

Запорізька державна інженерна академія

Металургійний факультет. Кафедра МО

Спеціальність «Металургійне обладнання» 8.05050311

Затверджую:

Зав. кафедрою Г.П. Малишев

“ _____ ” _____ 20

15 р.

Завдання

на кваліфікаційну роботу магістра

Маковського Олексія Миколайовича

1. Тема роботи: «Дослідження роботи кліщового крану обтискного цеху» затверджена наказом по академії від 19.05.2015 року № 277-01 Керівник проекту (роботи) Шевченко І.А.
2. Термін здачі закінченої роботи 30 грудня 2015 р.
3. Вихідні дані до проекту: максимальна вага зливка, т – 20; вага підйомної частини механізму, т – 44,8.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): Вступ; 1. Технологічна частина; 2. Дослідницька частина; 3. Прикладна частина; 4. Електрична частина; 5. Організаційна частина; 6. Економічна частина. 7. Охорона праці та техногенна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Візок кліщового крану 2 А1; 2. Підвіска кліщового крану – 1 А1; 3. Механізм пересування візка 1 А1; 4. Плакати дослідницької частини – 5 А1; 4. Електрична частина – 1 А1; 5. Мережевий графік капітального ремонту кліщового крану 1 А1; 6. Охорона праці та техногенна безпека 1 А1. Разом 12 аркушів формату А – 1.

6. Консультанти з проекту із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1,3	доц.. Шевченко І.А.		
2	проф. Малишев Г.П.		
4	доц.. Шевченко І.А.		
5	доц. Таратута К. В.		
6	доц. Таратута К. В.		
7	доц. Тарасов В. К		

7. Дата видачі завдання 19.05.15р.

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Календарний план

Пор. №	Консультант	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Збір матеріалу на проектування	01.09.15 – 20.09.15	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.09.15 – 30.09.15	
3	Виконання теоретичної частини проекту	01.10.15 – 01.11.15	
4	Виконання графічної частини проекту	01.11.15 – 01.12.15	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.12.15 – 15.12.15	
6	Перевірка проекту консультантами	15.12.15 – 25.12.15	
7	Попередній захист проекту	Згідно з графіком	
8	Переплітання пояснювальної записки		
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент

_____ (Підпис)

Керівник проекту (роботи)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з: ____ с. тексту комп'ютерного набору, ____ рис, ____ таблиць, додатків. Список використаних джерел містить - ____ джерел.

Об'єкт дослідження – кліщовий кран обтискного цеху .

Мета – дослідження та визначення навантажень, що виникають під час роботи кліщового крану.

У магістерській роботі наведено: технічна характеристика діючої моделі трьохопераційного стріперного пристрою крана для роздягання зливків з виливниць Q=175-25/15, яка виконана в масштабі 1:10 від натуральної величини, представлено опис сфери призначення та застосування. Проведено дослідження з метою визначення технологічних навантажень під час роздягання зливків, отримані результати експериментальних досліджень, порівняно з теоретичними розрахунками. Представлено опис роботи та будова тензометричних датчиків, що використовувались під час проведення експерименту. Наведено опис вимірювальної апаратури «МС» та програмних комплексів Recorder та WinПос.

Представлене в роботі дослідження може бути використане на ПАТ „Запоріжсталь” в обтискному цеху або використана на підприємствах металургійної промисловості, що мають аналогічне устаткування.

КРАН, ЗЛИВОК, КЛІЩІ, ГОЛІВКА, КУТ НАХИЛУ, ШПЕМПЕЛЬ, ЗУСИЛЛЯ, МЕСДОЗА, МОДЕЛЬ, ДОСЛІД, ДАТЧИК, ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС, ПОТУЖНІСТЬ, МОМЕНТ, МІЦНІСТЬ, КАПІТАЛЬНІ ВКЛАДЕННЯ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ

Вступ

Прокатне виробництво є завершальною ланкою металургійного циклу. Відповідно зі збільшенням виплавки сталі і кольорових металів передбачається безперервне зростання випуску, розширення сортаменту та підвищення якості готового прокату.

В сучасних прокатних цехах технологічні операції здійснюються по поточному і безперервному принципам, що дозволяє широко застосовувати комплексну механізацію та автоматизацію. Тому механічне обладнання прокатних цехів є досить складним і різноманітним за призначенням і конструкції. Створення нового прокатного обладнання та експлуатація складних машин і агрегатів в прокатних цехах вимагають використання досягнень в різних областях науки і техніки та підготовки висококваліфікованих фахівців – інженерів, конструкторів і механіків.

Взаємне розташування основних і допоміжних цехів повинно забезпечувати найбільш ефективну організацію виробництва відповідно до прийнятої технологією шляхом створення належних виробничих зв'язків між цехами, а в цехах – між агрегатами; найбільш доцільно розвиток заводу відповідно до проектних рішень перспективного характеру шляхом резервування необхідних територій для будівництва нових та розширення діючих цехів.

В даний час в обтискному цеху комбінату «Запоріжсталь» подача нагрітих зливків від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу стану (слябінг 1150) здійснюється п'ять кранів мостових спеціальних кліщових колодцевих, одним зливковозом.

Від безперебійної роботи кліщового крану залежить продуктивність стану, а також якість нагріву зливків перед прокаткою.

3.1 Характеристика моделі стріперного пристрою крана

3.1.1 Призначення та конструкція моделі стріперного пристрою крана

Діюча модель трьохопераційного стріперного пристрою крана для роздягання зливків з виливниць Q=175-25/15 виконана в масштабі 1:10 від натуральної величини та призначена для проведення лабораторних і дослідницьких робіт.

Фотографія моделі стріперного пристрою крана представлено на рисунку 3.1-3.4, а принципова схема - на рисунку 3.5.



Рисунок 3.1 - Фотографія моделі стріперного пристрою крана



Рисунок 3.2 – Фоторафія верхнього майданчика

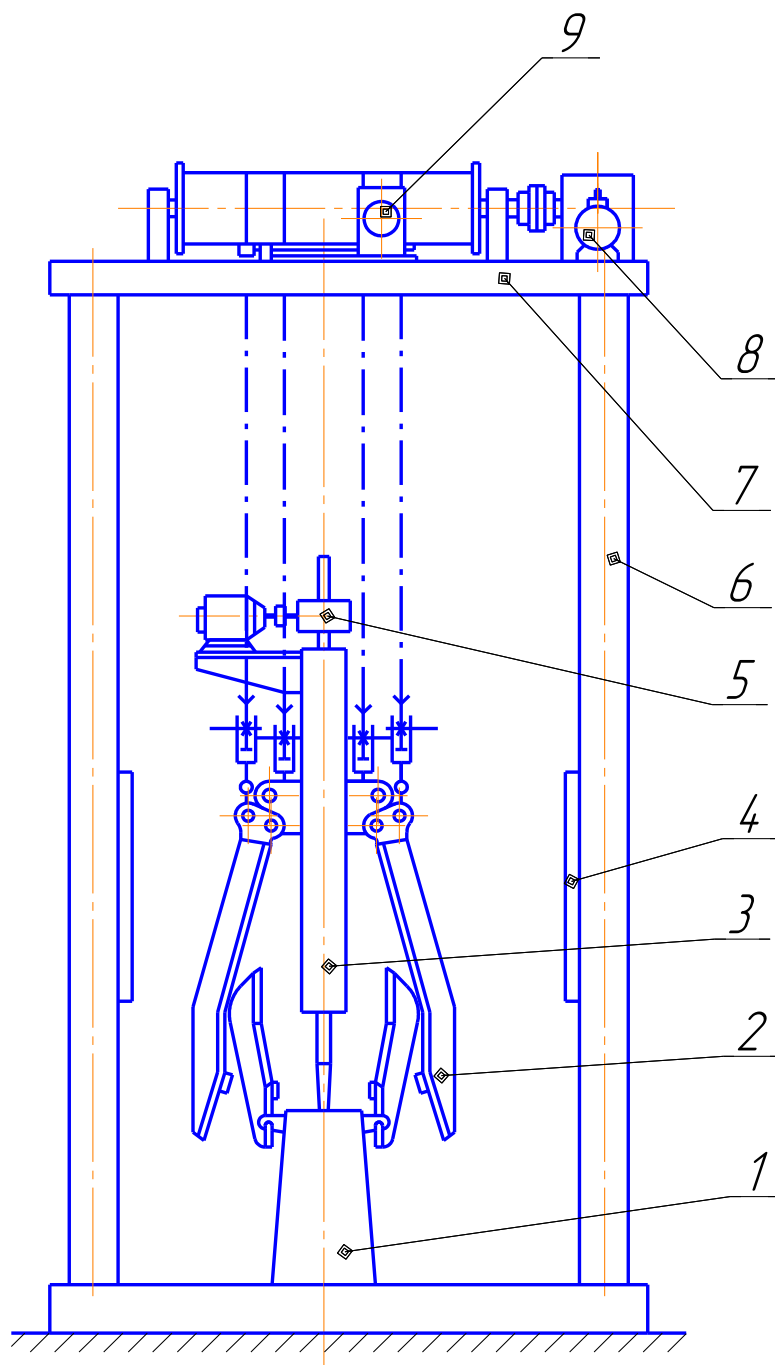


Рисунок 3.3 – Фотографія кліщів



Рисунок 3.4 – Фотографія фрикційної виливниці

Принципова схема дослідницької установки наведена на рисунку 1.5. Патрон 3 стріперного пристрою переміщується в напрямних 4, закріплених на колонах 6. Приводи 8 і 9 механізмів підйому патрона й керування великими кліщами 2 установлені йа верхньому майданчику 7, що виконує роль рами візка стріперного крана. Привод 5 механізму, що виштовхує, з метою спрощення моделі розташований безпосередньо на патроні 3. Роль виливниці із застряглим зливком виконує спеціальний фрикційний пристрій 1 (фрикційна виливниця).



1 – виливниця фрикційна; 2 – кліщі; 3 – патрон; 4 – направляюча;
 5 – привод; 6 – колона; 7 – майданчик верхній; 8 - привод механізму підйому
 патрона; 9 - привод керування кліщами

Рисунок 3.5 - Принципова схема моделі стріперного пристрою

3.2 Дослідження навантажень стрипперного пристрою трьохопераційного крана для роздягання зливків

3.2.1 Порядок проведення дослідної роботи на моделі стрипперного пристрою трьохопераційного крана для роздягання зливків

Роботу виконуємо на діючій моделі стрипперного пристрою трьохопераційного крана для роздягання зливків.

Перед початком роботи необхідно підготувати установку, для чого звільнити проходи навколо установки та його майданчики від сторонніх предметів; перевірити огороження муфт та інших обертових деталей.

Робота установки перевіряється холостим ходом, під час якого при необхідності готують та перевіряються основні робочі механізми.

Всі роботи, пов'язані з витягуванням зливка виконуються тільки за розпорядженнями викладача або іншої особи уповноваженої на проведення роботи.

3.2.2 Хід дослідження роботи стрипперного пристрою при роздяганні з виливниці зливка з розширенням донизу

Метою дослідження є визначення залежності зусилля в штемпелі від кута нахилу зливка.

Включаємо механізм переміщення патрона з метою установки великих кліщів 4 проти вух 2 виливниці 1 (рис 3.6). Електродвигун 19 через черв'ячний редуктор 20 обертає барабан лебідки 18, що змотує одночасно тягові канати 17 і канати 16 керування великими кліщами 4. Канати 15 контргруза 14 намотуються на барабан, піднімаючи його нагору. Вирівнювання натягів канатів досягнуто установкою балансира 22.

