

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»

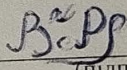
Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

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

на тему: Динаміка ливарної машини роторного типу на пружній підвісці
за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини і обладнання»
зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Виконав: студент

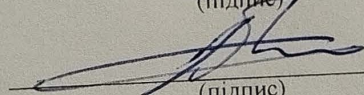
групи: ПМ2226



(підпис)

/ Ростислав ВОЛОДІН /

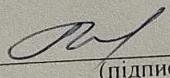
Керівник:



(підпис)

/ Павло АНОФРІЄВ /

Нормоконтролер:

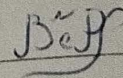


(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

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

Студент



(підпис)

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

Faculty of Transport Engineering

Department of Applied Mechanics and Materials Science

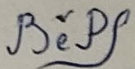
Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: Dynamics of a rotary-type casting machine on an elastic suspension

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

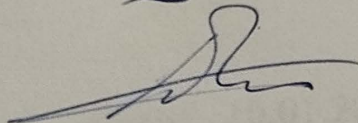
in the Speciality: 133 Industrial Engineering

Done by the student of the group: IIM2226



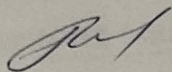
/ Rostislav VOLODIN /

Scientific Supervisor:



/ Pavlo ANOFRIIEV /

Normative controller :



/ Oleksandr POSMITIUKHA /

Факультет Транспортна інженерія кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство
Спеціальність «Галузеве машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

” ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «магістр»

студента групи ПМ2226 Володін Ростислав Сергійович
(номер (прізвище, ім'я та по батькові))

1. Тема дипломного проекту Динаміка ливарної машини роторного типу на пружній підвісці

Затверджена наказом по університету № 1194ст від ” 02 ” грудня _____ 2022 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) 14 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до дипломного проекту
Ливарна машина роторного типу на пружній підвісці

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) опис конструкції і характеристик ливарної машини, коливання якої досліджуються; математична модель коливань ливарної машини; розробка і налагодження алгоритмів розрахунку коливань ливарної машини; вимоги охорони праці при виконанні ливарних робіт за допомогою відцентрової ливарної машини і дії у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) _____

1. Тема та завдання роботи

2. Розрахункові схеми і математичні моделі коливань відцентрової ливарної машини

3. S-модель коливань ливарної машини

3. Власні частоти коливань ливарної машини. Розрахункові рівняння АЧХ

5. Результати розрахунків коливань ливарної машини під час розгону

6. Висновки

6. Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Анофрієв П.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва робіт дипломного проекту	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Огляд науково-технічної інформації щодо конструкцій відцентрових ливарних машин	27.11-03.12.2023	30%
Складання математичної і S-модель коливань ливарної машини. Дослідження коливань машини, побудова рівнянь АЧХ	18-24.12.2023	60%
Розробка заходів з охорони праці у ливарному цеху та дій у надзвичайних ситуаціях. Складання презентації	08-14.01.2024	100%

Дата видачі завдання « 30 » грудня 2022 р.

Керівник дипломного проекту _____ Анофрієв П.Г.
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Володін Р. С.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 52 сторінок

Найменування роботи: Динаміка ливарної машини роторного типу на пружній підвісці

Ілюстрації: схем _____, рисунків 26

графіків, _____, фотографій _____

таблиць 8

Ключові слова: ливарна машина, динаміка, коливання, математичні моделі, імітаційні моделі.

Виконано огляд конструкцій горизонтальних відцентрових машин для литва заготовок циліндричної форми.

Побудовано математичні моделі руху ротора (ливарної форми в зборі) машини у сталому і перехідному режимах роботи. Отримані формули для розрахунку амплітудно-частотної характеристики машини. На основі побудованої математичний моделі, за допомогою технологій візуального програмування пакету Simulink системи Matlab побудована та налагоджена Simulink-модель коливань форми під час її розгону. Моделювання розгону форми ливарної виконано на інтервалі часу 0...60 с. При кутовому прискоренні $\varepsilon = 1 \text{ рад/с}^2$, форма в кінці часу моделювання обертається з кутовою швидкістю $\omega = 60 \text{ рад/с}$ (573 об/хв)..

У четвертому розділі викладені положення про охорону праці під час виконання ливарних робіт і дій при знаходженні вибухонебезпечних об'єктів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ВИДЦЕНТРОВІЙ СПОСІБ ЛИТТЯ	6
1.1. Технологія лиття	6
1.2. Огляд конструкцій горизонтальних відцентрових машин	7
2. ЛИВАРНА МАШИН РОТОРНОГО ТИПУ	15
2.1. Конструкція відцентрової ливарної машини	15
2.2. Металоконструкції машини	17
2.3. Ливарні форми	20
3. ДИНАМІКА ЛИВАРНОЇ МАШИНИ	25
3.1. Математична модель руху форми	25
3.2. Жорсткість пружних елементів катків	27
3.3. Частотне рівняння машини	29
3.4. Амплітудно-частотна характеристика машини	33
3.5. S-модель коливань машини під час розгону	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ ПРИ ВИЯВЛЕННІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ	39
4.1. Шкідливі і небезпечні фактори, які діють на персонал при виконанні ливарних робіт	39
4.2. Вимоги безпеки до ливарних робіт	39
4.3. Дії при виявленні вибухонебезпечних предметів	48
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	51

					<i>ДІПТ.04100.903. КРПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Динаміка ливарної машини роторного типу на пружній підвісці</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
<i>Розроб.</i>		<i>Володін</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Анофрієв</i>					4	52
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				<i>УДУНТ, ар. ПМ2226</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Посмитюха</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Ракша</i>						

ВСТУП

У роботі розроблена S-моделі, що описує динаміку горизонтальної ливарної машина для виробництва заготовок з чавуну, стали і кольорових сплавів металів відцентровим методом. Робота містить аналіз конструкцій машин з горизонтальним розташуванням форми, що обертається. Виконані розрахунки приводу, опорних і приводного катків. Відмітною особливістю машини є наявність гумових втулок, розташованих між маточиною і бандажем опорних катків форми. Присутність пружних елементів в опорних катках машини знижує високочастотні вібрації машини, сприяють підвищенню якості литва і захисту фундаменту машини.

При конструюванні машин роторного типу важливо знати їх частотну характеристику, аби не допустити небезпечних резонансних режимів роботи. З допомогою S-моделі визначені власні частоти машини для типового ряду ливарних форм.

Розділ охорони праці містить вимоги по безпечній роботі в ливарних цехах металургійних підприємств і безпосередньо при експлуатації відцентрових ливарних машин.

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВИДЦЕНТРОВІЙ СПОСІБ ЛИТТЯ

1.1. Технологія лиття

Відцентровий метод литва (відцентрове литво) використовується для отримання відливок, що мають форму тіл обертання. Подібні відливання відлилися з чавуну, стали, бронзи і алюмінію. При цьому розплав заливають в металеву форму, що обертається із швидкістю до 3000 об/хв.

Під дією відцентрової сили розплав розподіляється по внутрішній поверхні форми, а після кристалізації створює відливку. Відцентровим способом можна отримати двошарові заготовки, що досягається почерговою заливкою у форму різних сплавів. Кристалізація розплаву в металевій формі під дією відцентрової сили забезпечує здобуття щільних відливок. При цьому, як правило, у литві не буває газових раковин і шлакових включень. Особливими перевагами відцентрового литва є здобуття внутрішніх порожнин без вживання стержнів і велика економія сплаву з причини відсутності системи ливника. Вихід придатних відливок підвищується до 95 % [(1), (2)].

У металургійному виробництві широко використовують машини з горизонтальними осями обертання форми. Широкий попит мають виготовлення втулок, гільз і інших заготовок, що мають форму тіла обертання, що вироблені за допомогою методу відцентрового литва (рис.1.1).

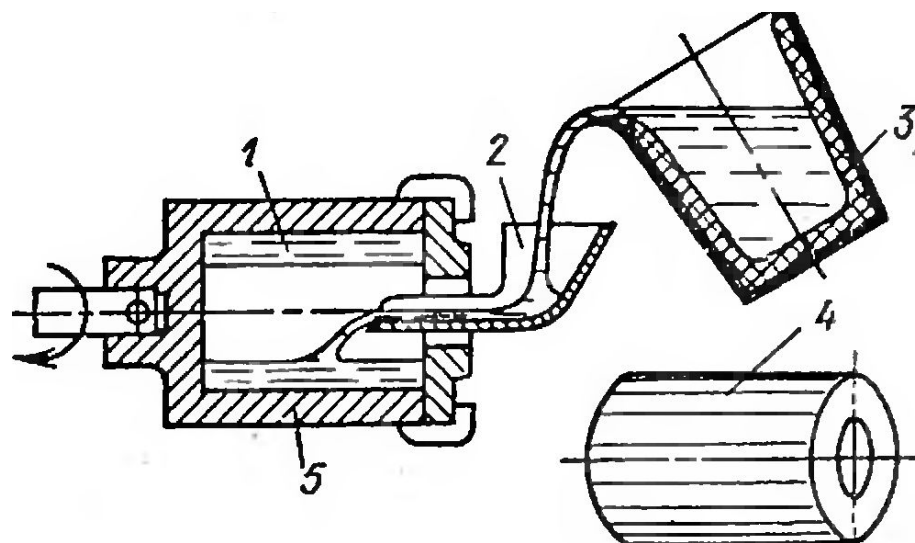


Рис. 1.1 Спосіб відцентрового литва

Відцентрове литво – це спосіб здобуття відливок у металевих формах, що обертаються. При відцентровому способі розплавлений метал, під дією відцентрових сил, відкидається до стінок форми і твердіє. Таким чином виходить відливання [(3)].

Цей спосіб литва широко використовується в промисловості, особливо для здобуття порожнистих відливок (з вільною поверхнею): втулки; вінці черв'ячних коліс; барабани для папероробних машин (рис 1.2).



Рис. 1.2. Заготівки втулок

Найбільше поширене відцентрове литво застосовано при виготовленні втулок з мідних сплавів, переважно бронзи, що має у своєму складі олово. В порівнянні з литвом в нерухомі форми, відцентрове литво має ряд переваг: підвищується заповнювана форм, щільність і механічні властивості відливок, вихід придатного литва. Проте для його організації необхідне спеціальне устаткування; недоліки, що властиві цьому способу литва: неточність розмірів вільних поверхонь відливок, підвищена схильність до ліквідації компонентів сплаву, підвищені вимоги до міцності ливарних форм.

1.2. Огляд конструкцій горизонтальних відцентрових машин

При масовому виробництві відливок із застосуванням відцентрового способу литва (наприклад, при здобутті гільз двигунів тракторів і комбайнів)

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машини розміщують на кільцевих конвеєрах [(3)]. Серійно виготовляють консольні відцентрові машини 552-2 і 553-2 і ТУ 2-043-139-79 з горизонтальною віссю обертання (рис.1.3).

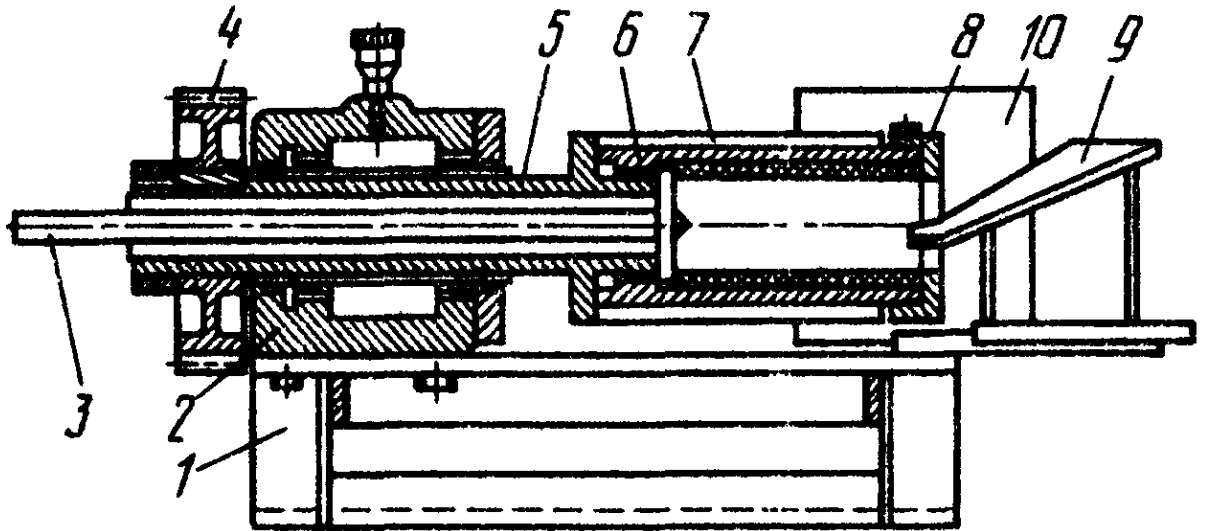


Рис. 1.3. Консольна відцентрова машина з горизонтальною віссю обертання

Для відцентрового литва чавунних труб застосовують машини з нефутерованими охолоджуваними і футерованими формами [(3)]. Машини першого типу (рис. 1.4) мають високою продуктивністю, але низькою стійкістю форм і необхідністю термічної обробки чавунних труб для зняття відбілу.

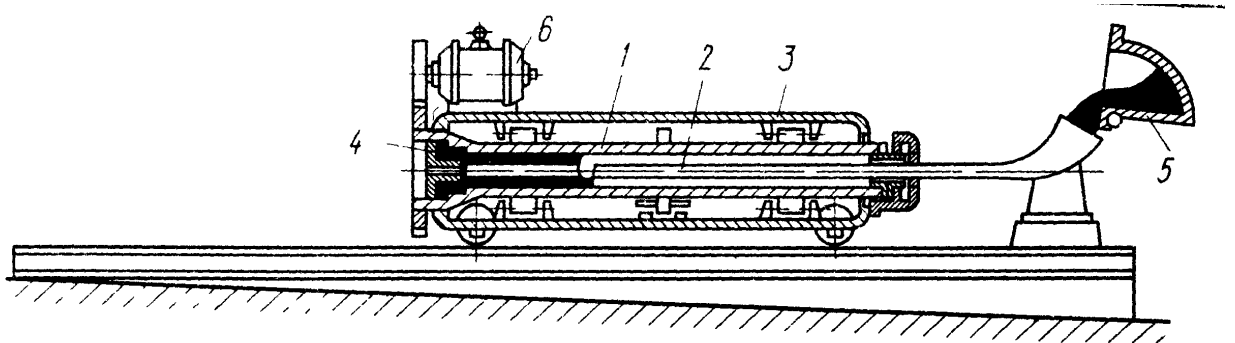


Рис. 1.4. Машина для лиття труб

										ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							8

На машинах другого типу труби отримують без відбілу з малою шорсткістю поверхні, але продуктивність цих машин значно нижча. На них можна відливати фланцеві труби.

