

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

**Методичні вказівки
до лабораторних робіт 1–8
для студентів спеціальності 7.05050311, 8.05050311**

Затверджено
на засіданні
методичної ради
Протокол № 4 від 19.12.2013

Краматорськ
ДДМА
2013

УДК 621.771

Розрахунок і конструювання прокатних станів : методичні вказівки до лабораторних робіт 1–8 для студентів спеціальності 7.05050311, 8.05050311 / укладачі: В. І. Шпак, Ю. К. Доброносів. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 38 с.

Розглянуто конструктивні особливості основного устаткування прокатних станів, методи дослідження їх роботи та розрахунку основних параметрів.

Укладачі:	В. І. Шпак, доц.;
	Ю. К. Доброносів, доц.

Відп. за випуск	В. А. Федорінов, доц.
-----------------	-----------------------

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
1.1 Правила виконання лабораторних робіт	4
1.2 Правила техніки безпеки.....	4
1.3 Загальні вказівки до оформлення звіту	5
2 ЛАБОТАРОТНІ РОБОТИ	5
Лабораторна робота 1. Паспортизація прокатного стану	5
Лабораторна робота 2. Вивчення конструктивних особливостей робочих валків прокатних станів	9
Лабораторна робота 3. Вивчення конструктивних особливостей підшипникових вузлів прокатних станів.....	13
Лабораторна робота 4. Вивчення роботи механізму установки верхнього валка та визначення його основних параметрів.....	16
Лабораторна робота 5. Експериментальне дослідження напружень в елементах станини прокатної кліті.....	21
Лабораторна робота 6. Вивчення роботи універсальних шпинделів і дослідження основних параметрів.....	24
Лабораторна робота 7. Вивчення роботи шестеренної кліті та дослідження перекидного моменту	29
Лабораторна робота 8. Експериментальне визначення модуля жорсткості робочої кліті	24
ЛИТЕРАТУРА.....	38

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Програмою курсу «Розрахунок і конструювання прокатних станів» передбачене виконання лабораторних робіт з метою закріплення у студентів отриманих на лекціях теоретичних знань щодо пристроїв машин і механізмів, придбання практичних навичок з дослідження енергосилових параметрів допоміжних машин і механізмів прокатних станів.

1.1 Правила виконання лабораторних робіт

1 Лабораторні роботи виконуються відповідно до графіка, що перебуває на дошці оголошень кафедри.

2 До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, що ознайомилися з її змістом, вивчили відповідні розділи теоретичного курсу, що одержали при контролі підготовленості до лабораторної роботи й позитивні оцінки.

3 Робота виконується в послідовності, зазначеній в розділі «Порядок виконання роботи».

4 Після виконання експериментів студенти складають звіт відповідно до вказівок до кожної лабораторної роботи.

5 Наприкінці заняття студенти представляють звіт до захисту.

6 При захисті лабораторної роботи студенти зобов'язані знати основні теоретичні положення по даній роботі, методику проведення роботи, уміти аналізувати отримані результати.

7 До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки.

1.2 Правила техніки безпеки

1 Забороняється включати електроустаткування без дозволу викладача.

2 Не можна опиратися на лабораторні установки й без дозволу торкати їх руками.

3 Забороняється йти зі свого робочого місця й переходити на інше без дозволу керівника занять.

4 Не дозволяється включати в мережу прилади, не одержавши дозволу викладача або лаборанта.

5 Не можна вивчати конструктивні особливості устаткування установок при включеному рубильнику.

6 При зборці електричних схем треба по можливості не допускати перетинання електропроводів й їхнього натягнутого стану.

7 У всіх випадках виявлення несправного стану устаткування слід сповістити про це викладача й тільки після усунення несправності продовжувати роботу.

8 Робоче місце необхідно тримати в чистоті й порядку.

9 Після проведення лабораторної роботи необхідно відключити електроустаткування від джерел живлення.

1.3 Загальні вказівки до оформлення звіту

1 Звіти про лабораторні роботи оформляються в спеціальному зошиті в порядку черговості їхні виконання й повинні включати відповіді на питання відповідної лабораторної роботи.

2 Схеми й графіки виконуються олівцем із застосуваннями креслярських речей.

3 Елементи кінематичних схем повинні бути виконані відповідно до вимог ЕСКД.

4 Графіки рекомендується креслити на міліметровому папері. Значення аргументу слід відкладати по горизонтальній осі, а функції - по вертикальній.

