

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Розробка системи автоматизованого контролю технологічного процесу запресування підшипників

Виконали: студенти 4 курсу, групи КАс-41

Спеціальність 151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

(шифр і назва спеціальності)

Купина Н.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Панько К.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Стухляк Д.П.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Пояснювальна записка містить 100 сторінок, 27 рисунків та посилання на 15 джерел.

На основі аналізу проблем та технічних вимог до автоматизованого монтажу підшипників кочення розроблено ряд структурних та функціональних схем автоматизації та відповідна їм схема автоматичного управління процесом запресування.

За елементну базу системи взяті сучасні первинні перетворювачі та пристрої автоматики. Розроблено контролер для автоматичного регулювання температури.

Аналіз коректності функціонування розробленої системи та відповідності заданим показникам проведено шляхом імітаційного моделювання процесу регулювання температури підігріву підшипника.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Загальна характеристика об'єкта автоматизації	12
1.2 Стан і перспективи розвитку підшипників	13
1.3 Класифікація підшипників кочення	16
1.4 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу	20
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	21
2.1 Вимоги до монтажу і експлуатації підшипників	21
2.2 Обладнання для запресування підшипників	37
2.3 Обладнання для нагрівання підшипників.....	39
2.4 Засоби контролю установки підшипників.....	43
2.5 Розробка функціональної схеми системи запресування підшипника.....	45
2.6 Розробка системи автоматичного управління процесом запресування підшипника на вал	47
2.6.1 Принцип функціонування	47
2.6.2 Вибір елементної бази системи управління	47
2.6.3 Синтез керуючого модуля.....	66
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	75
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ..	79
4.1 Значення охорони праці для забезпечення безпечних і здорових умов праці	79
4.1.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища.....	80

4.2	Забезпечення нормальних умов праці	83
4.2.1	Загальні положення.....	83
4.2.2	Розрахунок освітлення робочого місця оператора.....	85
4.2.3	Розрахунок заземлення.....	88
4.2.4	Забезпечення безпеки приміщення користувача ЕОМ.....	89
4.3	Пожежна безпека	93
	ВИСНОВКИ	97
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСК - автоматизована система керування;

АЦП - аналогово-цифрове перетворення

ГЗК- головного запобіжного клапана;

Д – двигун;

ІЗП - імпульсні запобіжні пристрої;

ОР - об'єкт регулювання);

Р - редуктор;

РО - регулюючий орган;

РП - поляризоване реле (підсилювач);

САР - система автоматичного регулювання

ЧЕ - чутливий елемент;

ВСТУП

Досягнення в галузях математики та управління, а також швидкий розвиток засобів обчислювальної техніки суттєво розширює спектр можливостей розробки високоефективних технологічних процесів та методів управління ними. Симетричний розвиток технології виробництва і систем керування сприяв створенню таких виробничих процесів і типів обладнання, як наприклад, верстати з програмним керуванням, промислові роботи, гнучкі автоматизовані модулі і автоматизовані технологічні дільниці, які неможливо розглядати у відриві від систем керування.

Створення і експлуатація систем автоматизації на виробничому підприємстві перестало бути функцією тільки спеціалістів з автоматизованого керування. Вони вимагають різних форм участі практично всіх груп інженерно-технічного та адміністративно-управлінського персоналу підприємства.

Використання ЕОМ з метою управління базується на математичних методах, які дозволяють моделювати процеси, що відбуваються у виробничих системах, аналізувати наявні види інформації, використовувати цю інформацію для оцінки ситуації і відпрацювати рекомендації дій, які забезпечать найбільш ефективно досягнення цілей.

Одним з напрямків розв'язання задач технологічної підготовки виробництва є напрямок, який виник як результат дотичності двох наук - технології і сучасних розділів дискретної математики. Наприклад, математична логіка і теорія графів дозволяють формалізувати наявний в технології машинобудування набір описових правил і положень, аналізувати і синтезувати їх, виявити закономірності формування проектних технологічних рішень і, як наслідок, автоматизувати діяльність технолога.

Детермінована програма процесу технологічного проектування у вигляді логічного формального доведення дає можливість математично строго описати процес проектування, виробничі ситуації, об'єкти різноманітної природи, а також взаємодії технологічних об'єктів практично для будь-яких виробничих умов.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика об'єкта автоматизації

Підшипник це опора, що фіксує положення валу або осі, які обертається або гойдаються, по відношенню до корпусу певного механізму. По напрямку дії навантаження підшипники поділяють на радіальні (сприймають навантаження, що перпендикулярні до осі валу), упорні (сприймають навантаження, що направлені вздовж осі валу), а також радіально-упорні (сприймають комбіновані навантаження, що як правило направлені вздовж осі валу; рідше застосовуються упорно-радіальні підшипники, що сприймають в основному осьове навантаження). По категорії тертя класифікують підшипники кочення (найбільш поширені) і підшипники ковзання.

До основних деталей підшипника кочення відносяться внутрішнє кільце, зовнішнє кільце, тіла кочення, сепаратор і ущільнення. Іноді підшипники мають додаткові деталі, наприклад направляюче кільце, яке використовується тільки в деяких сферичних роликівих підшипниках. Внутрішнє кільце монтується на валу механізму і переважно є деталлю, що обертається.

Отвір підшипника може бути циліндричним або конічним. Доріжки кочення, по яких обертаються тіла кочення, можуть бути різної форми: сферичні, циліндричні або конічні, що залежить від типу тіл кочення.

Зовнішнє кільце монтується в корпусі механізму і переважно не обертається.

Залежно від використовуваних тіл кочення підшипники кочення діляться на кулькові підшипники і роликівих підшипники. Кульки в кульковий підшипниках передають навантаження на дуже маленькій поверхні

унаслідок точкового контакту з доріжкою кочення. Тому вантажопідйомність кулькових підшипників нижча в порівнянні з роликowymi підшипниками, в яких ролики передають навантаження за допомогою лінійного контакту з доріжками кочення.

Сепаратор розділяє тіла кочення, перешкоджаючи контакту між ними під час експлуатації, який міг би бути причиною погіршення умов змащування. У багатьох типах підшипників сепаратор забезпечує сукупне утримання деталей підшипника.

Для довговічної і надійної роботи підшипника дуже важливими є ущільнення. Вони захищають підшипник від забруднень. Все більш затребуваними стають підшипники з вбудованими ущільненнями.

1.2 Стан і перспективи розвитку підшипників

Перший підшипник кочення, що зберігся до цього дня, знаходився в опорі вітряка, який був побудований в 1780 р. в Англії в м. Спровстон. Він складався з двох доріжок кочення вилитих з чавуну, між якими знаходилося 40 чавунних кульок.

Варто відмітити, що відношення радіусу жолобка доріжки і кульок складало 1,22 і було трохи більшим ніж в сучасних підшипниках. Проте, вже тоді замислювалися над необхідністю зменшення опору руху, причиною якого є ковзання в зоні дотику.

В XIX ст. продовжувалося вдосконалення конструкції підшипника кочення, а також розширення їх застосувань в машинах і пристроях. Проте, лише п'ятдесят років назад, завдяки введенню абразивної технології стало можливим досягнути достатньої твердості і точності елементів підшипника.

Перш ніж наступив перелом, у виробництві кульок використовували круглі сталеві прутки, які формували і обробляли вручну. Відсутність точності в таких процесах була причиною нерівномірних навантажень підшипників, які постійно деформувалися. Перелом наступив завдяки технікові і винахідникові Фрідріху Фішеру який спроектував верстат для шліфування сталевих кульок, виготовив перший велосипед з підшипниковими опорами (1853 р.), сконструював перший повністю автоматизований фрезерний верстат, який функціонував подібно до млинового каменя.

Винахід Фішера забезпечив можливість шліфування сталевих загартованих куль. В результаті кульки набували необхідної сферичної форми. Завдяки цьому нововведенню, сталеві кульки Фішера вийшли на світовий ринок.

Кулькові підшипники не можна було використовувати у всіх рішеннях. Подальші пошуки привели до створення конічних, роликівих, голчатих підшипників. У 1907 р. Свен Вінгквіст, шведський інженер намалював ескіз першого роликівого підшипника.

Після I Світової війни почався процес повсюдного витіснення підшипників ковзання підшипниками кочення. Цьому сприяла поява роликівих підшипників, які могли переносити великі навантаження. Незабаром з'явилися нові їх різновиди: голчаті підшипники, а пізніше - конічні.

Велику роль у вдосконаленні підшипників ковзання зіграли О. Рейнольдс і Н.П. Петров. Незалежно один від одного вони досліджували гідродинамічний ефект, який полягає в тому, що при достатній кількості обертів валу, в мастильному шарі автоматично утворюється тиск, який підтримує вал без необхідності його дотику з металом підшипника.

Вивчення цього ефекту зробило можливим конструювання підшипників ковзання з дуже малим тертям. Пізніше, для тихохідних

машин або машин, що мають важкий ротор, почали використовувати гідростатичні підшипники ковзання, де мастило (під тиском) подається зовні. Приблизно у 1945 р. завдяки металокераміці з'явилися безмастильні підшипники ковзання. Вони склалися з пористого металу насиченого мастилом або із сплаву бронза/графіт, які в невеликих машинах можуть добре працювати довгий час.

У високооборотних центрифугах і гіроскопах створюється повітряний прошарок (пневматичний підшипник). Широкого застосування також набули гібридні підшипники. Зазвичай, збільшення міцності високооборотних підшипників відбувається в результаті застосування кульок з невеликою масою.

Альтернативою для такого типу рішень є поєднання кулькового підшипника з гідростатичним підшипником. Реальне розділення навантаження між кульковим підшипником і гідростатичним підшипником складає 50%, що може забезпечити десятикратне збільшення міцності кулькового підшипника відносно звичайного кулькового підшипника, який працює в таких же умовах.

У запропонованому рішенні зовнішня доріжка кулькового підшипника знаходиться в стаціонарному корпусі. Внутрішня доріжка змонтована на проміжній втулці, яка може вільно обертатись відносно валу.

У самому процесі виробництва підшипників з'явилося багато нововведень, які дозволяють створення точніших, швидших і недорогих рішень. Одним з них є технологія зменшення обертового моменту, прикладом може бути залізничний підшипник з низьким моментом обертання. Виявилось, що таке рішення дозволяє економити багато палива. Проте найбільш важливим переломом в проектуванні підшипникових вузлів виявилася комп'ютерна техніка. Вона дозволяє аналізувати підшипниковий вузол практично в будь яких умовах експлуатації.

Створені за допомогою комп'ютерної техніки віртуальні підшипники можуть бути ретельно перевірені без необхідності приведення в дію цілого технологічного процесу. Сучасні комп'ютерні програми дозволяють ввести для віртуальних підшипників і підшипникових вузлів будь-які параметри як зовнішні, так і внутрішні. Таким методом був спроектований мікропідшипник для мікроелектроніки.

Майже до кінця XX століття типовим матеріалом для підшипників була сталь, що постійно проходила ряд модифікацій, відповідно до вимог по несучій здатності та довговічності. Проте, марка сталі накладала певні обмеження до застосування через свої основні властивості. До головних характеристик треба віднести теплове розширення сталі, велику питому масу, схильність до корозії, електричну і магнітну провідність і відносно великий коефіцієнт тертя, навіть при точній обробці.

Матеріалом, що забезпечив ряд нових можливостей, виявився нітрид кремнію. Спочатку з даного матеріалу виготовляли тільки елементи кочення. Ідеальним прикладом цього можуть бути гібридні швидкохідні похилі кулькові підшипники. Проте, вже через декілька років конструктори почали розробку підшипників, інші елементи яких також складаються з керамічних матеріалів. Для порівняння, згаданий керамічний циліндричний підшипник розвиває майже в два рази більшу швидкість обертання чим його аналог із сталі.

1.3 Класифікація підшипників кочення

Підшипники кочення поділяються на кулькові, роликові, голчаті і комбіновані, які у свою чергу поділяються на підтипи, що представлені у таблицях 1.1 – 1.4.

Таблиця 1.1 - Класифікація кулькових підшипників.

	<p>радіальний однорядний кульковий підшипник</p>
	<p>роз'ємний радіальний кульковий підшипник</p>
	<p>радіально-упорний кульковий підшипник</p>
	<p>підшипник з чотирьох точковим контактом</p>
	<p>радіально-упорний дворядний кульковий підшипник</p>
	<p>підшипник радіальний кульковий сферичний дворядний</p>
	<p>підшипник кульковий упорний однорядний</p>
	<p>підшипник кульковий упорний подвійний</p>
	<p>упорно-радіальний кульковий підшипник</p>

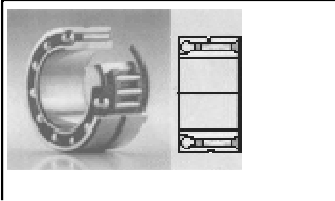
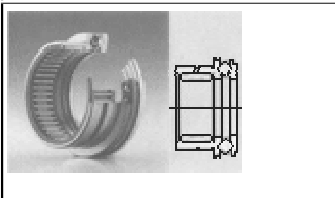
Таблиця 1.2 - Класифікація роликів підшипників.

	<p>радіальний роликотпідшипник однорядний</p>
	<p>радіальний роликотпідшипник дворядний</p>
	<p>радіально-упорний роликотпідшипник</p>
	<p>конічний роликотпідшипник</p>
	<p>радіальний сферичний однорядний підшипник</p>
	<p>радіальний роликотпідшипник сферичний дворядний, виконання Е</p>
	<p>упорний роликотпідшипник сферичний</p>
	<p>упорно-радіальний роликотпідшипник</p>

Таблиця 1.3 - Класифікація голкових підшипників.

	<p>голковий підшипник з сепаратором без кілець дворядний</p>
	<p>голковий підшипник однорядний</p>
	<p>голковий підшипник дворядний</p>
	<p>голковий підшипник з штампованим зовнішнім кільцем і відкритим торцем</p>
	<p>голковий підшипник з штампованим зовнішнім кільцем і закритим торцем</p>
	<p>голковий упорний підшипник</p>

Таблиця 1.4 - Класифікація комбінованих підшипників.

	<p>підшипник комбінований (радіальний голковий і радіально упорний кульковий)</p>
	<p>підшипник комбінований (радіальний голковий і упорний кульковий)</p>

1.4 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу

Проведений вище аналіз показує, що для синтезу системи автоматичного управління процесом запресування підшипника на вал необхідно вирішити наступні проблеми:

- розробити функціональну схему системи запресування підшипника на вал;
- розробити структурну систему автоматичного управління процесом запресування підшипника на вал;
- провести аналіз функціонування розробленої системи;
- дослідити надійність функціонування розробленої системи;
- дослідити проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Вимоги до монтажу і експлуатації підшипників

Підшипники кочення знаходять широке застосування в машинах і механізмах різної конструкції, потужності і призначення. Це обумовлено простотою конструкції, обслуговування і ремонту вузлів з підшипниками кочення, а також наявністю великої кількості типів підшипників з широким спектром характеристик, що задовольняють вимоги розробників, виробників і споживачів механічного обладнання.

Основними умовами, що забезпечують надійність і довговічність вузлів з підшипниками кочення є:

якість виготовлення деталей підшипника (кільця з доріжками кочення, сепаратор і тіла кочення), відповідність характеристик підшипника вимогам ДСТУ;

дотримання геометрії і чистоти обробки поверхонь шийки валу і корпусу підшипникового вузла, що взаємодіють з підшипником;

правильний вибір посадок підшипника на вал і в корпус залежно від режиму роботи вузла;

вибір типу змащувального матеріалу і способу його подачі до поверхонь кочення і ковзання підшипника, своєчасна його заміна при експлуатації;

дотримання вимог технічних умов при монтажі підшипників на вал і в корпус, застосування спеціальних пристосувань для монтажу і демонтажу підшипників кочення, що унеможливають пошкодження, як самих підшипників, так і посадочних поверхонь шийки валу і корпусу

підшипникового вузла при виготовленні, монтажі і проведенні регламентних робіт при експлуатації механізмів.

Допустимі поля посадочних поверхонь валів і отворів в корпусах для монтажу підшипників кочення:

Рухомість вала та корпусу в процесі експлуатації	Клас точності підшипників	Поля допуску валів	Поля допуску отворів у корпусних деталях
Вал обертається, корпус нерухомий	5 і 4	N5, M5, K5, JS5	M6, K6, Js6, H6
	0 і 6	N6, M6, K6, JS6	M7, K7, Js7, H7, G7, H8, H9
Вал нерухомий, корпус обертається	5 і 4	H5, G5	N6, M6, K6
	0 і 6	H5, G5	P7, N7, M7, K7

При експлуатації необхідно забезпечити постійний контроль за температурою і рівнем вібрації підшипника, дотриманням термінів додавання свіжого і заміни відпрацьованого змащувального матеріалу, стабільністю режиму роботи обладнання без ривків і ударів. Під час простоїв обладнання періодично повертати вал машини щоб уникнути появи наклепу на поверхнях кочення, причиною якого є коливання, що передаються від працюючих в безпосередній близькості механізмів і машин. Недотримання цієї вимоги приводить до швидкого виходу підшипника з ладу унаслідок прогресуючого розширення зони дефекту, викликаного наклепом, при включенні агрегату в роботу.

Під час проведення ремонтних робіт при збірці вузлів з підшипниками кочення необхідно дотримуватися наступних правил:

перевірити відповідність встановлюваних підшипників вимогам креслення і технічної документації даного агрегату;

переконатися в наявності акту про вхідний контроль даного підшипника і висновку про його придатність до застосування. У разі відсутності даних про вхідний контроль провести перевірку підшипника на відповідність ДСТУ.