Литво довгих циліндрових заготовок здійснюють на машинах роликів типу [(3)] з горизонтальною віссю обертання (рис.1.5).

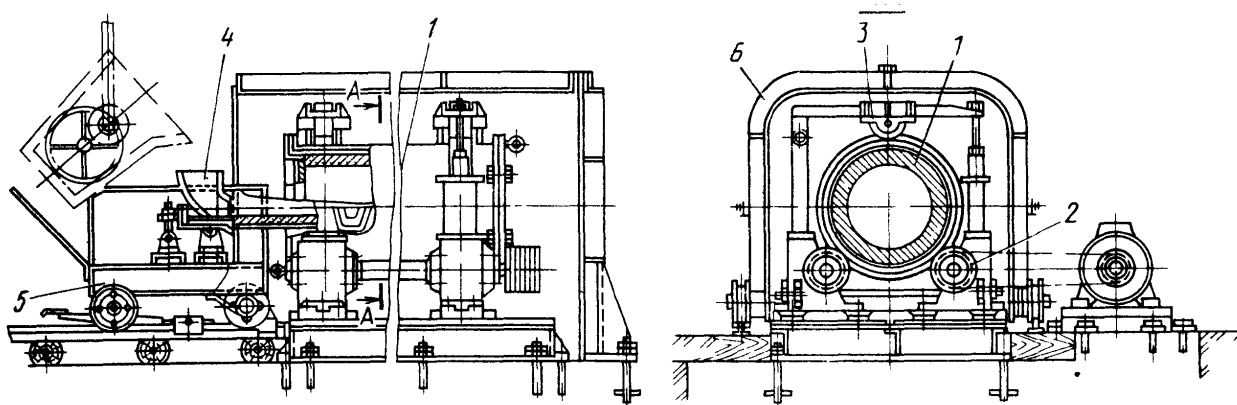


Рис. 1.5. Машина на роликів опорах з горизонтальною віссю обертання

Машина містить форму 1, що обертається на роликів опорах 2. Зверху форма притиснута роликком 3. Заливка форми металом відбувається через заливальний жолоб 5, розміщений на візку 5. Для безпечної роботи машина забезпечена обгороджуванням 6.

Машина з постійною горизонтальною віссю обертання (рис.1.6) призначена для відливання прокатних валків діаметром 200...450 мм, загальною довжиною 400...2000 мм і працює на підприємствах України.

Машина змонтована на масивній сталевій литій або зварній рамі 2, на якій розміщені попарно сталеві ролики 7. На ролики укладають форма 6, яка відлита із сталі або чавуну, оброблена усередині, зовні і по торцях. На зовнішній поверхні форми є два промовці концентричних пояси, один з яких ширший. Кожен пояс переміщається на двох роликах, а зверху притискається третім 7. Притиск здійснюється гідравлічним пристроєм важеля 10. Форма отримує обертання від приводного ролика 3, з'єднаного клинвою пасовою передачею з двигуном постійного струму, з регульованим числом обертів. Приводний ролик 3, закріплений на рамі в передній частині машини ширший.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.04100.903. КРПЗ

Арк.

9

Для попередження осьових переміщень він має реборди, що охоплюють краї поясу катання на формі. У разі потреби відливання довгих валків в машині передбачені додаткові ролики. Всі ролики, окрім приводного, обертаються на ролико - або шарикопідшипниках, мастило яких здійснюється централізовано. Нижче за осьову лінію кокілю розташовані труби 9, з просвердленими по довжині отворами, через які подається вода для охолодження форми під час і після заливки. Вода, омиваючи кокіль, поступає в резервуар, що виконаний у фундаменті машини, а звідти в оборотний цикл. Перед передньою торцевою стороною машини на фундаменті, встановлена стійка, на якій змонтовані відкидні кронштейни 5 з системою ливника 4, вихідний отвір якої є живильником і в робочому стані встановлюється співвісне з формою.

Для забезпечення безпечної роботи відцентрової машини деталі, що все обертаються, закриті металевим кожухом 8, верхня частина якого може відкриватися за допомогою гідравлічного пристрою для установки або зняття форми. Кожух також повинен забезпечити безпеку роботи на машині при аварійних ситуаціях, зокрема при викидах рідкого металу в результаті пошкодження форми, що обертається.

Обоє торця форми 1 закриваються кришками 2, з'єднаними із стаканами 3, в яких формуються шийки валків 4. Для кріплення кришок на зовнішній циліндровій поверхні обох кінців форми виконані проточки, в які входять розрізні виступаючі над формою кільця 5 з прорізами для голівок накидних болтів 6. Кришки, що входять у внутрішні проточки кокілю, притискаються до нього зовнішніми кільцями 7 з отворами, в які вставляють кінці болтів 6 і затягують гайками [(4)].

										Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ.04100.903. КРПЗ					

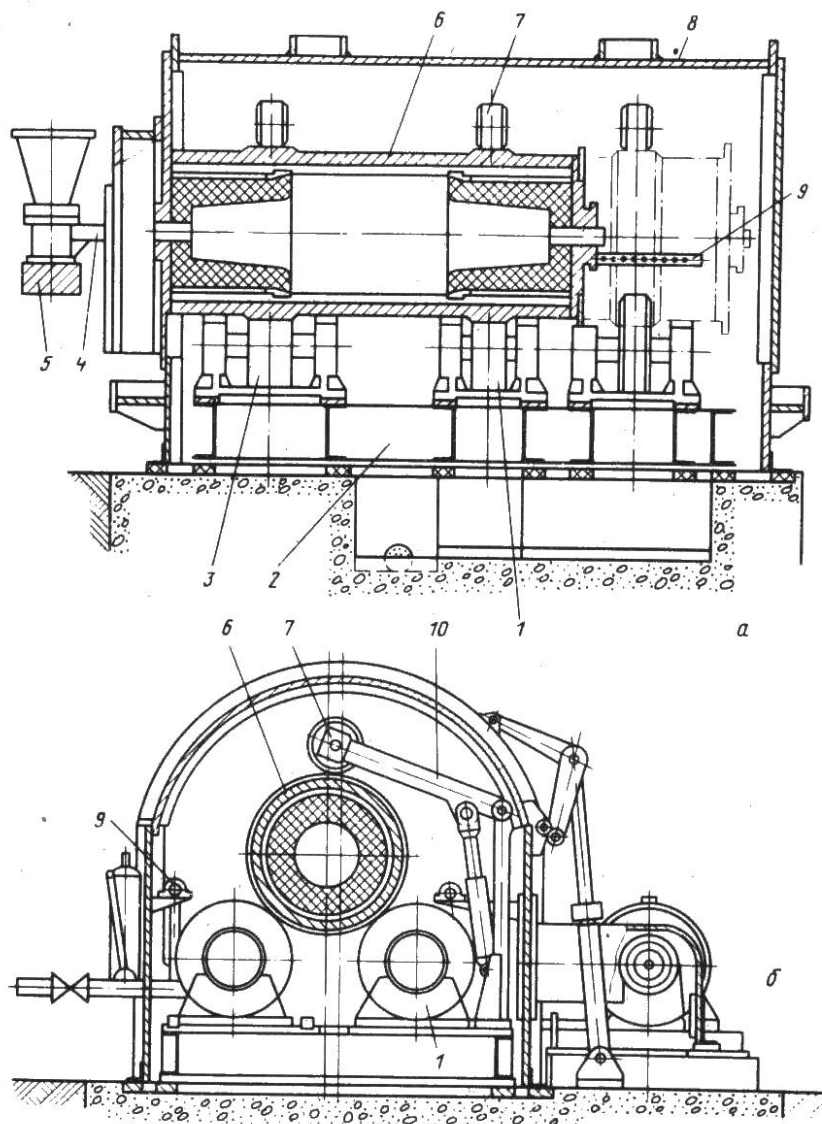


Рис. 1.6. Відцентрова машина для лиття валків і роликів

Система ливника, змонтована на відкидному кронштейні, дозволяє заливати форму за допомогою спеціального пристрою ливника, що впритул примикає до передньої кришки форми, що обертається, в центрі якої є отвір для заливки металу. Задня кришка, яка кріпиться до кокілю також як і передня, має отвір діаметром 10 мм для видалення повітря і газів, що виділяються при заливці форм металом. Управління відцентровою машиною здійснюється з пульта управління. Механізовані відкриття кришки кожуха, управління натискними роликками. Гази з-під кожуха відсисаються і виводяться за межі цеху. Для зменшення шуму рама і кожух машини змонтовані на прокладках амортизують. Система ливника в місці підведення живильника форми також

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

закрита кожухом. Відцентрова машина вимагає уважного догляду, своєчасного мастила, бездоганної роботи системи охолодження. Частини, що все обертаються, і форми повинні добре відбалансовані, інакше порушується процес нормальної кристалізації відливання, а машина швидко виходить з ладу. Особливо уважно треба стежити за станом форми. Вона не повинна мати навіть незначну різнотовщинність або пошкодження.

В кінці 80-х роках минулого століття була створена машина МЦВР-1 (рис. 1.7) для литва прокатних валків [(5)] з горизонтальною віссю обертання форми. Форма обертається в двох підшипникових опорах кочення, одна з яких рухлива і, притискається до форми в осьовому напрямі пневматичним пристроєм. Таке конструктивне рішення виключає появу зазорів в підшипниках і гарантує стійку роботу машини при температурних деформаціях форми в період заливки металом. Машини цього типу були встановлені на Дніпропетровському (Україна) і Кушвінському (Росія) заводах прокатних валків.

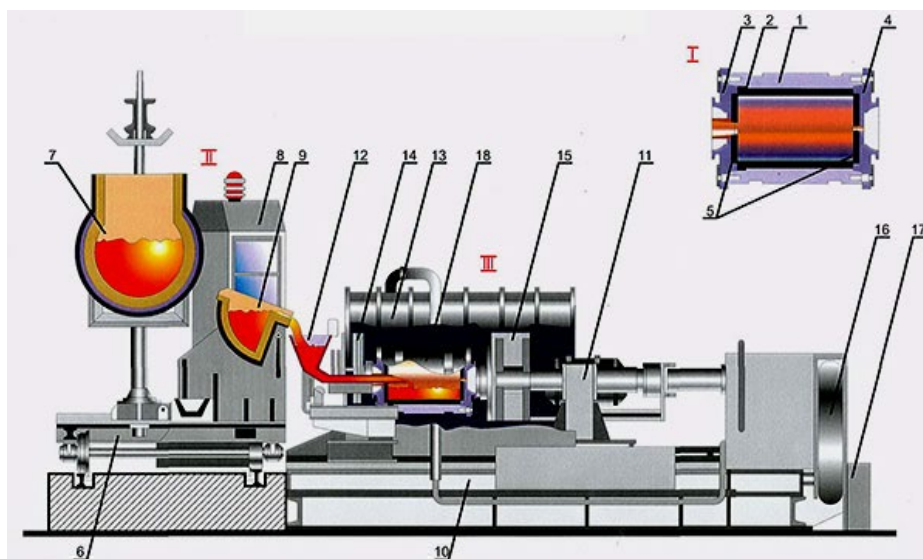


Рис. 1.7 Машина ливарна МЦВР-1:

1 - сталевая форма; 2 - чавунна вставка; 3, 4 - кришки; 5 - теплоізоляційні вставки; 6 - візок; 7 - ківш; 8 - кабіна ливарника; 9 - ківш об'ємного дозування; 10 - станина; 11 - електропривод; 12 - заливальний пристрій; 13 - захисний кожух; 14 - нерухома опора; 15 - рухлива опора; 16 - блок підготовки повітря; 17 - механізм переміщення приводного пристрою; 18 - форма ливарна.

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ.04100.903. КРПЗ					

Для отримання повнотілих заготовок існують машини із змінною віссю обертання (рис.1.8).

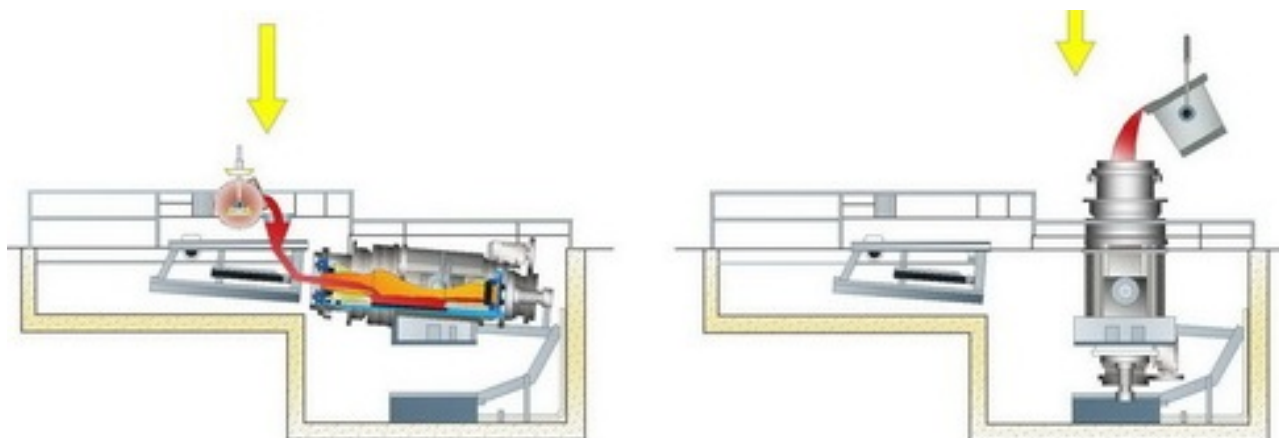


Рис. 1.8. Литейная машина МЦВУ-1

Машина містить раму, що несе, форму що обертається в двох жорстко встановлених на фундамент підшипникових опорах. На рамі розміщено два підшипникові вузли, в яких встановлена охолоджувана водою форма. Момент, що обертає, передається формі через зубчасту пару і приводну опору. Максимальна частота обертання форми - 300 об/хв (гравітаційний коефіцієнт 60...90). Поворотна рама машини може фіксуватися в трьох положеннях: горизонтальному, нахилом під кутом 30° до горизонту і вертикальному.