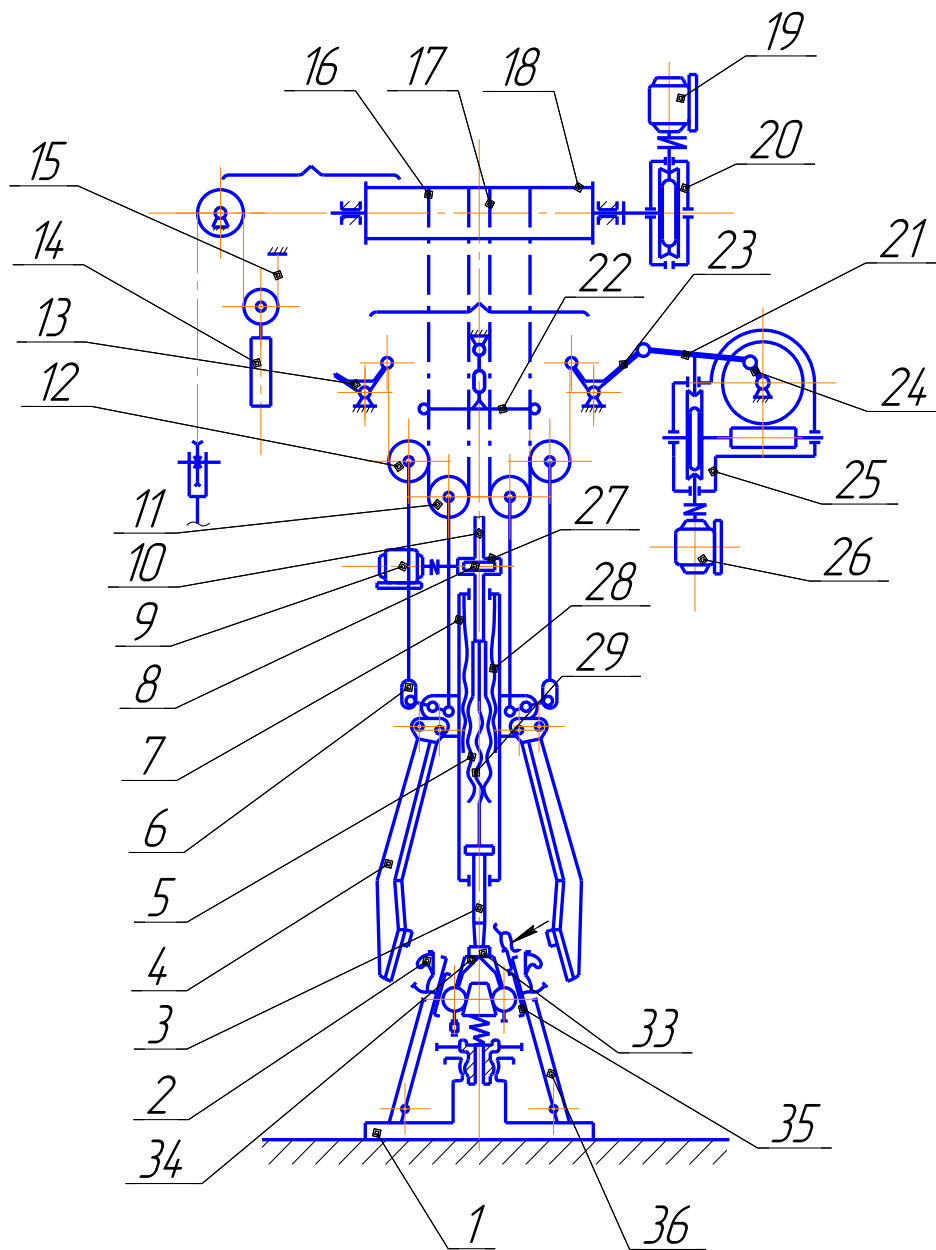


Рисунок 3.6 - Кінематична схема механізму стріперного пристрою
(позиції по тексту)

Блоки 11 тягових канатів і блоки 12 канатів керування кліщами переміщуються долілиць із однаковою швидкістю, внаслідок чого патрон 7 опускається з розкритими кліщами. Потім включають механізм керування великими кліщами. Від електродвигуна 26 через черв'ячний редуктор 25 приводиться в обертання кривошип 24 чортирьохзвеного коромислового механізму 21.

Спарені коромисла 23 і 13 переміщують канати керування кліщами 16 долілиць. При цьому блоки 12 опускаються й важіль 6 повертає кліщовину 4, що захоплюють вуха виливниць. Далі, включають у роботу механізм, що виштовхує. Електродвигун 9 через черв'ячну передачу 8 обертає порожній гвинт - гайку 5, що входить своїм хвостиком 10 у квадратний отвір у маточині черв'ячного колеса 27.

Порожній гвинт 5, вигвинчуючись із нерухливої гайки-патрона 28, одержує поступальний рух долілиць. Крім того, при обертанні гвинта-гайки 5, гвинт 29 також одержує переміщення в ту ж сторону. У результаті штемпель 3 опускається з подвоєною швидкістю до зіткнення з месдозою 33, установленою на центральній обоймі 34 фрикційної виливниці 1.

Для визначення зусиль у канатах механізму підйому патрона в балансирній підвісці встановлено силовимірювач 37 із дрововими датчиками.

Фрикційна виливниця (рис. 3.7), що імітує навантаження при роздяганні зливка з виливниці, улаштована в такий спосіб: На рамі 1 шарнірно закріплені два важелі 3 (стілки виливниці), кут нахилу яких установлюється гвинтами 7. Важелі 3 і черевики 5 постачені змінними накладками 4 і 6, що дозволяє просто змінювати шорсткість контактуємих поверхонь.

Притиснення башмаків до важелів проводиться за допомогою пружинно-клинового пристрою, що складається із пружини 16, клина 14 зі штоком 15, роликів 8, ув'язнених в обоймі 9, і башмаків 5, посаджених на осі роликів 12. Зусилля, створюване пружиною, регулюють осьовим переміщенням гвинта 20, що обертається маховичком 19.

З метою попередження закручування пружини між гвинтом 20 і

шайбою 17 установлений конічний роликпідшипник 18. Ступінь деформації пружини визначають по лінійці 2. Осі роликів 12 переміщуються в овальних отворах обойми 9, що забезпечує передачу зусиль від клина 14 до башмаків 5.

Вимір зусилля, що виштовхує, P проводиться месдозою 10, яка установлена в стакані 11 обойми 9.

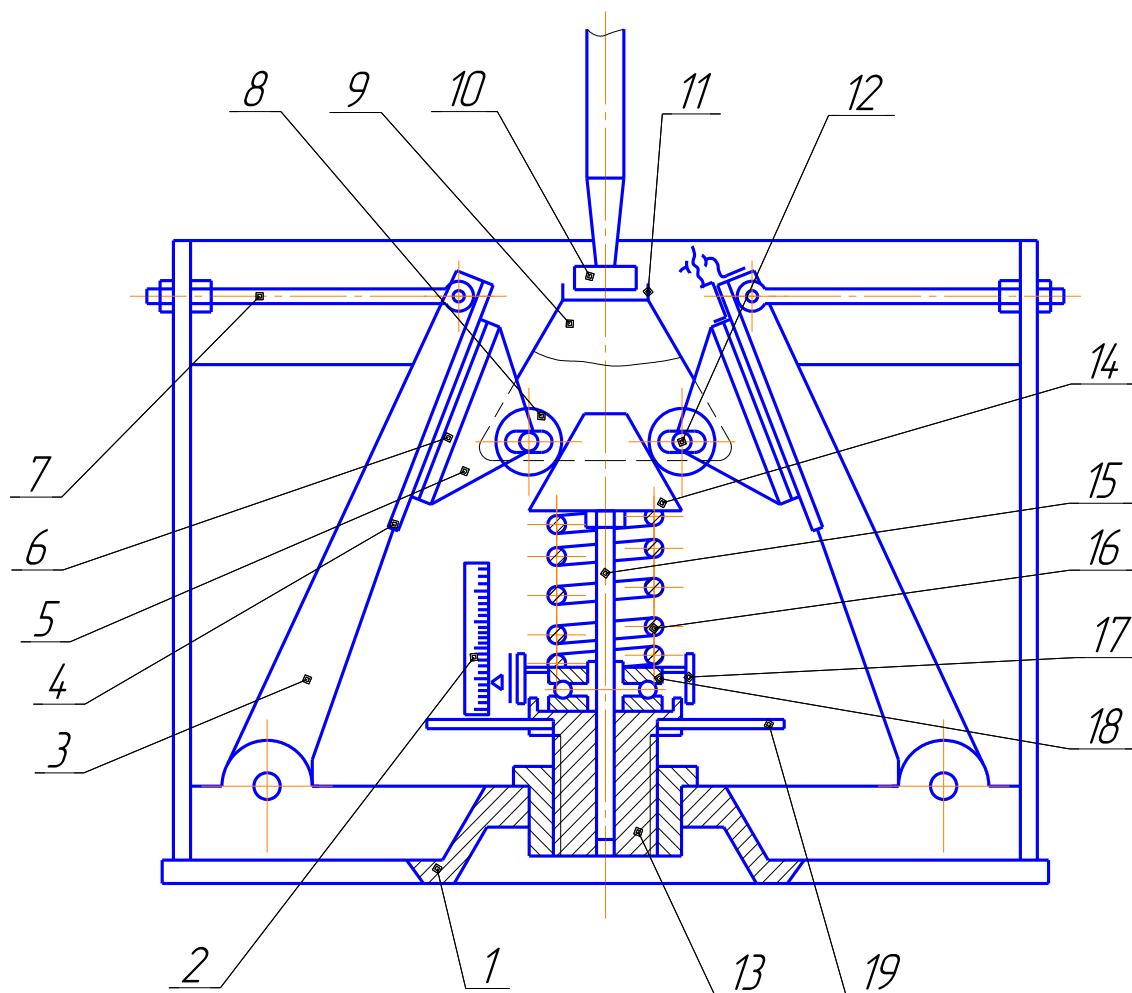


Рисунок 3.7 - Принциповий устрій фрикційної виливниці
(позиції по тексту)

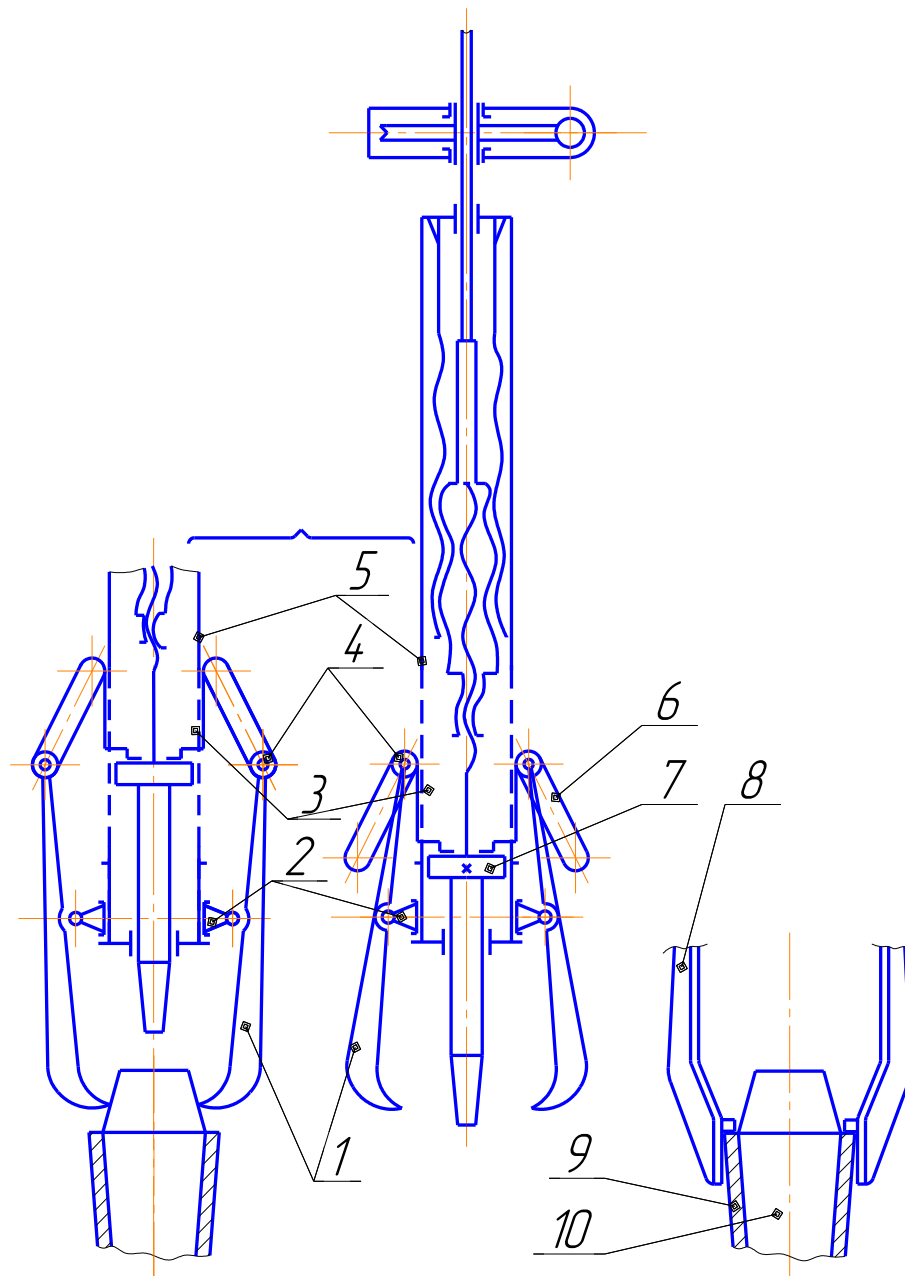
2.3 Хід дослідження роботи стрипперного пристрою при добуванні з виливної зливка з розширенням кверху

При добуванні з виливної зливка з розширенням кверху застосовують модель глухонної виливної з розширенням кверху й відповідний за формою зливка. Малі кліщі звільняються від фіксуючих гаків. Під дією власної ваги кліщі (рис. 3.8) разом із траверсою 2 опускаються в нижнє положення. Обойма 3 вільно посаджена на патрон 5, своєю вагою впливає на ролики 4 кліщів 1, та переміщає їх у похилих пазах 6 назустріч один одному й розводячи нижні кінці кліщів.