Збірку необхідно починати з опори, що фіксує ротор в осьовому напрямі, при цьому:

перевірити осьове положення ротора відносно корпусу агрегату, при необхідності його виправлення визначити місце установки і товщину шліфовки дистанційних кілець;

візуальним оглядом перевірити стан посадочних місць валу і корпусу підшипника на відсутність задирів, вибоїн, іржі й інших дефектів, що спотворюють геометрію поверхонь, звертаючи при цьому увагу на шийку валу і упорну поверхню корпусу підшипника. Відмічені недоліки усунути обпилюванням, або заміною непридатних для установки деталей;

перевірити по ремонтному формуляру фактичні розміри посадочних поверхонь валу і корпусу, переконатися у відповідності посадки підшипника вимогам креслення і технічних умов. За відсутності даних провести вимір діаметрів шийок валу і отворів корпусів із записом отриманих розмірів в ремонтний формуляр агрегату;

перед збіркою пари радіально-упорних кулькових підшипників (дуплекс) провести установку необхідного початкового осьового зазору в підшипниковому вузлі за допомогою підбору товщини дистанційних кілець між внутрішніми і зовнішніми кільцями підшипників;

встановити підшипники фіксуючої опори на вал до упору в галтель і в корпус до упору в бортик, підібрати товщину герметизуючої прокладки кришки корпусу для забезпечення упору торцевої поверхні кришки в зовнішню обойму підшипника і надійної герметизації роз'єму, що перешкоджає виходу змащувального матеріалу з корпусу підшипника. На

поверхнях торців кришки не повинно бути задирок, вибоїн, чужорідних тіл і інших дефектів, здатних привести до перекосів і розгерметизації;

закріпити підшипник на валу і в корпусі, провівши затягування всіх кріплень підшипникового вузла.

Монтаж підшипників вільної опори починати з виконання попередніх вимог, а також:

- при установці у вільній опорі кулькового радіального підшипника, до установки його на вал лінійним виміром необхідно переконатися в наявності зазору між буртом корпусу і зовнішньою обоймою підшипника, при посадці підшипника до упору внутрішньої обойми в галтель шийки валу. За відсутності зазору визначити товщину шліфованої дистанційної шайби для установки на вал між галтеллю і внутрішнім кільцем для забезпечення необхідного зазору;

- у разі установки в одну опору двох радіальних підшипників кочення вони повинні бути підібрані по радіальному зазору для забезпечення рівномірного навантаження обох підшипників;

- правильність установки радіального роликового підшипника з циліндровими роликами перевіряється по поєднанню опорної поверхні роликів з доріжками кочення з урахуванням переміщень, пов'язаних з можливими температурними розширеннями валу і корпусу агрегату;

- для вузла з радіальним кульковим підшипником підібрати товщину герметизуючої прокладки вільного підшипникового вузла для забезпечення теплового зазору між зовнішньою обоймою підшипника і торцем кришки корпусу;

- провести затягування всіх кріплень підшипника по валу і корпусу;

- у разі застосування для підшипникових опор консистентного мастила перед закриттям кришок необхідно закласти в опори певну кількість необхідного мастила;

- при змащенні опор рідким мастилом, після обтягування кришок опор залити необхідну кількість мастила в картер підшипникового вузла і перевірити його рівень штатним пристосуванням, переконатися у відсутності витоків мастила;

- перевірити легкість обертання валу, відсутність зачіпань деталей ротора і корпусу агрегату.

Виконання цих простих прийомів допоможе: підвищити якість установочних та ремонтних робіт, максимально використовувати ресурс підшипників кочення, скоротити трудові і матеріальні витрати на ремонт механічного обладнання.

Методи монтажу підшипників.

Метод (механічний, гідравлічний або тепловий) установки підшипників залежить від їх типу і розміру. У всіх випадках дуже важливо, щоб кільця, сепаратори або тіла кочення не піддавалися прямим ударам, оскільки при цьому може бути пошкоджений підшипник. Ні за яких обставин не можна тиснути на одне кільце для того, щоб встановити на посадочне місце інше кільце підшипника.

У разі нероз'ємних підшипників кільце, яке встановлюється з тугішою посадкою, зазвичай вмонтовується першим. Поверхню посадочного поясочка слід перед установкою злегка змастити мастилом. Якщо натяг при посадці не дуже великий, маленькі підшипники можна встановити легкими ударами молотка по втулці, встановленій на передній торці кільця підшипника. Удари слід рівномірно розподіляти по колу, щоб підшипник не перекосився.

При використанні монтажного інструменту зусилля можна прикладати в центрі. Якщо нероз'ємний підшипник потрібно запресувати на вал і отвір корпусу одночасно за допомогою монтажного інструменту,

монтажне кільце вставляється між підшипником і кромкою і спирається на передні торці внутрішнього і зовнішнього кілець.

Для того, щоб зусилля при установці прикладалися рівномірно до обох кілець, опорні поверхні монтажного кільця повинні лежати в одній площині.

У роз'ємних підшипників внутрішнє кільце може встановлюватися незалежно від зовнішнього, це спрощує процес установки, особливо якщо обидва кільця встановлюються з натягом.

При монтажі валу з вже встановленим на ньому внутрішнім кільцем в корпус із зовнішнім кільцем слід звертати увагу, щоб вони правильно центрувалися, інакше можливі задирки на доріжках і тілах кочення. Тому при установці голчатих роликотпідшипників і роликотпідшипників з циліндричними роликами рекомендується використовувати напрямну втулку. Зовнішній діаметр втулки повинен бути рівний діаметру доріжки кочення внутрішнього кільця, обробленого з точністю $d10$.

Голчаті роликотпідшипники з штампованим зовнішнім кільцем краще встановлювати за допомогою облямовування. Кільце ущільнювача, вставлене в кільцевий паз облямовування, служить для того, щоб утримувати комплект голчатих роликів з сепаратором або штампованим зовнішнім кільцем в певному положенні на облямовуванні.

Голчаті роликотпідшипники з штампованим зовнішнім кільцем і відкритими торцями повинні бути, коли це можливо, розташовані так, щоб штампована (загартована) сторона упиралася у фланець облямовування. Важливо забезпечити постійну перпендикулярність підшипників по відношенню до валу під час монтажу.

Внутрішнє кільце підшипників з базовим конічним отвором завжди монтується з натягом. Величина натягу в цьому випадку визначається не допусками на розмір валу, як у підшипників з циліндровими отвором, а

переміщенням підшипника по конічній поверхні посадочної шийки валу, закріпної або стягнутої втулок.

Початковий внутрішній радіальний зазор в підшипнику зменшується в процесі установки і по цьому зменшенню судять про величину натягу при посадці.

При установці кулькових підшипників, що само встановлюються, або сферичних роликотпідшипників з конічними отворами, визначається і використовується для вибору натягу при посадці або зменшення початкового внутрішнього радіального зазору, або зменшення початкового внутрішнього радіального зазору, або осьовий зсув по поверхні конічної посадочної поверхні.

Деякі підшипники можуть переміщатися по конічних шийках або стягнутих втулках за допомогою гайки або на валу, а по закріплених втулках - гайкою на втулці. Поверхні посадочних поясок на валу і втулках перед установкою підшипників слід злегка змащувати мастилом.

Поверхні посадки валів і корпусів

Коли підшипник встановлено на валу або в корпусі з поверхнями, що містять задирки або вм'ятини, підшипник може не закріпитися належним чином, спричиняючи вібрацію та шум під час роботи (рис. 2.1, 2.2).

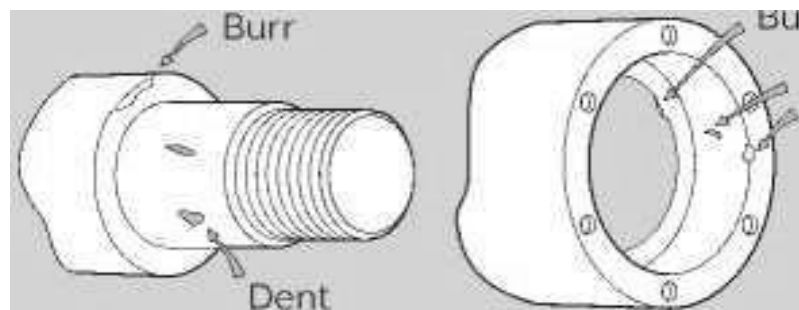


Рисунок 2.1 - Задирки та вм'ятини

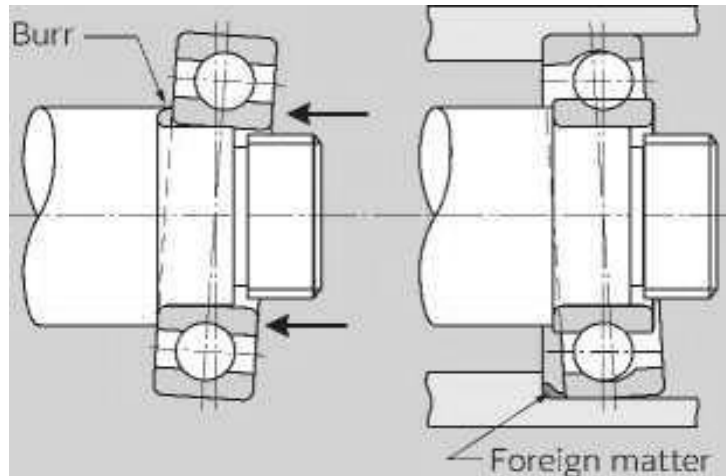


Рисунок 2.2 - Приклад неправильної установки підшипника

Точність форм посадочних поверхонь для підшипника кочення:

Індекс	Клас точності підшипників			
	0	6	5	4
Овальність і конусність шийки вала і отвору в корпусі	1/2		1/4	
Овальність і конусність валової цапфи для підшипників на кріпильних втулках	1/4 допуску по діаметру поверхні посадкового місця вала			
Кінцеве биття плечей вала, мкм, діаметром, мм:				
до 50	20	10	7	4
від 50 до 120	25	12	8	6
від 120 до 250	30	15	10	8
Кінцеве биття плечей отвору в корпусі, мкм, в діаметрі, мм:				
до 80	40	20	13	8
від 80 до 120	45	22	15	9
від 120 до 150	50	25	18	10
від 150 до 180	60	30	20	12
від 180 до 250	70	35	23	14
від 250 до 315	80	40	27	16

Шорсткості монтажних поверхонь вала і корпусу підшипників кочення:

Поверхня	Клас точності	Номінальні діаметри, мм			
		до 80		від 80 до 500	
		Шорсткість поверхні, мкм			
		Rz	Ra	Rz	Ra
Вал	0	6,3	1,25	10	2,50
	6 і 5	3,2	0,63	6,3	1,25
	4	1,6	0,25	3,2	0,63
Отвори в корпусі	0	6,3	1,25	10	2,50
	6.5 і 4	3,2	0,63	6,3	1,25
Кінці плечей вала і отвори в корпусі	0	10	2,50	10	2,50
	6.5 і 4	6,3	1,25	10	2,50

Для монтажу підшипників необхідно спеціальні пристосування, вимірвальний прилад, мастило і чисте сухе приміщення. Крім того, необхідно встановлювати мініатюрні кулькові підшипники та прецизійні підшипники кочення в чистому приміщенні, оскільки проникнення бруду та сторонніх речовин значно впливає на роботу підшипників.

Поверхні кріплення вала та корпусу також слід перевірити на шорсткість, точність розмірів і конструкції, а також переконатися, що вони знаходяться в допустимих межах допуску. Крім того, коли підшипник має бути запресованим, використання антифрикційного агента на посадковій поверхні покращує легкість складання.

Підшипники слід розпаковувати безпосередньо перед використанням, щоб уникнути потрапляння сторонніх частинок або конденсату, що може призвести до іржі. Під час роботи з підшипниками також слід надягати рукавички, щоб уникнути утворення іржі.

Загалом, підшипники з мастилом можна встановлювати без очищення мастила для запобігання утворення іржі. Однак для підшипників, у яких ефективність змащування може бути знижена через змішування змащувального мастила та мастила для захисту від іржі, мастило для захисту від іржі слід видалити шляхом промивання розчинником для очищення та висушити перед встановленням. Підшипники ущільненого типу заповнені мастилом не можна чистити.

Запресовка підшипника у вал

Прес-фітинг є найпоширенішим способом кріплення, який широко використовується для малих підшипників. Підшипники можна запресувати, використовуючи втулку та прикладаючи зусилля до доріжки кочення при кімнатній температурі.

Необхідно щоб інструмент не торкався безпосередньо кільця підшипників і не потрібно запресовувати їх за допомогою пуансона, оскільки підшипники не будуть запресовані рівномірно, що спричинить пошкодження підшипника.

Якщо одночасно потрібно встановити велику кількість підшипників, можна використовувати спеціальне пристосування або гідравлічний прес.

Не потрібно застосовувати силу до зовнішнього кільця, оскільки це призведе до передачі зусилля преса через елементи кочення, що може спричинити вм'ятини або подряпини на поверхні доріжки кочення (рис. 2.3).

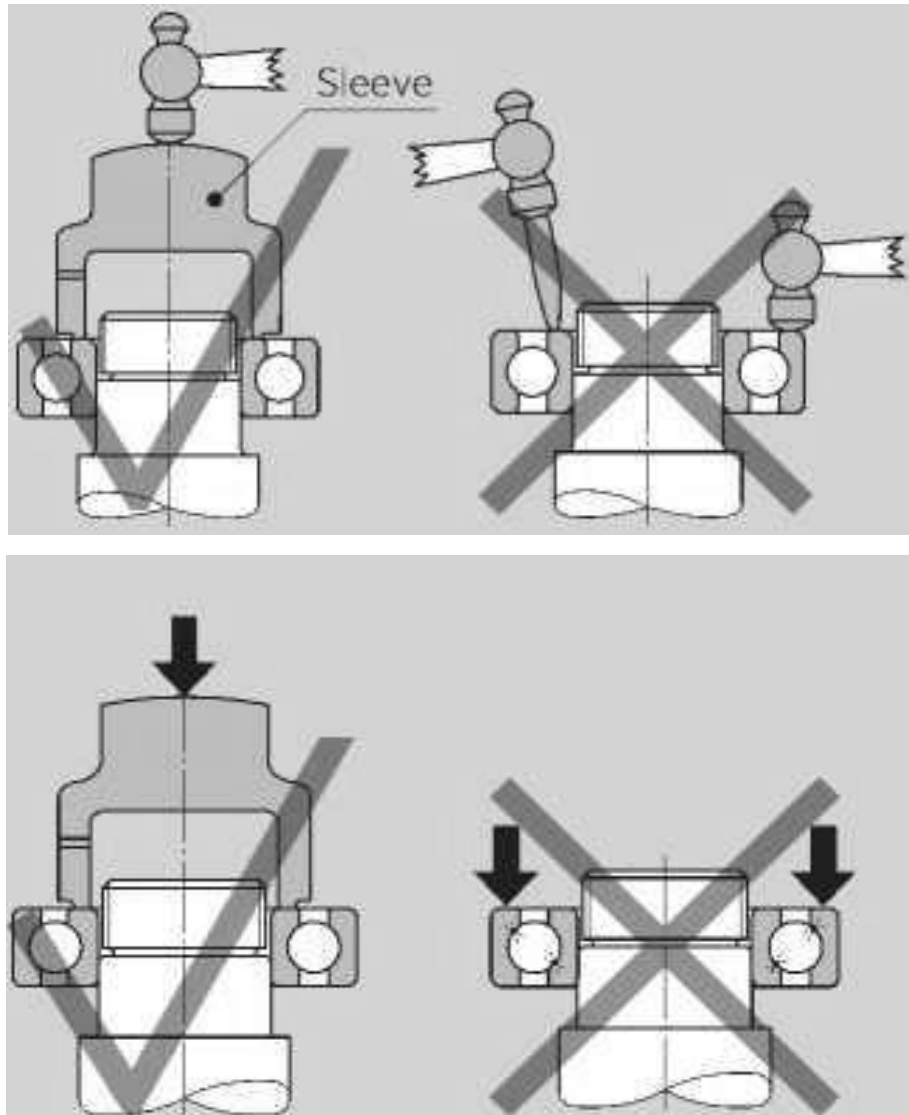


Рисунок 2.3 - Запресовування підшипника на вал

Запресовка підшипника в корпус

Необхідно рівномірно прикладати зусилля до поверхні зовнішнього кільця, щоб запресувати підшипник у корпус. Не потрібно застосовувати силу до внутрішнього кільця, оскільки це призведе до передачі зусилля преса через елементи кочення, що може спричинити вм'ятини або подряпини на поверхні доріжки кочення (рис. 2.4).

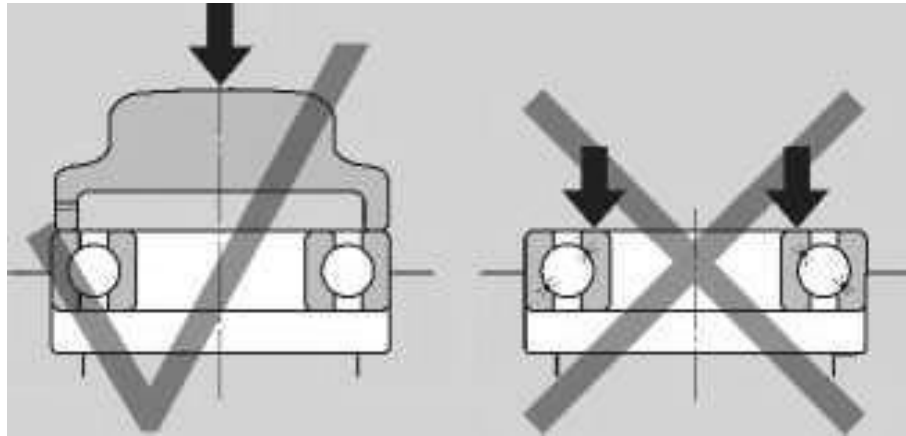


Рисунок 2.4 - Запресовка підшипника в корпус

Одночасне запресування

При одночасному запресуванні нерозбірного підшипника, наприклад радіального шарикопідшипника, на вал і в корпус, необхідно використовувати кільцеподібний блок і рівномірно прикладати зусилля до внутрішнього та зовнішнього кілець одночасно. Не потрібно застосовувати силу ні до внутрішнього, ні до зовнішнього кільця окремо, оскільки це може спричинити вм'ятини або подряпини на поверхні доріжки кочення (рис. 2.5).