МЦВУ-1 мала ряд конструктивних недоліків. Опорна конструкція рами була жорсткою і тому машини могла працювати лише у дорезонансних режимах. Частота обертання форми в горизонтальному положенні була не високою, а динамічні навантаження і рівні вібрації – високі. У похилому і вертикальному положеннях частота обертання форми не перевищувала 40 – 50 об/хв.

Для серійного і дрібносерійного виробництва застосовують машини з груповим приводом для декількох форм (рис.1.9).

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис. 1.9. Машина з груповим приводом форм

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ЛИВАРНА МАШИН РОТОРНОГО ТИПУ

2.1.Конструкція відцентрової ливарної машини

Машина (рис.2.1) складається з рами 1, з розміщеними на ній опорними катками 2, 3, 4, 5, на яких спирається форма 6. Катки 2 і 3 встановлені непорушно, а катки 4,5 можуть бути встановлені в три фіксовані положення, причому каток 3 є приводним, а 2, 3, 4 - опорними. Каток 3 наводиться в обертання електродвигуном постійного струму 7 через пасову передачу 8. З боку приводного катка з торця форми розміщений заливальний пристрій (не показано). З протилежного торця форми встановлена пастка 10 для стоку зайвого металу. На рамі під формою, уздовж її осі, розміщена труба 11 з отворами для подачі води на поверхні форма і катків. Форма з катками накрита захисним кожухом 12 з кришкою 13.

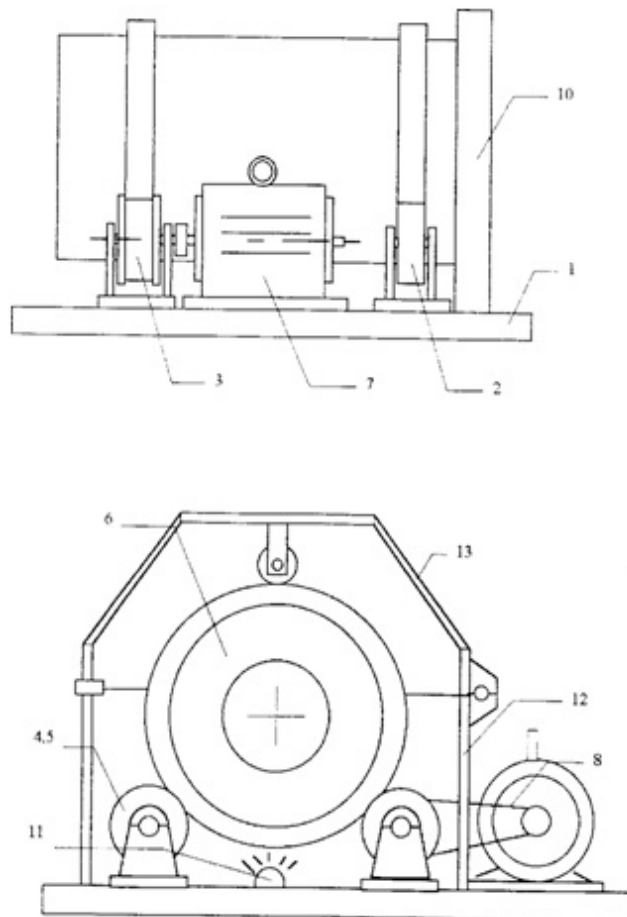


Рис. 2.1. Горизонтальна ливарна машина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.04100.903. КРПЗ

Арк.

15

Розмірний ряд розроблених форм дозволяє отримувати заготовки втулок масою 200 – 1160 кг, діаметром 200 – 1000 мм і завдовжки 1170 мм (табл.2.1).

Система (рис.2.2.) ливника машини складається із стійки 1, поворотного важеля 2 із стопором типу прапорця 3. На обертальному важелі закріплена сталеві воронка 4 з жолобом ливника 5. Конструкція дозволяє регулювати положення воронки з трубою ливника у вертикальній площині за допомогою гайки 6 на стійці, а в горизонтальній площині – за рахунок переміщення воронки по поворотному важелю.

Таблиця. 2.1

Розмірний ряд форм

Зовнішній діаметр відливки, мм	Внутрішній діаметр відливки не менше, мм	Довжина відливки, мм	Маса відливки, кг
200	100	1170	181
300	200		300
400	300		420
500	400		540
600	500		660
700	600		790
800	700		890
900	800		1040
1000	900		1160

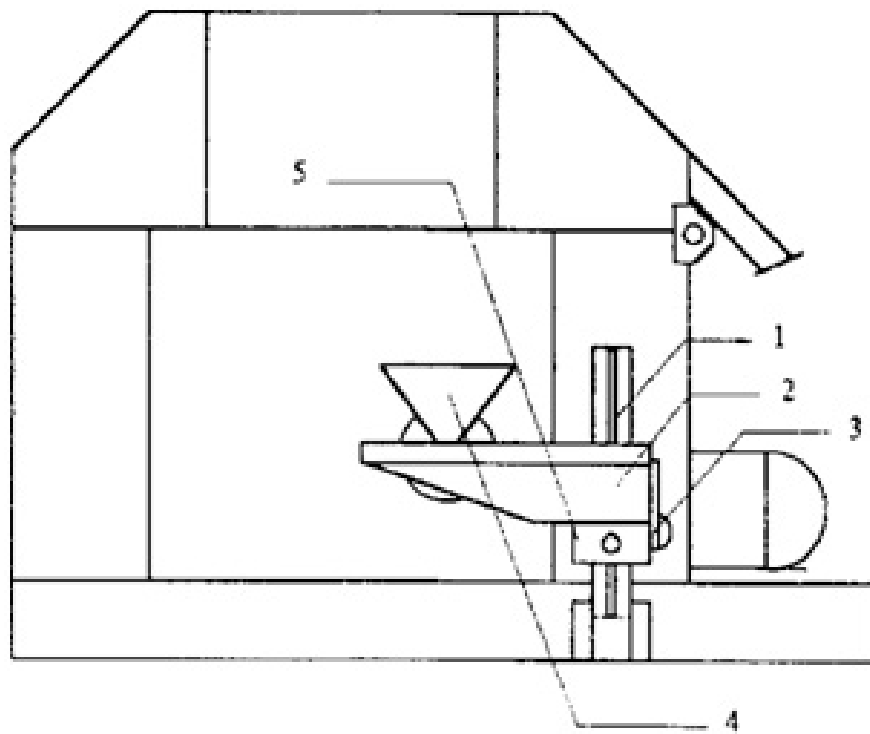


Рис. 2.2 Система ливника машини

Залежно від типорозміру відливання опорні катки можуть кріпитися на рамі машини в трьох дискретних положення (табл.2.2).

Таблиця. 2.2

Установка катків

Розмірний ряд відливок, мм	Номер позиції роликів
200 – 400	1
500 – 700	2
800 – 1000	3

2.2. Металоконструкції машини

Рама машини зварної конструкції (рис. 2.3) містить зовнішній контур 1, направляючі полози 2 і підмоторну раму 3 з гвинтовим пристроєм натягнення пасової передачі. Зовнішній контур рами виконаний виконана швелером №12. Направляючі полози роликів опор мають ряд отворів для кріплення роликів опор, відповідно діаметру ливарних форм. З нижнього боку направляючі полози підкріплені ребрами жорсткості.

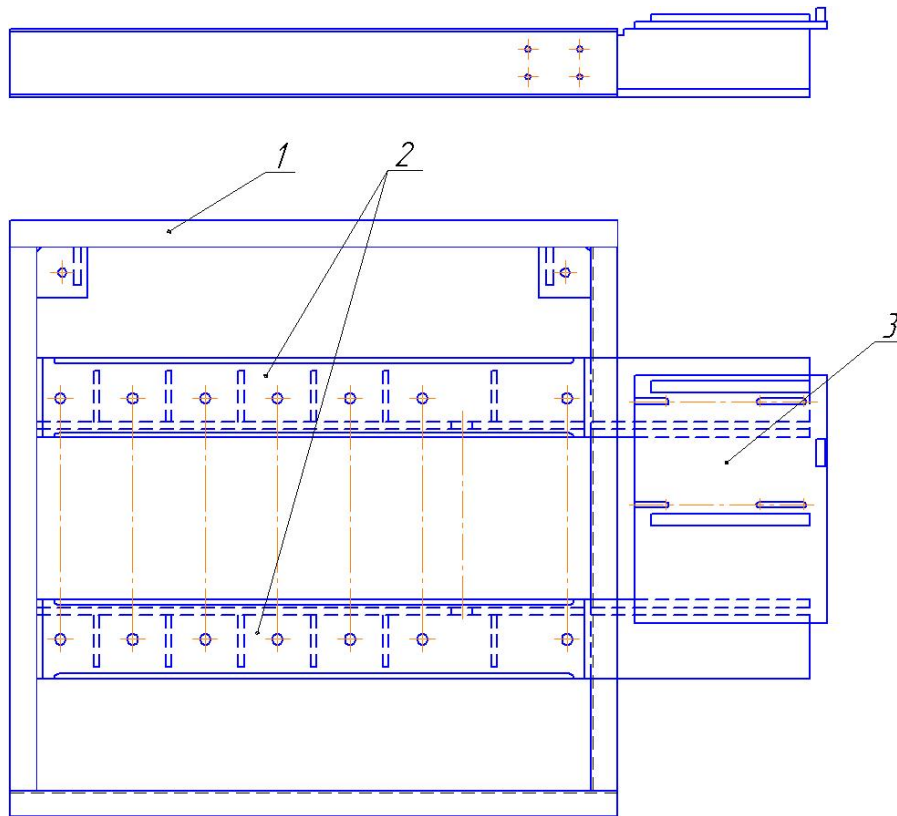


Рис. 2.3. Рама

Рама повинна розташовуватися на суцільному фундаменті і кріпитися анкерними з'єднаннями.

Кожух машини (рис.2.4) зварений з рівнополичних кутників 1 і сталевих листів. На верхньому обв'язуванні кожуха приварені петлі 2 для кришки машини. У стінку кожуха уварено захисний кожух 3 пасової передачі приводу машини. Для центрування кожуха відносно рами машини до нижнього обв'язування кожуха приварені направляючі пластини 4. У торцевої стінці машини виконаний отвір 5 для системи ливника. Зварка кожуха виконано уручну переривистим швом з катетом 5-рівним товщині зварюваних деталей.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.04100.903. КРПЗ

Арк.

18

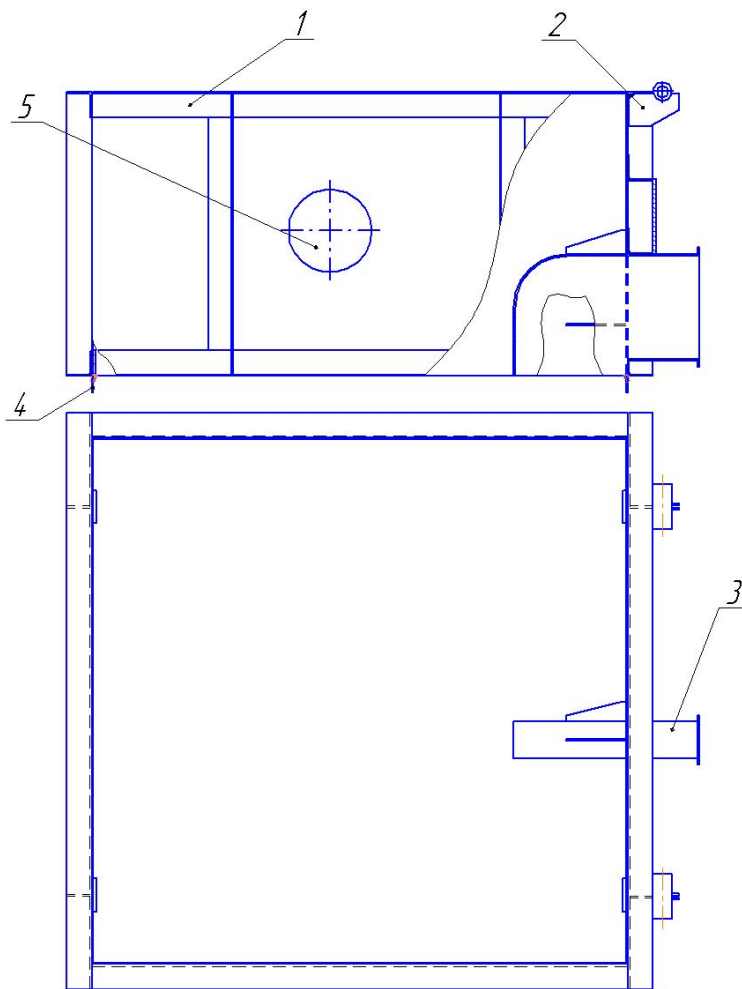


Рис. 2.4. Кожух

Кришка машина (рис. 2.5) забезпечує безпечну роботу ливарної машини в процесі литва виробів.

Кришка машина має зварну конструкцію і містить обв'язування 1 з рівнополичного кутника розміру 7,5 і сталеві листи. Для обмеження кута відкриття кришки до неї приварені обмежувачі 2 з башмаками 3. Відкривання (закривання) кришки машина передбачається виконувати за допомогою мостового крану або іншого спеціального вантажопідйомного механізму. Для піднімання кришки крюк вантажопідйомного механізму чіпляють за трубу 4, встановлену в кронштейни 5. Зварка кришки виконано уручну переривистим швом з катетом 5-рівним товщині зварюваних деталей.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.04100.903. КРПЗ

Арк.

