три групи: оперативна, попереджувальна і опізнавальна. По методу інформації

розрізняють сигналізацію: звукову, візуальну, комбіновану (світло-звукову) і одоризаційну (по запаху).

Аналізуючи проектувану установку виділяються наступні небезпечні зони:

а) електродвигун, електро-пневморозподільвачі і блок керування – можливість ураження електричним струмом;

б) пневмоциліндри, електро-пневморозподільвачі та блок підготовки повітря – можливість вириву шлангів, створення шуму при вихлопі повітря;

в) завантажувальна і сортувальна частини установки – виникає можливість травмування в моменти завантаження контрольованої деталі на вимірювальну позицію;

г) електродвигун та вал, який їх з'єднує, кінематичні пари – створюють небезпеку обертовими рухами, так як виникає можливість намотування одягу і травмування.

Для виключення можливості ураження електричним струмом в установці використано захисне заземлення струмопровідних частин. Черв'ячні редуктори і кінематичні пари гвинт-гайка виконані в корпусах, які закривають їх рухомі елементи. Тип і метод кріплення електродвигуна закривають його вал від випадкового дотику рукою, одягом чи іншими речами.

Для виключення попадання людини в інші небезпечні зони доцільно використати стаціонарну огорожу по обидві сторони установки з попереджувальними знаками згідно ГОСТ 12.4.026-76 “Цвета сигнальные и знаки безопасности”. Відстань між огорожею і установкою вибрана в залежності від довжини контрольованих труб так, щоб при рухові труби вона не могла травмувати працівників.

Пульт керування та індикації зроблено дистанційним для збільшення зручності роботи оператора і виключення необхідності його перебування в небезпечній зоні.

5.2 Розрахунок плавкої вставки електродвигуна

В системах електрозабезпечення можуть виникати режими, які характеризуються електричними, механічними, тепловими навантаженнями нормального режиму роботи. При значному перевантаженні електричних приладів струмами або при короткому замиканні, виділяється велика кількість теплової енергії, яка загрожує збереженню установки і можливості виникнення пожег.

Основним видом аварій в системах електрозабезпечення, являється коротке замикання, через це апарат відключення повинен володіти відповідною відключаючою можливістю. В вигляді таких апаратів можуть примінятися плавкі запобіжники НЧ (низької напруги), автоматичні вимикачі, ін.

По застосованих апаратах системи електричного захисту в електропроводках можуть розділятися на дві групи:

- 1) захист плавкими запобіжниками;
- 2) автоматичними вимикачами.

Характерною величиною для плавкого запобіжника являється його номінальний струм, який запобіжник повинен витримувати невизначно довгий час не перегораючи.

Плавкий запобіжник повинен надійно захищати проводи установки від небезпечної перегрузки, а також він повинен витримувати короточасні поштовхи струму при запусках двигунів. Через це при виборі запобіжника необхідно знати не тільки номінальний струм навантаження лінії, але і її характер.

Якщо лінія живить двигуни, то за основу для вибору запобіжника потрібно брати середнє значення пускового струму двигуна. Тривалість пускового процесу часто складає біля 5 – 10 сек, на протязі цього часу

запобіжник повинен витримувати струм, перебільшуючи його номінальне I_n значення приблизно в 2,5 рази.

Отже номінальний струм плавкої вставки запобіжника рівний

$$I_n = I_{\text{пуск}} / 2,5, \text{ А}$$

В установці використовується двигун типу ДШ 80-0,16-22,5 з такими основними характеристиками:

- потужність двигуна (P) – 62 Вт;
- напруга живлення (U) – 27 В;
- пусковий струм ($I_{\text{пуск}}$) – 3,2 А.

Використавши ці дані, розрахуємо номінальний струм плавкого запобіжника:

$$I_n = 3,2 / 2,5 = 1,3 \text{ А}$$

Серед стандартних плавких запобіжників вибираємо ПН2, ст15 [26].

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Безпека виробничої діяльності на підприємствах

В процесі життя, виробничої та будь-якої іншої діяльності людина постійно перебуває під впливом небезпек, як реальних, так і потенційних. Вивчення цих небезпек, умов, за яких вони здатні реалізуватись, вміння знизити їх негативний вплив сприяло протягом усієї історії виживанню людства і дозволяє йому існувати в сучасних умовах. Однак на сьогодні, у вирішенні цих питань потрібен комплексний науково обґрунтований підхід, який може забезпечити лише безпека життєдіяльності.

Безпека життєдіяльності (БЖД) — це галузь науково-практичної діяльності, спрямованої на вивчення загальних закономірностей виникнення

небезпек, їх властивостей, наслідків впливу на організм людини надвисоких частот, а також на розробку і реалізацію відповідних засобів та заходів щодо створення і підтримки здорових та безпечних умов життя і діяльності людини де складаються крупногабаритні конструкції.