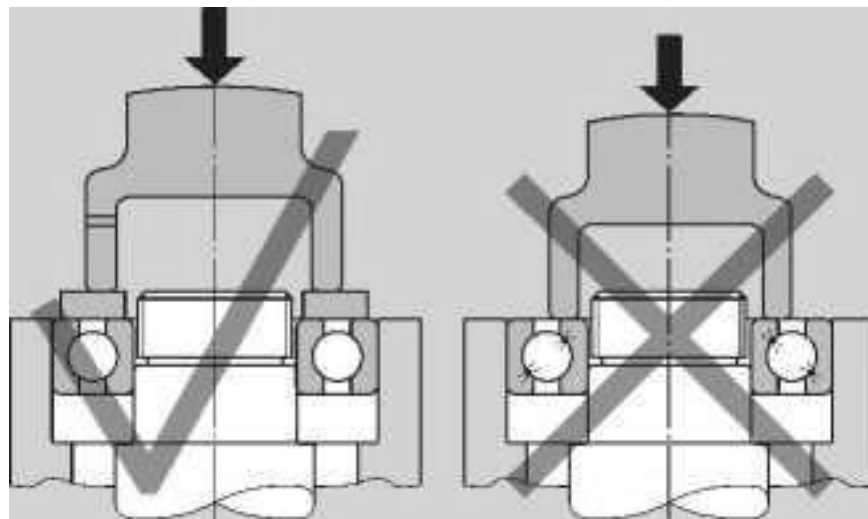


Рисунок 2.5 - Одночасне запресування

Нагрівання підшипників для полегшення запресування

Якщо запресовування внутрішнього кільця на вал при кімнатній температурі вимагає значного зусилля, то необхідне нагрівання підшипника та розширення внутрішнього кільця перед установкою на вал.

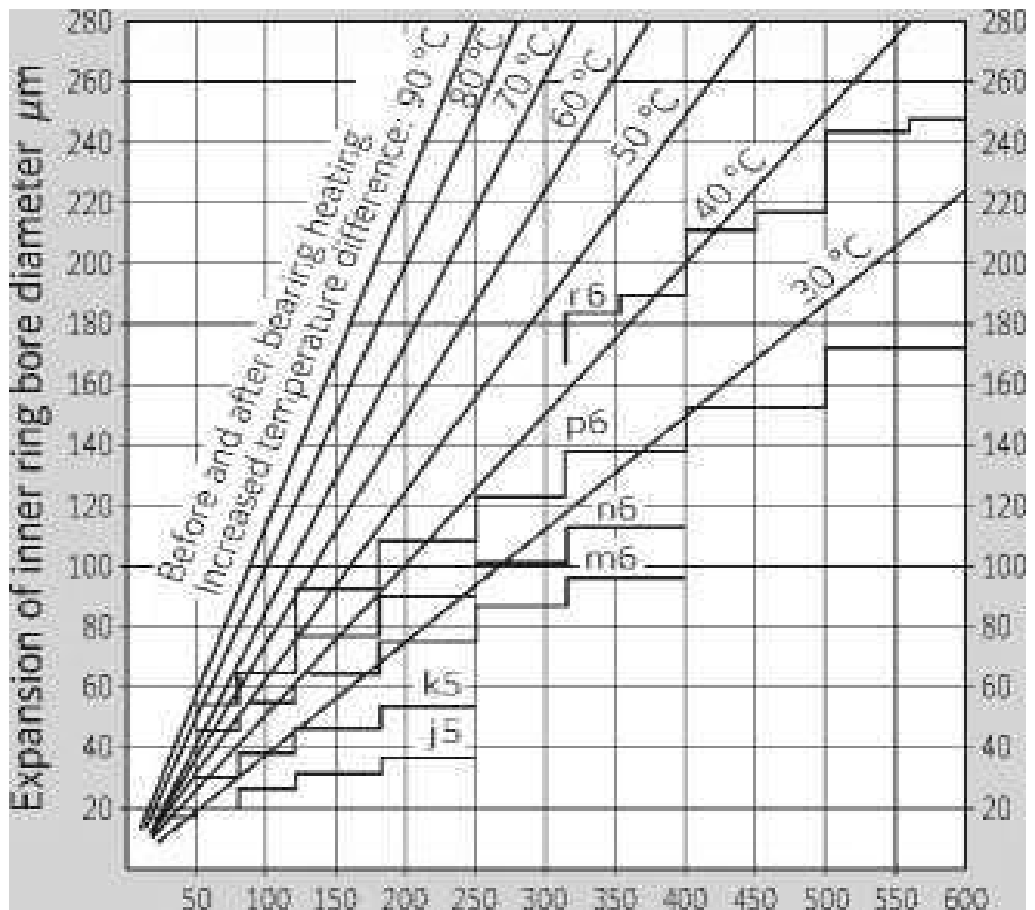
Зазвичай неможливо встановити підшипники великих розмірів в холодному стані, тобто сила, необхідна для їх установки, значно перевершує їх вантажопідйомність. Тому внутрішні кільця підшипників і корпуси перед монтажем нагріваються.

Мінімальна різниця температур між кільцем та валом або зовнішнім кільцем та корпусом залежить від натягу при посадці і діаметру посадочного пояса підшипника. Забороняється нагрівати підшипники понад 125°C, оскільки зміна розмірів супроводить зміну структури матеріалу підшипника. Підшипники, обладнані захисними шайбами або ущільненнями забороняється нагрівати, оскільки вони заповнені пластичним мастилом.

При підігріві підшипників слід уникати місцевих перегрівів. Рівномірного безпечного нагріву можна досягти за допомогою електричних підігрівачів, нагрівальних печей і мастильної ванни. При використанні нагрівальних плит підшипник слід кілька разів повернути.

Внутрішні кільця середнього і великого розміру роликотпідшипників з циліндровими роликами, що не мають бортів або що мають борт тільки з одного боку можуть нагріватися за допомогою індукційного нагрівального пристосування або нагрівного кільця.

Величина розширення внутрішнього кільця, необхідна для термічної посадки, може бути отримана за допомогою взаємодії поверхні посадки між внутрішнім кільцем і валом і різниці температур до і після нагрівання підшипника (рис. 2.6).



Діаметр отвору підшипника мм

Рисунок 2.6 - Температура нагріву внутрішнього кільця

Для теплового монтажу будь-який підшипник, який не пройшов стабілізацію розмірів не можна нагрівати вище 120 °С, що може призвести до пошкодження підшипника та скорочення терміну його експлуатації. Для герметичних підшипників не можна перевищувати температуру ущільнення.

Для нагріву підшипників не можна використовувати теплові пальники та теплові гармати, оскільки підшипники можуть нагріватися нерівномірно, і контроль температури буде складним (рис. 2.7).

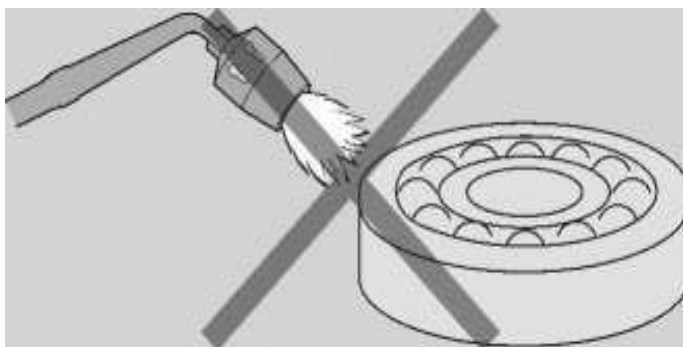


Рисунок 2.7 - Нагрівання підшипників тепловим пальником

Основними методами рівномірного нагріву підшипників є: мастиляна ванна; піч із постійною температурою; індукційний нагрівач зі швидким нагріванням.

Нагрівання підшипників в мастиляній ванні

Одним із способів нагріву підшипника є занурення підшипника в розігріте чисте мастило (рис. 2.8). Екрановані підшипники та герметичні підшипники, заповнені мастилом, не можна нагрівати в мастиляній ванні.

За допомогою індукційного нагрівача Fast therm можна безпечно, чисто та швидко нагрівати підшипники в сухому стані. Нагрівання підшипників індукційним нагріванням робить підшипники магнітними; тому необхідно розмагнічувати підшипники після нагріву. Індукційний нагрівач НТН fast therm має функцію автоматичного розмагнічування.

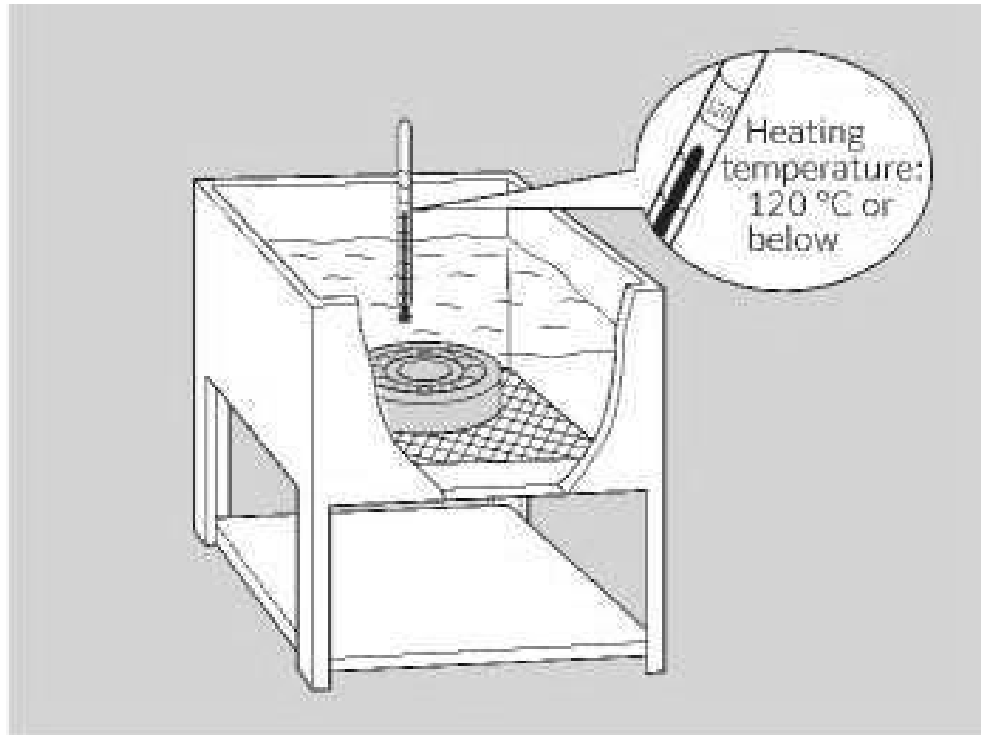


Рисунок 2.8 - Нагрівання підшипників у мастиляній ванні

Під час термічної посадки внутрішнє кільце під час охолодження стискається в осьовому напрямку, створюючи зазор між підшипником і буртиком вала (рис. 2.9), тому необхідно затягнути підшипник гайкою до повного охолодження або прикласти зусилля в осьовому напрямку, поки підшипник охолоджується, щоб привести підшипник у щільний контакт з плечем вала.

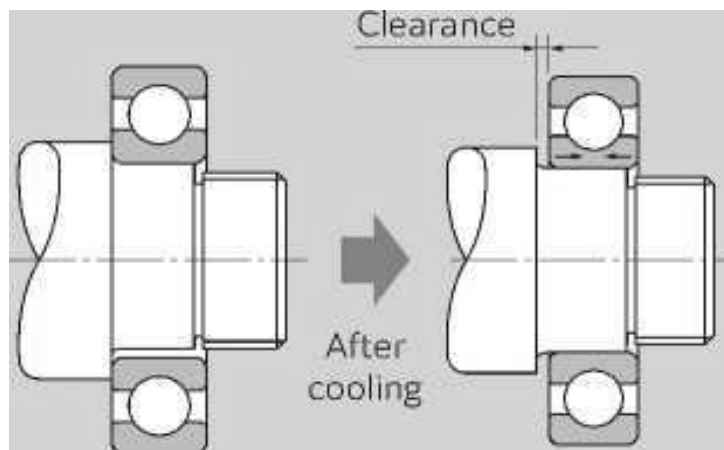


Рисунок 2.9 - Звуження підшипника після нагрівання

Установка конічного підшипника

Підшипники з малими конічними отворами встановлюються шляхом вставлення підшипника на задану величину за допомогою контргайок і використання конічного отвору або закріплювальної (знімної) втулки. Контргайки затягуються гайкововертом (рис. 2.10).

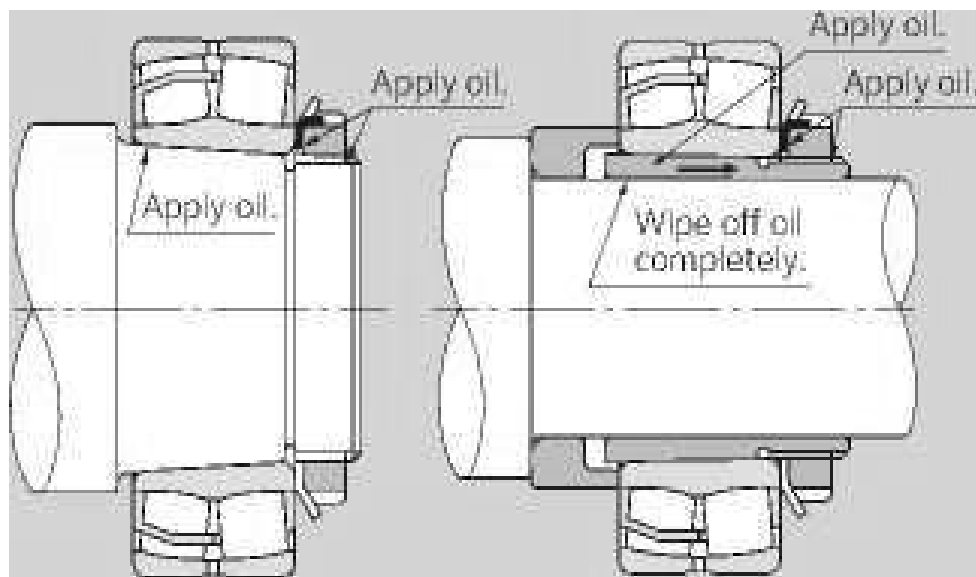


Рисунок 2.10 - Встановлення конічного підшипника на вал за допомогою контргайки та конічної перехідної втулки

2.2 Обладнання для запресування підшипників

Типова установка УВП-901А для запресування підшипників наведена на рис. 2.11.

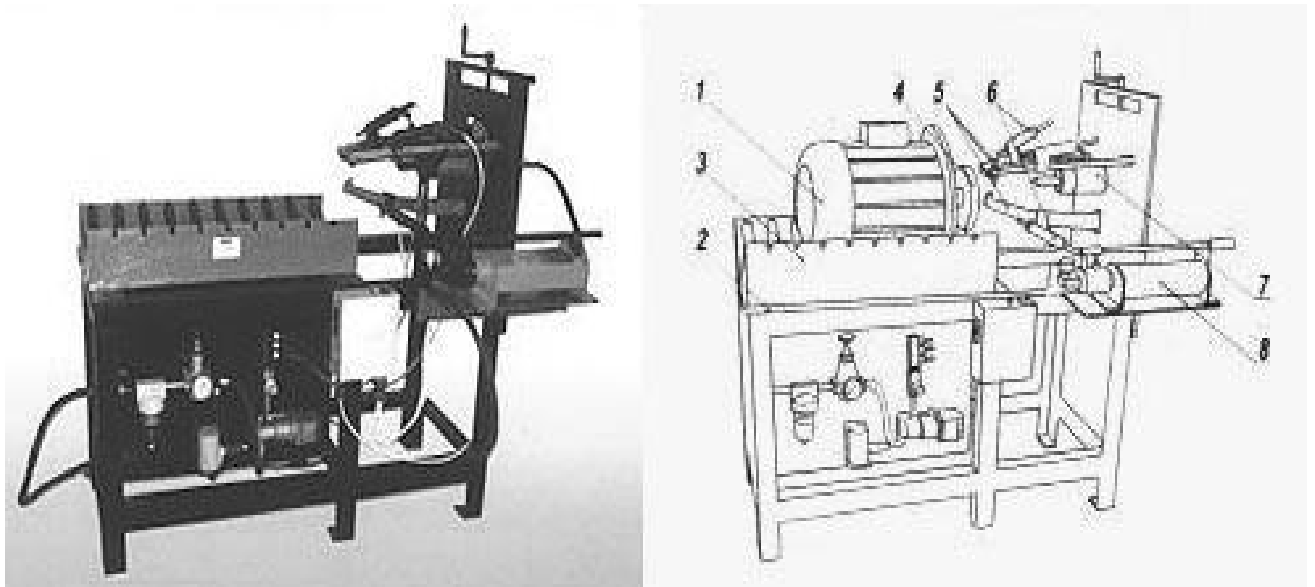


Рисунок 2.11 - Установа запресування підшипників УВП-901А.

(1 - електродвигун, 2 - несуча плита, 3 - спеціальна призма, 4 - деталь, що демонтується, 5 - важелі знімача, 6 – електричні пальники, 7 - гідроциліндр, 8 - ручний гідронасос)

Установа запресування (випресування підшипників) УВП-901А призначена для демонтажу підшипників з ротора електродвигуна та інших складальних одиниць, де є з'єднання деталей, посаджених з натягом.

Установа УВП-901А, завдяки значному зусиллю знімання і нагріву деталі, дозволяє легко виконати цю операцію, позбавляючи від великих фізичних навантажень, усуваючи можливість травматизму. Дані монтажні операції здійснюються безпосередньо на станині цієї установки або на спеціальній призмі.

Деталь, що підлягає демонтажу, захоплюється важелями знімача, нагрівається струменями гарячого повітря від електрогрілок, і при подачі масла під тиском в гідроциліндр знімача від гідронасоса, плавно сходить з валу електродвигуна.

Тиск в гідроциліндрі знімача створюється гідронасосом.

Унікальність установки полягає в одночасній дії двох компонентів (сили і тепла) на один об'єкт, що забезпечує високу якість процесів демонтажу на виробництві.

Технічні характеристики установки наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики установки УВП-901А.

Максимальне зусилля знімання, кН	230
Діаметр деталей, що знімаються, мм	10-350
Робочий хід знімача, мм	160
Глибина захоплення, м	300
Живлення: мережа трифазного струму, В/Гц	380/50
Тиск живлення повітрям, МПа	0,3-0,6
Споживана потужність, кВт	2,5
Габарити, мм	1475x670x1220
Маса, кг	250

2.3 Обладнання для нагрівання підшипників

Масляні нагрівачі підшипників

Типова установка нагріву підшипників у маслі УНПМ-901 наведена на рисунку 2.12.