19

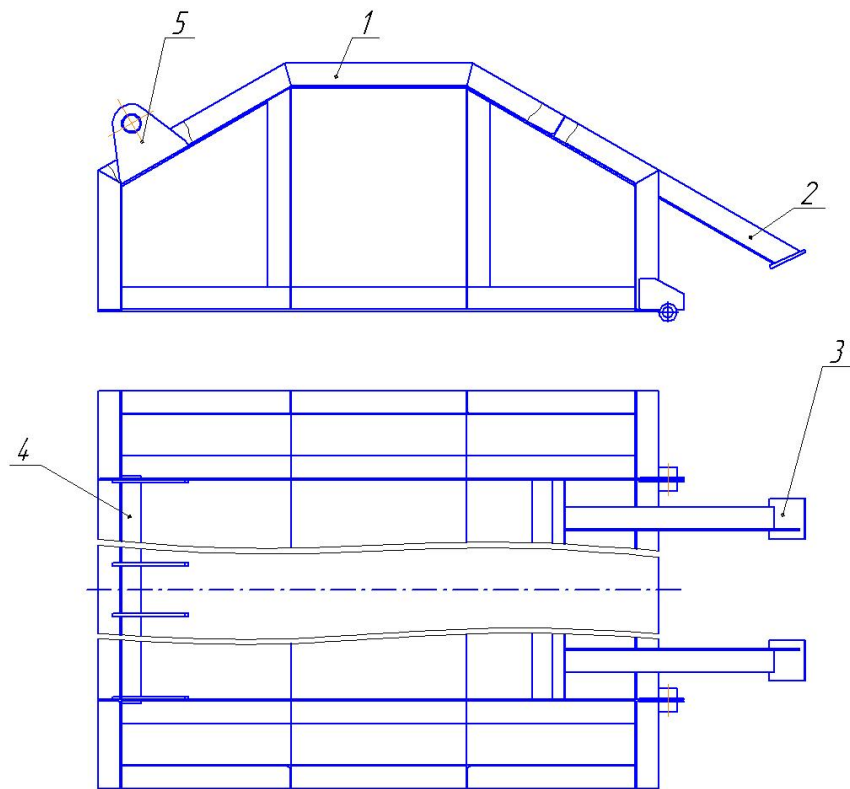


Рис. 2.5. Кришка

2.3. Ливарні форми

Всі ливарні форми машини мають однакову збірну конструкцію (рис. 2.6), і містять бочку 1 з бандажами 5, передню (залівну) 2 і задню (переливну) 3 кришки з кріпильними деталями 4. Центруючі поверхні на торцях бочки і кришках забезпечують співвісну збірки цих деталей. Перекриття типорозмірів відливки досягається застосуванням вставок у форми. Коректування внутрішнього діаметру відливки здійснюється зміною внутрішнього діаметру задньої кришки форми. На внутрішній стороні кришок виконана циліндрова проточка, що заповнюється футеруванням. При підготовці форми до заливки ці проточки змащують рідким склом (щільністю $1,45 - 1,52 \text{ г/см}^3$). Потім вставляють модель і футерують проточку шаром суміші на рідкому склі, що складається з 65% (об'єм) піску марки П016, 30% вогнетривкої глини і рідкого скла з модулем 2,2 – 2,5, розбавленого до щільності $1,45 - 1,52$. Газопроникність суміші повинна знаходитися в межах 70 – 100 см/хв, межа міцності на стискування $0,02 - 0,04 \text{ МПа}$ при вологості 5 – 6%.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.04100.903. КРПЗ

Арк.

20

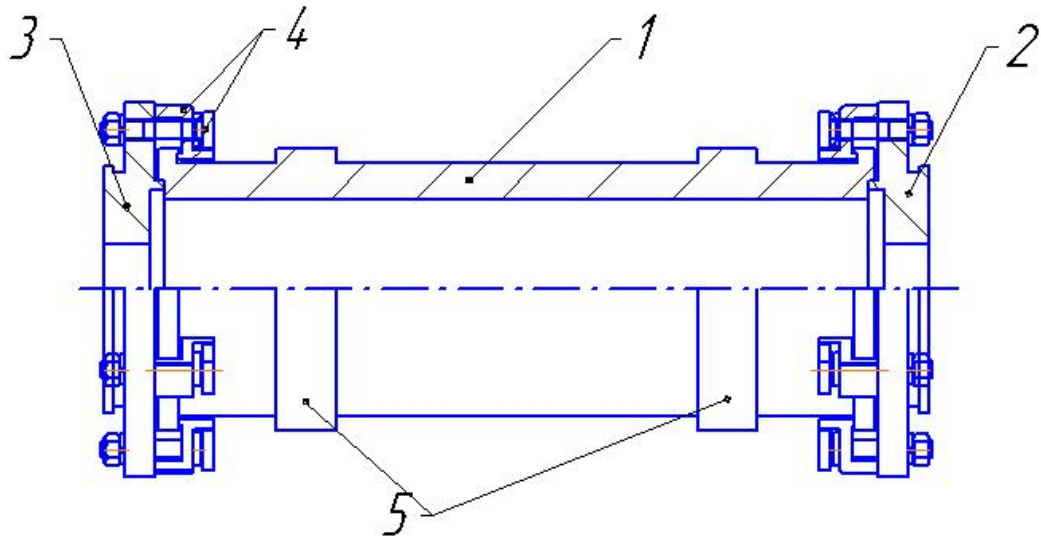


Рис. 2.6. Ливарна форма

Внутрішню поверхню бочки форми забарвлюють за допомогою розпилювача. Тиск повітря має бути > 350 кПа. Склад фарби приведений в таблиці 2.3. Забарвлення необхідно виробляти в 2-3 шаруючи. Загальна товщина покриття повинна складати 0,4-0,6 мм. Фарбу, безпосередньо перед вживанням необхідно ретельно перемішати, оскільки частки графіту легко осідають на дні. Фарбу наносять по колу кокілю, не допускаючи місцевих потовщень покриття і патьоків.

Таблиця 2.3

Склад термостійкої фарби

	Компоненти фарби	Об'ємний вміст, %
1	Графіт приховано-кристалічний	46-48
2	Графіт сріблястий	22-24
3	Сода кальцинована	2
4	Глина вогнетривка	14
5	Бентоніт	3
6	Каолін	4
7	Тальк	6

Таблиця 2.4

Тиск рідкого металу на форму

Внутрішній діаметр форми D , мм	Частота обертання форми n , об/хв	Кутова швидкість форми ω , с^{-1}	Тиск на внутрішню поверхню форми, МПа
200	642	67	0,122
300	524	55	0,135
400	454	47	0,142
500	406	42	0,146
600	370	39	0,149
700	343	36	0,151
800	321	34	0,152
900	302	32	0,153
1000	287	30	0,154

Фактична сила тиску, як правило, декілька менше розрахунковою із-за охолодження металу в поверхневих шарах, дотичних з кришками і поверхнею виливниць і так далі.

Дійсні тиски в рідкому металі, що обертається, завжди менше розрахункових по наступних причинах: 1) рідкий метал заливається не відразу і, отже, r не можна вважати незмінним; 2) зовнішній радіус рідкого шару є змінним величиною в результаті просування фронту кристалізації; 3) рідина не відразу набуває повної швидкості обертання.

З технологічних міркувань товщина стінки форми прийнята рівною 60 мм.

При такій товщині стінки форми розрахункові тиски не викликають високої напруги. Істотніше на напружений стан форми робитиме вплив нерівномірність нагріву форми.

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила тиску металу має практичне значення для розрахунку кріплення кришки, а також для розрахунку напруги у виливниці або в затверділій кірці відливання. Силу тиску на кришку визначають як суму сил, що діють на елементарні майданчики.

Тиск на кришку або торцеві стінки форми при горизонтальній осі обертання є функція радіусу

$$P = \frac{1}{2} p_{\max} \pi (R^2 - r^2) = \frac{1}{2} p_{\max} F, \quad (0.2)$$

де F – площа додатка тиску на крищі.

Розрахунки по виразу (0.2) зведені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5

Навантаження кришок форми

Внутрішній діаметр форми D , мм	Частота обертання форми n , об/хв	Кутова швидкість форми ω , с^{-1}	Тиск на внутрішню поверхню форми, МПа	Навантаження на кришки форми, кН
200	642	67	0,122	1,43
300	524	55	0,135	2,66
400	454	47	0,142	3,90
500	406	42	0,146	5,16
600	370	39	0,149	6,43
700	343	36	0,151	7,69
800	321	34	0,152	8,96
900	302	32	0,153	10,23
1000	287	30	0,154	11,50

3. ДИНАМІКА ЛИВАРНОЇ МАШИНИ

3.1. Математична модель руху форми

Розглянемо динаміку горизонтальної жорсткої форми масою M , що обертається в двох пружних опорах (рис. 3.1). Коефіцієнти жорсткості пружної конструкції лівої опори c_1 правої c_2 . Центр інерції форми разом з підшипниками знаходиться в точці C , розташованою на відстані l_1 від лівої і l_2 від правої опори. Форма обертається з постійною кутовою швидкістю. Головні центральні моменти інерції рівні A відносно осі симетрії форми і B відносно осі, перпендикулярної до осі симетрії (при обчисленні моменту інерції U враховується маса форми і бандажів, що коливаються разом з формою. Відстань між опорами l . Форма не урівноважена. Статична неуврівноваженість задана ексцентриситетом e , динамічна — кутом δ , утвореним головною віссю інерції і геометричною віссю обертання. Площини, проведені через геометричну вісь і центр тяжіння, а також через геометричну вісь і головну вісь інерції, утворюють двограний кут e . Для складання диференціальних рівнянь руху валу розглянемо його зміщене положення (рис. 3.2). Тоді на підставі теореми про рух центру інерції і теореми про зміну кінетичного моменту у відносному русі по відношенню до центру інерції можна записати:

$$\begin{cases} M\ddot{y}_c = -c_1 y_1 - c_2 y_2; \\ M\ddot{z}_c = -c_2 z_2; \\ A\omega\dot{\beta}_1 - B\ddot{\gamma}_1 = c_2 l_2 z_2 - c_1 l_1 z_1; \\ A\omega\dot{\gamma}_1 + B\ddot{\beta}_1 = c_1 l_1 y_1 - c_2 l_2 y_2, \end{cases} \quad (3.1)$$

Тут y_c, z_c — координати центру інерції; y_1, z_1 і y_2, z_2 — координати лівої і правої опор; γ_1 і β_1 — малі кути між проекцією головної центральної осі інерції на площину xz і віссю x і між проекцією головної центральної осі інерції на площину xu і віссю x . Тоді, враховуючи статичну і динамічну неуврівноваженість, складемо рівність:

									ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$y_c = y_1 \frac{l_2}{l} + y_2 \frac{l_1}{l} + e \cdot \cos \omega t; \quad z_c = z_1 \frac{l_2}{l} + z_2 \frac{l_1}{l} + e \cdot \sin \omega t; \quad (3.2)$$

$$\beta_1 = \frac{y_2 - y_1}{l} + \delta \cdot \cos(\omega t - \theta); \quad \gamma_1 = \frac{z_2 - z_1}{l} + \delta \cdot \sin(\omega t - \theta)$$

де e – ексцентриситет форми; δ – кут відхилення головної осі інерції форми від осі її обертання; θ – фазовий кут.

Підставивши ці значення змінних в систему рівнянь (3.1), отримаємо остаточно [(6)]:

$$M(l_1 \ddot{y}_2 + l_2 \ddot{y}_1) + c_1 z_1 + c_2 z_2 = Mel\omega^2 \cos \omega t;$$

$$M(l_1 \ddot{z}_2 + l_2 \ddot{z}_1) + c_1 z_1 + c_2 z_2 = Mel\omega^2 \sin \omega t;$$

$$A\omega(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - B(\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) - c_2 l_2 z_2 + c_1 l_1 z_1 = (A - B)l\omega^2 \delta \sin(\omega t - \theta); \quad (3.3)$$

$$A\omega(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - B(\ddot{y}_2 - \ddot{y}_1) - c_2 l_2 y_2 + c_1 l_1 y_1 = (A - B)l\omega^2 \delta \cos(\omega t - \theta).$$

Ця система звичайних лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами описує малі коливання, викликані статичною і динамічною невідповідністю.

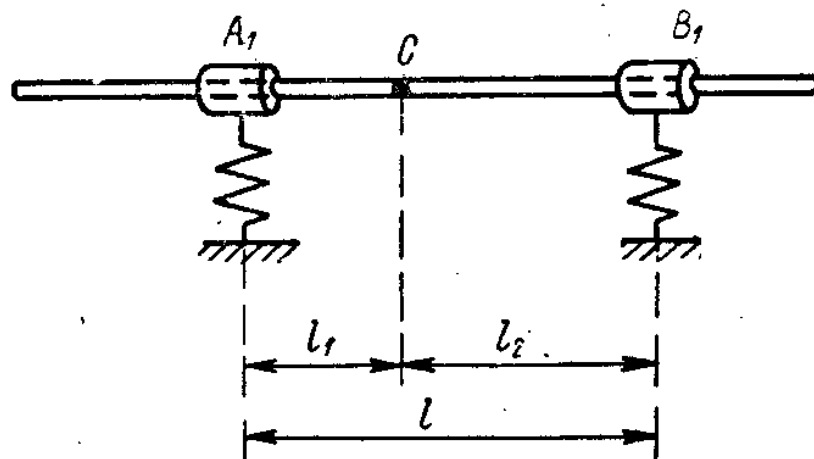


Рис. 3.1. Схема форми, що обертається в двох пружних опорах

втулок на радіальне навантаження представляє значні труднощі, а точне рішення задачі практично неможливе [(7)].