5 Уздовж осі наносять масштабні шкали, розподіли яких повинні бути рівномірними.

6 Звіт повинен містити висновки за результатами виконаної лабораторної роботи.

2 ЛАБОТАРОТНІ РОБОТИ

Лабораторна робота 1. Паспортизація прокатного стану (2 години)

Мета – ознайомити із призначенням і класифікацією прокатних станів, параметрами, що характеризують можливості прокатного стану, областю застосування окремих вузлів і механізмів.

Короткі теоретичні відомості

Правильно складений паспорт дає коротку, але точну характеристику прокатного стану. Характеристика повинна давати вичерпні відомості про

продуктивність, техніко-економічні показники, максимальні можливості стана і його механізмів.

Прокатний стан - це комплекс машин і агрегатів, призначених для здійснення пластичної деформації металу у валках (власне прокатки), подальшої його обробки (виправлення, різання та ін.) і транспортування.

Машини і агрегати прокатного цеху можна розділити на дві групи: машини й механізми головної лінії прокатного стану (основне устаткування); машини й агрегати поточних технологічних ліній цеху (допоміжне устаткування).

Основним називається устаткування, що служить для пластичної деформації металу між валками, що обертаються. Машини й механізми, призначені для обертання валків, а також для сприйняття виникаючих при пластичній деформації металу сил і крутних моментів, становлять головну лінію прокатного стану.

Механічне устаткування, що служить для виконання інших операцій, називаються допоміжним (ножиці, рольганги, правильні машини і т.д.).

Основним робочим органом (технологічним інструментом) прокатного стану є валки, що обертаються в підшипниках, установлених у робочих клітках.

Машини й механізми головної лінії прокатного стану, (рис. 1.1) складаються з робочої клітки 1, передатних механізмів 2, 4...7 і головного електродвигуна 3.

Робоча клітка є основною машиною прокатного стану, тому що в ній здійснюється власне прокатка (пластична деформація металу).

Клітка являє собою дві масивні сталеві литі станини 12, встановлені на плитовині 13 і прикріплені до фундаменту анкерними болтами 14. У станинах змонтовані подушки з підшипниками й валками 9 - 11, а також пристрій для переміщення верхнього валка по висоті 12 і його осьової фіксації, напрямні проводки для металу та ін. Прокатні валки – технологічний інструмент прокатних станів – виконують основні операції - деформацію (обтиснення) металу й придання йому необхідних розмірів і форми поперечного перерізу. У процесі деформації металу валки сприймають силу, що виникає при прокатці, і передають її на підшипники й інші деталі робочої клітки стану.

Передатні механізми й пристрої залежно від призначення й конструкції прокатного стану можуть бути різними, на великих станах (обтискних, товстолистових) а також на станах, що прокатують метал з великою швидкістю, застосовують індивідуальний привод робочих валків від окремих електродвигунів, у цьому випадку передатними пристроями є універсальні шпинделі 2, проміжні вали 15 і муфти (рис. 1.1, а). На інших станах передбачений загальний привод робочих валків від шестеренної клітки 4 з передаточним числом $i=1$; у цьому випадку між електродвигуном і робочою кліткою в одну лінію розташована моторна муфта 6, шестеренна клітка 4 і універсальні шпинделі 2 із пристроєм для їхнього врівноважування 8 (рис.1.1, б) Якщо частота обертання електродвигуна не

відповідає частоті обертання валків, то в лінії привода валків установлюють редуктор 5 і корінну зубчасту муфту 7 (рис 1.1, в). Головний електродвигун прокатного стана є двигуном спеціального (металургійного) типу, синхронний або сталого струму.

Для станів з постійною швидкістю прокатки (чорнових клітей безперервних станів) застосовують синхронні (рідше асинхронні) електродвигуни. Для станів з регульованою швидкістю прокатки використовують електродвигуни постійного струму великої потужності (5-7 тис. кВт), що живиться від спеціальних тиристорних перетворювачів. На сучасних закордонних прокатних станах використовують синхронні двигуни змінного струму зі спеціальними системами регулювання, потужність яких дорівнює потужності двигунів постійного струму.

У деяких прокатних станах окремі ланки передавального механізму іноді поєднуються й утворюють машини, що виконують одночасно функції декількох ланок, як, наприклад, комбіновані редуктори, де шестеренна кліть і редуктор перебувають в одному загальному корпусі (наприклад, у лабораторному стані 55/260х200).