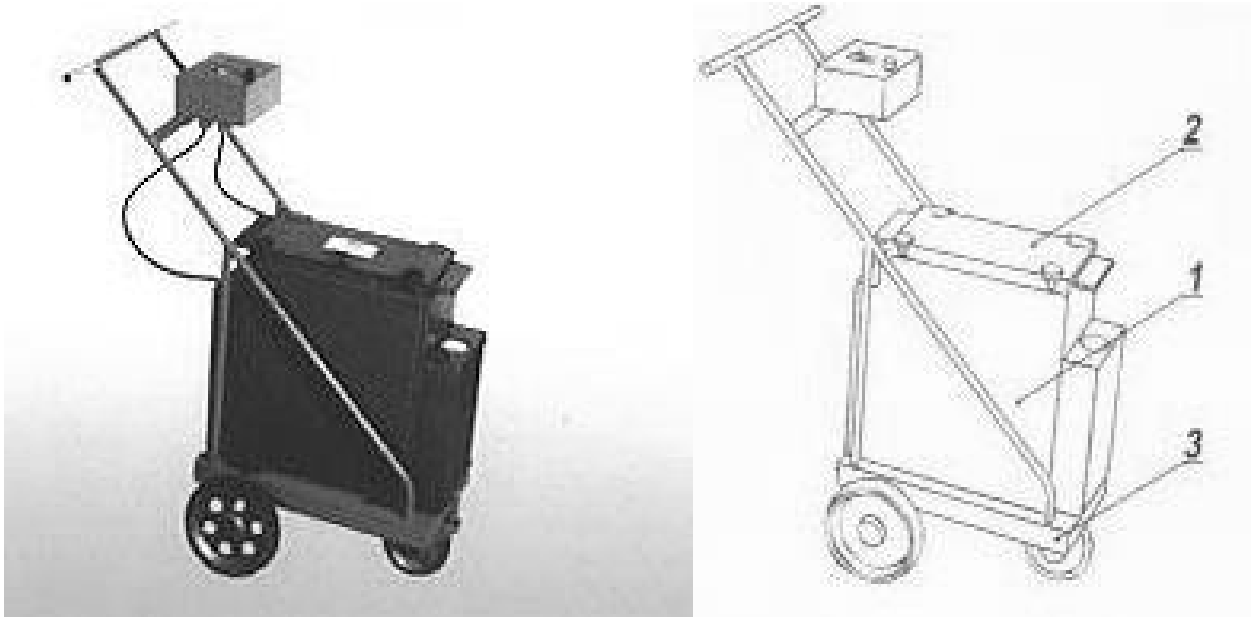


Рисунок 2.12 - Установка нагріву підшипників у маслі УНПМ-901.

(1 - масляна ванна, 2 - герметична кришка, 3 – візок)

Посадка на вал здійснюється з натягом. Для здійснення цієї операції деталі заздалегідь нагрівають до певної температури. Установка УНПМ-901 дозволяє провести «м'яке» нагрівання деталей в маслі, що виключає їх перегрів.

Масляна ванна установка УНПМ-901 має хорошу теплоізоляцію і забезпечена герметичною кришкою. Ванна розміщена на візку. Все це дозволяє транспортувати заздалегідь нагріті деталі до місця монтажу без втрати температури. При необхідності ванна легко демонтується з візка і може бути розміщена стаціонарно.

Установка УНПМ-901 має такі технічні параметри:

Час нагріву деталей з 15 до 90 град, хв	40
Найбільші розміри деталей, мм	
Ширина	80
Діаметр	380
Живлення:	
мережа трифазного струму, В/Гц	220/50
Споживана потужність, кВт, не більш	2
Габарити, мм	790x500x800
Маса, кг не більш	40

Індукційні нагрівачі підшипників

Індукційні нагрівачі компанії "Bega" (Нідерланди) для монтажу підшипників, муфт, зубчатих коліс, дозволяють швидко і рівномірно нагрівати деталі до заданої температури з точністю до одного градуса для подальшої посадки на вал.

Модель BETEX 24 RLD TURBO (рис. 2.13) поєднує в собі компактні габарити, низьку споживану потужність, високу віддачу. Дозволяє нагрівати деталі з отвором від 10 мм і максимальним зовнішнім діаметром до 350 мм. Рекомендована максимальна вага деталі, що нагрівається - до 40кг.

Індукційний нагрівач це спеціальний трансформатор з первинною обмоткою, що має велику кількість витків і вторинним коротко замкнутим витком, що нагрівається, роль якого виконує підшипник або металева деталь з отвором, і через які проходить магнітопровід трансформатора.



Рисунок 2.13 - Індукційний нагрівач підшипників виробництва фірми "Bega".

Відношення струмів обернено пропорційне до відношення числа витків обмоток. Отже, великі значення сили змінного струму, що протікає у вторинній обмотці (в кільцях підшипника), викликає їх рівномірний нагрів до необхідної температури. При цьому первинна обмотка та магнітопровід трансформатора - не нагріваються.

При виключенні даного індукційного нагрівного пристрою, підшипники зберігають залишкову намагніченість. Залишкова намагніченість підшипників призводить до притягування до них сталених ошурок. Розмагнічування підшипників забезпечується поступовим зменшенням магнітного поля до нуля. Всі індукційні нагрівальні пристрої мають функцію автоматичного розмагнічування після нагріву.

2.4 Засоби контролю установки підшипників

Підшипникові вузли-сенсори

Точна інформація про стан кутових або осьових зміщень підшипників важлива для контролю їх функціонування. Особливої важливості це набуває у зв'язку зі все більшою автоматизацією процесів. Також все більш потрібні легші і простіші в конструкції підшипникові вузли-сенсори, які реєструють:

- кількість обертів;
- швидкість;
- напрям обертання;
- відносну позицію;
- прискорення або уповільнення.

Підшипникові вузли-сенсори SKF (рис. 2.14) конструктивно мають вмонтований сенсор. Це ідеальна комбінація універсального кулькового підшипника з сенсором, захищеним від зовнішніх впливів. Корпус сенсора, імпульс-кільце і підшипник прикріплені один до одного і утворюють готовий до роботи вузол.



Рисунок 2.14 - Підшипникові вузли-сенсори SKF.

Розроблений SKF підшипниковий вузол-сенсор просто монтується і складається з радіального кулькового підшипника класу Explorer та сенсора SKF.

Підшипниковий вузол-сенсор SKF спеціально розроблений як додатковий пристрій для контролю двигунів і машин. Вузли застосовані для використання з фіксованим внутрішнім або зовнішнім обертовим кільцем і використовуються в конвеєрних системах.

Аналізатори вібрації "АС-3200" і "АС-6400".

Аналізатори АС-3200 і АС-6400 (рис. 2.15) є портативними малогабаритними мікропроцесорними вібровимірювальними приладами з автономним живленням (швидко замінюваний блок акумуляторів або 5 елементів типу АА) або живленням від мережевого адаптера.



Рисунок 2.15 - Аналізатори АС-6400.

Прилади призначені для контролю і аналізу вібрації роторного обладнання, аналізу перехідних процесів при розгоні, визначення власних частот різних конструктивних елементів і вузлів та балансування роторів з метою:

- оптимізації планування ремонтів;

- визначення стану при виведенні з ремонту;
- скорочення позапланових простоїв через аварії;
- виявлення дефектів у вузлах обладнання на ранніх стадіях їх розвитку;
- зниження вібрації методом динамічного балансування ротора у власних підшипниках.

Прилади дозволяють проводити швидкий аналіз на місці, для цього у них є рідкокристалічний дисплей на якому відображається в графічному і текстовому вигляді результат обробки вимірюваного сигналу залежно від робочих налаштувань.

Основною відмінністю приладів є наявність у АС-6400 більшого об'єму пам'яті (2 Мб) і можливість отримання 6400 ліній спектру.

Для глибшого аналізу передбачена можливість скидання оброблених приладом даних в комп'ютер.

Далі обробка проводиться за допомогою програмного забезпечення "Спектрон VB" розробки фірми "Ротор" та "Експрес-Аналіз" розробленого НТЦ "Діагноста".

2.5 Розробка функціональної схеми системи запресування підшипника

Задачею функціонування системи є запресування підшипника на вал згідно вимог описаних у пункті 2.1. Запропонована функціональна схема представлена на рис. 2.16.

Виходом електричного двигуна ($D\theta$) є кут повороту φ який шляхом перетворення редуктором ($P-o/n$) змінюється з обертового руху у поступальний (I). Останній через направляючий фланець ($H\Phi$) передає

переміщення (l) з зусиллям (F) на механічну систему підшипник-вал (Π - B).

Можливий варіант реалізації такої системи представлено на рис. 2.17.

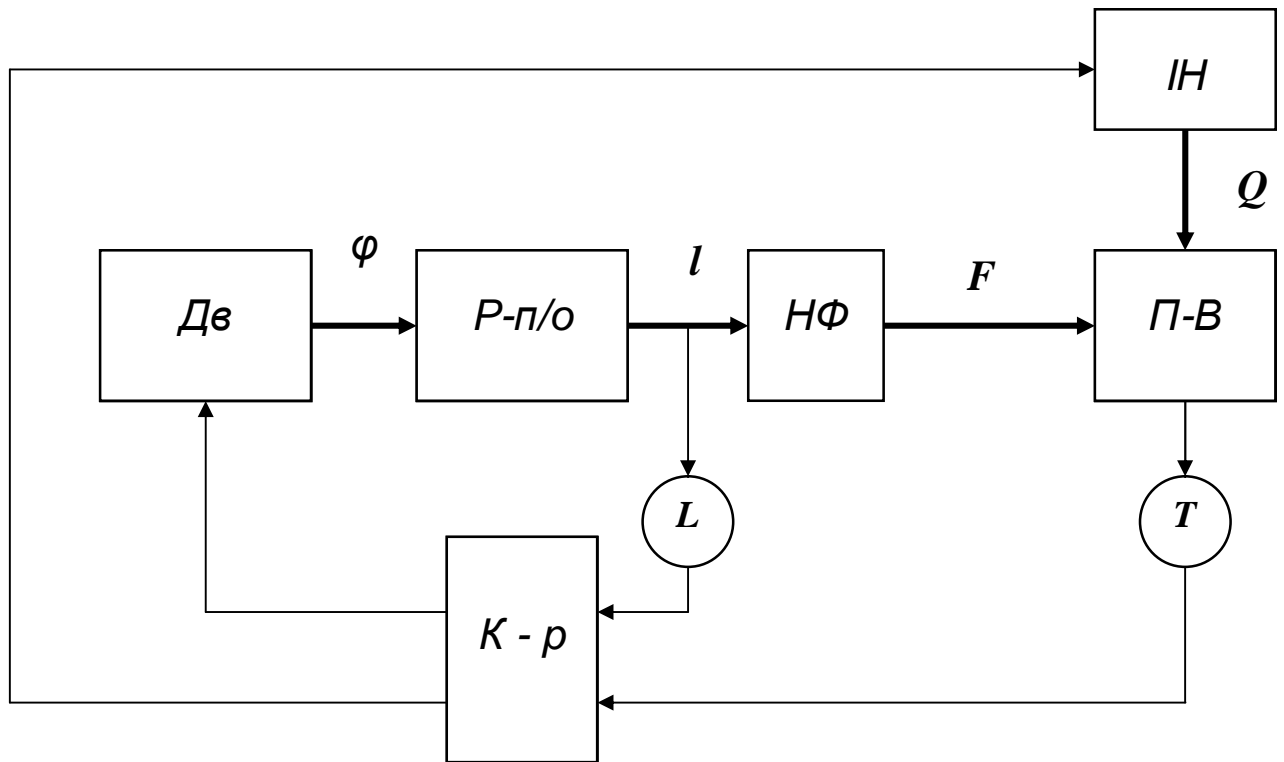


Рисунок 2.16 - Функціональна схема системи заpresування підшипника на вал.

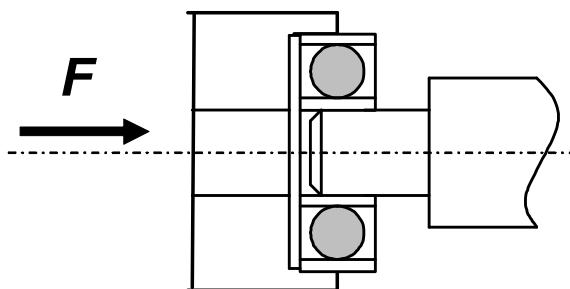


Рисунок 2.17 - Механічна система заpresування підшипника на вал.

Перед початком запресування підшипника на вал, з метою термічного розширення його внутрішнього отвору, здійснюється його нагрівання (потік тепла Q) індукційним нагрівачем (IH).

2.6 Розробка системи автоматичного управління процесом запресування підшипника на вал

2.6.1 Принцип функціонування

Автоматизація процесу запресування здійснюється за допомогою двох контурів управління:

- контура управління підігрівом підшипника;
- контура управління переміщенням направляючого фланця.

Управління підігрівом підшипника здійснюється шляхом контролю температури t , яка вимірюється безпосередньо на поверхні підшипника пристроєм вимірювання температури (T) з подальшою корекцією за допомогою контролера ($K - p$). Переміщення направляючого фланця l вимірюється пристроєм виміру переміщення (L) і також керується контролером ($K - p$).

2.6.2 Вибір елементної бази системи управління

2.6.2.1 Перетворювачі температури

Методи вимірювання температури можна поділити на контактні і безконтактні. При контактному методі використовується первинний перетворювач, вихідний інформативний параметр якого є функцією температури його чутливого елемента, який знаходиться безпосередньо в середовищі, температура якого вимірюється.

Безконтактний метод заснований на властивості тіл, що мають температуру вище абсолютного нуля випромінювати теплові промені, за енергією яких визначають температуру досліджуваного тіла.

Вибір того або іншого методу вимірювання визначається декількома факторами, а саме: областю температур, що вимірюються, агресивністю середовища, механічними навантаженнями на первинний перетворювач, динамічними властивостям досліджуваного процесу, а також необхідною чутливістю і точністю вимірювання.

Часто ці фактори знаходяться в протиріччі, що ускладнює вибір методу. В першу чергу звертають увагу на область температур, що вимірюється і необхідну точність.

При контактному методі про вимірювану температуру судять по температурі чутливого елемента первинного перетворювача, яка, як правило, дещо відрізняється від температури середовища. Така невідповідність зумовлена, з одного боку, спотвореннями температурного поля досліджуваного середовища внаслідок неоднорідності теплофізичних характеристик первинного перетворювача і середовища, а з іншого боку - недосконалістю перетворення вже спотвореної температури середовища в температуру чутливого елемента.

Викривлення температурного поля залежить в основному від теплоємності середовища і термоперетворювача, і на практиці воно незначне. Тепловідвід по елементам конструкції термоперетворювача, радіаційний теплообмін, теплова інерція, а також такі внутрішні джерела енергії, як нагрівання чутливого елемента пасивного термоперетворювача вимірювальним струмом, і зовнішні, наприклад, нагрівання термоперетворювача внаслідок гальмування на його поверхні газового потоку, приводять до методичних похибок перетворення температури середовища в температуру чутливого елемента.

Більшість контактних методів вимірювання вимагає наявності ліній зв'язку первинного перетворювача із методами вимірювання його вихідного сигналу. Однак деякі з них застосовуються без ліній зв'язку і відлік температури здійснюється спостерігачем по візуальній реакції перетворювача, що фіксується.

Велике число цих методів викликано надзвичайною різноманітністю об'єктів і умов вимірювання та дуже широким діапазоном температур, що вимірюються від криогенних до 2500°C . Також на ці методи накладаються вимогами до високої точності вимірювання та високого ресурсу роботи, що в більшості випадків досягає десятків тисяч годин безперервної експлуатації.

Більшу увагу також слід надати таким перетворювачам, як електричні термометри опору, різні види терморезисторів, термоелектричні термометри, кварцові і термотранзисторні термометри.

При вимірюванні температур від -200 до $+650^{\circ}\text{C}$ широко використовуються електричні термометри. Вони складаються з перетворювача температури (терморезистора, термопари і т. д.) і електричного вимірювального пристрою.

В залежності від типу використовуваного термоперетворювача, прилади називають термометрами опору, термоелектричними термометрами, термотранзисторними термометрами та ін. [5].

Для підвищення точності вимірювання передбачають наступні заходи зменшення температурних похибок:

а) похибка, викликана зміною опорів контуру вимірювання (компенсується з допомогою опорів, частково виконаних з міді);

б) похибка від зміни опорів проводів значно зменшуються шляхом трипровідного включення перетворювача [5]. В термометрах опору широко застосовуються автоматичні одинарні мости .

Для вимірювання температури застосовують металеві і напівпровідникові резистори. Більшість хімічно чистих металів володіє позитивним температурним коефіцієнтом опору (ТКО), який коливається (в інтервалі $0 \dots 100^\circ\text{C}$) від 0.35 до 168 проц/К.

Для вимірювання температур використовуються матеріали, що володіють стабільним ТКО, лінійною залежністю опору від температури, гарною відновлюваністю властивостей та інерційністю до впливу навколишнього середовища.

До таких матеріалів в першу чергу відноситься платина. Широко розповсюджені мідні термоопори, застосовуються також вольфрамові і нікелеві.

Вибір металу для терморезистора визначається в основному хімічною інерційністю металу до середовища, що вимірюється в інтервалі потрібних температур.

Мідний перетворювач можна застосовувати тільки до температур порядку 200°C в атмосфері, яка вільна від вологості і кородуючих газів. При більш високих температурах мідь окислюється.

Нижня межа температури для мідних термометрів опору рівна 50°C , хоча при введенні індивідуального градуювання можливе їхнє застосування аж до 260°C .

Похибки, що виникають при вимірюванні температури термометрами опору, викликаються нестабільністю в часі початкового опору термометра і його ТКО, зміною опору лінії, що з'єднує термометр з вимірювальним приладом, перегрівом термометра вимірювальним струмом.

Термометри опору відносяться до одних з найбільш точних перетворювачів температури. Так, наприклад, платинові термоопори дозволяють вимірювати температуру з похибкою порядку 0.001°C .

Точність вимірювання температури з допомогою напівпровідникових терморезисторів (НТР) може бути дуже високим. Так, наприклад, рекомендується періодичність повірки НТР один раз в рік при допустимій похибці 0.01K і один раз в три місяці при допустимій похибці 0.001K.

Розроблені також НТР для вимірювання низьких і високих температур. Так, НТР типу СТ7-1 може вимірювати температуру в діапазоні від -110 до 196°C . Високотемпературний НТР типу СТ12-1 потрібно застосовувати при температурах $600-1000^{\circ}\text{C}$.