Під дією радіального навантаження в одній половині гумової втулки відбувається розтягування гуми, а в протилежній половині — стискування. Максимальні значення цієї напруги будуть, вочевидь, в площині, що проходить через подовжню вісь втулки і поєднаній з напрямом рівнодійною радіальних сил. Напруга зрушення в цій площині дорівнює нулю, але вони досягають найбільшого значення в площині, що також проходить через подовжню вісь втулки і перпендикулярній до площини максимальної напруги стискування і розтягування. Втулка матиме податливість в радіальному напрямі навіть у тому випадку, коли бічне витріщання торцевих поверхонь гуми по конструктивних міркуваннях неможливе.

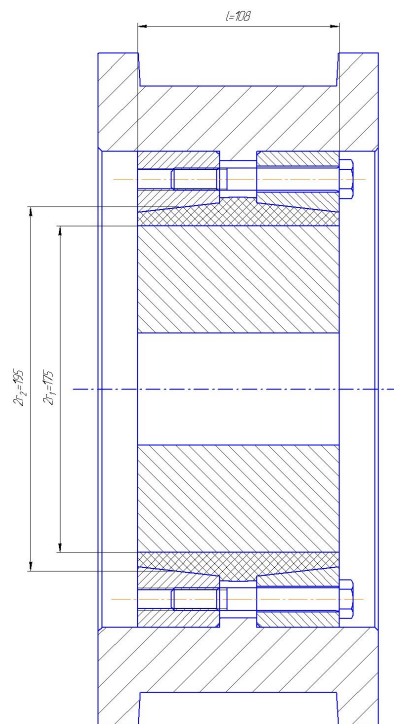


Рис. 3.3. Каток з гумовою втулкою

Ширину катка l значно менше зовнішнього радіусу r_2 гумової втулки. Тому при розрахунку, окрім зсувів в окружному і радіальному напрямках, необхідно враховувати також і осьові переміщення гуми. Радіальне переміщення

внутрішнього стержня шарніра для цього випадку при відношенні $r_2/r_1 < 2$ може визначатися по формулі

$$\Delta = \frac{2 \cdot P}{3 \cdot \pi \cdot G \cdot l} \cdot \frac{l^2 + 3 \cdot (r_1 + r_2)^2}{l^2 + 6 \cdot (r_2 - r_1)^2} \cdot \frac{(r_2 - r_1)^3}{(r_1 + r_2)^3}, \quad (3.5)$$

а вираження для радіальної жорсткості шарніра матиме вигляд:

$$\begin{aligned} c &= \frac{3\pi Gl}{2} \cdot \frac{l^2 + 6(r_2 - r_1)^2}{l^2 + 3(r_1 + r_2)^2} \cdot \frac{(r_1 + r_2)^3}{(r_2 - r_1)^3} = \\ &= \frac{3\pi \cdot 1,33 \cdot 10^6 \cdot 0,108}{2} \cdot \frac{0,108^2 + 6(0,097 - 0,087)^2}{0,108^2 + 3(0,097 + 0,087)^2} \cdot \\ &\cdot \frac{(0,097 + 0,087)^3}{(0,097 - 0,087)^3} = 4,2 \cdot 10^9 \frac{H}{m} = 4200 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.3. Частотне рівняння машини

Вирішення системи (3.3) складається із загального вирішення однорідної системи і приватного вирішення повної системи. Загальне вирішення однорідної системи описує вільні коливання ротора: при обліку сил опору ці члени швидко затухають, тому можуть мати значення лише в перехідних режимах, при пуску і зупинці машини, а також при переході з одного режиму на інший. Приватне рішення описує вимушені коливання. Ці коливання не затухають і при обліку сил опору. Вимушені коливання представляють найбільший інтерес з інженерної точки зору, оскільки визначають ресурс роторної машини, рівень вібрації і тиску між валом і опорами на робочих режимах.

Частне рішення повної системи має вигляд:

$$\begin{aligned} y_1 &= a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t; \quad z_1 = a_1 \sin \omega t - b_1 \cos \omega t; \\ y_2 &= a_3 \cos \omega t + b_4 \sin \omega t; \quad z_2 = a_3 \sin \omega t - b_3 \cos \omega t, \end{aligned} \quad (3.7)$$

де

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{Mel\omega^2 [(B-A)\omega^2 - c_2 l_2 l] - (Ml_1\omega^2 - c_2 l)(B-A)l\delta\omega^2 \cos \varepsilon}{f_2(\omega)} \\ a_3 &= \frac{Mel\omega^2 [(B-A)\omega^2 - c_1 l_1 l] + (Ml_2\omega^2 - c_1 l)(B-A)l\delta\omega^2 \cos \varepsilon}{f_2(\omega)} \\ b_1 &= -\frac{(Ml_1\omega^2 - c_2 l)(B-A)l\delta\omega^2 \sin \varepsilon}{f_2(\omega)} \\ b_3 &= \frac{(Ml_2\omega^2 - c_1 l)(B-A)l\delta\omega^2 \sin \varepsilon}{f_2(\omega)} \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

при умові

$$\begin{aligned} f_2(\omega) &= [(B-A)\omega^2 - c_2 l_2 l](c_1 l - Ml_2\omega^2) - \\ &- [(B-A)\omega^2 - c_1 l_1 l](Ml_1\omega^2 - c_2 l) \neq 0 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Частотне рівняння має вигляд [(6)]:

$$[(B-A)\omega^2 - c_2 l_2 l](c_1 l - Ml_2\omega^2) - [(B-A)\omega^2 - c_1 l_1 l](Ml_1\omega^2 - c_2 l) = 0 \quad (3.10)$$

Коріння цього рівняння визначає критичні швидкості. Машина ливарні має симетричне розташування опор при їх однаковій жорсткості. Тому частотне рівняння (3.10) набере спрощеного вигляду:

$$[2(B-A)\omega^2 - cl^2](2cl - Ml\omega^2) = 0, \quad (3.11)$$

де $c=c_1=c_2$.

Коріння цього рівняння, що визначає критичні швидкості, буде:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{cl^2}{2(B-A)}}; \quad (3.12)$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2c}{M}} \quad (3.13)$$

Результати розрахунків критичних частот машини по формулах (3.12) і (3.13), виконані за допомогою ПОЕМ зведені в таблицю 3.1.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ.04100.903. КРПЗ					

Таблиця 3.1

Частотна характеристика машини.

Діаметр відливки, мм	Маса відливк и, кг	Момент інерції В, кг·м ²	Момент інерції А, кг·м ²	Критична швидкість $\omega_1, \text{с}^{-1}$	Критична швидкість $\omega_2, \text{с}^{-1}$
200	181	57	8	6 812	8 510
300	300	85	21	5 292	7 447
400	420	116	43	4 472	6 973
500	540	154	77	3 944	6 789
600	660	200	127	3 568	6 973
700	790	254	193	3 261	7 628
800	890	318	280	3 072	9 664
900	1040	393	389	2 842	29 787
1000	1160	481	523	2 691	-

Залежно від конкретних параметрів форми, одна з цих критичних швидкостей буде більше іншої.

Таблиця 3.2

Маса бочки форми

Позначення	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	Маса
ДІТ.04100.903.00-1	200	450	370	320	261	350	544
-01	300	470	470	420	361	450	644
-02	400	570	570	520	461	550	819
-03	500	713	670	620	561	650	1062
-04	600	770	770	720	661	750	1169
-05	700	870	870	820	761	850	1344
-06	800	970	970	920	861	950	1519
-07	900	1070	1070	1020	961	1050	1635
-08	1000	1170	1170	1120	1061	1150	1868

					ДІТ.04100.903. КРПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

Маса кришок форми

Позначення	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	Маса, кг
ДІТ 04100.930.ДП-В	310	290	50	520	260	235	430	76
-01	410	390	150	620	360	335	530	108
-02	510	490	250	720	460	435	630	140
-03	610	590	350	820	560	535	730	173
-04	710	690	450	920	660	635	830	205
-05	810	790	550	1020	760	735	930	238
-06	910	890	650	1120	860	835	1030	270
-07	1010	990	750	1220	960	935	1130	302
-08	1110	1090	850	1320	1060	1035	1230	335

У разі, коли критична швидкість визначається рівністю (3.12), резонансні амплітуди залежать лише від динамічної нерівноваженості ротора і форма резонансних коливань має вигляд конуса з вершиною в крапці, відповідній центру тяжіння (рис. 3.4). Якщо ж критична швидкість визначається по формулі (3.13), то вісь ротора описує циліндрову поверхню (рис. 3.5). При цьому резонансні коливання залежать лише від ексцентриситету ротора, динамічна нерівноваженість ротора на них не впливає [(8), (9)].

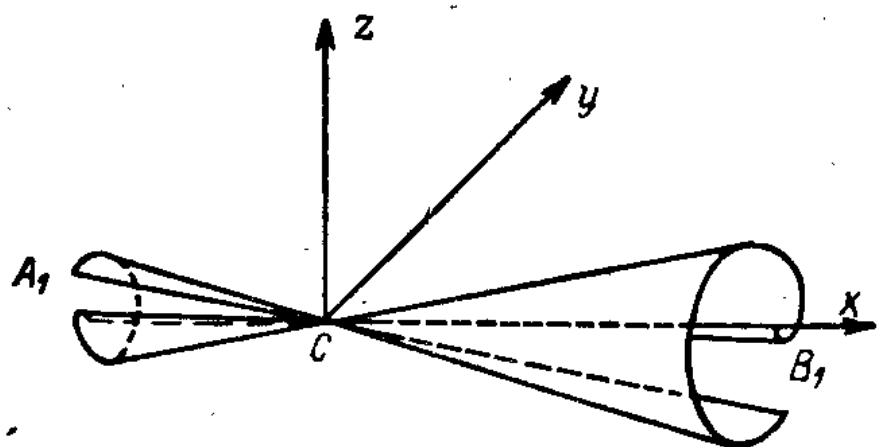


Рис. 3.4. Конічна прецесія ротора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

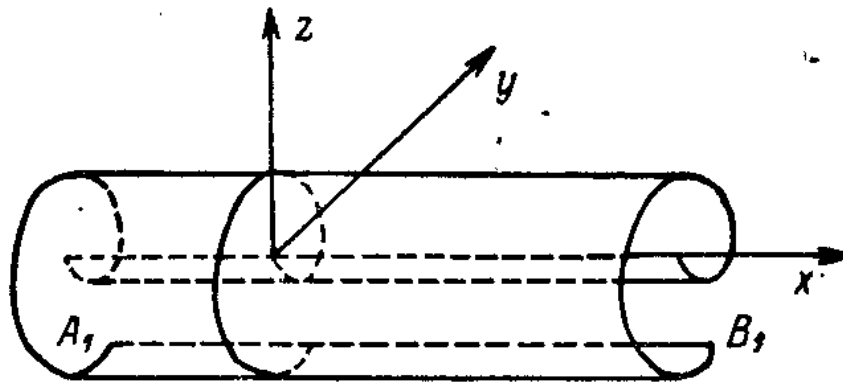


Рис. 3.5. Циліндрова прецесія ротора

У обох резонансних випадках має місце пряма синхронна прецесія (рис. 3.4, рис. 3.5), у першому випадку конічна, в другому-циліндрова.

Кутова швидкість форми не перевищує 100 с^{-1} і практично на порядок нижче за першу критичну швидкість. Тому резонансних коливань машини можна не чекати.

3.4. Амплітудно-частотна характеристика машини

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) машини дозволяє отримати амплітуди деформацій пружних опор ливарної форми в залежності від її кутової швидкості у віддалені від власних (резонансних) частот машини коливань [(10)].

З урахування симетричної конструкції опорно-ходової частини машини і припущення нульового значення фазового кута $\theta = 0$, формули (3.8) для будови спрощуються:

$$a_1 = \frac{Mel\omega^2 \left[\frac{2(B-A)\omega^2 - cl^2}{2} \right] - \left(\frac{Ml\omega^2 - 2cl}{2} \right) (B-A)l\delta\omega^2}{f_2(\omega)} \quad (3.14)$$

$$a_3 = \frac{Mel\omega^2 \left[\frac{(B-A)\omega^2 - cl^2}{2} \right] + \left(\frac{Ml\omega^2 - 2cl}{2} \right) (B-A)l\delta\omega^2}{f_2(\omega)}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.5. S-модель коливань машин під час розгону

Якщо розгін машин відбувається з нульовими початковими параметрами: $\varphi_0 = 0$; $\omega_0 = 0$, то математична модель коливань машин під час розгону (3.4) набуває спрощений вигляд

$$\begin{aligned} \ddot{y}_2 + \ddot{y}_1 + \frac{\alpha(\dot{y}_1 + \dot{y}_2) + c(y_1 + y_2)}{M} &= e(\varepsilon t)^2 \cos \frac{\varepsilon t^2}{2}; \\ \ddot{z}_2 + \ddot{z}_1 + \frac{\alpha(\dot{z}_1 + \dot{z}_2) + c(z_1 + z_2)}{M} &= e(\varepsilon t)^2 \sin \frac{\varepsilon t^2}{2}; \\ A(\varepsilon t)(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - B(\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) - \mu \frac{l^2}{2}(\dot{z}_2 + \dot{z}_1) - c \frac{l^2}{2}(z_2 + z_1) &= \\ = (B - A)l(\varepsilon t)^2 \delta \sin \frac{\varepsilon t^2}{2}; & \quad (3.15) \\ A(\varepsilon t)(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - B(\ddot{y}_2 - \ddot{y}_1) - \mu \frac{l^2}{2}(\dot{y}_2 + \dot{y}_1) - c \frac{l^2}{2}(y_2 + y_1) &= \\ = (B - A)l(\varepsilon t)^2 \delta \cos \frac{\varepsilon t^2}{2}. & \end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned} \ddot{y} + \frac{(\mu_1 + \mu_2)\dot{y} + (\mu_1 l_1 - \mu_2 l_2)\dot{\varphi} + (c_1 + c_2)y + (c_1 l_1 - c_2 l_2)\varphi}{M} &= \\ = e(\varepsilon t)^2 \sin \frac{\varepsilon t^2}{2}; & \\ \ddot{\varphi} + \frac{(\mu_1 l_1 - \mu_2 l_2)\dot{y} + (\mu_1 l_1^2 - \mu_2 l_2^2)\dot{\varphi} + (c_1 l_1 - c_2 l_2)y + (c_1 l_1^2 - c_2 l_2^2)\varphi}{B} &= \\ = \frac{(B - A)}{B} \delta (\varepsilon t)^2 \sin \frac{\varepsilon t^2}{2} & \quad (3.16) \end{aligned}$$

Розглядаємо систему з однаковими параметрами опор: $c_1 = c_2$; $\mu_1 = \mu_2$. Дією гіроскопічного моменту не враховуємо, тому довжина форми значно більше її діаметру. В цьому випадку рівняння руху (3.16) системи становляться ще простішими

$$\ddot{y} + \frac{2\mu\dot{y} + \mu(l_1 - l_2)\dot{\phi} + 2cy + c(l_1 - l_2)\phi}{M} = e(\epsilon t)^2 \sin \frac{\epsilon t^2}{2};$$

$$\ddot{\phi} + \frac{\mu(l_1 - l_2)\dot{y} + \mu(l_1^2 - l_2^2)\dot{\phi} + c(l_1 - l_2)y + c(l_1^2 - l_2^2)\phi}{B} =$$

$$= \frac{(B - A)}{B} \delta(\epsilon t)^2 \sin \frac{\epsilon t^2}{2}$$
(3.17)

Simulink-модель (рис. 3.6), що реалізує вирішення системи диференціальних рівнянь (3.17), які описують рух форми, містить два блока *Integrator, Second-Order*. Ці блоки призначені для рішення диференціальних рівнянь другого порядку. Модель має дві підсистеми Q₁ та Q₂. Підсистема Q₁ формує збуджуючі сили першого рівняння системи (3.17), а підсистема Q₂ збуджуючі моменти другого рівняння цієї ж системи. У моделі присутні блоки Goto і From, які дозволили спростити відображення моделі. Блоки констант мають ім'я параметрів системи. Ті блоки, що залишилися у моделі виконують математичні операції.