Механізмами підйому й керування великі кліщі встановлюють так, щоб їхні припливи 8 уперлися в край виливної 9. Включають привод механізму, що виштовхує, і штемпель 7 одержує переміщення нагору з подвоєною швидкістю, захоплюючи своїми буртами обойму 3 і так само пересуваючи її нагору.

Ролики кліщовин 4 розходяться в пазах обойми 6, нижні кінці кліщів, постачені кернами, захоплюють прибуткову частину зливка 10. Після впровадження кернів кліщі під впливом обойми починають переміщатися нагору, підриваючи й витягаючи зливка з виливної.

Як і в першому випадку зусилля стрипперування замикається в системі кліщі-патрон-гвинтовий механізм -штемпель.



1 – кліщовина; 2 – траверса; 3 – обойма; 4 – ролик; 5 – патрон;
 6 - похильний паз; 7 – штемпель; 8 – прилив; 9 - край виливниці;
 10 - прибуткова частина зливка

Рисунок 3.8 - Принципова схема пристрою й роботи малих кліщів
 стріперного пристрою

3.3. Дослідження навантажень при роздзягненні зливка з виливниці

3.3.1 Порядок проведення експерименту

Експериментальне дослідження навантажень механізму, що виштовхує, і обробку експериментальних даних необхідно проводити наступним чином.

1. Протарувати попередньо на гідропресі пружину фрикційної виливниці й побудувати лінійний графік, зміни зусилля пружини залежно від її осідання $Q=f(h)$.

2. Настроїти фрикційну виливницю й замірити величину осадки пружини h_i . За графіком $Q=f(h)$ знайти зусилля Q_i ; створюване пружиною.

3. Зробити захват виливниці великими кліщами.

4. Перевірити вимірювальну схему месдозы й вимірювальну апаратуру.

5. Перевірити й включити показчик зрушення.

6. Включити механізм, що виштовхує, і записати діограму навантажень.

7. Зняти змінні пластини на стінках і башмаках фрикційної виливниці й встановити на їхнє місце нові пластини з більшою висотою гребінців поверхні. Експерименти повторити двічі й одержати величини зусиль, що виштовхують, P_{\min} , P_{cp} , P_{\max} відповідно для малих, середніх і великих висот гребінців змінних пластин.

8. Використовуючи експериментальні значення сили P , знайти вертикальні сили на штемпелі W , необхідні для розриву зчеплення контактних пластин у фрикційної виливниці, і величини умовних коефіцієнтів тертя між пластинами f .

3.3.2 Методика визначення навантажень при роздзягненні зливка з виливниці

У цьому випадку використовуємо наступну методику розрахунку. Силу Q , створювану пружиною, розкладаємо на дві сили S нормальні до площин

клина й минаючі через осі роликів (рис. 3.9).

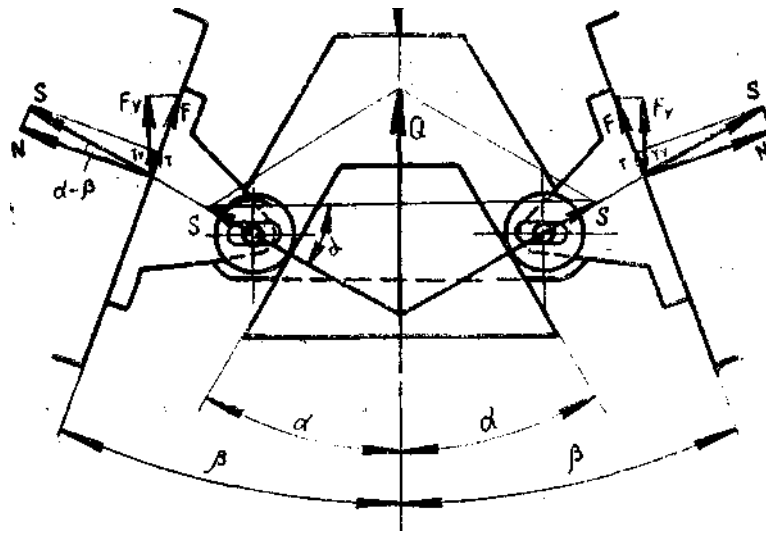


Рисунок 3.9 - Розрахункова схема фрикційної виливниці

Силами тертя, що виникають між роликами й клином, а також тертям роликів у поздовжніх пазах обойми зневажаємо, внаслідок їхньої малості. Тоді:

$$S = \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha}, \quad (3.1)$$

де α - половина кута при вершині клина.

У свою чергу сили S розкладаємо по двох взаємно перпендикулярних напрямках: уздовж і перпендикулярно площини контакту пластин.

$$T = S \cdot \sin(\alpha - \beta), \quad (3.2)$$

$$N = S \cdot \cos(\alpha - \beta), \quad (3.3)$$

де β - кут нахилу стінки виливниці до вертикалі.

Проекція сили T на вертикальну вісь Y буде становити:

$$T_y = T \cdot \cos\beta = \frac{Q \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \cos\beta}{2 \cdot \sin\alpha}, \quad (3.4)$$

Вертикальна сила W , яку потрібно прикласти до штемпеля для того, щоб перебороти зчеплення контактних пластин складе:

$$W = P - 2 \cdot T_y, \quad (3.5)$$

Або

$$W = P - \frac{Q \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \cos\beta}{\sin\alpha}, \quad (3.6)$$

де P — повне зусилля на штемпелі.

Силу зчеплення однієї пари контактних пластин можна представити як

$$F = N \cdot f, \quad (3.7)$$

де f - умовний коефіцієнт тертя.

Проекція сили F на вертикальну вісь Y дорівнює:

$$F_y = F \cdot \cos\beta = \frac{Q \cdot f \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos\beta}{2 \cdot \sin\alpha}, \quad (3.8)$$

Силу W можна представити як суму двох вертикальних проєкцій сил F_y :

$$W = 2 \cdot F_y, \quad (3.9)$$

Підставляючи у вираження (3.5) значення W , P_y , T_y й вирішуючи відносно

f, одержимо формулу для обчислення умовного коефіцієнта тертя:

$$f = \frac{P \cdot \sin \alpha - Q \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta}{Q \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta}, \quad (3.10)$$

Обчислити по формулах, отриманим вище, зусилля W_{MIN} , W_{CP} , W_{MAX} і коефіцієнти f_{MIN} , f_{CP} , f_{MAX} , що відповідають малим δ_{min} , середнім $\delta_{\text{порівн}}$ і великим δ_{max} висотам гребінців поверхні контактних пластин виливниці. Використовуючи отримані дані, побудувати графік зміни зусилля W і коефіцієнта тертя f у функції висоти гребінців.

3.3.3 Визначення навантажень при роздягненні зливка з виливниці за допомогою вимірювальної апаратури та програмних комплексів

3.3.3.1 Будова тензометричних датчиків

Для дослідження напружень і навантажень у деталях та вузлах металургійних машин і механізмів широко використовуються тензометричні датчики опору.

Сутність тензометрування полягає в тому що на об'єкт, в якому потрібно визначити навантаження, кріпляться сприймаючі елементи з кількох тензодатчиків, зібраних у місткову схему з подачею на неї електроживлення. Разом з деформацією піддослідного об'єкту деформуються і тензодатчики, змінюючи свій опір. В результаті чого на виході моста виникає електричний сигнал розбалансу, пропорційний величини деформації (напруження, навантаження).

Використовують дротові та фольгові тензодатчики (рис.3.10).

Дротяний тензодатчик (рис. 3.10, а) складається з тонкого дроту діаметром 0,012...0,05 мм з великим омичним опором (200 Ом), зигзагоподібно розташованих поміж двох шарів паперу або плівки. Фольгові тензодатчики

(рис.3.10, б), на відміну від дротяних, мають спіраль, виготовлену із фольги значно меншої товщини методом фото-травлення. Як ізолююча підстилка використовується лакостійка плівка. Матеріалом для тензодатчиків є константан, манганін та ніхром. Тензодатчики на паперовій підстилці скріплюються з деталлю за допомогою клею БФ-2, а тензодатчики на плівочній підстилці – лаком ВЛ-4 або ВЛ-7. Для більш надійної роботи тензодатчиків вони після наклейки можуть бути захищені від впливу вологи спеціальними покриттями (фуріловою смолою Ф-10, клеєм Р-88, перхлорвініловою емаллю ХЗ-13 та ін.). Наклейку тензодатчиків здійснюють так, щоб їх осьова лінія суворо збігалась з лінією впливу головних напружень. В такому разі тензодатчик сприймає суто деформації розтягнення або стиску. При розтягненні опір тензодатчиків збільшується, при стиску – зменшується.

Зміна опору тензодатчика підкоряється лінійному закону. Як відомо, опір провідника, Ом :

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (3.1)$$

де ρ – опір провідника, Ом·м;

l – довжина провідника, м;

S – площа поперечного перерізу, м².

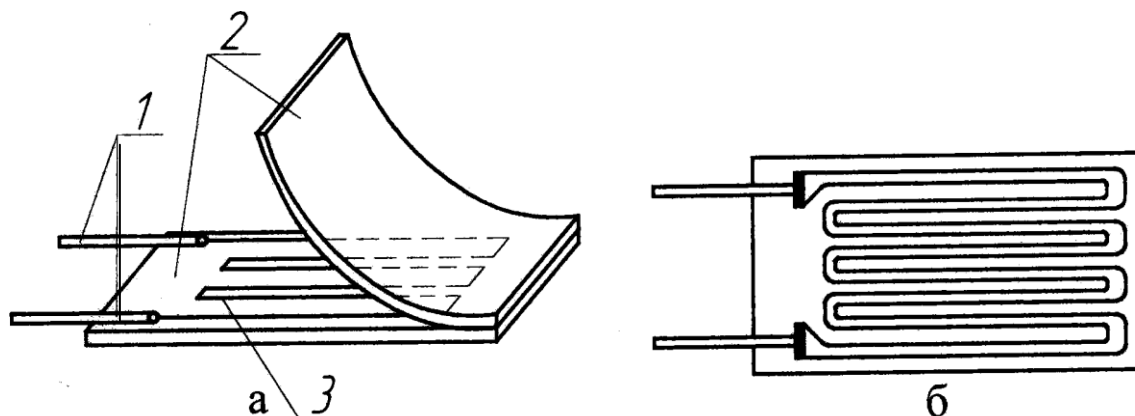
Тому, що коефіцієнт Пуассона малий, S змінюється незначно. При постійних ρ і S опір прямо пропорційний l . Однак опір тензодатчика змінюється і при зміні температури навколишнього середовища, Ом :

$$R_t = \rho \cdot l \cdot \frac{1 + \alpha \cdot (t_1 - t_0)}{S}, \quad (3.2)$$

де α - коефіцієнт лінійного подовження;

$t_1 - t_0$ - перепад температур.

Тому один датчик здебільше не застосовують, а використовують спеціальні схеми їх з'єднання, виключаючи вплив температури навколишнього середовища.



1 – виводи; 2 – ізоляційна підстилка; 3 – спіраль

Рисунок 3.10 – Пристрій дротяного (а) і фольгового (б) тензодатчиків

3.3.3.2 Спосіб з'єднання тензодатчиків

Для того, щоб виключити похибки від температурного впливу, отримати подвійну або збільшену в четверо чутливість тензодатчиків в порівнянні з одним, тензодатчики з'єднують по містковій схемі. На рис. 3.11 а показана схема одинарного мосту Уїтстона, який дає можливість компенсувати температурний вплив на показання тензодатчиків та підвищити їх чутливість.

Тензодатчики з'єднують так, щоб отримати найбільшу різницю у виразі для знаходження сили струму. Дійсно, що найбільше значення струму буде отримано, якщо тензодатчики R_1 , R_3 будуть сприймати деформацію розтягнення, збільшуючи свій опір, а тензодатчики R_2 , R_4 – деформацію стиснення, зменшуючи свій опір. Але у цьому випадку необхідно розглянути схему із її можливістю компенсувати дію температурного впливу. Якщо при зміні температури деталі, що досліджується, усі датчики моста сприймають

деформацію одного знаку, то така схема буде компенсувати температурний вплив. У випадку, коли датчики мають різні деформації, необхідно використовувати місткову схему з компенсаційними датчиками (рис. 3.11, б), які не повинні сприймати активних деформацій. Їх наклеюють на пластини, розташованих поряд з піддослідною деталлю, або перпендикулярно до лінії дії головних напружень.