Недоліком напівпровідникових терморезисторів, який істотно знижує їхні експлуатаційні якості, є не лінійність залежності опору від температури і значний розкид від взірця до взірця номінального значення опору. Допуск на значення номінального опору може становити $\pm 20\%$.

Нелінійність величини опору та технологічні відхилення характеристик терморезисторів перешкоджає отриманню лінійної шкали термометрів. Також є проблемою побудова багатоканальних приладів, а також забезпечення взаємозамінності терморезисторів, що необхідно при масовому виготовленні термометрів. Щоб забезпечити лінійність шкали та взаємозамінність терморезисторів, необхідно застосовувати спеціальні ланцюги, як пасивні, так і активні, що уніфікують і лінеаризують покази терморезисторів.

Для вимірювання температур від 500 до 1800°C застосовуються термоелектричні термометри, що побудовані на базі термоелектричного перетворювача і вимірювального пристрою (мілівольметра або компенсатора).

Термоелектричний термометр може мати додаткові температурні похибки, викликані цілим рядом факторів. Так, наприклад, можливі похибки від зміни опору проводів і термопари. Опір з'єднувальних проводів змінюється від зміни температури навколишнього середовища

(повітря), а термопари – від зміни глибини занурення термопари в область, що вимірюється (мінюється співвідношення нагрітої і холодної частин термопари).

Крім того зміна глибини занурення термопари викликає також зміну похибки, яка обумовлена наявністю теплових втрат перетворювача [6]. Для зменшення впливу цих похибок застосовують мілівольтметри з великим внутрішнім опором і витримують певну, вказану в паспорті, глибину занурення термопари. Також можуть бути похибки від температурних змін опору рамки мілівольтметра.

Крім того, можливі похибки від зміни температури вільних кінців термопари, бо від цього змінюється термо-е.р.с., а отже, і покази мілівольтметра. Для усунення цієї похибки використовують різні способи введення поправок, зокрема за допомогою моста, який полягає у послідовному з'єднанні термопари ТП, мілівольтметра і незрівноваженого моста, три плеча якого виконані з манганіну, а одне плече з міді. Його поміщають в зону температури вільними кінцями.

Градування вимірювальної схеми виконують при зрівноваженому мості. Будь-які відхилення температури вільних кінців t_{sk} від значення при градуванні викликає в діагоналі мосту різницю потенціалів. Міст конструюють так, щоб зміна термо-е.р.с. від коливання температури вільних кінців практично повністю компенсувалася виникаючою різницею потенціалів. Для підвищення точності вимірювання термоелектричних термометрів використовують компенсаційний метод вимірювання термо-е.р.с.

Кварцеві термометри складаються з кварцевого термочутливого перетворювача, який включений в коливний контур генератора і частотоміра.

Чутливість кварцових термоперетворювачів досягає 200–1000 Гц/К, що дозволяє з їх допомогою визначати зміну температури порядку 0.01–

0.001°C. Кварцові термометри працюють в діапазоні температур від -260 до +500°C, проте найменшу похибку (0.05–0.005°C) вони забезпечують в діапазоні 0–100°C.

Висока точність термометрів пояснюється підвищеною стабільністю параметрів перетворювача і високими метрологічними характеристиками вимірювачів частоти. Недоліком цих термометрів є обмежена взаємозамінність.

Термотранзисторні термометри складаються з термотранзистора [9], включеного в незрівноважений міст, і мілівольметра (аналогового або цифрового) на виході моста.

Серійно випускається багато модифікацій термотранзисторних термометрів, наприклад, для температур від -60 до +100°C з приведеною похибкою від $\pm 0.2\%$ до $\pm 1.0\%$.

Виходячи з вище сказаного, у якості давача температури доцільно взяти термометр опору розрахований на діапазон температур 0–150°C. Дость широкий спектр таких термометрів випускає вітчизняне науково-виробниче об'єднання НВО "Термоприлад" (рис. 2.18).



Рисунок 2.18 – Типорозміри термометрів опору НВО "Термоприлад"

У даному випадку достатньо обмежитись недорогими мідними термоперетворювачами, типи і відповідні технічні характеристики яких наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Термоперетворювачі опору

Тип	Технічні характеристики	Призначення, середовище, об'єкт вимірювання і інше
ЕЧМ-0183	Мінус 50-200 °С; НСХ 10М, 50М, 100М; арматура - латунь.	Чутливий елемент до термоперетворювачів.
ТСМ-0387	Мінус 60-180 (200)°С; габарити 150х9х2,2 мм	Стартерні обмотки електричних машин
ТСМ-0591	Мінус 50-60°С; кількість зон 6, 12, 18; довжина 10-40 м; НСХ 50М; багатозонне виконання	Силоси, елеватори
ТОМІ-0591	Те саме, що ТСМ-0591	Входить в склад системи "Рось-1" (див. "Системи").
ТСМ-364-01	0-150°С; НСХ 50М; довжина 60-120 мм; арматура- 12Х18Н10Т.	Вода, мастило, повітря; залізничний транспорт.
ТСМ-0890	Мінус 50-150°С; НСХ 50М, 100М; арматура - 08Х18Н10Т; довжина - 80-10000 мм	АЕС. Вода, мастило, повітря, металоконострукції, тощо
ТСМ-0987	Мінус 50-100°С; НСХ 50М.	Повітря, приміщення
ТСМ-1088	Мінус 50-150 (180)°С; арматура - 08Х13, 12Х18Н10Т; довжина - 120-3150 мм.	Широке застосування.
ТСМ-1188	Те саме, що ТСМ-1088	Доменне виробництво

Продовження таблиці 2.2

TSM-1288	Мінус 50-150°C; НСХ 50М, 100М; арматура - 08Х13, 12Х18Н10Т; довжина 80-500 мм.	Широке застосування
TSM-1290	Мінус 50-100°C; НСХ 50М; арматура - 08Х18Н10Т	АЕС. Повітря в приміщеннях
TСМР-1291	Різниця температур 0-25°C, в діапазоні 0-100°C, НСХ 500М; арматура 12Х18Н10Т; довжина 400 мм.	Охолодження льоток в доменному виробництві.
TSM-1388	Мінус 50-150 °С; арматура - латунь, мідь, 08Х18Н10Т, кабельне під'єднання.	Підшипники, тверді тіла
TSM-8007	Мінус 50-120°C; НСХ 50М; арматура 08Х18Н10Т, довжина 120-3200 мм.	Вибухобезпечний. Цільове призначення
TSM-8040P	Мінус 50-150°C; НСХ 50М; арматура 08Х18Н10Т; довжина 60-500 мм.	Корабельні умови експлуатації Середовище - не агресивне до арматури
TSM-8043P	Мінус 50-100°C; НСХ 50М; наконечник - мідь.	Корабельні умови експлуатації. Підшипники і мастило в них.

Продовження таблиці 2.2

TSM-8045P	Мінус 50-75°C; НСХ 50М; арматура.	Корабельні умови експлуатації. Середовище - повітря, пари мастила і морської води.
ДТВ-038М	30-180°C; НСХ 50М.	Поверхні металічних валів діаметром 200±20

Виходячи з таблиці 2.2, для даного випадку найбільш сприятливим є термоперетворювач ТСМ-1388, розрахований діапазон температур мінус 50-120°C; НСХ 50М; з арматурою 08Х18Н10Т.

Для безпосередньої індикації температури підшипника на місці запресування, а також для передачі на контролер необхідний електронний перетворювач значення термоопору у цифровий сигнал.

2.6.2.2 Розробка цифрового блоку перетворювача температури

Основою термометра є мікроконтролер від Atmel AT89C2051. Як індикатор застосовано 4-х цифровий світлодіодний «динамічний» дисплей (14мм з спільним анодом) YFD-056АО. Даний індикатор має виразне світіння навіть при яскравому денному світлі, не кажучи про вечірній час. Перевагою пристрою є вимірювання температури з високою точністю (до десятих доль градуса).

Метод такого вимірювання описаний в документації на давач, проте, основною складністю для його використання є маніпуляції з 16 бітовими

числами. Дана складність легко вирішується шляхом написання програми для мікроконтролера.

До порту P1 через струмозадаючі резистори підключені катоди індикатора, до порту P3 через транзисторні ключі (КТ3107) – аноди. Термодавач підключений через реле Р3.0. Стабілізатор напруги виконаний на КР142ЕН5А.

Прилад живиться від блоку живлення 7-12В/150мА. Як резонатор застосований керамічний мініатюрний на 12МГц з вбудованими конденсаторами. Всі резистори – SMD. Роз'єм для давача – 3.5мм jack, для живлення – мініатюрний круглий. При включенні живлення відбувається читання регістра режиму роботи давача і, якщо необхідно, режим перепрограмується на необхідний. Опитування давача здійснюється в циклічному режимі (з давача прочитується температура, значення регістра лічильника і регістра калібрування). Динамічне оновлення індикатора здійснюється з частотою 100Гц на кожну цифру.

Принципова електрична схема наведена на рисунку 2.19, основні технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

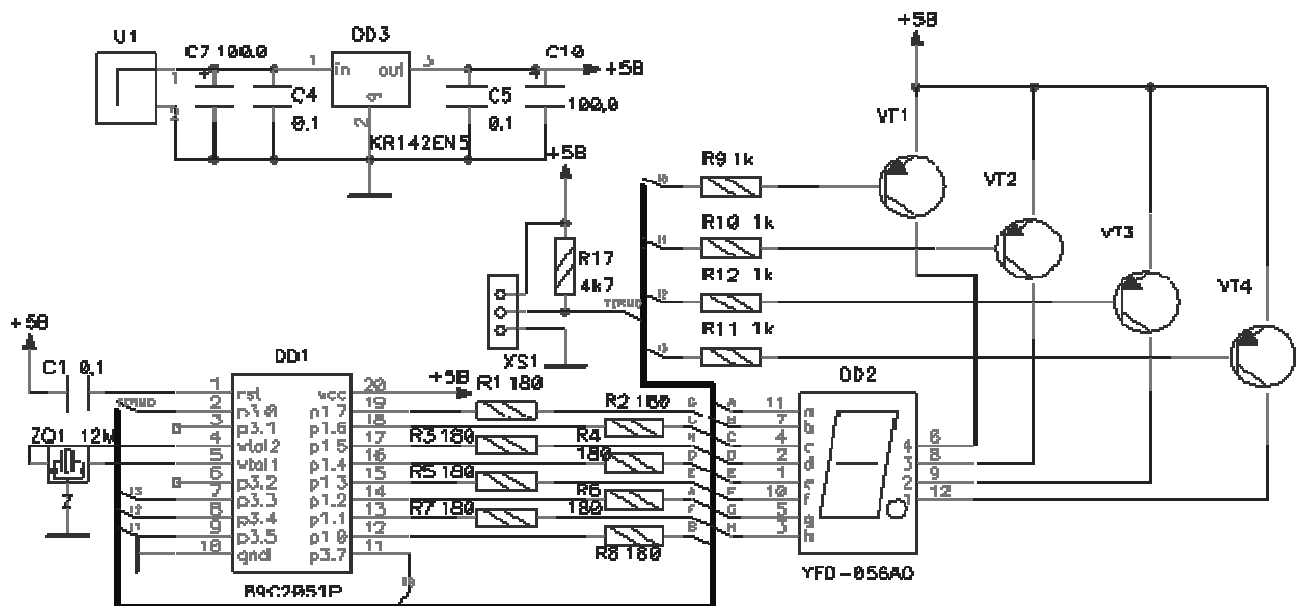


Рисунок 2.19 - Принципова електрична схема цифрового перетворювача температури.

Таблиця 2.3 - Основні технічні характеристики перетворювача.

Параметр	Мінімум	Типовий	Максимальний.	Одиниці виміру
Діапазон температур	-55		+125	Градуси Цельсія
Напруга живлення	7		12	Постійна, В
Довжина кабелю	0		20	м
Розміри плати		82*34		X(мм)*Y(мм)

Друкована плата наведена на рисунку 2.20.

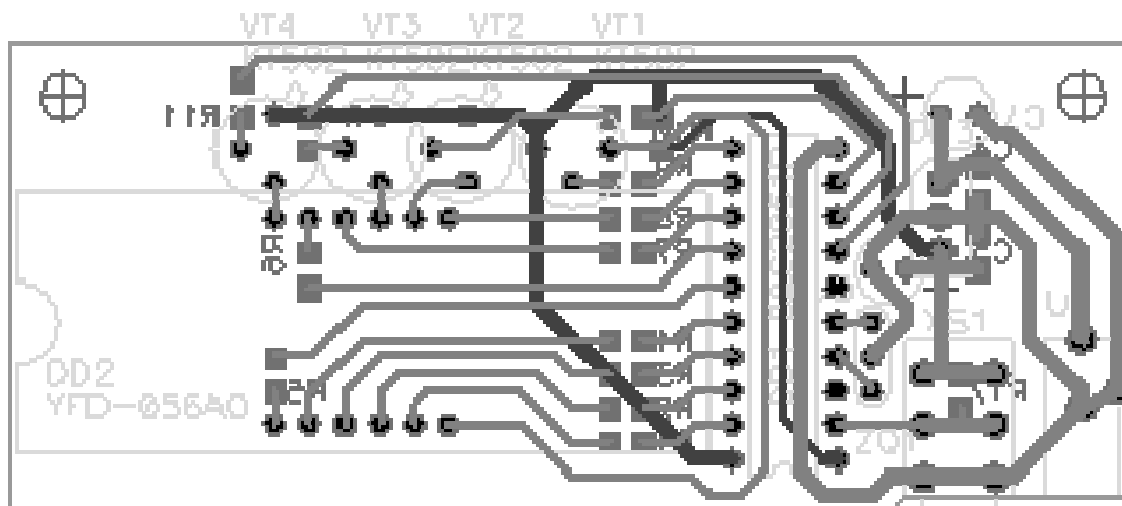


Рисунок 2.20 – Друкована плата схеми цифрового перетворювача температури.

2.6.2.3 Перетворювачі переміщення

Давачі положення і переміщення є важливою сполучною ланкою між електронною і механічною частинами приладів. Тому виникає проблема у виборі типу давачів положення, оптимальних для конкретного завдання управління об'єктом.

Вибираючи вимірювальний перетворювач, у першу чергу необхідно правильно визначити пріоритетність характеристик:

- точність та роздільна здатність вимірювання;
- лінійність характеристики;
- швидкодія процесу вимірювання;
- клас захищеності від умов експлуатації;
- довговічність;
- максимальні розміри;
- ціна.

Визначивши пріоритетність характеристик, необхідно врахувати, що давач визначає або абсолютне або відносне положення контрольованого об'єкту. Отже, маємо два основні методи визначення положення об'єкту та контролю його переміщень.

При першому способі давач виробляє сигнал, що є функцією положення однієї з його частин, пов'язаних з рухомим об'єктом, а зміни цього сигналу визначають переміщення. Такі давачі положення об'єктів мають назву абсолютних. Такими давачами є:

- резистивні (потенціометри) давачі;
- індуктивні давачі з рухомим сердечником;
- давачі ємнісні з рухомими пластинами;
- цифрові кодові давачі абсолютних значень.

При першому способі давач генерує одиничний імпульс при кожному елементарному переміщенні об'єкта, а його положення визначається підрахунком кількості імпульсів враховуючи напрямок переміщення. Такі давачі положення являються відносними. Їх перевагою, у порівнянні з абсолютними давачами, є простота конструкції і низька ціна, а недоліком - потреба періодичного калібрування та подальшої обробки результатів мікропроцесором.

Давачі також класифікують на контактні та безконтактні. У безконтактних давачах взаємозв'язок між об'єктом та давачем забезпечується за рахунок магнітних та електричних полів або оптоелектронним методом.

Резистивні (потенціометричні) давачі

Резистивні давачі побудовані на простому принципі дії, конструктивно проста та мають невелику вартість. У них вимірюваний сигнал може мати досить високий рівень і лінійність, не вимагати спеціальної електричної схеми перетворення.

Проте, такий давач володіє внутрішнім тертям, яке впливає на його точність, є джерелом шумів і причиною механічного зношення. Це призводить до погіршення характеристик цих давачів (лінійності, точності) і встановлює граничну межу кількості вимірювань, яку давач може забезпечити.

Окрім цього, на його функціонування помітно впливає навколишня атмосфера (вологість, пил, температура). Засобами боротьби з цими дестабілізуючими чинниками є:

- використання новітніх резистивних покриттів і компаундів заповнення на основі пластиків;
- застосування фоторезистивних покриттів;
- використання магнітно залежних резисторів для безконтактного зчитування положення;
- використання вбудованих в резистор редукторів для поліпшення роздільної здатності.

З перерахованого вище видно, що давачі подібного типу не можуть відобразити швидкі повторювані рухи, і застосовуватися там, де є сильні вібрації.

Резистивні давачі поділяються на однооборотні і багатооборотні, з упором або без, дротяні і пластикові.

Індуктивні давачі з рухомим сердечником (LVDT)

Принцип дії індуктивних давачів оснований на тому, що до переміщення, яке передбачається виміряти, доєднується один з елементів магнітного контуру, який викликає тим самим зміну потоку через вимірювальну обмотку і відповідний електричний сигнал. Якщо рухомих елементом є феромагнітний сердечник, то його переміщення виявляється:

- у зміні коефіцієнта самоіндукції котушки (змінна індуктивність);
- у зміні коефіцієнта зв'язку між первинною і вторинною обмотками трансформатора (диференціальний трансформатор), що приводить до зміни вторинної напруги.

У трансформаторі із змінним зв'язком одна обмотка може обертатися відносно іншої закріпленої (одна з них грає роль джерела, а інша приймача). Первинна обмотка утворює індуктор, а вторинна обмотка з наведеним струмом дає напругу як функцію кута обертання (індуктивний потенціометр).

Індуктивні давачі підключаються у ланцюг, що живиться джерелом синусоїдальної напруги з частотою декілька кГц і можуть вимірювати безпосередньо лінійне або кутове переміщення. Давачі цього типу, з одного боку, чутливі до зовнішніх електромагнітних полів, а з іншою здатні самі їх індукувати. Тому необхідно їх екранувати.