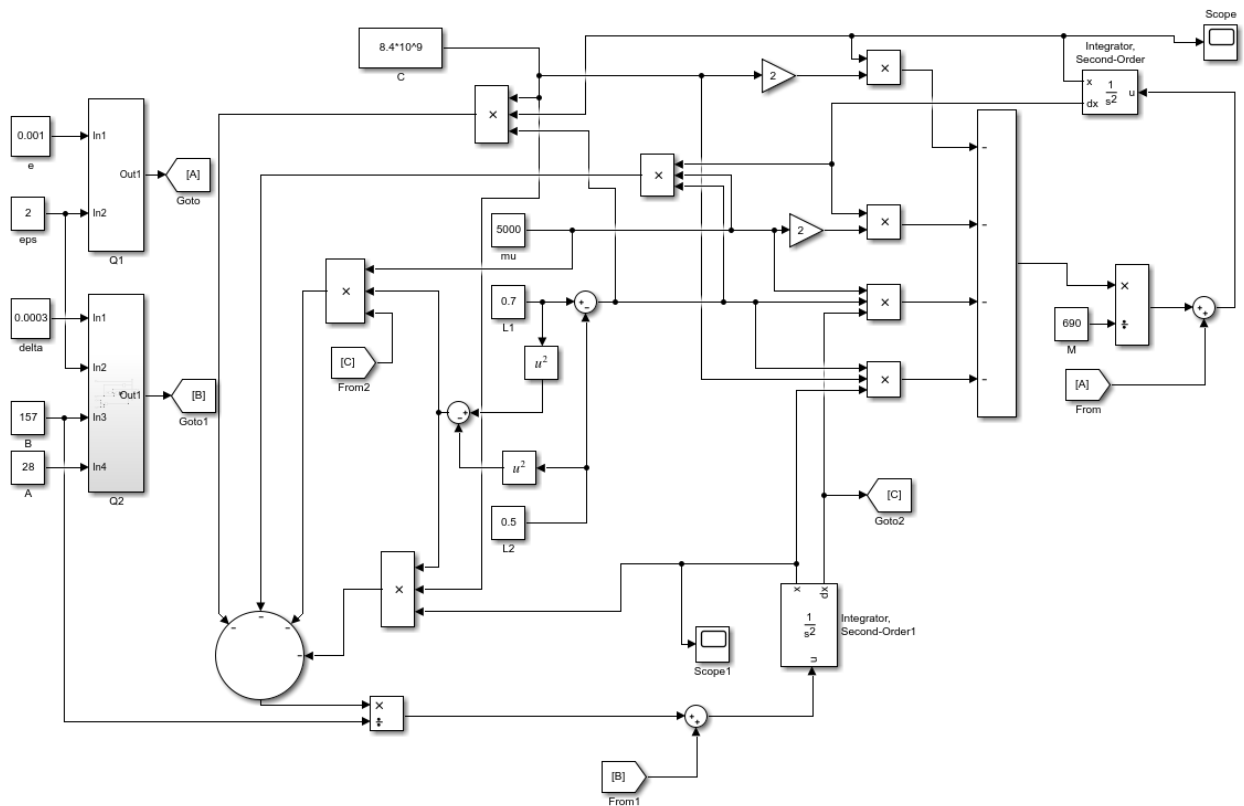


Рис. 3.6 Simulink-модель коливань форми під час її розгону

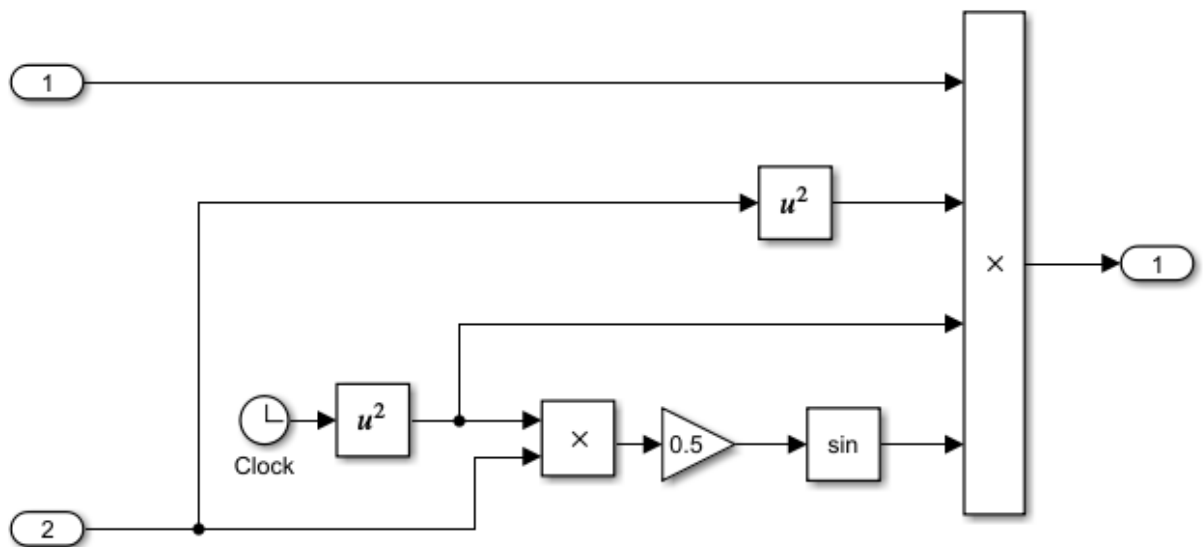


Рис. 3.7 Підсистема Q₁

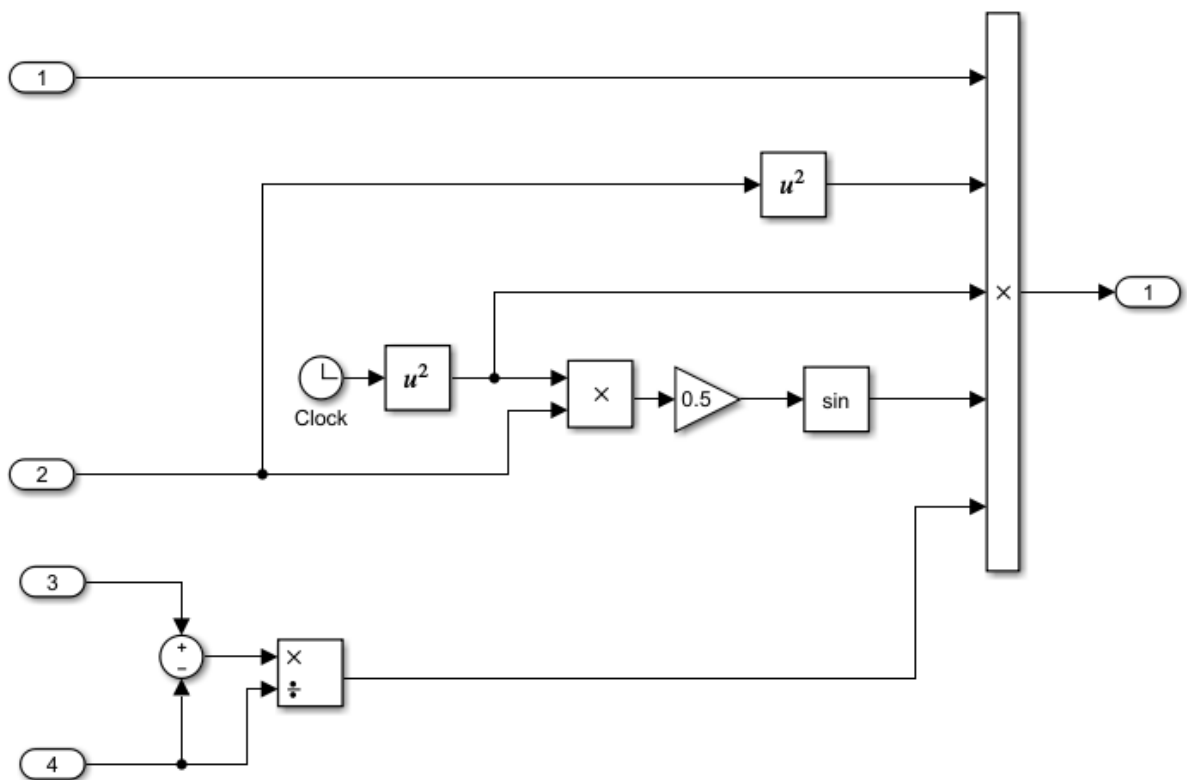


Рис. 3.8 Підсистема Q₂

Результати моделювання відображаються блоками Score. Score візуалізує лінійні коливання форми під час її розгону, а Score1 – кутові коливання форми.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