Відповідно в містковій схемі (рис. 3.311, б) робочі датчики R_1, R_2 повинні мати один вид деформації (розтяг або стиск), так як в протилежному випадку сигнал на виході мосту буде рівний нулю.

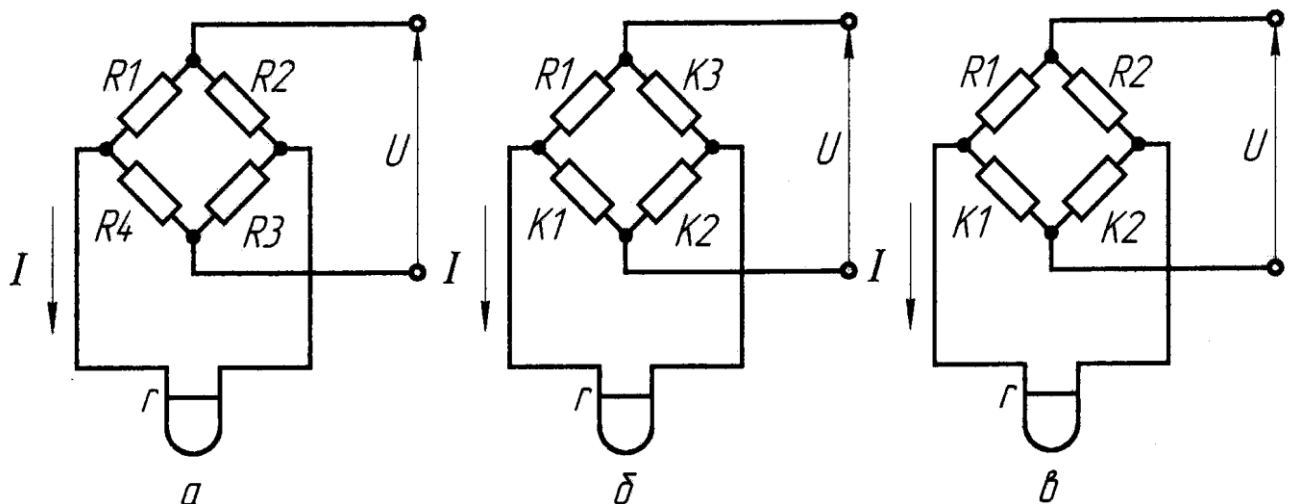


Рисунок 3.11 – Схеми з'єднання тензодатчиків: R – робочі (активні) датчики; K – компенсаційні датчики

Якщо робочі датчики мають деформації зворотних знаків (у випадку виміру напруження вигину у балці при наклеюванні з нижньої та верхньої сторін), схема включення мосту буде мати вигляд, показаний на рис. 3.11 в. Ця схема використовується при вимірах крутних моментів, при цьому компенсаційні датчики розташовують на окремій пластині.

3.3.3.3 Вимір зусиль за допомогою мездоз

У мездозі мембранного типу (рис.3.12) два робочих датчика 1, наклеєно на внутрішню поверхню мембрани 2, виконаної за одне ціле з корпусом 3. Знизу мездоза зачинена кришкою 4. Компенсаційні датчики 5 наклеєні на не навантажену пластину 6, розміщену у корпусі мездози. Сферичні укладки 7 забезпечують центральне навантаження до мездози.

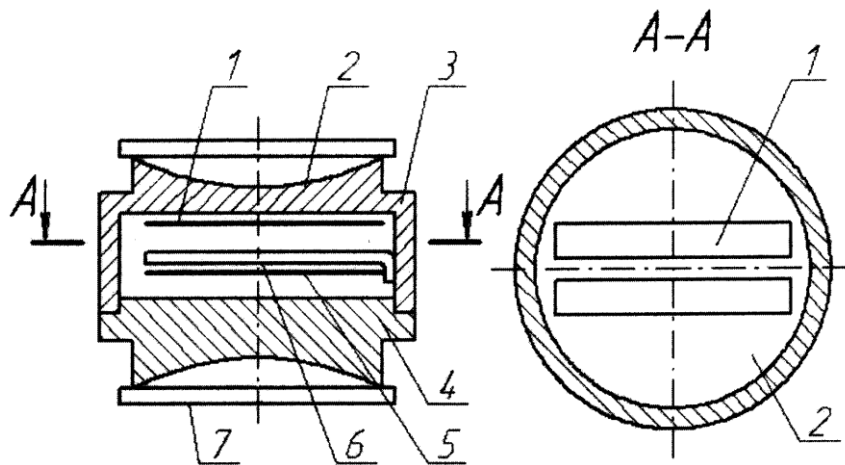


Рисунок 3.12 – Мездоза для дослідження зусиль

Тарування мездоз мембранного типу виконуємо безпосереднім навантаженням на лабораторному пресі ПГПР-4.

Прес гідравлічний ручний ПГПР-4 призначений для вивчення дії гідравлічного преса і демонстрації різних фізичних дослідів, де потрібно значний тиск до 15МПа (150 кгс/см^2), для випробування матеріалів на вигин, розтяг, стиск, розрив, штампування матеріалу і тарування.

Технічні характеристики преса гідравлічного ручного ПГПР-4:

– Діаметр великого поршня (плунжера) – $D = 58 \text{ мм}$

- Діаметр малого поршня – $d = 10$ мм
- Рух великого поршня – $L = 60$ мм
- Максимальна відстань між поршнем і верхньою плитою - 120 мм
- Діаметр опорної поверхні поршня - 80 мм
- Номінальне зусилля - 39,2 кН (4 тс)
- Граничний робочий тиск - 15,2 МПа (155 кгс /см²)
- Маса - 22 кг
- Розміри - 460x385x160 мм



Рисунок 3.13 – Встановлення мездози для заміру тиску при роздяганні
виливної

Мездозу встановлюємо поміж верхньою траверсою та плунжером і підключаємо до реєструючої апаратури.

Задаємо тарувальні зусилля, Н :

$$F_0 = P_T \cdot A$$

де P_0 – тиск мастила у циліндрі гідропресу, який встановлюється по манометру, МПа (Н/мм²);

A – площа великого поршня, мм²;

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 58^2}{4} = 2640 \text{ мм}^2.$$

Виконуємо тарування для наступних показань манометра при осадці пружини:

$$\Delta h=0 \text{ мм} \quad 0\text{МПа} \rightarrow F_0 = 0 \cdot 2640 = 0 \text{ Н};$$

$$\Delta h=5 \text{ мм} \quad 6\text{МПа} \rightarrow F_6 = 6 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 1548 \text{ Н};$$

$$\Delta h=7 \text{ мм} \quad 8\text{МПа} \rightarrow F_8 = 8 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 2112 \text{ Н};$$

$$\Delta h=9 \text{ мм} \quad 10\text{МПа} \rightarrow F_{10} = 10 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 2640 \text{ Н};$$

$$\Delta h=11 \text{ мм} \quad 12\text{МПа} \rightarrow F_{12} = 12 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 3168 \text{ Н};$$

$$\Delta h=13 \text{ мм} \quad 14\text{МПа} \rightarrow F_{14} = 14 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 3969 \text{ Н};$$

$$\Delta h=15 \text{ мм} \quad 16\text{МПа} \rightarrow F_{16} = 16 \cdot 0,1 \cdot 2640 = 4224 \text{ Н}.$$

За результатами розрахунків будуємо тарувальний графік

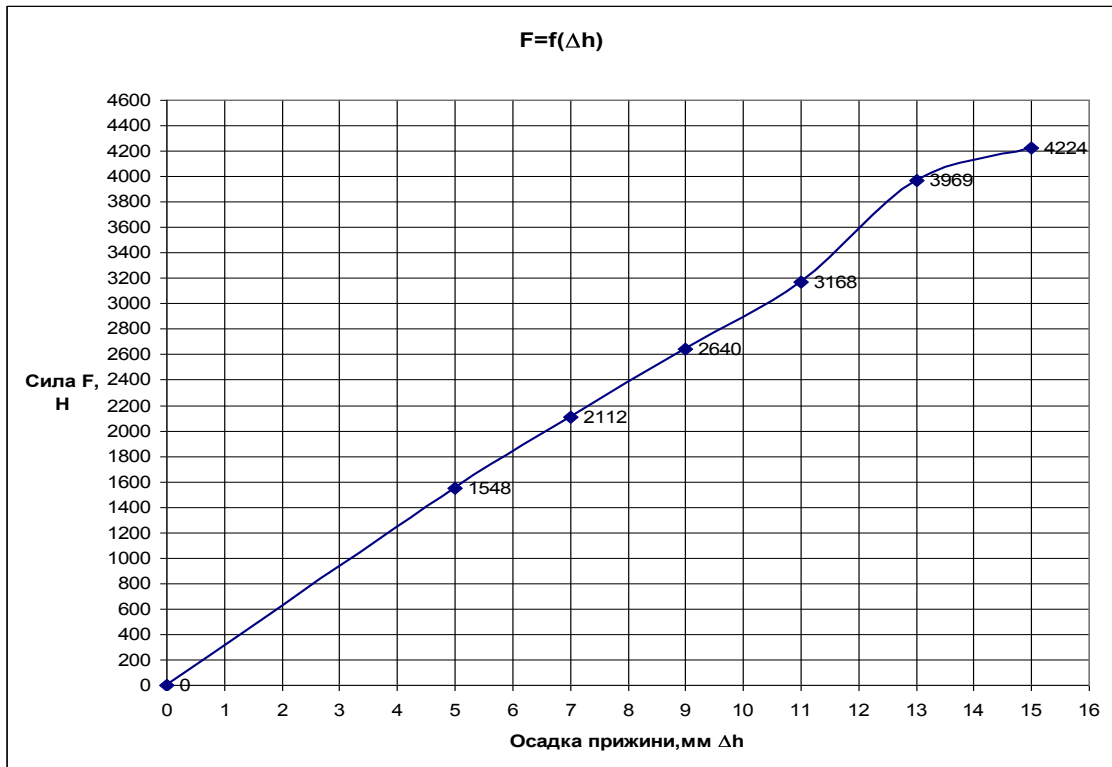


Рисунок 3.14 - Тарувальний графік



Рисунок 3.15 – Тарування мездози

Замір зусиль виконуємо за допомогою обчислювально-вимірювального комплексу МІС-212 та програми Recorder-3.0.5.17b. Подальшу обробку файлів виконуємо в програмному комплексі WinPos-2.1.0.6-pro. Робочі осцилограми замірів подано в додатку.

3.4 Обробка експериментальних значень при роздяганні зливка

Під час експерименту були отримані діаграми.

Використовуючи експериментальні значення сили P , які взято з навантажувальних діаграм, та використовуючи методику розрахунку викладену в п.3.2 знайдемо всі необхідні розрахункові значення для визначення вертикальної сили на штемпелі W і величини умовних коефіцієнтів тертя між пластинами f в залежності від зміни кута нахилу стінки виливниці до вертикалі.

Експеримент I

I експеримент проводився при зміні кута нахилу виливниці β з $4,7^\circ$ до $5,2^\circ$, та зміні зусилля стиску пружини фрикційної виливниці. В результаті чого були отримані дані та проведені необхідні розрахунки.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані ($Q=1548$ Н; $P=1500$ Н; $P_{зсув}=950$ Н; $\beta=5,2^\circ$)

№034 ($\beta=5,2^\circ$; $\alpha=30^\circ$; $P=1500$ Н; $P_{зсув}=950$ Н; $Q=1548$ Н).

Вихідні параметри				
Q=	1548	Н		
P=	1500	Н		
H=	90	мм		
α =	30	град	0,52360	рад
β =	5,2	град	0,09076	рад
$P_{ср}$ =	950	Н		
α - β =	24,8	град	0,432842	рад

$$S = \frac{1548}{2 \cdot \sin 30^0} = 1548H ;$$

$$T = 1548 \cdot \sin(30^0 - 5,2^0) = 649,31 H ;$$

$$N = 1548 \cdot \cos(30^0 - 5,2^0) = 1405,24 H ;$$

$$T_y = \frac{1548 \cdot \sin(30^0 - 5,2^0) \cdot \cos 5,2^0}{2 \cdot \sin 30^0} = 646,64 H ;$$

$$W = 1500 - 2 \cdot 646,64 = 206,72 H ;$$

Або

$$W = 1500 - \frac{1548 \cdot \sin(30^0 - 5,2^0) \cdot \cos 5,2^0}{\sin 30^0} = 206,72 H ,$$

$$f = \frac{1500 \cdot \sin 30^0 - 1548 \cdot \sin(30^0 - 5,2^0) \cdot \cos 5,2^0}{1548 \cdot \cos(30^0 - 5,2^0) \cdot \cos 5,2^0} = 0,074 .$$

Таблиця 3.2 - Вихідні дані (Q=1620 Н; P=1750 Н; P_{зсув}=480 Н; β=5°)

№035 (β=5°; α=30°; P=1750 Н; P_{зсув}=480 Н; Q=1620 Н).