Індуктивні давачі досить дорогі і складні в обробці сигналів, вимагають живлення стабільною синусоїдальною напругою, та зате практично не залежать від атмосферних умов, придатні до використання в умовах надзвичайного агресивного середовища, мають високий час напрацювання на відмову, дають дуже високу точність і лінійність.

Практичним прикладом визначення положення або переміщення (лінійного або кутового) у важких індустріальних умовах і агресивних середовищах при температурі $-55+150^{\circ}\text{C}$ можуть бути LVDT перетворювачі фірми Lucas Schaevitz.

При цьому треба розуміти, що точність таких перетворювачів можна збільшити в 46 разів, застосовуючи спеціальні перемикаючі схеми включення, в порівнянні з типовою схемою включення. Для полегшення обробки сигналів можна використовувати стандартні спеціалізовані мікросхеми, що підключаються безпосередньо до LVDT і мають на виході паралельний двійковий код (11, 12, 13, 14 розрядів). Наприклад, AD2S80A фірми Analog Devices.

Давачі ємнісні з рухомими обкладинками

Давачі ємнісні є плоским або циліндричним конденсатором конструктивно дуже прості, що дозволяє створювати міцні і надійні перетворювачі.

Діелектриком зазвичай служить повітря, так що параметри конденсатора залежать тільки від геометричних характеристик і не залежать від властивостей використовуваних матеріалів. Якщо матеріали правильно підібрані, то можна знехтувати малим впливом температури на зміну площі поверхні і відстані між обкладинками.

З іншого боку, необхідно захищати давач від тих чинників навколишнього середовища, які можуть погіршити ізоляцію між обкладинками від пилу, вологості, корозії, іонізуючої радіації.

Цифрові кодові давачі

Вимірювальну інформацію, що отримується в аналоговому вигляді, часто можна обробляти за допомогою цифрових схем, що створює

додаткові зручності. Це стає можливим при використанні аналогово-цифрових перетворювачів.

У разі переміщень можна створити давач, що вимірює положення лінійне або кутове і що видає його відразу в цифровій формі. Як і у всіх приладах з цифровим перетворенням, інформація є квантованою і завжди доступною. Такі давачі можуть надійно передавати інформацію про вимірюване положення по послідовному інтерфейсу на чималій відстані від декількох давачів по одній лінії зв'язку.

Абсолютні цифрові давачі

Абсолютні цифрові давачі це рейки для лінійних переміщень або диски для кутових переміщень, розділені на N рівновеликих майданчиків (смуг у разі рейки, секторів у разі диска), на яких записані бінарні слова, відповідні певному положенню.

Тому при збоях в роботі, включенні, перериванні живлячої напруги або граничної частоти роботи приладу у розпорядженні користувача є точна позиція положення як двійкового біта. Найчастіше використовують перешкодозахищене двійкове Грей-кодування, при якому за кожен крок вимірювання змінюється лише один знак кодової інформації і при цьому легко контролюються помилки передачі сигналу. Поширене також двійкове і двійково-десятькове кодування. Є давачі з механічним і безконтактним зчитуванням інформації.

Інкрементні цифрові давачі

Інкрементні цифрові давачі відображають вимірюване положення кількістю імпульсів, які потім підраховуються мікропроцесором з урахуванням напрямку переміщення по зрушенню фаз між двома каналами. При використанні спеціальних мікросхем можна подвоїти або навіть почотверити роздільну здатність.

Такі давачі вимагають час від часу калібрування по нульовому відліку і при збоях. Є давачі з механічним і безконтактним зніманням інформації. Механічні цифрові (абсолютні або інкрементні) давачі мають низьку ціну, невисоку роздільну здатність (до 200 ділень на 360 градусів), невелику тривалість експлуатації (до 10⁶ циклів повороту у кращих зразків), обмежену частота обертання, вихідні сигнали повинні бути пропущені через фільтри брязкоту.

Безконтактні цифрові (абсолютні або інкрементні) давачі на основі оптоелектроніки або магніторезистивного ефекту найменше схильні до дестабілізуючих чинників навколишнього середовища, мають дуже велику довговічність, дуже високу точність (до 10⁴ ділень на 360^{град} для абсолютних і 128000 для інкрементних) і відносно високу вартість. Їх застосування виправдовується там, де потрібні точність і надійність.

Для автоматизації офісних і медичних процесів, а також в легкій промисловості доцільно застосовувати оптичні давачі. На основі викладеного складена зведена таблиця, що полегшує вибір оптимального типу давача положення.

На основі вимог до розробки і в результаті проведеного аналізу найбільш перспективними виявилися давачі переміщення фірми **MICRO-EPSILON** характеристики яких представлені у таблиці 2.4.

Принцип дії вір-давачів аналогічний звичайним потенціометрам, але без ковзаючого контакту і таким чином без зносу деталей. Область застосування давачів - скрізь, де потрібна висока точність, але із-за важких умов експлуатації (вібрації, пил, вологість) застосування контактних давачів неможливе. Для давачів цієї серії характерне компактне конструктивне виконання, інтегрований електронний модуль і високий коефіцієнт використання.

Виходячи з таблиці 2.4 найбільш придатним є давач серії LVP з діапазоном відмірювання до 200 мм, з інтегрованою електронікою.

Таблиця 2.4 Характеристики давачів переміщення фірми MICRO-EPHILON (ДВ – діапазон вимірювання).

Давачі	Діапазон вимірювання	Нелінійність	Електроніка
Серія LVDT (вимірюючий щуп)	до ± 10 мм	$\pm 0,15$ % від ДВ	зовнішня
Серія LVDT	до ± 25 мм	$\pm 0,15$ % від ДВ	зовнішня
Серія VIP	до 150 мм	$\pm 0,2$ % від ДВ	інтегрована
Серія LVP	до 200 мм	$\pm 0,2$ % від ДВ	інтегрована
Серія LIP	до 50 мм	$\pm 0,25$ % від ДВ	внутрішня
Серія EDS	до 630 мм	$\pm 0,3$ % від ДВ	інтегрована

Зовнішній вигляд давачів наведено на рисунку 2.21.



Рисунок 2.21 - Зовнішній вигляд давачів переміщення фірми MICRO-EPHILON

2.6.3 Синтез керуючого модуля

2.6.3.1 Загальні характеристики частотного перетворювача «9300 вектор»


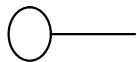
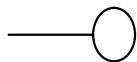
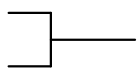
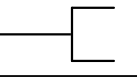
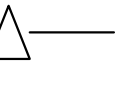
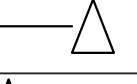
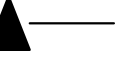

У якості керуючого модуля доцільно взяти частотний перетворювач серії «9300 вектор» фірми NEXТ (рис. 2.22), який функціонально призначений для регулювання швидкості переміщення.



Рисунок 2.22 – Зовнішній вигляд і підсистеми контролера **9300 prim**

Символи для читання блок-схем наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Символи для читання блок-схем

	З'єднання сигналів у версії заводської установки
	Аналоговий вхід, може бути довільно підключений до будь-якого аналогового виходу
	Аналоговий вихід
	Цифровий вхід, може бути довільно підключений до будь-якого цифрового виходу
	Цифровий вихід
	Вхід для сигналів швидкості, може бути довільно підключений до будь-якого виходу сигналів швидкості
	Вихід сигналів швидкості
	Вхід для фазових сигналів, може бути довільно підключений до будь-якого виходу фазових сигналів
	Вихід фазових сигналів

2.6.3.2 Регулювання швидкості

Регулювання забезпечує стабілізацію швидкості обертання двигуна шляхом компенсації різниці між поточною (дійсною) швидкістю обертання двигуна і заданим значенням швидкості.

Швидкість обертання двигуна залежить від навантаження на валу. Регулювання забезпечується використанням зворотного зв'язку за швидкістю.

Перетворювач має спеціалізовану стандартну конфігурацію встановлювану шляхом введення в комірку C0005 кодового числа 1000. Дана конфігурація була спеціально розроблена для одиночного приводу. Задання швидкості здійснюється через аналоговий вхід X6/1,2. Сигнал

обробляється усередині структури одночасно з цифровими сигналами. Швидка установка режиму здійснюється відповідно до нижче приведеної кодової таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. Установки режиму регулювання швидкості.

Установка	Код	Пояснення	Заводська установка
Установки для приведення до необхідних умов регулювання	C0010	Ввід мінімальної швидкості для задання =0	0 об/хв
	C0012	Час розгону до швидкості основного задання	5.00 с
	C0013	Час гальмування зі швидкості основного задання	5.00 с
	C0034	Переключення аналогових входів на діапазон 4... 20 мА	0
	C0038/1..6	Вхід установки діапазонів пропуску резонансних частот	0 об/хв
	C0039/1	Попередньо встановлена швидкість, може бути активована через цифровий вхід X5/E3	1500 об/хв
	C0190	Активація додаткового каналу задання	0
	C0220	Час розгону до додаткового задання	2.00 с
	C0221	Час сповільнення до додаткового задання	2.00 с

Продовження таблиці 2.6

Установка	Код	Пояснення	Заводська установка
Регулювання двигуна	C0006	Вибір регулювальної характеристики V/f або векторне регулювання	5
	C0011	Максимальна швидкість	3000 об/хв
	C0016	Додаткова напруга	0.00%
	C0021	Компенсація ковзання	Залежить від перетворювача
	C0022	Максимальний струм рухового режиму	Залежить від перетворювача
	C0023	Максимальний струм генераторного режиму	Залежить від перетворювача
	C0105	Час зупинки для режиму «швидка зупинка»	5.00 з
	C0019	Поріг спрацьовування для режиму автоматичного гальмування на постійному струмі	0 об/хв
	C0036	Задання струму для режиму автоматичного гальмування на постійному струмі	0.00 А
	C0018	Частота перемикавання	6
C0142	Режими роботи після того, як перетворювач розблокований	1	

Продовження таблиці 2.6

Установка	Код	Пояснення	Заводська установка
Для режиму векторного регулювання або при роботі з інкрементальним енкодером	C0070	Коефіцієнт посилення регулятора швидкості	10
	C0071	Час настройки регулятора швидкості	50.00 мс
	C0074	Вплив регулятора швидкості	10.00%

На рис. 2.23 представлена структурна схема контролера перетворювача для режиму регулювання швидкості (конфігурація C0005=1000). Крім стандартної конфігурації C0005=1000, в режимі «регулювання швидкості» можуть бути реалізовані наступні варіанти регулювання :

- регулювання швидкості з гальмівним виходом (C0005=1100)*;
- регулювання швидкості з мотор-потенціометром (C0005=1200)*;
- регулювання швидкості з регулятором (C0005=1300)*;
- регулювання швидкості з контролем аварій в ланцюзі живлення інвертора (C0005=1400)*;
- регулювання швидкості з дискретним частотним входом (C0005=1500)*.

Для приведеної конфігурації можлива реалізація наступних режимів, що забезпечують мінімальні електромеханічні навантаження в регульованому електроприводі : розгін і гальмування з постійним часом, розгін і гальмування при сталому лінійному переміщенні.

2.6.3.3 Розгін і гальмування з постійним часом

Приклад реалізації даного режиму для двох різних задань швидкості, на котрій повинен працювати привід, показаний на рис.2.24.

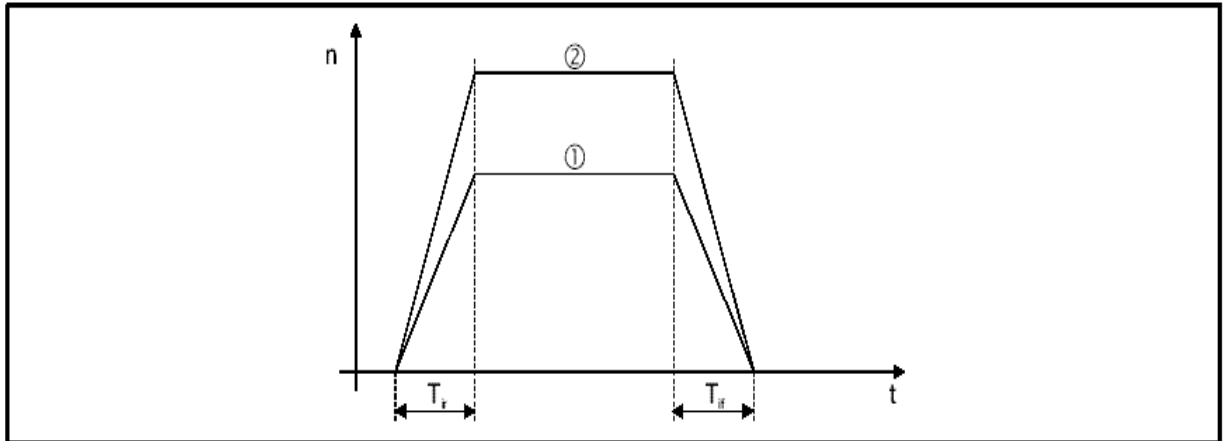


Рисунок 2.24 - Реалізації даного режиму для двох різних задань

1- задання 1б

2- задання 2

T_{ir} – час розгону

T_{if} – час гальмування

Реалізація даного режиму здійснюється введення в комірку C0104 цифри -1-

Сигнали заборони і доступності встановлюються через входи напряму обертання. Функція частотних входів залишається при цьому незмінною. Для режиму швидкої зупинки регулятор настраюється відповідно до вимог.

Зміни в конфігурації контролера C0005=1000 для режиму розгін - гальмування з постійним часом приведені на рис. 2.25.

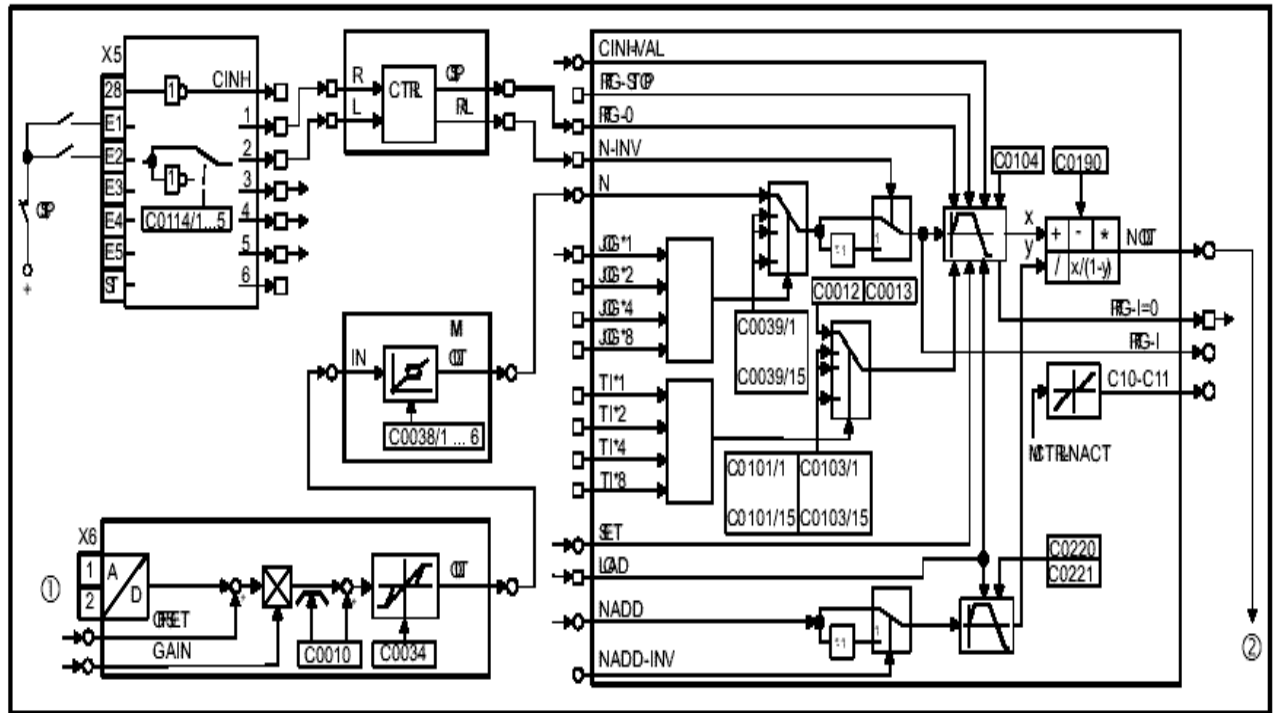


Рисунок 2.25 - Зміна конфігурації 1000

Налагодження

Параметри встановлюються через операційний модуль/модулі зв'язки (X1) або компоненти системної шини (X4). Як правило параметри можуть змінюватися через обидва інтерфейси.

Для реалізації даної конфігурації необхідно виконати наступні настройки:

1. Видалити з'єднання між виходом R/L/Q-QSP і входом MCTRL-QSP функціонального блоку MCTRL.
 2. Установіть MCTRL-QSP в положення FIXED0 (C0900=1000)
 3. Під'єднати вихід R/L/Q-QSP до входу NSET-REG-0 (C0789=10250)
 4. Встановити C0104=1
- Розгін до заданого значення через X6/1,2 або гальмування до нульової швидкості виконуються з постійним часом.

5. Встановити час розгону (T_{ir}) в комірку C0012 і час гальмування (T_{if}) в комірку C0013.

Якщо необхідно використовувати інший час лінійних змін швидкості, встановіть бажаний час T_i до або одночасно із зміною завдання на NSET-RGF-0

Розгін і гальмування при постійному лінійному переміщенні

Реалізація даного режиму здійснюється введенням в комірку C0104 цифри 2.

Приймаючи до уваги, що лінійне переміщення прямо пропорційно числу оборотів двигуна, яке визначають по формулі

$$N = \frac{n_{\max}}{60} \times \frac{T_i}{2}$$

де n_{\max} -максимальне значення швидкості (значення, встановлене в осередку C0011), лінійне переміщення вводять непрямым чином, через T_i і T_{if} (див. рис.2.25) в комірки C0012,C0013.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Моделювання системи автоматичного регулювання температури підігріву підшипника в програмному середовищі MathLab.

Аналіз коректності функціонування розробленої системи та відповідності заданим показникам проведемо шляхом імітаційного моделювання процесу автоматичного регулювання температури підігріву підшипника в програмному середовищі MathLab.