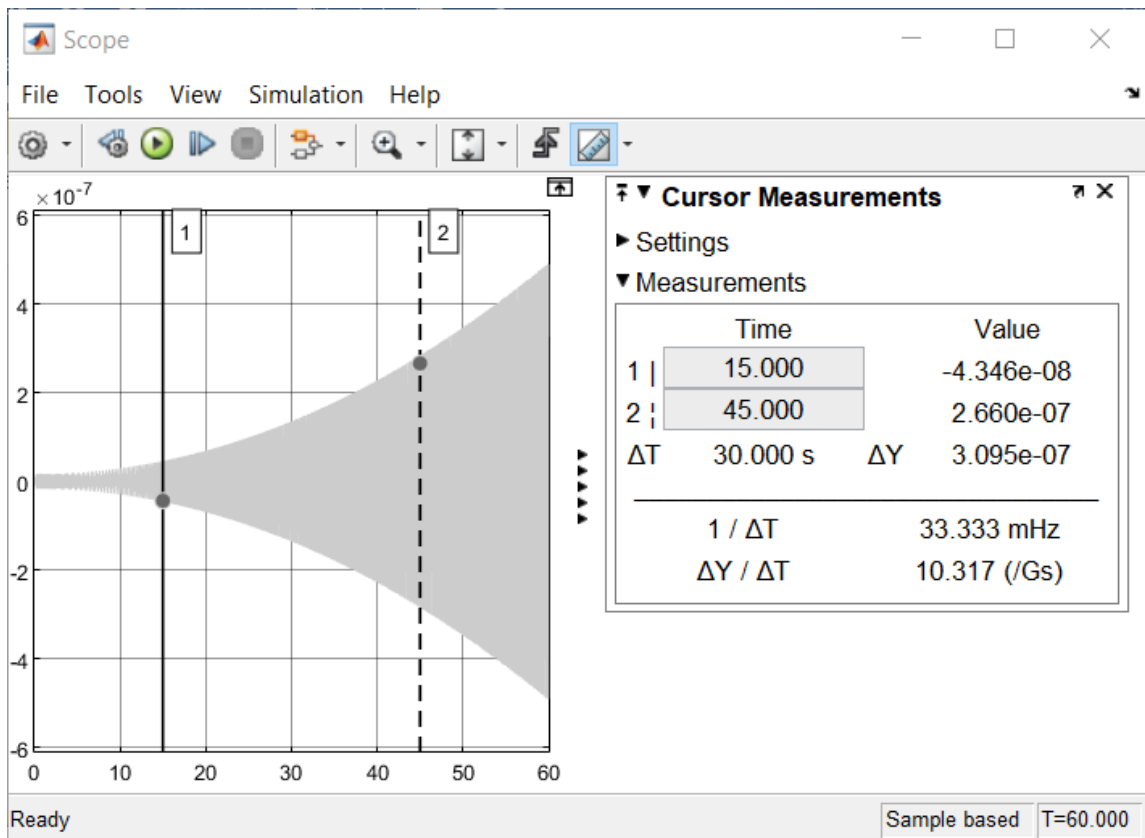


Рис. 3.9 Лінійні коливання форми під час її розгону

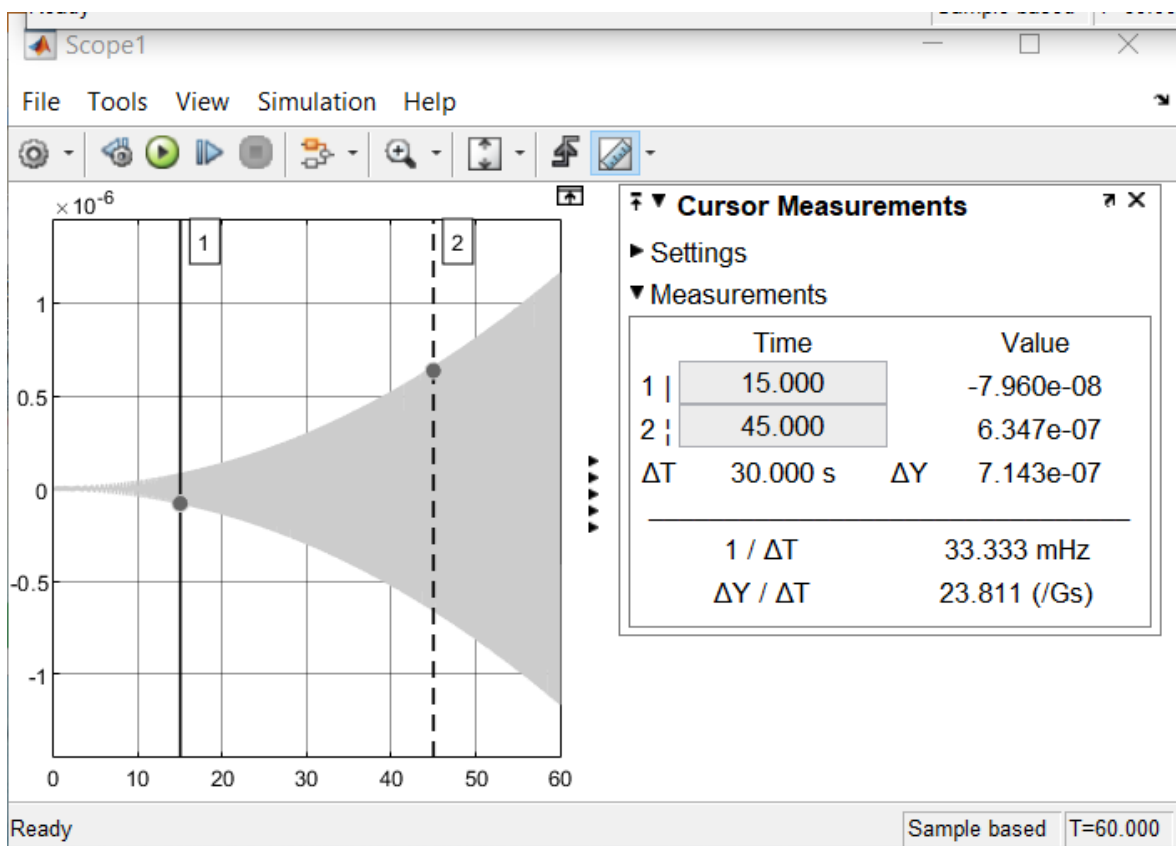


Рис. 3.10 Кутові коливання форми під час її розгону

Моделювання розгону форми ливарної виконано на інтервалі часу 0 – 60 с.
При кутовому прискоренні $\varepsilon = 1 \text{ рад/с}^2$, форма в кінці часу моделювання обертається з кутовою швидкістю $\omega = 60 \text{ рад/с}$ (573 об/хв).

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ ПРИ ВИЯВЛЕННІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

4.1. Шкідливі і небезпечні фактори, які діють на персонал при виконанні ливарних робіт

При проведенні ливарних робіт можлива дія наступних небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- виділення в повітря шкідливих речовин: фенолу, формальдегіду, аерозолів і др.;
- підвищені запилена, загазованість і температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь устаткування, оснащення і відливок;
- підвищені рівні шуму і вібрації;
- рухомі транспортне і вантажопідйомне устаткування, рухливі частини технологічного ливарного устаткування;
- електромагнітні і іонізуючі випромінювання;
- фізичні перевантаження із-за тягаря і напруженості праці;
- підвищена травмонебезпека;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації.

4.2. Вимоги безпеки до ливарних робіт

Ливарні роботи, при яких застосовуються або утворюються шкідливі речовини 1-го або 2-го класів небезпеки по слід проводити безперервним замкнутим циклом, що виключає контакт працівника з цими речовинами і виділення шкідливих речовин в повітря робочої зони в кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації. Вживання спеціальних систем уловлювання і утилізації цих речовин і контроль за вмістом їх в повітрі робочої зони обов'язкові.

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ливарні роботи треба виконувати лише на тому устаткуванні, яке вказане в технологічній документації, і по технологічних режимах в межах допустимих параметрів устаткування без його перевантаження.

Безпека технологічних процесів під час проведення ливарних робіт забезпечується виконанням вимог інструкцій при:

- пожежонебезпечних роботах, правил пожежної безпеки, що діють в Україні;
 - роботах із застосуванням речовин, сприяючих утворенню вибухонебезпечного середовища;
 - проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт;
 - транспортуванні вантажів;
 - дотриманні метеорологічних умов на робочих місцях дотримання допустимого рівня шуму на робочих місцях і засобів захисту;
 - санітарних норм допустимих рівнів шуму на робочих місцях;
 - дотримання допустимих параметрів вібрації на робочих місцях і санітарних правил, що діють в Україні;
 - дотриманні гранично допустимого вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
 - виготовленні форм і стержнів з піщано-смоляних сумішей - по нормативній документації, затвердженій в установленому порядку;
 - забезпеченні освітленості у виробничих приміщеннях і на робочих місцях
- БНіП;
- використанні конвеєрів для межопераційного переміщення вантажів;
 - використанні тари для переміщення вантажів;
 - використанні ручних електричних і пневматичних машин
 - використанні вантажопідійомних машин, механізмів, пристосувань, вантажозахватних органів і пристроїв, правил пристроїв і безпеки експлуатації вантажопідійомних кранів;
 - використанні устаткування для проведення ливарних робіт

						ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
							40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

устаткування; у місцях регулярного проходу працівників і на дорогах евакуації - не менше 2 м, в місцях нерегулярного проходу працівників - не менше 1.3 м.

Розміри цехових проїздів (проходів), галерей, переходів, майданчиків, відстані між устаткуванням і елементами будівлі повинні відповідати, нормативним вимогам (нормам технологічного проектування), затвердженим у встановленому порядку.

Для розміщення і зберігання оснащення, інструментів і пристосувань мають бути передбачені спеціальні ділянки (місця), обладнані стелажми, підставками і іншими засобами.

На ділянках (місцях), що є небезпечним і при обслуговуванні і експлуатації, на корпусах і елементах устаткування слід застосовувати знаки безпеки і сигнальні світла і обгороджування.

Підлоги в цехах ливарного виробництва мають бути рівними, без вибоїн, горбів, перепаду наздогнала, повинні володіти високою міцністю, зносостійкістю і стійкістю до дії агресивних середовищ, розжарених відливань і тому подібне.

Санітарно-побутові приміщення ливарних цехів слід розташовувати в прибудові до виробничої будівлі або в будівлі, що окремо стоїть, розміщеній поблизу цеху і сполученим з ним переходом, що утеплює. При цьому вхід в цех з побутових приміщень і рух основних потоків працівників під час перезмін не повинен проходити через заливальне, вибивне, обрубне і очисне відділення (ділянки). Санітарно-побутові приміщення ливарних цехів допускається розміщувати у вбудованих приміщеннях (вставках), при цьому санітарно-побутові приміщення мають бути відокремлені від виробничих тамбуром або коридором з виходом назовні.

Склад санітарно-побутових приміщень і норми санітарно-побутового забезпечення працівників ливарних цехів повинні відповідати вказаним в БНіП 2.09.04.

					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Швидкість струму повітря в отворах відкритих шаф і укриттів не повинна бути нижче:

0,7–0,5 м/с – при відсмоктуванні токсичних речовин. ГДК яких складає 100 мг/м³ і більш:

0,7–1,0 м/с – при відсмоктуванні токсичних речовин, ГДК яких менш 100 мг/м³

При локалізації виділень пороши швидкість струму повітря в отворах укритій – 1 – 5 м/с.

Запилене повітря від місцевої витяжної вентиляції допускається видаляти назовні. При великому вмісті пороши повітря, що видаляється, слід пропускати через очисні пристрої. Викид повітря в атмосферу слід здійснювати на висоті не менше 2 м над вищою точкою перекриття будівлі.

Видалення сухого пилу, що уловлюється фільтрами або пиловіддільниками не повинно супроводитися вторинним утворенням пилу. Видалення шламу з пилонакопичувачей має бути механізоване.

Повітроводи, що транспортують пилоповітряну суміш, мають бути забезпечені люками, що герметично закриваються, для очищення їх від пилу, що осів. Прокладки повітроводів слід проводити по можливості вертикально або похило.

У приміщеннях пультів управління, кабінах кранів і місцях тимчасового відпочинку працівників мають бути забезпечені оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості рухи повітря, встановлені для режиму легкої роботи.

Для приміщень, в яких необхідна зміна тепловіддачі, системи опалювання мають бути обладнані регулюючою арматурою, відповідною вимогам БНіП.

Системи опалювання слід застосовувати поєднаними з припливною вентиляцією. Рециркуляція повітря в робочий час для цілей опалювання допускається лише в складах опок, металу, формувальних і шихтових матеріалів, а при аварійних ситуаціях – на всіх виробничих ділянках. У

					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неробочий час рециркуляція може бути використана для чергового опалювання на всіх виробничих ділянках цеху.

Для системи опалювання з місцевими нагрівальними приладами слід застосовувати як теплоносії гарячу воду температурою не більше 105 °С або водяна пара температурою не більше 130 °С.

При пристрої опалювання за допомогою місцевих нагрівальних приладів в приміщеннях складів формувальних матеріалів, стержневих, вибивних відділень слід використовувати прилади з гладкими поверхнями, досяжними для очищення їх від пилу.

Природне і штучне освітлення виробничих і санітарно-побутових приміщень ливарних цехів повинне відповідати нормам БНіП, що діють.

У всіх виробничих і підсобних приміщеннях мають бути прийняті заходи до максимального використання природного освітлення.

Норми природного освітлення приміщень слід встановлювати з обліку м обов'язкового регулярного очищення скла світлових отворів від пилу, кіптяви і інших забруднень.

Нормовані значення коефіцієнта природної освітленості встановлюються відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств.

Світлоаераційні ліхтарі виробничих прольотів ливарних цехів мають бути обладнані пристосуваннями для механічного відкриття фрамуги рам з наземних пунктів управління і для очищення їх від пилу і грязі.

Під світові отвори светоаераційних ліхтарів мають бути встановлені металеві сітки для захисту працівників від поразки в разі випадання скла.

Скляні поверхні світлових отворів (вікон) слід піддавати періодичному очищенню від пилу, грязі, диму, кіптяви в приміщеннях.

з великим виділенням пилу, диму або кіптяви - не рідше чотири раз на місяць:

з середніми виділеннями пилу, диму або бий - не рідше три раз на місяць;

з малим виділенням пилу, диму або кіптяви - не рідше за два рази е місяць.

					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Взимку очищення скління вікон необхідно проводити лише з внутрішньої сторони.

Очищення ліхтарного скління від пилу, кіптяви і інших забруднень необхідно проводити не менше два раз на рік.

Миття скління, палітурок, коробка вікон і ліхтарів розчинниками або іншими агресивними матеріалами, що викликають корозійні руйнування, не допускається.

Очищення скління ліхтарів зимою від снігу необхідно проводити регулярно і негайно після сильного снігопаду. Сніг необхідно видаляти дерев'яними шкрябаннями і мітлами.

На ділянках виготовлення форм і стержнів для литва всіх класів точності, обробки литва на стаціонарних металообробних верстатах, зачистки поверхонь литва і їх ґрунтування, розмітки, технічного контролю крупних, середніх і дрібних відливок, ремонту модельно-опочного оснащення, в електрощитових і в пультових приміщеннях слід застосовувати систему комбінованого освітлення, а в останніх, приміщеннях - систему загального освітлення.

Для загального освітлення всіх ділянок і відділень ливарного хутра з постійними робітниками місцями слід застосовувати газорозрядні джерела світла.

Люмінесцентні лампи слід застосовувати для загального освітлення ділянок підготовки, виробництва і ремонту модельно-опочного оснащення, в електрощитових і пультових приміщеннях, цехових лабораторіях, а також для місцевого освітлення на ділянках виготовлення форм і стержнів для литва всіх класів точності і на ділянках технічного контролю крупного, середнього і дрібного литва.

Лампи розжарювання слід застосовувати:

для місцевого освітлення на стаціонарних металообробних верстатах при обдиранні задирок литва:

					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для освітлення приміщень без постійних робочих місць, у вибухонебезпечних, вибуху - пожежонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях, в сирих і заповнених приміщеннях і приміщеннях з хімічно активним середовищем, якщо вживання газорозрядних ламп технічно неможливе:

для аварійного освітлення, якщо для робочого освітлення передбачаються газорозрядні джерела світла.

Світильники місцевого і загального освітлення на висоті підвісу менше 2,5 м від підлоги повинні харчуватися від мережі напругу не більше 42 В. Для переносного освітлення слід застосовувати напругу не більше 24 В.

Для освітлення ливарних цехів слід використовувати світильники, легкознімні відбивачі, що мають, і захисні стекла, приєднуються до мережі за допомогою штепсельних роз'ємів або клемних колодок, що забезпечують легке від'єднання від мережі.

Пристрої для включення і виключення освітлення приміщень мають бути розташовані в доступній зоні.

4.3.Д

На території України тривалий час відбуваються бойові дії. Тому присутня небезпека від вибухонебезпечних предметів (ВНП). ВНП можливо знайти у місцях боїв, у лісі, у полі, поблизу населених пунктів і в них. Сучасні боєприпаси та інші вибухонебезпечні предмети можуть бути різних форм, мати різний вигляд та бути зовні не схожими на боєприпаси!