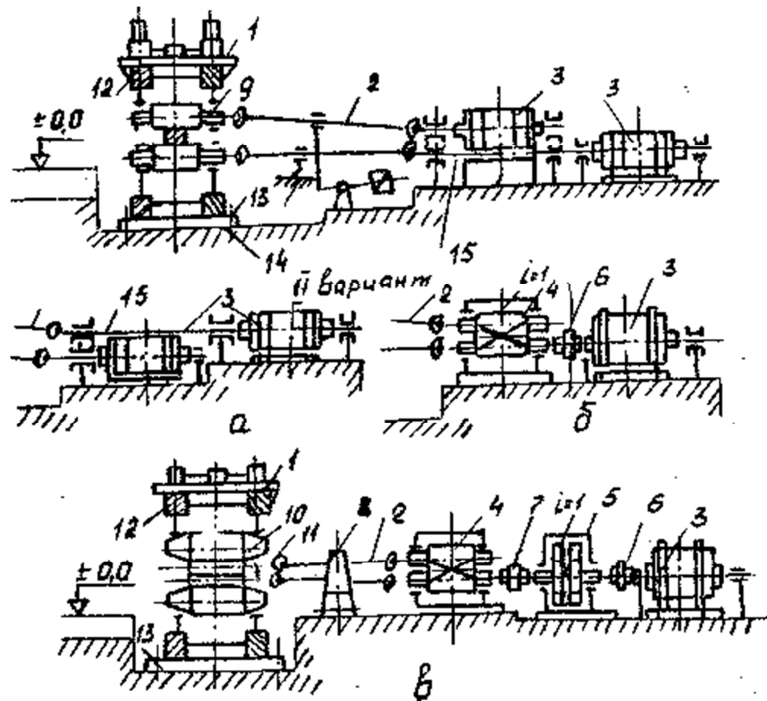


Рисунок 1.1 – Схеми головних ліній робочої кліті

Матеріальне забезпечення роботи

1. Прокатні стани.
2. Ключі монтажні.
3. Вимірювальний інструмент (лінійка-метр, лінійка шкільна, рулетка, штангенциркуль, кронциркуль, глибиномір, мікрометр).

Порядок виконання роботи

При виконанні лабораторної роботи необхідно скласти паспорт (технічну характеристику) прокатного стана, що повинен містити:

1) загальні відомості про прокатний стан (тип стана; призначення; реверсивність; число клітей; швидкість прокатки (м/с); габарити стана – довжина, ширина, висота (мм);

2) характеристику устаткування головної лінії стана: електродвигун – тип, рід струму, напруги (В), потужність, (кВт), кількість обертів (об/хв);

редуктор – передаточне число, кількість ступенів, міжцентрова відстань (мм), тип нарізки зуба, змащення;

шестеренна кліть – призначення й тип; міжцентрова відстань (мм), модуль зачеплення (мм), змащення;

шпиндельний пристрій – призначення й тип; довжина (мм); максимальний кут перекошу (град);

валки – призначення й тип, матеріал, твердість бочки, НS, діаметр бочки (мм), довжина бочки (мм), діаметр шийки (мм), довжина шийки (м);

підшипники валків – тип, змащення;

станини - тип, ширина вікна (мм), висота вікна (мм), розмір перетину стійки (мм²), загальна висота (мм);

натискний пристрій – тип, кінематична схема, загальне передаточне число, тип різьби, крок (мм), зовнішній діаметр гвинта (мм), внутрішній діаметр гвинта (мм), ціна розподілу лімба;

пристрій врівноваження верхнього валка – тип і призначення, максимальний підйом валка (мм).

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис лабораторної установки (привести кінематичну схему).
4. Технічний паспорт головної лінії стана.

Правила техніки безпеки при виконанні роботи

1. Перед початком роботи на рубильник слід вивісити попереджувальну табличку «Не включати – працюють люди».

2. Необхідно перевірити, чи відключене устаткування прокатного стана від електромережі.

Контрольні питання

1. Яке призначення лабораторного прокатного стана?
2. Перелічите сортамент продукції, що випускається на стані.
3. Що називається основним устаткуванням прокатного стана?
4. Що називається головною лінією прокатного стана?
5. Яке призначення шестеренної кліті прокатного стана? Яке призначення шпинделів прокатного стана?
7. У яких випадках у головній лінії стана застосовують маховики?
8. Які типи двигунів застосовують для привода робочих клітей прокатних станів?