1. Фізична модель процесу автоматичного регулювання температури підігріву підшипника.

$$\eta P(t)\Delta t = Cm\Delta T,$$

де $P(t)$ - потужність індукційного нагрівача,

η - коефіцієнт корисної дії нагрівача,

Δt - приріст часу,

C - питома теплоємність матеріалу підшипника (залізо),

m - маса підшипника,

ΔT - приріст температури підшипника.

2. Динаміка процесу автоматичного регулювання температури підігріву підшипника.

Диференціальне рівняння:

- у звичайній формі

$$\frac{dT}{dt} = \left(\frac{\eta}{Cm} \right) P(t),$$

- у формі перетворень Лапласа

$$T(s) \cdot s = k \cdot P(s).$$

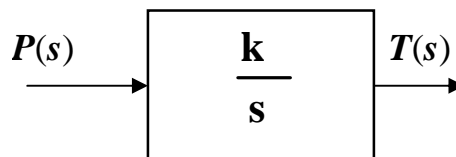
де $k = \left(\frac{\eta}{Cm} \right)$.

3. Передавальна функція системи автоматичного регулювання температури підігріву підшипника.

Рівняння:

$$W(s) = \frac{T(s)}{P(s)} = \frac{k}{s}.$$

Структура



4. Моделювання процесу автоматичного регулювання температури підігріву підшипника управління у середовищі MATLAB, Simulink.

Структурна схема системи автоматичного регулювання температури подана на рис. 3.1.

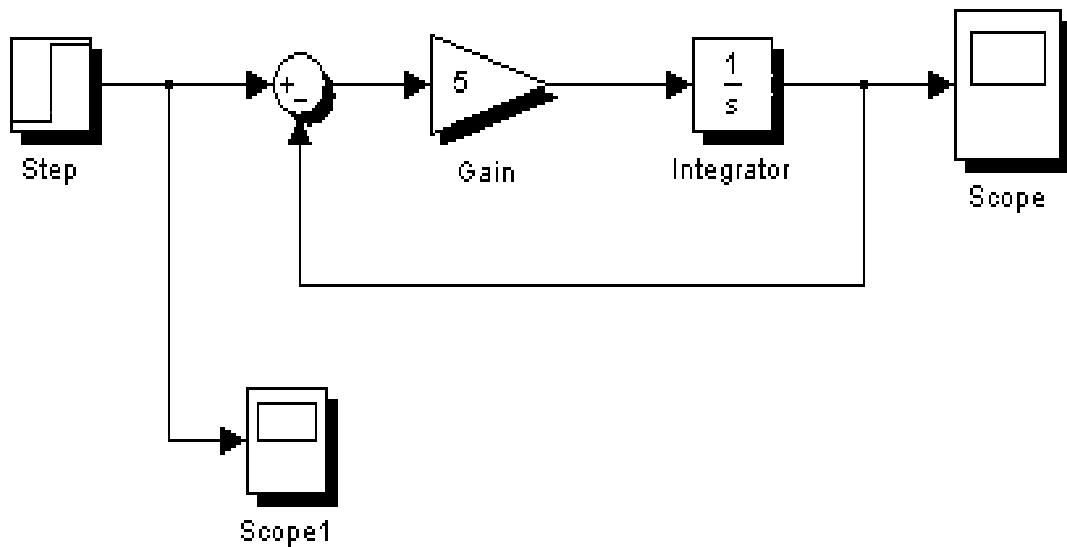


Рисунок 3.1 - Структурна схема системи автоматичного регулювання температури

Результатом моделювання САР є реакція системи на одиничний стрибок (рис. 3.2).

Отже, застосування мікроконтролера Atmel AT89C2051 забезпечить стійке вимірювання температури з високою точністю (до десятих доль градуса). При цьому опитування датчика температури здійснюється в циклічному режимі (з датчика прочитується температура, значення регістра лічильника і регістра калібрування), а динамічне оновлення індикатора температури здійснюється з частотою 100Гц на кожен цифру.

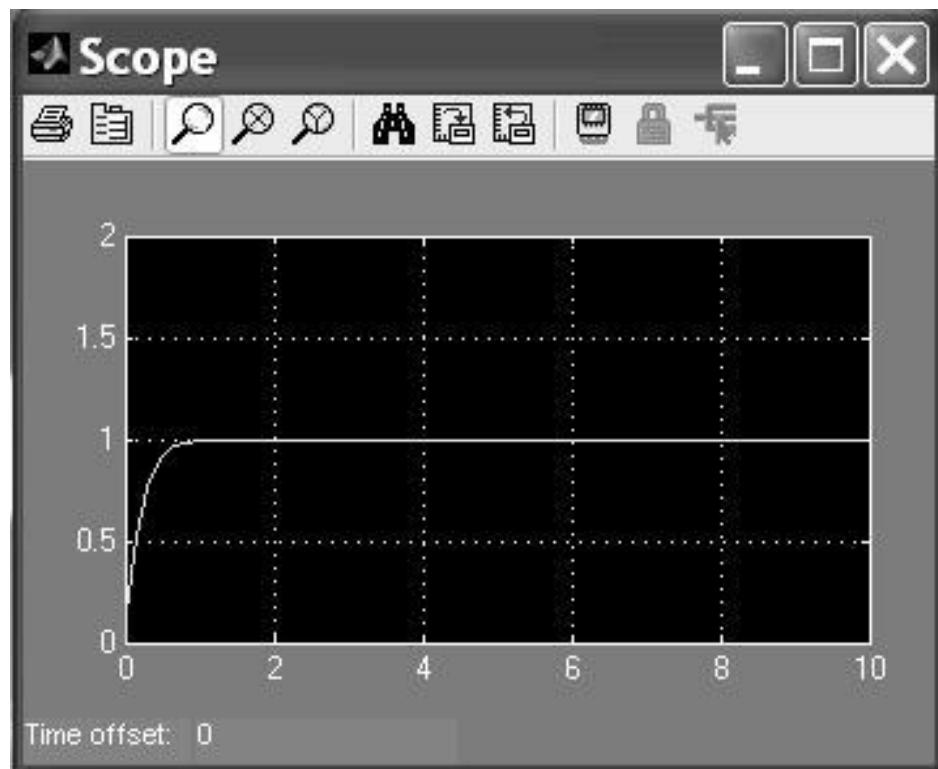
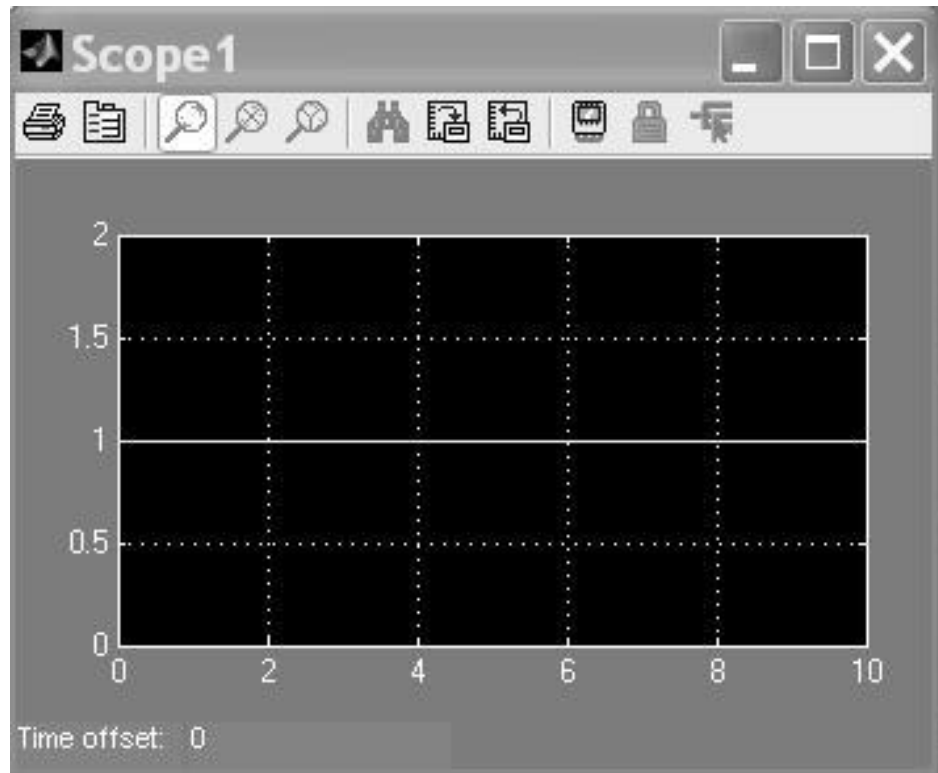


Рисунок 3.2 - Реакція системи автоматичного регулювання температури системи на одиничний стрибок.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Значення охорони праці для забезпечення безпечних і здорових умов праці

Значення охорони праці для забезпечення безпечних і здорових умов. Заходи по охороні праці і промисловій санітарії невід'ємно пов'язані з технологією. Зміна технологічних процесів і обладнання потребують вивчення їх з точки зору безпеки виробництва та вишукування відповідних шляхів, які усувають фактори, які приводять до нещасних випадків.

Основна задача в тому, щоб зробити працю на підприємстві безпечною та здоровою. Виконання цієї задачі може бути забезпечено шляхом комплексної механізації виробничих процесів, більш повної їх автоматизації, досконалістю технологічних процесів, переходом від техніки безпеки до безпечної техніки, а також широкого впровадження на підприємствах заходів по оздоровленню умов праці, техніки безпеки та наукової організації праці.

Охорона праці поділяється на технічну (заходи по попередженню нещасних випадків), санітарну (заходи по виробничій санітарії та гігієні праці) та правову (трудове законодавство). Ці розділи тісно пов'язані і доповнюють один одного, тому всі питання охорони праці на виробництві повинні вирішуватися комплексно.

Техніка безпеки ставить своєю задачею вивчення всіх факторів, які прямо чи побічно впливають на виникнення небезпечних моментів, які приводять до нещасних випадків, отруєнням та професійним захворюванням а також вишукування та розробку організаційних і технічних заходів, які направлені на усунення небезпечних умов праці.

Техніка безпеки вивчає виробниче обладнання та інструмент, технологічні та трудові процеси, стан робочих місць і інші моменти, які в тій чи іншій мірі можуть являтися причиною виникнення небезпечних і не шкідливих умов праці.

4.1.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища

Вибір приміщення й організація робочого місця здійснюється згідно СН 245-71. Мінімальна площа на одну людину в Інформаційному Центрі становить 4,5 м² вільного від обладнання, а об'єм робочої зони на одну людину – 15 м³. Фактично на одну людину припадає 4,8 м², а об'єм робочої зони – 16,7 м³.

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце оператора, має такі характеристики:

- довжина приміщення: 6.5 м;
- ширина приміщення: 3.7 м;
- висота приміщення: 3.5 м;
- кількість вікон: 4;
- число робочих місць: 2;
- освітлення: природне (через бокові вікна) та загальне штучне;
- вид виконуючих робіт: безперервна робота з прикладною програмою в діалоговому режимі.

Напруження зору:

- освітленість робочого місця, лк 300;
- розмір об'єкта, мм 0.3 – 0.5;
- розряд зорової роботи III – IV.

При плануванні робочого приміщення необхідно, щоб:

- ПК біли б розташовані таким чином, щоб уникнути випромінювання від цокольної частини кінескопу дисплею;
- Відстань між сусідніми операторами, які працюють на ПК, не повинна бути меншою ніж 1,2 м;
- Відстань від екрану дисплею до оператора повинна, по можливості, становити 0.7 м;
- Тривалість роботи за комп'ютером не повинна перевищувати 4 години. Після кожної години роботи необхідно робити 10-ти хвилинні перерви.

Довготривала робота за комп'ютером може викликати послаблення зору, та як дисплей відображає всю інформацію в яскравих, різноманітних кольорах, крім того екран, випромінює рентгенівське проміння. Центральний блок комп'ютера і всі його периферійні пристрої живляться від мережі змінного струму 220 В. Тому потрібно прийняти відповідні міри, щоб уникнути враження електричним струмом.

При налагодженні і експлуатації системи управління кутом повороту поворотного робочого стола фрезерного верстату джерелом небезпек є шум, вібрація, електричний струм, вібрація.

Аналіз потенційно шкідливих факторів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Аналіз потенційних небезпек виробничих факторів

Джерело небезпеки	Характеристика потенційно небезпечних виробничих факторів та їх допустимі значення	
1. Напресовочна установка	Фактичні дані вимірів	Нормовані значення
Шум	Рівень звукового тиску $L_p=68$ дБ; $f_{с.т.}=31,5$ Гц	$L_{pH}=78$ дБ; $f_{с.т.}=31,5$ Гц
Вібрація	Рівень віброшвидкості $L_v=60$ дБ; $f_{с.т.}=31,5$ Гц	$L_v=75$ дБ; $f_{с.т.}=31,5$ Гц
Електричний струм	$U=380$ В; $I=25$ А; $f=50$ Гц, (Можливе ураження електричним струмом)	
Рухомі частини	Можливість травмування працівників	
2. ЕОМ	Фактичні дані вимірів	Нормовані значення
Випромінювання дисплея:		
рентгенівське	1,2 Кев	75 мкг/г
ультрафіолетове	220 - 280 нм	0,01 Вт/м ²
видимий діапазон	320 – 700 нм	10,0 Вт/ м ²
яскравість	75-80 кД/ м ²	Не менше 35 кД/ м ²
ІК-випромінювання	700 нм – 1 мм	100,0 Вт/ м ²
Електростатичне поле	0 Гц	20 – 60 кВ/ м ²
Шум	55 дБА	65 дБА
Живлення центрального блоку	$I = 2,5$ А; $U = 220$ В; $f = 50$ Гц (Можливе ураження електричним струмом)	

4.2 Забезпечення нормальних умов праці

4.2.1 Загальні положення

Необхідно розробити засоби захисту від цих шкідливих факторів. До таких засобів захисту відносять: вентиляція, штучне освітлення, звукоізоляція. Існують нормативи, що визначають комфортні умови та гранично допустимі норми запиленості, температури повітря, шуму, освітленості. В системі мір, що забезпечують безпечні умови праці, значну увагу приділяють естетичним факторам: оформлення виробничого інтер'єру, обладнання, застосування функціональної музики та інш., які здійснюють певний вплив на організм людини. Важливу роль грає побілка приміщень, яка повинна бути світлою. В даному розділі кваліфікаційної роботи розраховується необхідна освітленість робочого місця та інформаційне навантаження оператора.

Розвитку втомлюваності на виробництві сприяють такі фактори:

- неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення обладнання по висоті від підлоги, по фронту від осі симетрії та інш.;
- характер протікання процесу праці. Трудовий процес організований таким чином, що оператор змушений з перших же хвилин робочого дня вирішувати найбільш важкі задачі, в той час, коли в перші хвилини роботи функціональна рухливість нервових клітин мозку надзвичайно низька. Важливе значення має чергування праці та відпочинку, зміна одних форм роботи іншими.

У відповідності з ДСТУ 12.1.005-88 (Повітря робочої зони) в приміщенні повинен дотримуватись такий мікроклімат (таблиця 4.2):

Таблиця 4.2 – Оптимальні значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень

Характеристика приміщення	Категорія робіт	Період року	Температура (°С)	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
Місце оператора	Легка 1б	Теплий	21 – 23	55 – 65	0,1
	Легка	Холодний	19 – 21	55 – 65	0,1

Для підтримання необхідного мікроклімату в приміщенні встановлюються пристрої опалювання та вентиляції, які відповідають вимогам СніП 2.04.05-86 та СН 245-71. В приміщенні використовують водяну систему опалення з нагрівними приладами підвіконних панелей. Температура поверхні цих панелей не повинна перевищувати 85 °С. розміри цих панелей повинні забезпечувати зручність та безпеку праці. В приміщенні застосовують природну-витяжну та штучну-припливну вентиляцію.

Мінімальна кількість свіжого повітря, яка подається системою вентиляції складає 60 м³ на одного працюючого.

Таблиця 4.3 – Характеристика освітленості

Характеристика приміщення	Розряд зорових робіт	Освітленість, Лк			Тип світильника
		Робоче	Комбіноване	Аварійне	
Приміщення з ЕОМ	III, а	400	450	7	ЛПС-12 “кососвітло”

4.2.2 Розрахунок освітлення робочого місця оператора

Одним з основних питань охорони праці є організація раціонального освітлення виробничих приміщень та робочих місць.

Для освітлення приміщення, в якому працює оператор, використовується змішане освітлення, тобто суміш природного та штучного освітлення.

Природне освітлення – створюється через вікна в зовнішніх стінах будівлі.

Штучне освітлення – використовується при недостатньому природному освітленні й створюється за допомогою двох систем: загального та місцевого освітлення. Загальним називають освітлення, світильники якого освітлюють всю площу приміщення. Місцевим називають освітлення, призначене для визначеного робочого місця.

Для приміщення, де знаходиться робоче місце оператора, використовується система загального освітлення.

Нормами для даних робіт встановлена необхідна освітленість робочого місця $E_H=300$ лк (для робіт високої точності, коли найменший розмір об'єкта розрізнення становить 0.3 – 0.5 мм).

Розрахунок системи освітлення виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку, який виражається відношенням світлового потоку, що падає на розраховуємо поверхню, до сумарного потоку всіх ламп. Його величина залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, побілки стін та стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття стін та стелі.

Загальний світловий потік визначається за формулою:

$$F_{\text{обц}} = E_H \cdot S \cdot z_1 \cdot z_2 / \eta, \quad (4.1)$$

де E_H – необхідна освітленість робочого місця згідно норми ($E_H=300$ лк);
 S – площа приміщення, м²;

z_1 – коефіцієнт запасу, який враховує напруцювання та забруднення світильників ($z_1=1.5$);

z_2 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність освітлення ($z_2=1.1$);

η - коефіцієнт використання світлового потоку вибирається з таблиць в залежності від типу світильника, розмірів приміщення, коефіцієнтів відбиття стін та стелі приміщення.

Визначимо площу приміщення, якщо його довжина складає $L_d=6.5$ м, а ширина $L_{ш}=3.7$ м:

$$S = L_d \cdot L_{ш} = 6.5 \cdot 3.7 = 24 \text{ м}^2, \quad (4.2)$$

- Виберемо з таблиці коефіцієнт використання світлового потоку по таких даних:
- коефіцієнт відображення побіленої стелі $R_{п}=70\%$;
- коефіцієнт відбиття від стін, помальованих у світлу фарбу $R_{ст}=50\%$;

$$i = \frac{L_d \cdot L_{ш}}{h_{п} \cdot (L_d + L_{ш})} = 0.7,$$

де $h_{п}$ – висота приміщення = 3.5 м. Тоді знаходимо (для люмінесцентних ламп $i=0.7$) $\eta=0.38$.