До вибухонебезпечних предмети (ВНП) належать [(11)]:

- ~~вибухонебезпечних предметів~~
- крилаті і балістичні ракети;
- артилерійські, мінометні, ракетні снаряди;
- боєприпаси до легкої стрілецької зброї;
- міни, торпеди і глибинні бомби;
- піротехнічні матеріали;
- касетні суббоєприпаси та їх контейнери;

										Арк.
										48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДІТ.04100.903. КРПЗ

- піропатрони та піротехнічні пристрої;
- електропірозапали;
- замасковані та саморобні вибухові пристрої.

При виявленні ВВП [(12)]:

- треба зупинитися та озирнутися навколо. Попередити людей поряд про небезпеку. Потім повернутися за маршрутом, яким прийшли.
- на відстані не менше 100 метрів за номером 101, 102 викликати спеціалістів.
- самостійно не намагатися знешкодити будь-який вибухонебезпечний предмет.
- запам'ятати місце виявлення ВВП та по можливості встановити попереджувальні знаки. Місце небезпечної знахідки позначити – шматком яскравої тканини, схрещеними палицями, комнем тощо. По можливості дочекайтеся приїзду спеціалістів по розмінуванню.

					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

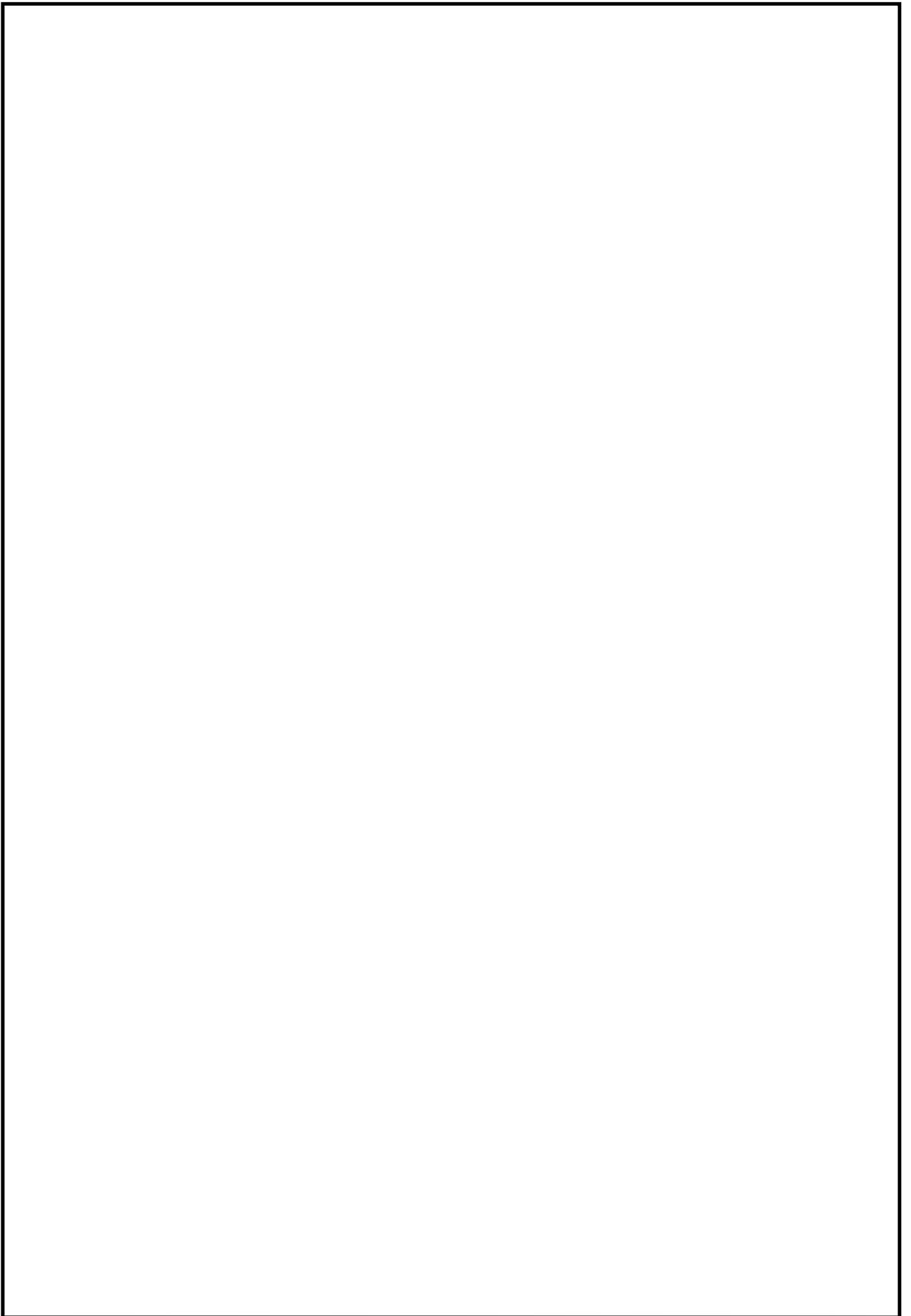
ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд конструкцій горизонтальних відцентрових машин для литва заготовок циліндричної форми.
2. Згідно завдання побудовано математичні моделі руху ливарної форми машини у сталому і перехідному режимах роботи.
3. Розраховано жорсткість гумових втулок роликів опор форм машини.
4. Розраховані власні (резонансні) частоти для 9 діаметрів ливарних форм машини.
5. Отримані формули для розрахунку амплітудно-частотної характеристики ливарної машини.
6. За математичною моделлю руху форми машини під час її розгону, за допомогою інструментів візуального програмування додатку Simulink системи Matlab створена і налагоджена відповідна S-модель.
7. За допомогою S-модель розраховані лінійні і кутові коливання форми під час розгону при кутовому прискоренні 1 рад/с^2 на інтервалі $0 - 60 \text{ с}$. Амплітуда лінійних коливань форми $5,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, а кутових – $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ рад}$.
8. Коливання форми у робочому діапазоні швидкостей її обертання не значні і створюють небезпеку міцності конструкції машини.
9. Опубліковано тези доповіді «Динаміка ливарної машини роторного типу на пружній підвісці» у збірнику тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених. Т1. Дніпро, УДУНТ, 2023. – С. 70.
10. Розроблено розділ охорони праці при виконанні ливарних робіт та дії при виявленні вибухонебезпечних предметів

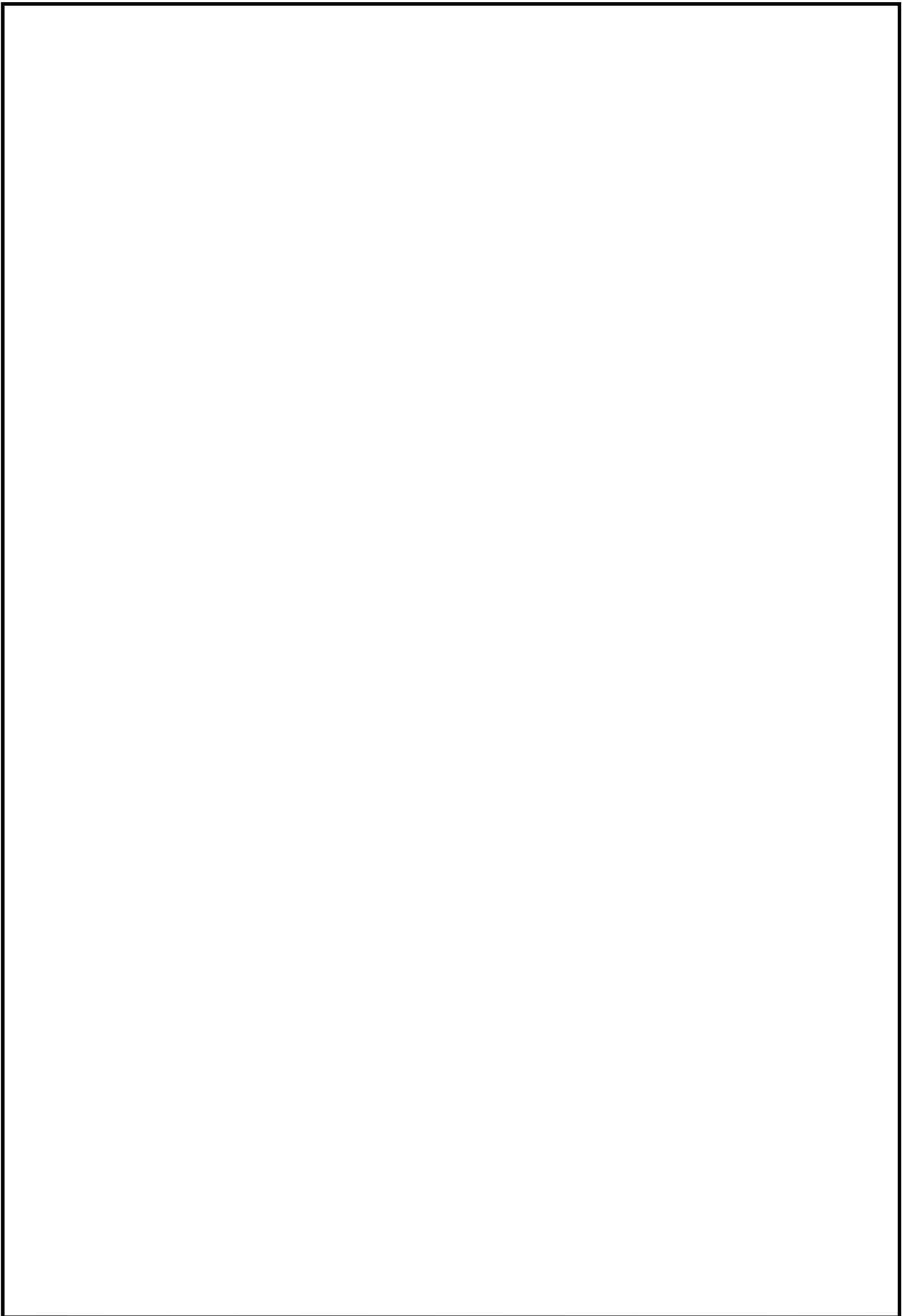
					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Дії при виявленні вибухонебезпечних предметів . Українська громада. [В Інтернеті] 03 08 2022 г. [Цитировано: 23 10 2023 г.] <https://ukrainska-gromada.gov.ua/community/diyi-pri-vyyavlenni-vybuhonebezpechnyh-predmetiv.html>.

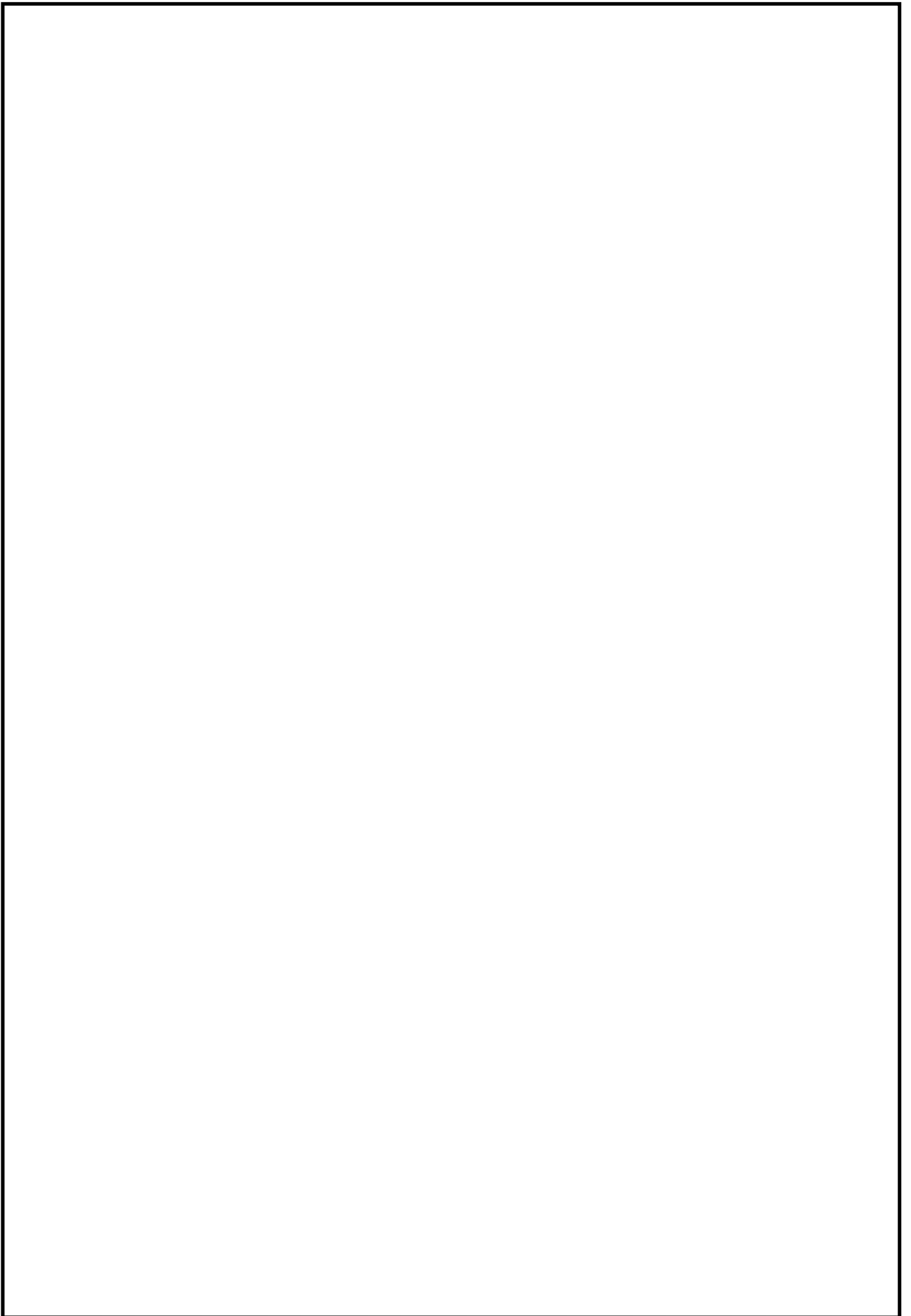
					ДІТ.04100.903. КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53



					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54



					<i>ДІТ.04100.903. КРПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55