Вихідні параметри				
Q=	1620	Н		
P=	1750	Н		
H=	89	мм		
α=	30	град	0,52360	рад
β=	5	град	0,08727	рад
P _{сп} =	480	Н		
α-β=	25	град	0,436332	рад

$$S = \frac{1620}{2 \cdot \sin 30^0} = 1620H ;$$

$$T = 1620 \cdot \sin(30^0 - 5^0) = 684,64 H ;$$

$$N = 1620 \cdot \cos(30^0 - 5^0) = 1468,22 H ;$$

$$T_y = \frac{1620 \cdot \sin(30^0 - 5^0) \cdot \cos 5^0}{2 \cdot \sin 30^0} = 682,04 H ;$$

$$W = 1750 - 2 \cdot 682,04 = 385,93 H ;$$

Або

$$W = 1750 - \frac{1620 \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ}{\sin 30^\circ} = 385,93 H ;$$

$$f = \frac{1750 \cdot \sin 30^\circ - 1620 \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ}{1620 \cdot \cos(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ} = 0,132 .$$

Таблиця 3.3 - Вихідні дані (Q=1985 Н; P=2700 Н; P_{зсуб}=600 Н; β=4,7°)

№036 (β=4,7°; α=30°; P=2700 Н; P_{зсуб}=600 Н; Q=1985 Н).

Вихідні параметри				
Q=	1985	Н		
P=	2700	Н		
H=	86	мм		
α=	30	град	0,52360	рад
β=	4,7	град	0,08203	рад
P _{ср} =	600	Н		
α-β=	25,3	град	0,441568	рад

$$S = \frac{1985}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 1985 H ;$$

$$T = 1985 \cdot \sin(30^\circ - 4,7^\circ) = 848,31 H ;$$

$$N = 1985 \cdot \cos(30^\circ - 4,7^\circ) = 1794,60 H ;$$

$$T_y = \frac{1985 \cdot \sin(30^\circ - 4,7^\circ) \cdot \cos 4,7^\circ}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 845,45 H ;$$

$$W = 2700 - 2 \cdot 845,45 = 1009,09 H ;$$

Або

$$W = 2700 - \frac{1985 \cdot \sin(30^\circ - 4,7^\circ) \cdot \cos 4,7^\circ}{\sin 30^\circ} = 1009,09 H ;$$

$$f = \frac{2700 \cdot \sin 30^\circ - 1985 \cdot \sin(30^\circ - 4,7^\circ) \cdot \cos 4,7^\circ}{1985 \cdot \cos(30^\circ - 4,7^\circ) \cdot \cos 4,7^\circ} = 0,282 .$$

За результатами розрахунків було побудовано ряд діаграм.

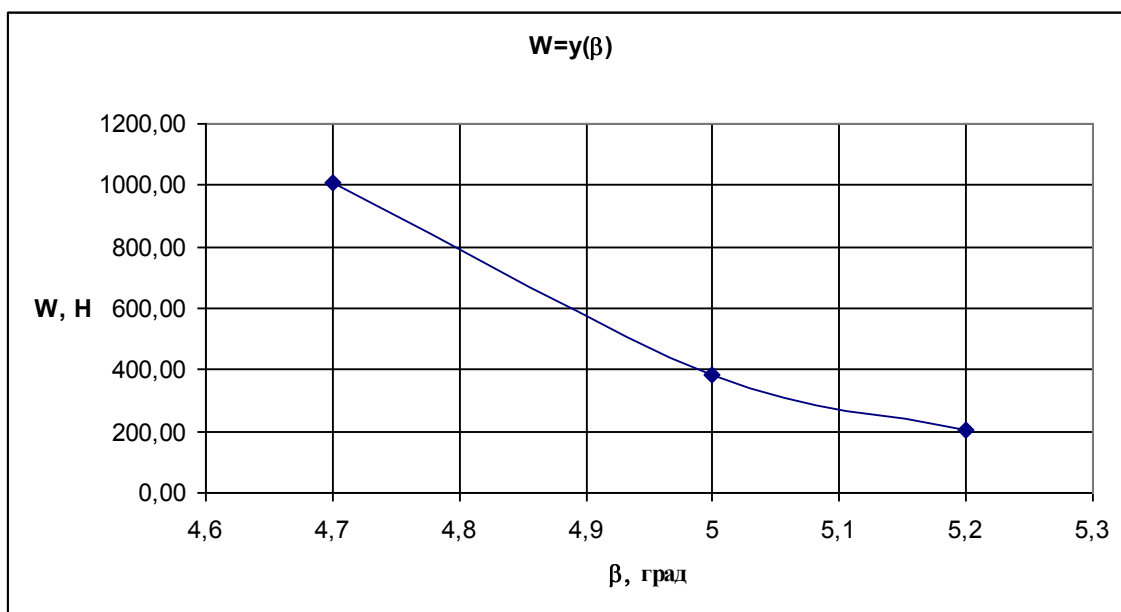


Рисунок 3.16 –Залежність зусилля на штемпелі (W) від кута нахилу стінки виливниці (β)

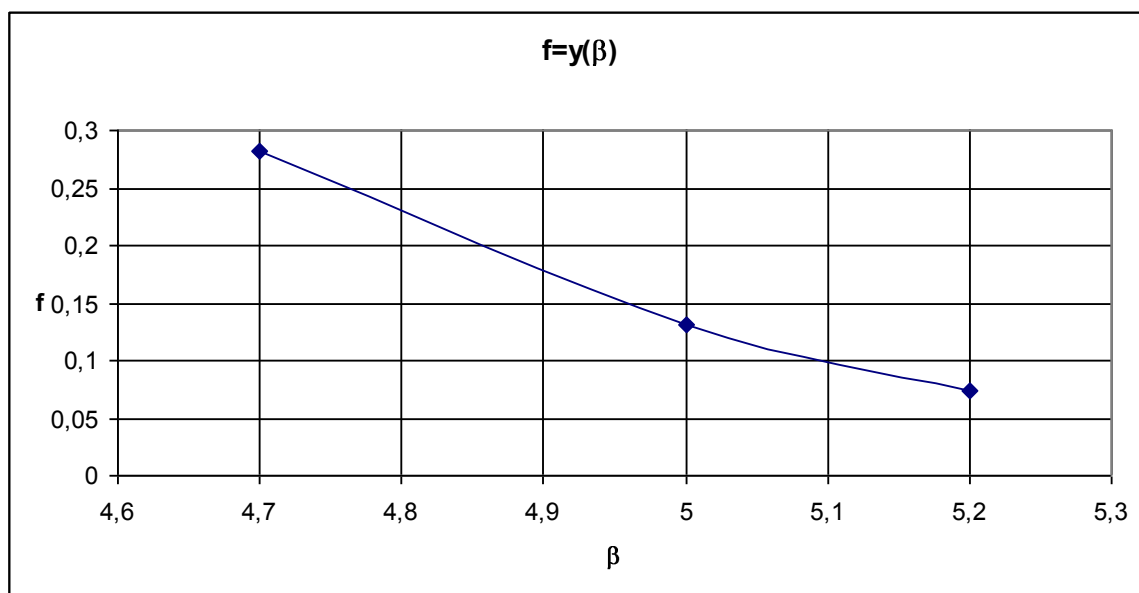


Рисунок 3.17 –Залежність умовного коефіцієнта тертя (f) від кута нахилу стінки виливниці (β)

Експеримент II

II експеримент проводився при зміні кута нахилу виливниці β з $4,7^0$ до $5,2^0$, а зусилля стиску пружини не змінювали. В результаті чого були отримані дані та проведені необхідні розрахунки.

Таблиця 3.4 - Вихідні дані ($Q=1548$ Н; $P=1500$ Н; $P_{зсуб}=950$ Н; $\beta=4,7^0$)

Вихідні параметри				
$Q=$	1548	Н		
$P=$	1500	Н		
$H=$	90	мм		
$\alpha=$	30	град	0,52360	рад
$\beta=$	4,7	град	0,08203	рад
$P_{ср}=$	950	Н		
$\alpha-\beta=$	25,3	град	0,441568	рад

$$S = \frac{1548}{2 \cdot \sin 30^0} = 1548 H ;$$

$$T = 1548 \cdot \sin(30^0 - 4,7^0) = 661,55 H ;$$

$$N = 1548 \cdot \cos(30^0 - 4,7^0) = 1399,52 H ;$$

$$T_y = \frac{1548 \cdot \sin(30^0 - 4,7^0) \cdot \cos 4,7^0}{2 \cdot \sin 30^0} = 659,33 H ;$$

$$W = 1500 - 2 \cdot 659,33 = 1318,66 H ;$$

Або

$$W = 1500 - \frac{1548 \cdot \sin(30 - 4,7^0) \cdot \cos 4,7^0}{\sin 30^0} = 181,35 H ;$$

$$f = \frac{1500 \cdot \sin 30^0 - 1548 \cdot \sin(30^0 - 4,7^0) \cdot \cos 4,7^0}{1548 \cdot \cos(30^0 - 4,7^0) \cdot \cos 4,7^0} = 0,065 .$$

Таблиця 3.5 - Вихідні дані (Q=1548 Н; P=1750 Н; P_{зсув}=480 Н; β=5°)

Вихідні параметри				
Q=	1548	Н		
P=	1750	Н		
H=	90	мм		
α=	30	град	0,52360	рад
β=	5	град	0,08727	рад
P _{сп} =	480	Н		
α-β=	25	град	0,436332	рад

$$S = \frac{1548}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 1548H ;$$

$$T = 1548 \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ) = 654,21 H ;$$

$$N = 1548 \cdot \cos(30^\circ - 5^\circ) = 1402,96 H ;$$

$$T_y = \frac{1548 \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 651,72 H ;$$

$$W = 1750 - 2 \cdot 651,72 = 446,55 H ;$$

Або

$$W = 1750 - \frac{1548 \cdot \sin(30 - 5) \cdot \cos 5}{\sin 30} = 446,55 H ;$$

$$f = \frac{1750 \cdot \sin 30^\circ - 1548 \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ}{1548 \cdot \cos(30^\circ - 5^\circ) \cdot \cos 5^\circ} = 0,160.$$

Таблиця 3.6 - Вихідні дані (Q=1548 Н; P=2700 Н; P_{зсув}=600 Н; β=5,2°)

Вихідні параметри				
Q=	1548	Н		
P=	2700	Н		
H=	90	мм		
α=	30	град	0,52360	рад
β=	5,2	град	0,09076	рад
P _{сп} =	600	Н		
α-β=	24,8	град	0,432842	рад

$$S = \frac{1548}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 1548H ;$$

$$T = 1548 \cdot \sin(30^\circ - 5,2^\circ) = 649,31 H ;$$

$$N = 1548 \cdot \cos(30^\circ - 5,2^\circ) = 1405,23 H ;$$

$$T_y = \frac{1548 \cdot \sin(30^\circ - 5,2^\circ) \cdot \cos 5,2^\circ}{2 \cdot \sin 30^\circ} = 646,64 H ;$$

$$W = 2700 - 2 \cdot 646,64 = 1406,72 H ;$$

Або

$$W = 2700 - \frac{1548 \cdot \sin(30^\circ - 5,2^\circ) \cdot \cos 5,2^\circ}{\sin 30^\circ} = 1406,72 H ;$$

$$f = \frac{2700 \cdot \sin 30^\circ - 1548 \cdot \sin(30^\circ - 5,2^\circ) \cdot \cos 5,2^\circ}{1548 \cdot \cos(30^\circ - 5,2^\circ) \cdot \cos 5,2^\circ} = 0,503.$$

За результатами розрахунків було побудовано ряд діаграм для II експерименту та сумісні діаграми I та II експерименту..