Визначаємо загальний світловий:

$$F_{заг} = 300 \cdot 24 \cdot 1.5 \cdot 1.1 / 0.38 = 31263.2 \text{ лм}, \quad (4.3)$$

Найбільш підходящими для приміщення ІЦ є люмінесцентні лампи білого світла чи тепло-білого світла, потужністю 20, 40 чи 80 Вт.

Вибираємо ЛБ-40 (40 Вт).

Світловий потік однієї лампи потужністю 40 Вт складає $F_1=3100$ лм, відповідно, щоб отримати світловий потік $F_{заг}=31263.2$ лм необхідно N ламп, число яких можна визначити за формулою:

$$N = F_{заг} / F_1, \quad (4.4)$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$N = 31263.2 / 3100 = 10 \text{ ламп,} \quad (4.5)$$

Таким чином, необхідно встановити 10 ламп.

Електрична потужність усієї освітлювальної системи вираховується за формулою:

$$P_{\text{заг}} = P_1 \cdot N, \text{ Вт,} \quad (4.6)$$

де P_1 – потужність однієї лампи = 40 Вт, N – число ламп = 10.

$$P_{\text{заг}} = 40 \cdot 10 = 400 \text{ Вт,} \quad (4.7)$$

Для уникнення засвітки екранів дисплеїв прямими світловими потоками світильники загального освітлення розміщують збоку від робочого місця, паралельно лінії зору оператора та стіні з вікнами. Таке розміщення світильників дозволяє проводити їх послідовне включення в залежності від величини природного освітлення та виключає подразнення очей чергуючими ся смугами світла та тіні, що виникають при поперечному розміщенні світильників.

Розрахунок місцевого світлового потоку не виконується, так як в даному випадку рекомендується система загального освітлення для уникнення відбиття світла від поверхонь столу та екрану монітора.

Коефіцієнт пульсації освітленості:

$$K_{II} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{cp}}} \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

де E_{max} , E_{min} та E_{cp} показники освітленості для газорозрядних ламп при їх живленні змінним струмом – відповідно максимальна, мінімальна та середня.

Візьмемо по аналогії люмінесцентну лампу ЛХБ приблизно тієї ж потужності. Включенням сміжних ламп в різні фази (групи) трьох фазної електричної мережі можна досягти зменшення коефіцієнта пульсації КП с 35 до 3 – тобто майже в 12 раз .

4.2.3 Розрахунок заземлення

Для того, щоб праця персоналу була безпечною найбільшу увагу необхідно звернути на забезпечення електробезпеки, оскільки електричні установки містять в собі велику потенційну небезпеку.

Для уникнення шкідливого впливу завад на роботу схеми необхідно передбачити і розрахувати заземлення системи.

Вихідними даними для розрахунку заземлення є:

- напруга живлення приладу – 220 В, потужність < 50 ВА;
- згідно “Правил устроювання електроустановок” опір заземлення повинен складати $R < 4$ Ом;
- в якості заземлення використовується труба;
- довжина – $L = 2$ м;
- діаметр – $d = 0.075$ м;
- глибина заземлення – $t = 1$ м;
- розрахунковий питомий опір ґрунту ρ складає для суглинків 150 Ом*м;
- коефіцієнт використання заземлювача $K_B = 0.8$.

Визначимо опір розтікання струму з одного заземлювача, який розташовано вертикально за формулою:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot d} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L}, \quad (4.9)$$

де $L = 2.5$ м – довжина заземлювача;

$d = 0.1$ м – діаметр заземлювача;

$t = 1$ м – глибина залягання заземлювача.

З (4.9) маємо:

$$R_1 = \frac{150}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1} \ln \frac{2 \cdot 2.5}{0.1} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1 + 2.5}{4 \cdot 1 - 2.5} = 25.52 \text{ Ом.}$$

визначимо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів за формулою

$$n = \frac{R_g}{R \cdot k_b}, \quad (4.10)$$

де $k_b=0.8$ – коефіцієнт використання заземлювачів.

З формули (4.10) $n = \frac{25}{4 \cdot 0.8} = 7.81$. Вибираємо 8 заземлювачів.

Визначимо опір горизонтального заземлювача, який використовується для з'єднання електродів розміщених вертикально, враховуючи, що він має форму смуги прямокутного січення і виконаний із сталі:

$$R_r = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot 4} \cdot Ln \frac{2 \cdot l}{b \cdot t}, \quad (4.11)$$

де $b=0,1\text{м}$ – ширина горизонтального заземлювача;

$l=1,05 \cdot 1.5 \cdot 9=12.6$ – довжина горизонтального електрода при розташуванні вертикальних електродів в один ряд:

$$R_r = \frac{150}{4 \cdot \pi \cdot 4} \cdot Ln \frac{2 \cdot 12.6}{0.1 \cdot 1} = 16.53 \text{ Ом.}$$

Визначимо загальний опір розтікання струму заземлювача, який використовується для забезпечення заземлення комплексу за формулою:

$$R_i = \frac{R_b \cdot R_{ri}}{R_r \cdot k_u + R_b \cdot n \cdot k_b}. \quad (4.12)$$

Розраховавши, $R_i = \frac{25 \cdot 16.53}{16.53 \cdot 0.5 + 25 \cdot 8 \cdot 0.8} = 2.46 \text{ Ом}$ бачимо, що необхідний рівень опору заземлення досягнуто.

4.2.4 Забезпечення безпеки приміщення користувача ЕОМ

В сучасному світі технічний прогрес призводить до істотної зміни умов, засобів та характеру трудової діяльності. На виробництві, в транспорті, в системах зв'язку, будівництві і сільському господарстві все ширше застосовуються автомати і обчислювальна техніка, відбувається автоматизація багатьох обчислювальних процесів.

Завдяки технічному переоснащенню виробництва істотно змінюються функції і роль людини. Більшість операцій, що раніше були її

прерогативою, зараз починають виконувати машини, однак, яких б успіхів не досягала техніка, праця була й залишається за людиною, а машини, які б складні вони не були, залишаються лише знаряддями його праці. В зв'язку з цим виникла нова дисципліна - ергономіка, що увібрала в себе засоби цілого ряду дисциплін – психології і фізіології праці, виробничої медицини, гігієни праці, наукової організації праці, інженерної психології і ряду інших дисциплін.

Ергономіка – це дисципліна, що комплексно вивчає людини (групу людей) в конкретних умовах її (їх) діяльності, пов'язаної з використанням технічних засобів.

Під час роботи часто виникають ситуації, в яких оператор ЕОМ повинен за короткий термін прийняти правильне рішення. Для успішної праці в таких умовах необхідна раціональне середовище, що організувалася навколо, відокремлююче робітника від впливу сторонніх подразників, якими можуть бути сіре забарвлення ЕОМ і приміщення ВЦ, незручне розташування сигналізації, клавіш управління. Тому всіма засобами потрібно знижувати втому і напругу оператора ЕОМ, створюючи обстановку виробничого комфорту.

Аналіз перспектив розвитку технічних засобів показує, що поліпшення їх ергономічних характеристик складає важливий резерв підвищення ефективності діяльності оператора. Метою ергономічного аналізу є не тільки підвищення продуктивності праці людини і усунення його помилок, але і збереження при цьому здоров'я людини, розвиток його особистості. Потрібний грамотний підхід, передусім до робочих місць, як до функціонально і конструктивно закінчених виробів, а також до розміщення і взаємного розташування окремих технічних засобів в робочій зоні, тобто на столах операторів і навколо них.

Робоче місце – це система функціонально і просторово технічних засобів, що організувалися й предмету праці, що забезпечує умови для успішного рішення людиною-оператором поставленої перед ним задачі.

Принципи організації робочого місця залежать від характеру задач, що вирішуються, конкретного змісту діяльності людини й особливостей предметно-просторового оточення та будуть розглянуті нижче.

В обладнанні обчислювальних центрів, як правило, застосовують одностороннє природне бокове освітлення, причому світлоприйоми з метою зменшення сонячної інсоляції роблять з північною, північно-східною або північно-західною орієнтацією. В машинних залах робочі місця операторів, працюючих з дисплеями, встановлюють далі від вікон і таким чином, щоб віконні пройми знаходились збоку. Якщо екран дисплею повернутий до віконного пройму, необхідні спеціальні екрануючі прилади. На вікна рекомендується вішати світлорозсіючі штори, регульовані жалюзі або сонцезахисною плівкою з металічним покриттям.

Екран АЦД, документи, клавіатура повинні бути розміщені так, щоб перепад яскравості їх поверхонь, що залежить від їхнього розташування відносно джерел світла, не перевищував 1:10, рекомендується 1:3. При яскравості зображення на екрані 50-100 кд/м (номінальне значення) освітленість документа повинна складати 300-500 лк. Повинні бути виключені засліплюючі яскравості, бліки і відображення від скла екрану.

Крісло оператора повинно бути тривким. Його конструкція, розміри, форма, нахил сидіння повинні дозволяти сидіти, випрямившись, підтримуючи тяжкість верхньої частини тулубу не напругою м'язів спини, а шляхом опори на бильце. Кращої є квадратна форма сидіння зі сторонами рівними 400 мм, і з виїмкою, відповідній формі стегна.

Сидіння повинно мати деякий нахил назад (на 5-6 градусів), що забезпечує тривалість пози, висота сидіння крісла від поля 400-450 мм.

Якщо по умовам роботи сидіння розміщене вище, необхідно мати підставку для ніг. Спинка крісла повинна мати вгнуту форму.

Ще рекомендується ширина спинки 300 мм. Кут нахилу спинки слідє вибрати в залежності від призначення крісла. Для оператора, працюючого за пультом з ЗПТ, оптимальним є нахил 5-10 градусів. При тривалій роботі за пультом (більш 6 годин), якщо під час роботи потрібен відпочинок, доцільно мати можливість змінити по бажанню оператора кут нахилу спинки стільця, але не більш ніж на 45 градусів.

Екран монітору повинен міститися на столі або на підставці так, щоб відстань спостереження за інформацією на його екрані не перевищувала 700мм, оптимальну відстань – 450-500мм.

Екран дисплею по висоті повинен бути розміщений на столі або підставці так, щоб кут між нормаллю до центру екрану і горизонтальною лінією зору складав 20 градусів.

Зоровий комфорт в основному визначається наступними чинниками:

- розмірами знаків;
- відстань між знаками по горизонталі: 0.25 висоти знаку;
- відстань між рядками: 0.5-1.0 висоти знаку;
- кількістю знаків в рядку: 4-80;
- максимально допустимою кількістю рядків для кольорового зображення: не більш 25.

Кут спостереження екрану, а також інших засобів відображення в горизонтальній площині в загальному випадку не повинен перевищувати 60 градусів. За наявності трьох і більш дисплеїв в робочій зоні допускається збільшення цього кута, але він не повинен перевищувати 90 градусів. При цьому повинно використовуватися крісло, що обертається.

Пульт дисплею повинен бути розміщений на столі або підставці так, щоб висота клавіатури пульта по відношенню до статі складала 650-720 мм. При розміщенні пульта на стандартному столі висотою 750 мм

необхідно використати крісло з регульованою висотою сидіння і підставку під ноги. Пульти рекомендується розміщувати прямо перед оператором або лівіше, якщо потрібна робота оператора з документами і ведення записів.

Документ рекомендується встановлювати на відстані 450-500 мм від очей оператора, здебільшого ліворуч, при цьому кут між екраном АЦД і документом в горизонтальній площині не повинен перевищувати 30-40 градусів.

Клавіатуру, маніпулятор “миш” слід встановлювати в оптимальній зоні – частині простору робочого місця, обмеженого дугами, що описуються передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно непорушним плечем. Ця зона складає не більш 300 - 400мм від точки опори ліктя оператора.

4.3 Пожежна безпека

Ймовірність виникнення і розповсюдження пожеж залежить від:

- міри вогнестійкості будинків і споруд;
- категорії небезпеки пожежі на виробництві;
- відстані між будинками і спорудами;
- погодних умов.

Ступінь вогнестійкості будинків і споруд залежить від стійкості матеріалів будинків до вогню. По вогнестійкості будинки і споруди діляться на п'ять категорій:

I - основні елементи виконані з вогнетривких матеріалів, а конструкції, що несуть володіють підвищеним опором до впливу вогню;

II - основні елементи виконані з вогнетривких матеріалів;

III - з кам'яними стінами і дерев'яними поштукатуреними перегородками і перекриттями;

IV – поштукатурені дерев'яні будинки;

V – дерев'яні не поштукатурені будівлі.

Приблизний час розвитку пожежі до повного охоплення будинку вогнем: для будинків і споруд I і II міри – не більш 2 г., будинків і споруд III ступеня – не більш 1.5г., для будинків і споруд IV і V мір – не більш 1г.

По пожежній небезпеці об'єкти в відповідності із характером технологічного процесу поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д. Об'єкти категорій А - Г зв'язані з нафтопереробними, хімічними, столярними, текстильними та подібного виду виробництвами. Об'єкти категорії Д зв'язані з зберіганням і переробкою негорючих матеріалів. Найбільш пожежонебезпечні перші дві категорії.

Під час пожежі елементи об'єкту і люди наражаються на теплове опромінення. Можливість виникнення осередків запалення і горіння встановлюється по даним займистості матеріалів. Опіки, отримані людиною під час пожежі, поділяються на чотири міри по тяжкості поразки організму і викликаються тепловими імпульсами певної величини. Так, опіки першого ступеня можуть бути викликані тепловим імпульсом 80-160кДж, другого ступеня – 160-400кДж, третього – 400-600кДж, четвертого – 600кДж і вище. Ступінь отриманих опіків визначається і характером одягу людини і ступенем її займистості.

Протипожежний захист – це комплекс організаційних та технічних заходів, які направлені на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами загорання можуть бути електронні схеми, прилади, які використовуються для технічного обслуговування, прилади електроживлення.

Персонал повинен мати уяву про небезпеку електричного струму, про правила електробезпеки і вміти надати першу допомогу при ураженні електричним струмом. При огляді електрообладнання перевіряють

справність пристроїв, звертають увагу на стан ізоляції кабелів, заземлюючої проводки. При пожежах, ураженні людини електричним струмом електрообладнання повинно бути відключеним.

До засобів гасіння пожежі відносяться пожежні стволи, вогнегасники, сухий пісок. У приміщеннях пожежні крани встановлюють в коридорах, на площадках сходових клітин та входів. Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко використовуються вогнегасники.

Вибір вогнегасної речовини залежить від класу пожежі. Відповідно до характеристики об'єкту – дисплейний зал, клас пожежі – Д, застосовуються

вогнегасні речовини: оксид вуглецю двох валентний (СО), хладони, інертні розчинники, порошки, тонко розпилену воду, оскільки електропровідність розпиленої води дуже низька. Перелік первинних засобів пожежогасіння наведений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Первинні засоби пожежогасіння

Назва приміщення	Категорія приміщення згідно СНиП 2.09.02-85	Характеристика приміщення за ступенем небезпеки при ураженні електричним струмом	Площа приміщення, м ²	Типи первинних засобів пожежогасіння	Кількість, шт
Місце оператора	Д	1 приміщення – без підвищеної небезпеки	24	Вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-2 Пінний вогнегасник типу ОХП-10 Войлок-кошма, 2x2 м	1 1 1

Дуже важливим питанням при проектуванні приміщення лабораторії є визначення місця пожежі. Для цього використовують автоматичні пожежні повідомлювачі, дія яких базується на замиканні контактів через теплову деформацію біметалевих пластинок.

В даному розділі кваліфікаційної роботи був проведений розрахунок заземлення та освітленості робочого місця (з вибором ламп та їх кількості).

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було детально проаналізовано розвиток сучасних засобів автоматизації монтажу підшипників кочення та контролю якості цього процесу.

В результаті була розроблена функціональна схема установки по автоматичному запресуванню підшипників на вал. На основі цього була створена системи автоматичного управління процесом напресування підшипника на вал, за елементну базу якої взяти найсучасніші первинні перетворювачі та пристрої автоматики.

Впровадження подібного удосконалення дозволить зекономити затрати на складальні операції. В той же час принципи побудови логічних схем дозволяють легко переробити схему управління, налаштувати їх для керування навіть дуже складним процесом, тому при комплексному підході до автоматизації значення економічного ефекту може бути досягнуте в десятки разів більше.

Впровадження нової системи є економічно вигідним, покращує важливі показники функціонування – надійність, безпеку, з'являється можливість гнучкого налагодження роботи системи та реалізації дистанційного управління.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.
2. Методичні вказівки до лабораторної роботи №4 "Проектування електричної схеми в середовищі Proteus" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / Медвідь В.Р., Пісьціо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 14 с.
3. Методичні вказівки до лабораторної роботи №9 "Виконання операцій з портами та таймерами МК АТmega32 на програмному симуляторі AVR Simulator IDE" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В. Р. Медвідь, В. П. Пісьціо. — Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. — 23 с.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с.

6. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 «Імпорт тривимірних моделей та створення захоплювального пристрою в програмному середовищі RobotStudio» з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 24 с.
7. Методичні вказівки до лабораторної роботи №10 "Керування кроковим двигуном з використанням програмного симулятора AVR Simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В. Р. Медвідь, В. П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 17 с.
8. Методичні вказівки до лабораторної роботи №9 "Виконання арифметичних, логічних операцій, вводу/виводу та запису в пам'ять на програмному симуляторі AVR Simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 17 с.
9. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
10. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
/(Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя протокол № 9 від 4 жовтня 2022 р.
11. Робота з віртуальним пультом управління FlexPendant в програмному середовищі RobotStudio: Методичні вказівки до лабораторної роботи

- № 4 з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 23 с.
12. Розробка механізму конвеєра та програмування операцій MultiMove в програмному середовищі RobotStudio: методичні вказівки до лабораторної роботи № 6 з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 39 с.
13. Розробка роботизованої лінії для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій в програмному середовищі RobotStudio: методичні вказівки до лабораторної роботи № 8 з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 24 с.
14. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
15. Створення роботизованої станції в програмному середовищі RobotStudio: методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 19 с.