В центрі уваги БЖД — система „людина — життєве середовище". Під життєвим середовищем розуміють частину зовнішнього середовища, що оточує людину, підтримує її існування, створює умови для діяльності та суспільних відносин і безпосередньо впливає на її життя та здоров'я. Розгляд системи „людина — життєве середовище" можливий як на загальному (комплексному) рівні, так і стосовно підсистем меншого масштабу, що враховують певні особливості та відповідну направленість відносин між двома складовими системи.

В першу чергу необхідно виділити підсистему „людина — природне середовище", оскільки промислова, технічна та наступна науково-технічна революція настільки озброїли людину технікою, і такою мірою підвищили її могутність, що відносини між людиною та природним середовищем зазнали значної трансформації. Людство опанувало нові види енергії, розробило невідомі природні матеріали і технології, проникло в глибини Землі та космічні простори, підкорило водні і повітряні океани., однак всі ці успіхи мають і зворотну сторону. Сьогодні природний (початковий) стан навколишнього середовища виявився суттєво порушеним, що спричинило появу нових небезпек природного походження, які не лише негативно впливають на здоров'я людини, але й загрожують її існуванню.

5.2.2 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту

Шум — це набір звуків різної частоти та інтенсивності. Частина простору, в котрому поширюються акустичні (звукові) хвилі, називається акустичним полем.

Акустичні хвилі поширюються в пружних середовищах — в газах, рідинах, твердих тілах.

Акустичні коливання, котрі лежать в діапазоні частот 16—20 000 Гц, називають звуковими. Вони сприймаються людиною з нормальним слухом. Акустичні коливання з частотою менше 16 Гц називаються інфразвуковими, а понад 20 кГц — ультразвуковими.

Людське вухо здатне сприймати та аналізувати звуки в широкому частотному діапазоні.

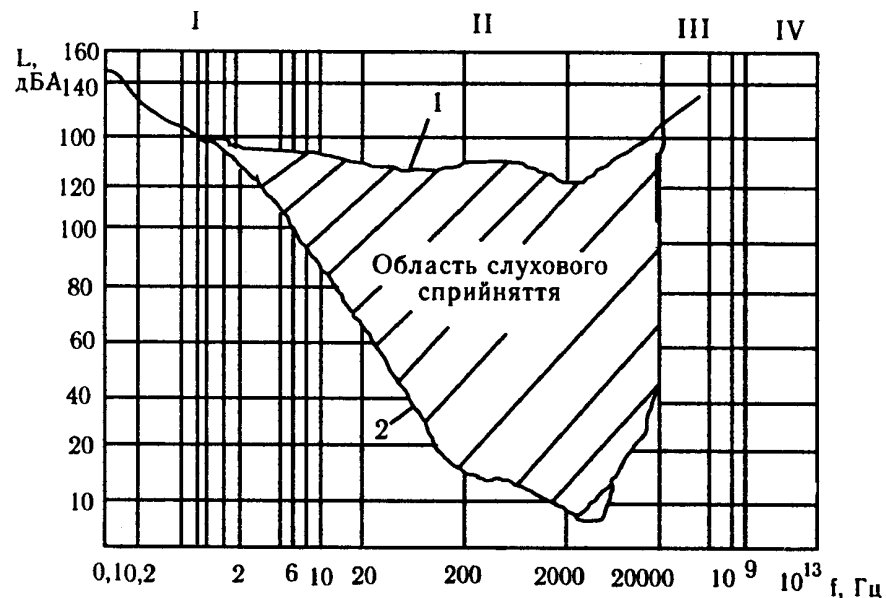


Рисунок 5.1 Область звукових коливань

I - інфразвукова; II - акустична; III - ультразвукова; IV - гіперзвукова.

Як видно з рисунка, область чутних звуків обмежується двома пороговими кривими. Нижня крива називається порогом чутності, а верхня — порогом больових відчуттів. Найнижчі значення порогових значень лежать в діапазоні частот 1—5 кГц.

Порогове значення слуху молодої здорової людини — 0 дБ на частоті 1000 Гц. Поріг слухового відчуття на частоті 100 Гц вищий, тому що вухо людини менш чутливе до низькочастотних звуків. Больовий поріг — це звук з інтенсивністю 140 дБ, що відповідає звуковому тиску 200 Па та інтенсивності 100 Вт/м^2 .

Поріг дискомфорту (біль у вусі) відповідає звуковому тиску понад 120 дБ. Шум з рівнем звукового тиску до 30—35 дБ не турбує людину. Підвищення рівня звукового тиску до 40—70 дБ зумовлює значне навантаження на нервову систему, спричиняючи погіршення самопочуття, зниження продуктивності розумової праці. Вплив шуму з рівнем понад 75 дБ протягом тривалого часу викликає погіршення слуху. При дії шуму з високим рівнем (понад 140 дБ) можуть статися розрив барабанних перетинок, контузія, а при шумі з вищим рівнем (понад 160 дБ) може настати смерть.