Лабораторна робота 2. Вивчення конструктивних особливостей робочих валків прокатних станів (2 години)

Мета – вивчити конструкцію прокатних валків різних типів, методику проектування основних параметрів валків, оволодіти практичними навичками виміру твердості й шорсткості поверхонь валків і деформацій валків при прокатці.

Короткі теоретичні відомості

Валки прокатних станів є інструментом, що здійснює пластичну деформацію металу.

Валок складається з наступних елементів (рис. 2.1):

бочки 1 – середньої частини валка, що при прокатці безпосередньо контактує з деформуємим металом (бочка характеризується діаметром D і довжиною L_6);

двох шийок 2, що розташовані по обидва боки бочки й опираються на підшипники (характеризуються діаметром $d_{ш}$ і довжиною $L_{ш}$);

кінцевих частин – хвостовиків 3, що служать для передачі валку крутного моменту.

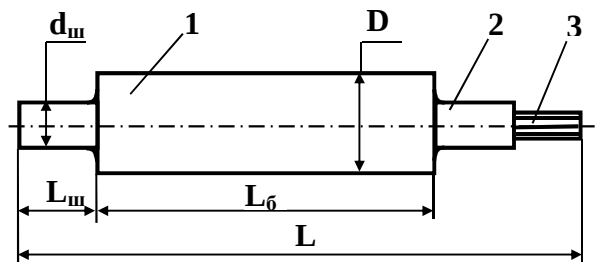


Рисунок 2.1 – Робочий валок прокатного стану

Бочка валків сортових станів виконується з рівчаками. Рівчаки двох валків утворюють калібр.

Один з основних показників якості валка – твердість його робочої поверхні. За цією ознакою прийнято ділити валки на наступні типи: м'які, напівтверді, тверді й особливо тверді.

М'які валки. Застосовують в обтискних станах, чорнових клітях крупносортовних і заготовочних станів, у трубопрокатних прошивних станах й ін.

Матеріал – сталеве лиття, кута вуглецева сталь марок 45, 50, 55Л, при невеликих навантаженнях - сірий чавун.

Твердість бочки валка – 25–40 одиниць по Шору (150–250 одиниць за Бринелем).

Напівтверді валки. Застосовують у чорнових клітях рейкобалкових, крупносортовних, середньосортних, дрібносортовних і листових станів, у чистових клітях крупносортовних і заготовлювальних станів.

Матеріал валків – лита або кута вуглецева стали марок 50, 50Л, напівзагартований чавун.

Твердість бочки валків – 40–65 одиниць по Шору (250–400 одиниць за Бринелем).

Тверді валки. Застосовують у чистових клітях рейкобалкових, крупносортих, дрібносортих, тонколистових і товстолистових станів гарячої прокатки.

Матеріал валків – легована сталь марок 60ХН, 65ХН, загартований чавун.

При виготовленні твердих валків застосовують наплавлення їхніх бочок різними твердими сплавами. Твердість бочки валків 65–80 одиниць по Шору (400–600 одиниць за Бринелем).

Особливо тверді валки. Застосовують у станах холодної прокатки.

Матеріал – кута сталь марок 9Х, 9ХН, 9Х2М.

Твердість бочки 80–105 одиниць по Шору (600–800 одиниць за Бринелем).

Для валків малого діаметра матеріалом є сплави класу ВК (карбід вольфраму) і інші сплави. Твердість бочки більше 100 одиниць по Шору.

Основні розміри прокатних валків

Основними параметрами, що характеризують розміри прокатного валка (див. рис. 2.1), є діаметр бочки валка і її довжина. Розрізняють номінальний і робочий діаметри валка.

Діаметр, по якому відбувається контакт із металом, є робочим. Робочий діаметр вибирають із урахуванням припустимого кута захвата й опірності валків вигину:

$$D = \frac{\Delta h}{1 - \cos \alpha} = \frac{\Delta h}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\Delta h}{\alpha^2 / 2}, \quad (2.1)$$

де Δh – абсолютне обтиснення;

α – кут захвату, рад.

Для забезпечення при прокатці захвата металу валками необхідно дотримувати наступної умови:

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha \leq \mu, \quad (2.2)$$

де μ – коефіцієнт контактного тертя.