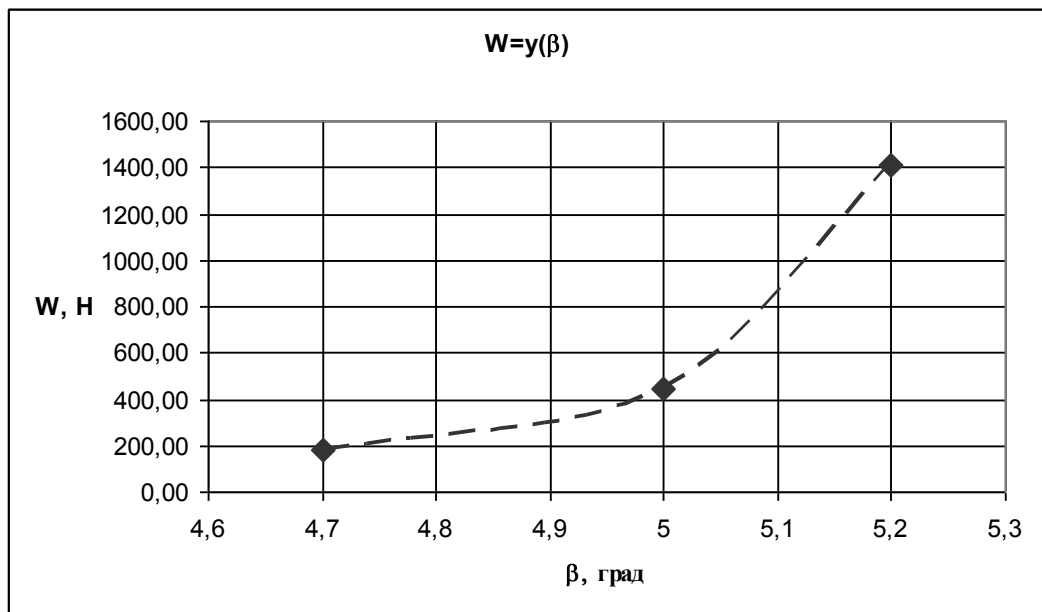


Рисунок 3.118 –Залежність зусилля на штемпелі (W) від кута нахилу стінки виливниці (β)

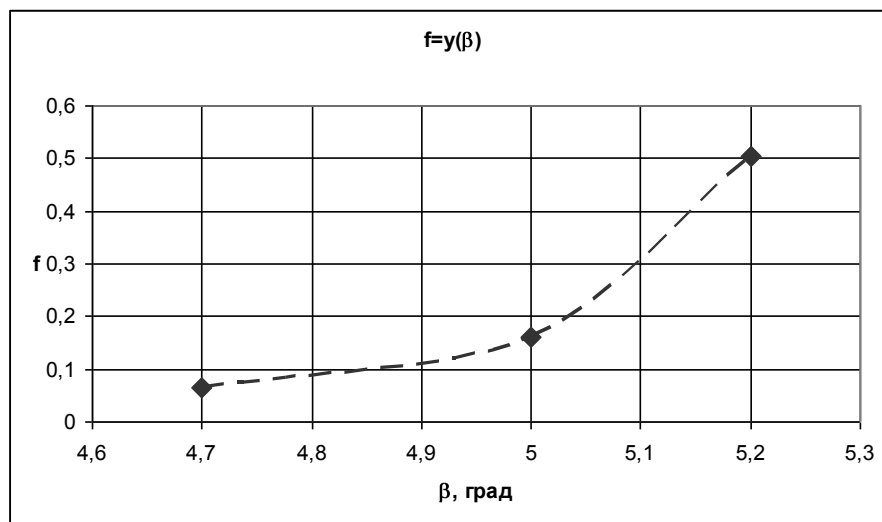
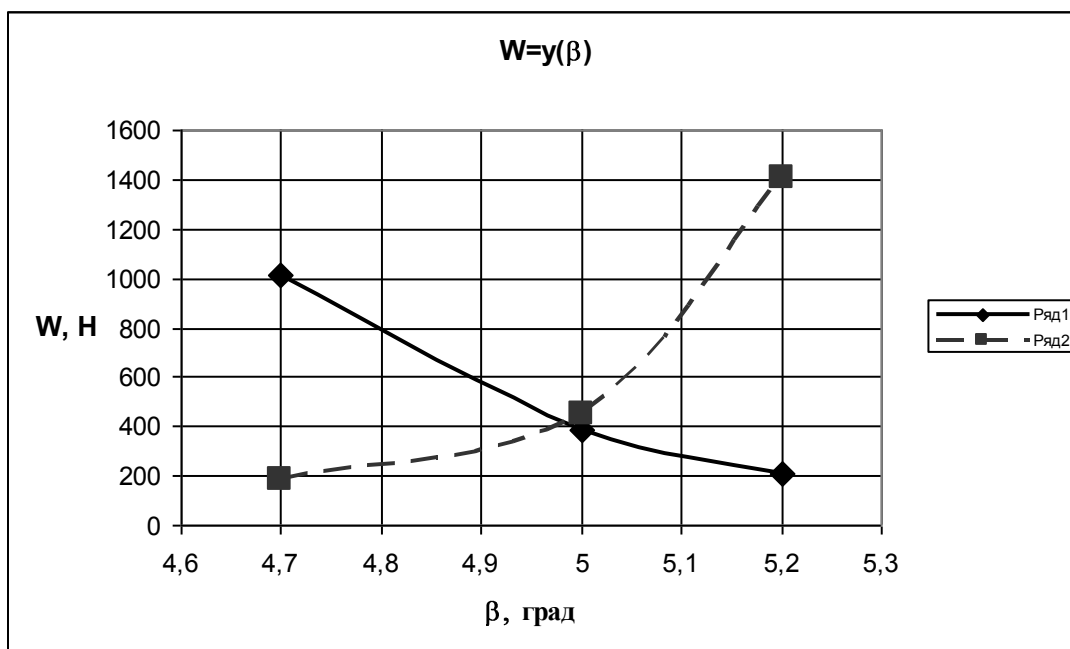
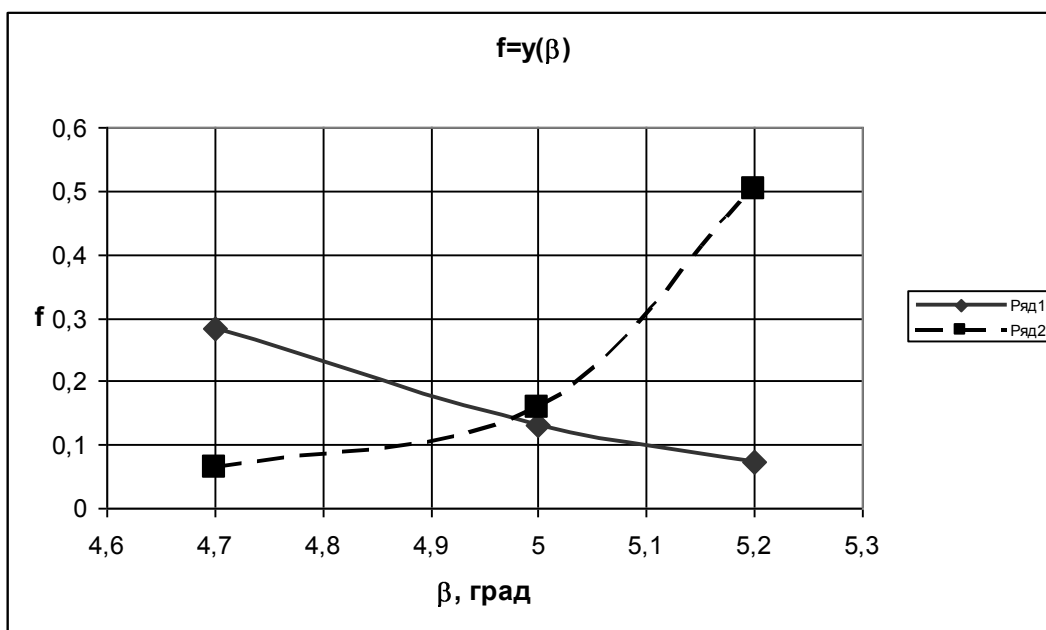


Рисунок 3.19 –Залежність умовного коефіцієнта тертя (f) від кута нахилу стінки виливниці (β)



ряд 1 - експеримент I; ряд 2 - експеримент II

Рисунок 3.20 –Залежність зусилля на штампелі (W) від кута нахилу стінки виливниці (β)



ряд 1 - експеримент I; ряд 2 - експеримент II

Рисунок 3.21 –Залежність умовного коефіцієнта тертя (f) від кута нахилу стінки виливниці (beta)

3.5 Технічні прилади та програмне забезпечення експерименту

Модуль для роботи з тензометричними датчиками МС-212

Модуль МС-212 призначений для роботи із мостовими, полумостовими тензодатчиками й одиночними тензорезисторами опором 100...1000 Ом при проведенні статичних і динамічних вимірів.

Основні області застосування:

- вимір механічних навантажень;
- вимір зусиль (тяга, вага);
- високоточний вимір лінійних переміщень;
- вимір тисків.

Керування модулями, вимір і реєстрація сигналів здійснюється засобами програми [Recorder](#). Для відображення, обробки, детального аналізу зареєстрованих сигналів і виводу на друк результатів служить програма [WinПОС](#).

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики модуля МС-212

Параметр	Значення
Кількість незалежних каналів	4
Діапазони виміру, мВ/В	0...0,5; ±0,5; 0...2; ±2; 0...4; ±4; 0...8; ±8; 0...16; ±16
Частота дискретизації, Гц: "динамічний" "статичний"	150...7 680 50...1 024
Напруга живлення тензодатчиків (знакозмінний струм), В	2,5; 5
Залишковий зсув нуля (після внутрішнього калібрування), мкВ	2
Температурний дрейф зсуву нуля, мкВ/°С	0,5
Часовий дрейф зсуву нуля, мкВ/1000 год	2,5
Основна наведена (до діапазону виміру) погрішність, %	±0,05
Додаткова погрішність у робочих умовах експлуатації, %	0,05
Часовий дрейф коефіцієнта передачі, ppm/1000 год	10
Інтегральна нелінійність, ppm від повної шкали	15
Смуга пропущення при нерівномірності 0,1 дБ, Гц	0...1 000
Придушення синфазної складової вхідного сигналу, дБ	100
Межканальное проходження диференціальної складової, дБ	-100
Нерівномірність АЧХ у смузі 0...1 ... 1 000 Гц, дБ	0,1
Доповнення до напівмосту з ряду (опціонально), Ом	120; 200; 350; 700

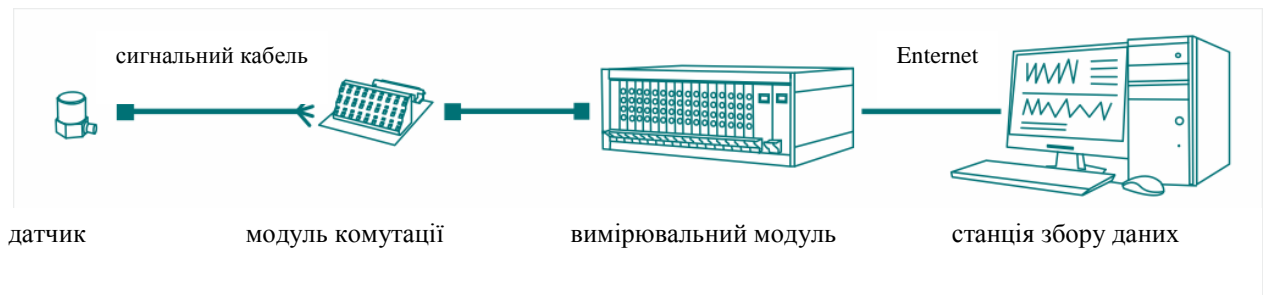


Рисунок 3.22 - Схема під'єднання датчика зі станцією збору даних

Програмне забезпечення - Recorder

Recorder – інструмент для створення стендових вимірювальних систем.

Зручне, надійне, універсальне програмне забезпечення для керування роботою вимірювально-обчислювальних комплексів МІС на базі різних стандартів (PXI,RXI,МС).

Recorder дозволяє:

- управляти вимірювальними каналами, робити їхнє настроювання, діагностику;
- управляти процесами одержання вимірювальних даних і збереження їх у файли;
- використовувати базу даних градуировочных характеристик, виконувати процедури градуировки, калібрування, перевірки;
- відображати на екрані вимірювані параметри у вигляді таблиць і осцилограм;
- підключати додаткові бібліотеки (програмні модулі) для розширення функціональності.

Відображення даних

- можливість створення декількох сторінок формулярів;
- підтримка мнемосхем;

- стандартне відображення даних у вигляді осцилограм, таблиць, трендів.

База даних градувальних характеристик

- керування набором градувальних характеристик;
- організація у вигляді каталожної структури;
- імпорт/експорт у різних форматах;
- легкий перенос між приладами; графічний перегляд виду градуировочных характеристик;
- підтримка різних типів функцій характеристик.

Розрахункові параметри

- створення користувальницьких параметрів з використанням базових арифметичних операцій;
- не вимагає кваліфікації програміста;
- можливість організації складних багаторівневих умов;
- керування вихідними апаратними каналами за допомогою простих математичних виражень.

Звіт про програму виміру

- формування підготовленого для друку звіту про поточні налаштування системи;
- можливість включення всієї інформації про канали, градувальних характеристиках і додатковій інформації від користувальницьких модулів;
- повний і скорочений формат.

Пакет післяекспериментальної обробки вимірювальної інформації WinПос

WinПос - професійний інструмент для дослідження динамічних і повільно змінних процесів, графічного подання даних і оформлення звітів.