Прояв шумової патології поділяється на специфічні зміни, які настають в органі слуху і не специфічні, які виникають в інших органах і системах. Шум, котрий є загальнобіологічним подразником, за певних умов може впливати на всі органи та системи організму і викликати фізіологічні зміни. Впливаючи на організм як стрес-фактор, шум викликає зміни реактивності центральної нервової системи, наслідком чого стають розлади функцій органів та систем. Основне значення в розвитку шумової патології має інтенсивність шуму, а також його частотний склад, тривалість щоденного впливу, індивідуальна чутливість.

У деяких людей суттєве ушкодження слуху може настати протягом перших місяців впливу, у інших зниження слуху розвивається протягом всього періоду роботи в шумних умовах поступово.

Зниження слуху на 10 дБ практично не відчувається, на 20 дБ — починає заважати, оскільки це пов'язано з порушенням здатності сприймати звукові сигнали. Опосередковано це може стати причиною нещасних випадків.

Неспецифічні зміни в органах та системах людини особливо проявляються при дії високочастотного шуму.

Робітники скаржаться на головний біль, запаморочення, погіршення пам'яті, підвищену втомлюваність, порушення сну, серцебиття та біль в ділянці серця.

Спостерігається дисфункція шлунка, зміна кислотності шлункового соку. Загальне захворювання організму з ураженням органу слуху (специфічний орган

шуму) та центральної нервової, серцево-судинної системи (неспецифічні зміни) називають шумовою хворобою.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Метою розробки даного магістерської роботи є вдосконалення методів контролю параметрів довгомірних труб, зокрема труб для геолого-розвідувальних робіт.

Вдосконалення полягає в тому, що здійснюється комплексний контроль декількох параметрів: неспіввісність внутрішнього та зовнішнього діаметра, відхилення від круглості зовнішнього діаметра та відхилення від прямомілійності, контроль можна проводити на своїй партії труб, що виключає можливість її повернення замовником.

Крім того, на контрольовану трубу не потрібно одівати додаткові механізми і датчики, які можуть пошкодити трубу.

Розроблено пристрої контролю, завантаження та сортування, блок автоматичного керування установкою, систему заходів по охороні праці.

Проведено розрахунки черв'ячного редуктора, кінематичної пари гвинт-гайка, точності вимірювання, розрахунки по вибору електродвигуна та пневмоциліндрів.

Похибка вимірювання – 1,033 %.

Час контролю – 150 с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник конструктора точного приборостроения. ГА. Веркович, Е.Н. Головецкий и др. -Л.: Машиностроение, 1989, -792 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1.- М.:Машиностроение, 1980.-728 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2.- М.:Машиностроение, 1980.-559 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.3.- М.:Машиностроение, 1980.-557 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-494 с.
7. Машины и стенды для испытания деталей / Под ред. Д.Н. Решетова.-М.: Машиностроение, 1979.- 343 с.
8. Справочник материалов: учебник для вузов под общ. ред. акад. АНУССР Г.С. Писаренко –4-е изд. перераб и доп. –Киев: Вища школа: Главное изд.-во, 1979 –696с.
9. Измерительные преобразователи. Е.С. Полищук –Киев: Вища школа, 1981. –296с.
10. Курсовое проектирование деталей машин. С.А. Чернавский, К.Н. Бабаев и др. -М: Машиностроение, 1987, -116с.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя. В 3-х томах, - М: Машиностроение, 1982, -576с.
12. Детали машин. К.Н. Заблонский. –Киев: Вища школа, 1985. –518с.
13. Полищук Е. С. Измерительные преобразователи – К.: Высшая школа, 1981 – 296 с.

14. Методы и средства электронных измерений – Мирский Г. Я.: Радио и связь, 1986 – 440 с.
15. Гутников В. С. Вычислительная электроника в измерительных устройствах: Л.: Энергоиздат, 1986.
16. Інструкція до лабораторних робіт з курсу АСПК.
17. Мочерний С.В. Основи економічної теорії. Тернопіль.: Тарникс. -1993.
18. В.Ф.Кобевник – ”Охрана труда” Москва, 1991г.
19. Цивільна оборона: підручник для вищих учбових закладів; Губський А.І. – К.: Міністерство освіти, 1995 – 216 с.
20. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.0.003–74.
21. Жидецький В.І. «Основи охорони праці» -Львів: Афіша, 2000.-356с.
22. Основні вимоги до оформлення текстової і графічної частин дипломних і курсових проектів /А.В. Куцевич. ТДТУ, 1998.-26с

ДОДАТКИ