WinПос надає користувачеві інтерфейси, за допомогою яких можна створювати свої сценарії, що підключаються модулі або додатки, що працюють із даними й алгоритмами WinПос, практично в будь-якому сучасному середовищі програмування.

WinПОС поставляється у двох редакціях: **Professional** і **Expert**.

WinПОС **Expert** дозволяє зробити аналіз нестационарних, динамічних процесів, у тому числі й вібраційних.

Особливості

- більше 50 алгоритмів обробки сигналів;
- потужні засоби побудови й оформлення графіків для документування (двомірні, тривимірні, параметричні, графіки в полярних координатах);
- функції експрес-звіту;
- пакетна обробка даних;
- обробка даних WAV і UFF форматів;
- редагування сигналів;
- підтримка сценаріїв (убудований редактор сценаріїв VBScript) і модулів, що підключаються, (інтерфейси, за допомогою яких можна створювати свої модулі, що підключаються, та додатки практично в будь-якому сучасному середовищі програмування);
- можливість створення плагинів імпорту-експорту даних;
- табличний перегляд значень сигналів;
- необмежена довжина сигналів;
- інтеграція з MATLAB™;
- може використовуватися як розподілена " клієнт-сервер" система післяекспериментальної обробки даних;
- підтримка OS Windows XP/Vista/7;
- розгорнута довідкова система.

Інтеграція з Microsoft Office

Можливість натисканням однієї кнопки

- вставити поточну сторінку графіків у позицію курсору у вікні Word;
- скопіювати сигнали активного графіка в таблицю Excel і побудувати графік в Excel;

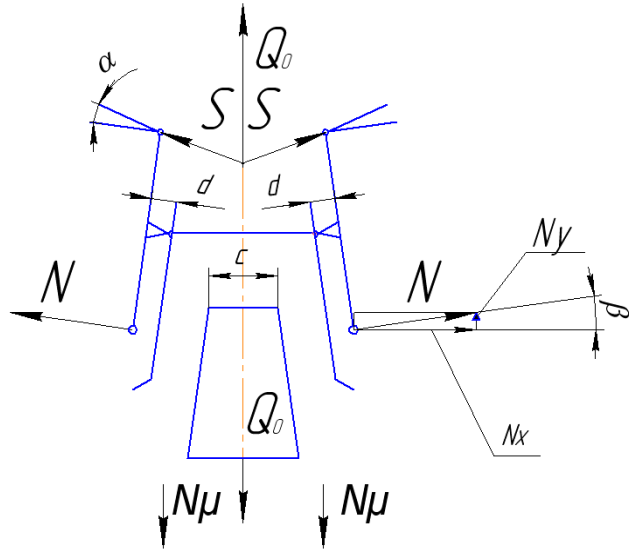
- скопіювати значення сигналів під курсором у рядок таблиці Excel.

Інтеграція з пакетом MATLAB

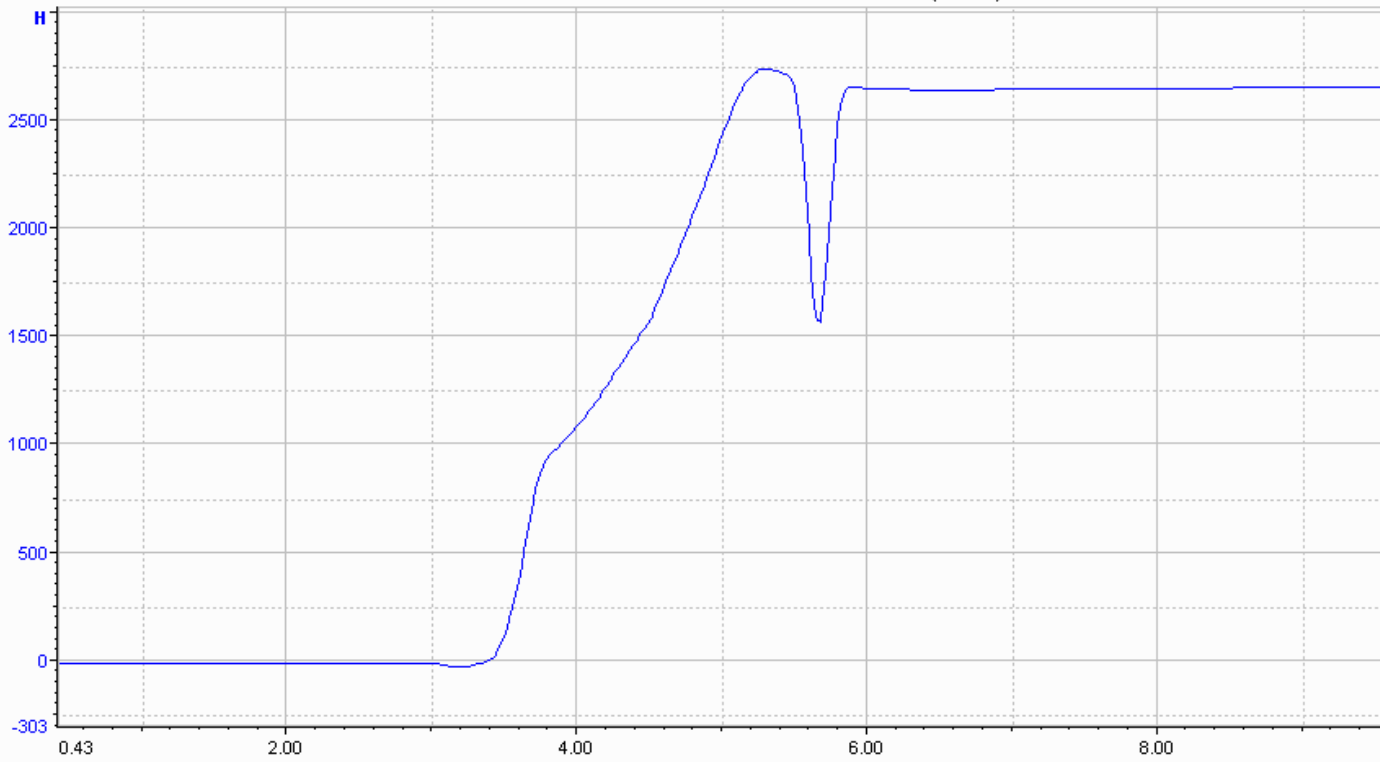
- виклик алгоритмів MATLAB з налаштуваннями у вікнах WinПос "Автоспектр" і "Вейвлети";
- простий перенос сигналів в MATLAB.

Висновки

1. Під час проведення КНДР було:
 - 1.1 Відновлено модель стріперного крану, його електрична та частково механічна частини.
 - 1.2 Виконана модернізація принципу проведення експерименту. Застаріле обладнання замінили новим сучасним.
- 2 .Розроблена схема проведення експерименту для дослідження зусиль, що виникають в виштохвоуючому механізмі при змінних умовах роботи. .
3. Наведений коефіцієнт тертя f з збільшенням куту нахилу виливниці повинен зменшуватись, що відповідає розрахункам за експериментом I. Методика по експерименту II дає хибні результати і користуватись нею немає сенсу. Величину N_y слід обчислювати з формули $N_y = N \sin \beta$, де β -кут нахилу виливниці. Повне зусилля на штемпелі $Q = N_y \cdot f = N \cdot \sin \beta \cdot f$

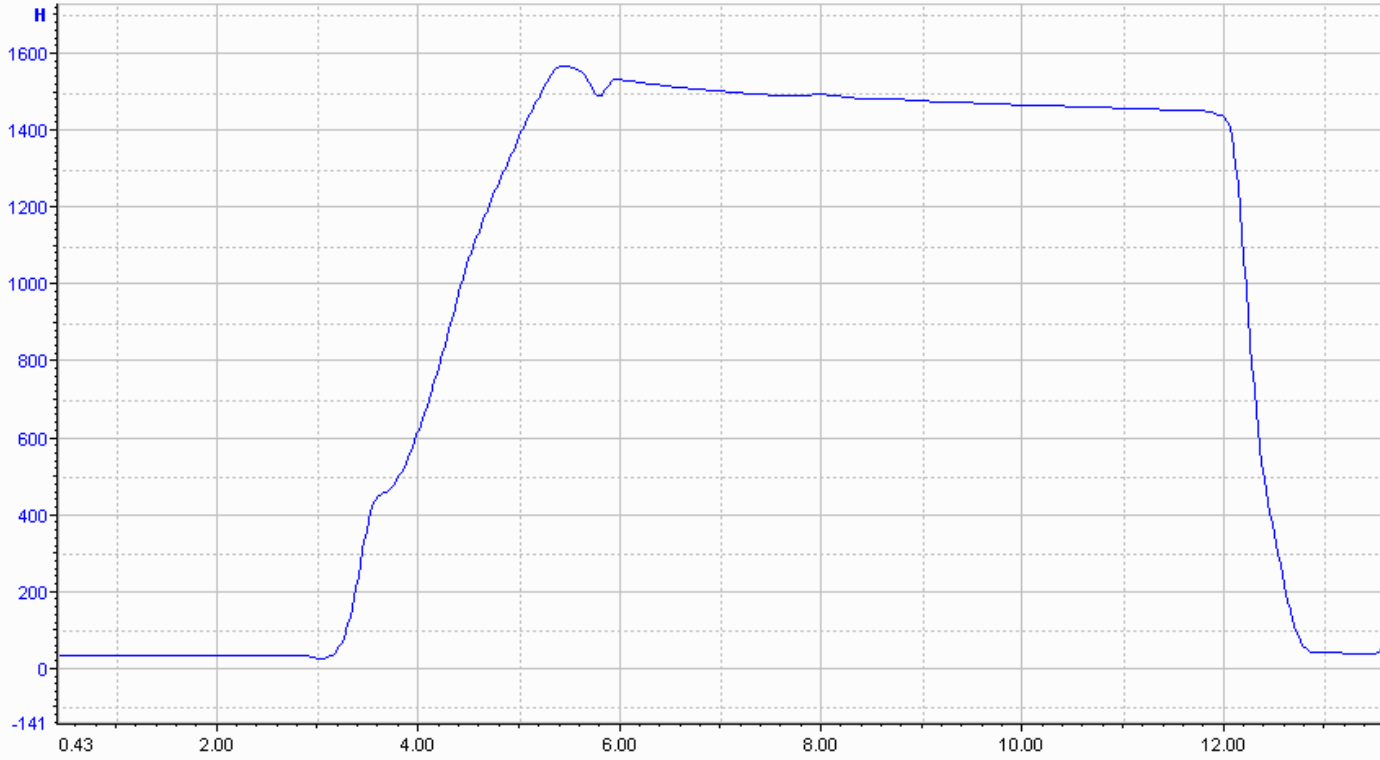


Додатки



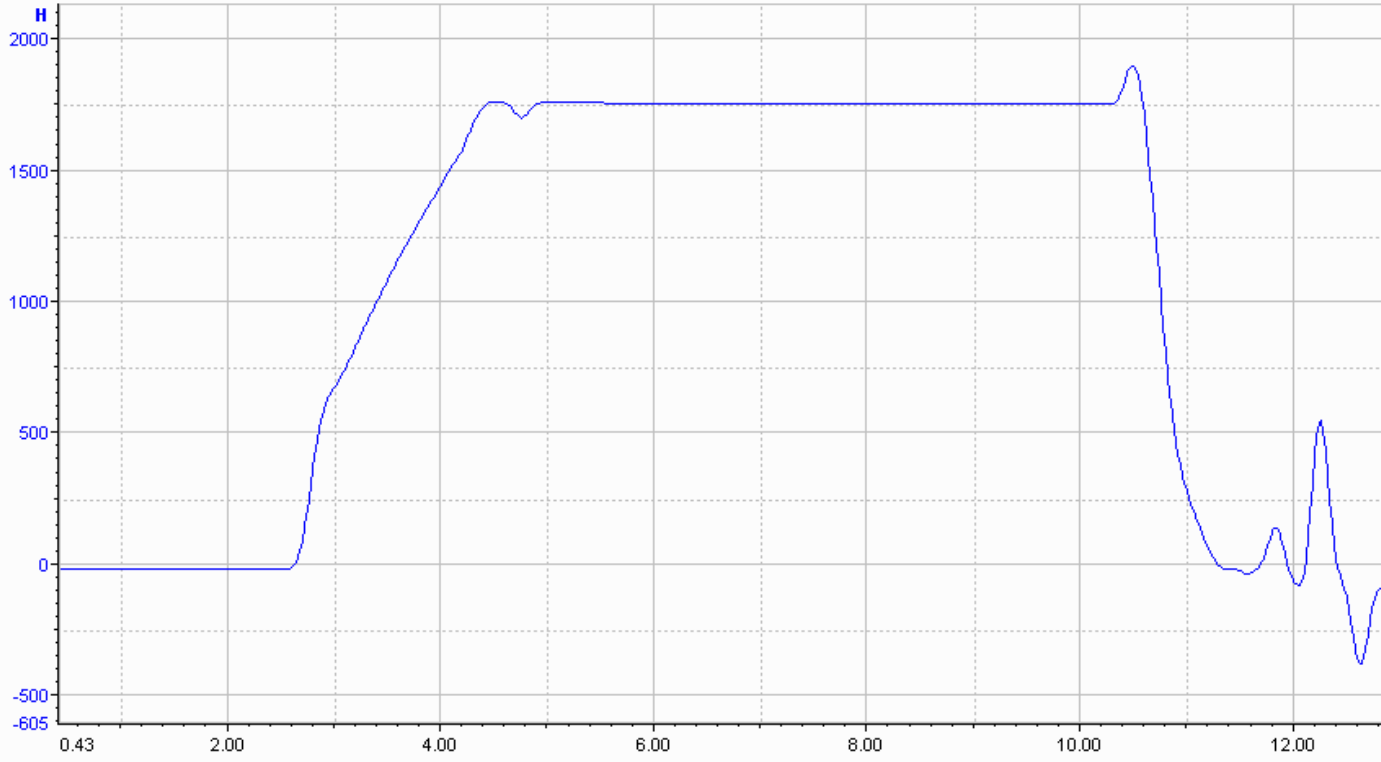
Имя	Fs	dX	Хтек	Утек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Хнач - Хк
1 MC-212-{1-1-4}	50.00	0.020000	-	-	-	0	624	0.430 - 12.

MC-212-{1-1-4}



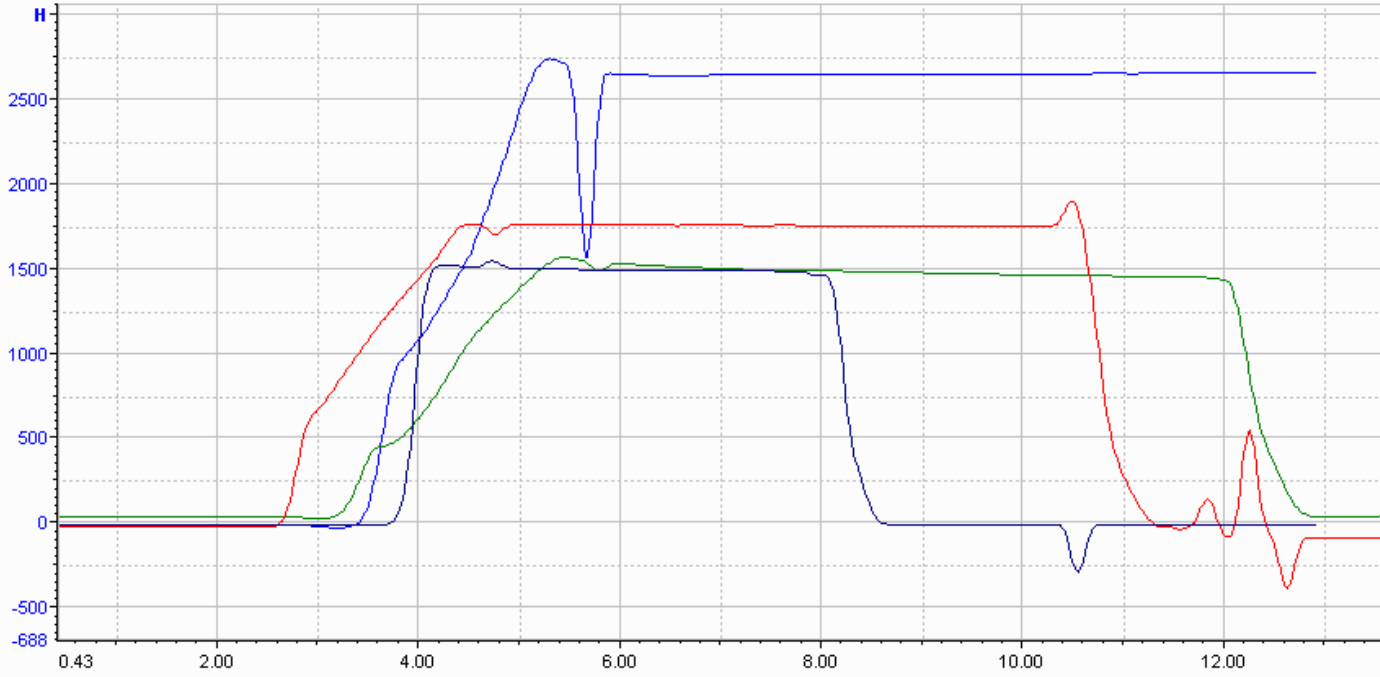
Имя	Fs	dX	Хтек	Утек	Инд тек	Инд Л	Инд П	Хнач - Хк
1 MC-212-{1-1-4}	50.00	0.020000	-	-	-	0	899	0.430 - 18

MC-212-{1-1-4}



Имя	Fs	dX	Хтек	Утек	Инд тек	Инд Л	Инд П	Знач - Хк
1 MC-212-{1-1-4}	50.00	0.020000	-	-	-	0	849	0.430 - 17.

MC-212-(1-1-4), MC-212-(1-1-4)#1, MC-212-(1-1-4)#2,...



Имя	Fs	dX	Хтек	Утек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Хнач - Хк
1 MC-212-(1-1-4)	50.00	0.020000	-	-	-	0	624	0.430 - 12.00
2 MC-212-(1-1-4)#1	50.00	0.020000	-	-	-	0	899	0.430 - 18.00
3 MC-212-(1-1-4)#2	50.00	0.020000	-	-	-	0	849	0.430 - 17.00
4 MC-212-(1-1-4)#3	50.00	0.020000	-	-	-	0	624	0.430 - 12.00

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1 Ознайомлення з технологією й устаткуванням обтискного цеху ПАТ «Запоріжсталь» показало, що одним з недоліків цеху є незадовільна робота кліщового крану.

2 На основі проведеного огляду й аналізу технічної й патентної літератури, а також виходячи з виробничих можливостей цеху встановлені „вузькі” місця цеху та надано рекомендації щодо усунення деяких з них.

3 В дослідницькій частині магістерської роботи було проведено огляд та аналіз устаткування діючої моделі трьохопераційного стріперного пристрою крана для роздягання зливків з виливниць Q=175-25/15, яка виконана в масштабі 1:10 від натуральної величини, представлено опис сфери призначення та застосування. Розроблена схема проведення експерименту. Проведено дослідження з метою визначення технологічних навантажень під час роздягання зливків, отримані результати експериментальних досліджень, порівняно з теоретичними розрахунками. Представлено опис роботи та будова тензометричних датчиків, що використовувались під час проведення експерименту. Наведено опис вимірювальної апаратури «МС» та програмних комплексів Recorder та WinПос.

Аналізуючи результати досліджень I та II експериментів, дійшли до висновку, що:

- відтворюваність досліду при проведенні I експеримента відбулося на високому рівні, отримані значення відповідають дійсності;

- відтворюваність досліду при проведенні II експеримента не відповідають дійсності, а отримані значення є помилковими та в подальших розрахунках використовувати не можна.

Відповідно до проведеного експерименту при розрахунках діючого кліщового крану вертикальна складова сили N (зусилля на штемпелі), буде становити $N_y = N \cdot \sin \beta$. Наведено опис технічних приладів та програмного забезпечення, що використовувались при проведенні експериментів.

4 Проведено розрахунки найбільш навантажених вузлів та деталей.

Результати розрахунків механізмів вказують на досить високу їх надійність.

5 В електричній частині проведено розрахунки вибору потужності двигуна приводу головного підйому кліщового крану, вибору силової комунікаційної апаратури та наведено опис роботи електросхеми привода, виконані розрахунки підтверджують, що обраний електропривод повністю відповідає умовам роботи крану.

5 В організаційній частині дана характеристика ремонтної служби комбінату, зроблені розрахунки обґрунтування чисельності механослужби, річного фонду заробітної плати механослужби. Розроблено мережевий графік капітального ремонту кліщового крану.

6 У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища при проведенні експерименту. Надані методи захисту від небезпечних факторів та рекомендації них щодо техніки безпеки при роботі у лабораторії. Зроблено розрахунок природнього освітлення лабораторії.

7 В розділі техніко-економічне обґрунтування був зроблений розрахунок додаткових капітальних вкладень на розробку пропозицій по проектуванню моделі виливниці нового зразка, з урахуванням даних, які необхідні для реалізації проекту, розраховано збільшення річного прибутку при експлуатації модернізованого устаткування.

8 Представлене в роботі дослідження та пропозиції по проектуванню моделі виливниці нового зразка, може бути впроваджено на ПАТ „Запоріжсталь” або використана на підприємствах металургійної промисловості, що мають аналогічне устаткування.

Список використаних джерел

1. Ю.Т. Козлов и др. «Грузозахватных устройств . Справочник», Москва, «Транспорт»,1980г.
2. С.М. Меламед. «Автоматические захваты для штучных грузов»,Москва, «Машиностроение», 1965г.
3. А.И. Дукельский « Справочник по кранам», т.2, Ленинград, «Машиностроение»,1965г.
4. И.Г. Павлов «Примеры расчетов кранов»,Москва,1961г.
5. А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон «Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин», Высшая школа,1983г
6. И.Г. Павлов «Примеры расчетов кранов»,М.:, «Машиностроение», 1961г.
7. В.И. Анурьев «Справочник конструктора машиностроителя»,т.1,М.:, «Машиностроение», 1980г.
8. В.И. Анурьев «Справочник конструктора машиностроителя»,т.2,М.:, «Машиностроение», 1980г.
9. С.А. Чернавский «Справочник металлиста»т.1,М.:, «Машиностроение», 1976г.
- 10.В.А. Добровольский и др. «Детали машин» ,М.:, «Машиностроение», 1963г.
- 11.Правила технической эксплуатациимеханического оборудование блюменгов и непрерывно – заготовных станов. ВНИИ Мехчермет. – М.: Металлургия , 1979. – 192 с.
- 12.Кружков В. А. Металлургические подъемно-транспортные машины .- Учебник для вузов. - М-: Металлургия. 1989 - 442 с.
- 13.Подъемно-транспортное оборудование: Отраслевой каталог. - В 3-х ч. /Сост. А. Б. Скворцов, А. С. Липатов, Б. И. Брусеник и др. - М.:

- ЦНИИТЭИтяжмаш, 1987. - 4.1. Грузоподъемные краны. - 195 с. Ч. 2. Машины непрерывного транспорта. 113 с. Ч. 3. - 125 с.
14. Сапко А. И. Механическое и подъемно-транспортное оборудование электрометаллургических цехов.- М.: Металлургия, 1986.- 328с.
 15. В.Я. Седуш «Надійність, ремонт та монтаж металургійних машин», К.: УМК ВО, 1992р.-355с.
 16. Александров М.П. «Подъемно - транспортні машини» М.: Машинобудування 1984-336с.
 17. Чернавский С.А., Чернин І.М. «Курсові проектування деталей машин» М.: Машинобудування 1987-416с.
 18. Свистунів Е.А. «Конструкція й розрахунок деталей, вузлів металургійних машин» Довідник М.: Металургія 1985-184с.
 19. Александров М.П., Гохберг М.М., Кавин А.А. «Довідник по кранах» 2Т. М.: Машинобудування 1988-559с.
 20. Плахтин В.Д. «Надійність, ремонт, монтаж металургійних машин» М.: Металургія 1985-218с.
 21. Притикин В.Д. «Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин» М.: Металургія 1985-368с.
 22. Эмінов Е.І. «Довідник по застосуванню й нормам витрати мастильних матеріалів» ІТ. М.: Хімія 1978-312с.
 23. Гедик П.В. «Змащення металургійного встаткування» М.: Металургія 1982-311с.
 24. Кирилюк Ю.Е. «Допуски й посадки» Довідник К.: Вища школа 1987-135с.
 25. Инструкции и методические указания к лабораторному практикуму по механическому оборудованию металлургических заводов для студентов по специальности «Механическое оборудование заводов черной металлургии». Дрепропетровск - 1971.

26. Кожемякін Г.Б. Охорона праці та техногенна безпека. Методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт – Запоріжжя, ЗДІА, 2012р.
27. Охорона праці і промислова безпека. Навчальний посібник / К.Н. Ткачук та інші, К.: Основа 2009р.
28. Охрана труда в черной металлургии / Бринза В.Н., Зинковский М.М., М.: металлургия 1982р.
29. Охрана труда и производственная безопасность / Роздорожний А.А., М.: Экзамен 2006р.
30. <http://www.dnop.kiev.ua> – Офіціальний сайт Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду.
31. Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007р. Система менеджменту охорони праці. Вимоги.