При гарячій прокатці можна вважати, що коефіцієнт тертя при захваті є максимальним:

для обтискних станів

$\mu = 0,5 \dots 0,6$, при $\alpha = 28 \dots 34$;

для сортових станів с $\Delta h/R = 0,25 \dots 0,36$;

$\mu = 0,3 \dots 0,45$, при $\alpha = 16 \dots 18^\circ$.

Для станів холодної прокатки умова захвата металу валками ($\alpha < \mu$) не є таким, що лімітує, тому що $\alpha = (3...6)/360^\circ$ рад. завжди значно менше $\mu = 0,1$.

Довжина бочки валків листового стану визначається, насамперед, максимальною шириною листа, що прокатується, $b_{\max}$;

$$L_6 = b_{\max} + a,$$

де a – по-різному й залежить від ширини прокату (при $b = 400... 1200$ мм, $a = 100$ мм, при $b > 1200$ мм, $a = 200...400$ мм).

Для прокатних станів різного призначення практикою встановлені такі співвідношення між довжиною бочки валків і її діаметром (L/D):

на обтискних – 2,2...2,7;

на сортових – 1,6...2,5;

на товстолистових 2,0...2,8;

на чотирьохвалкових:

для робочих валків – 3...5,

для опорних валків – 0,9...2,5.

Діаметр шийки валків з підшипником ковзання відкритого типу:

для обтискних і сортових станів

$$d_{\text{ш}} = 0,55...0...0,63)D$$

для листових станів

$$d_{\text{ш}} = (0,7...0,75) D,$$

де D – діаметр бочки валка.

Довжину шийки звичайно приймають

$$L_{\text{ш}} \approx d_{\text{ш}}$$

Методика дослідження

Під впливом значної сили прокатки валки прогинаються, тому товщина металу, що прокатується, нерівномірна по ширині.

При виконанні лабораторної роботи необхідно експериментально визначити величину прогину прокатного валка. Схема експериментальної установки представлена на рис. 2.2.

Прокатний валок 1 через подушки з підшипниками 2 опирається на натискні гвинти 3. Необхідна сила, що імітує силу прокатки, розвивається гідравлічним домкратом 4.

Контроль прогинів валків здійснюється за допомогою індикаторів годинного типу 5, закріплених на планці 6.

Різниця прогинів валка по осі прокатки й по краї бочки визначається як різниця показань індикаторів. При дослідженні деформацій валків сортового стану гідравлічний домкрат встановлюється проти відповідного калібру валка. Результати експериментального дослідження занести в табл. 2.1.

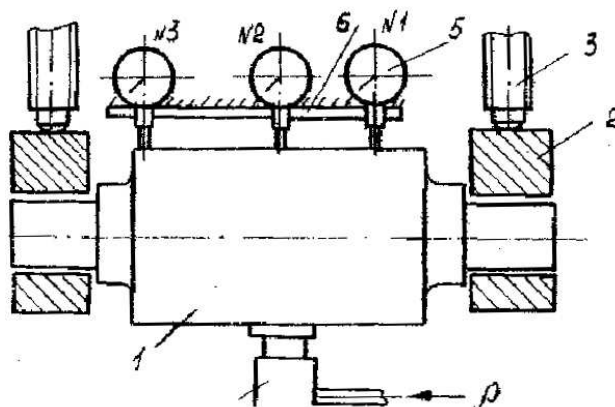


Рисунок 2.2 – Схема до визначення деформації прокатного валка

Таблиця 2.1

	Тиск рідини, МПа	Площина поршня домкрату, мм ²	Сила, кН	Показники індикаторів			Різниця прогинів відносно		
				№ 1	№ 2	№ 3	Края бочки	Крайки смуги	Шийки

Матеріальне забезпечення

1. Лабораторний прокатний стан.
2. Робочі валки:
с гладкою бочкою; з калібрами.
3. Прилад Шора для виміру твердості робочої поверхні валків
4. Набір контрольних плиток шорсткості поверхні.
5. Штангенциркуль.
6. Лінійка.
7. Кронциркуль.
8. Індикатори годинного типу (3 шт.)

Порядок виконання роботи

1. Ознайомити з інструкцією, матеріальною частиною, вимірювальним устаткуванням.
2. Вивчити конструкцію прокатних валків різних типів.
3. Визначити твердість і шорсткість робочої поверхні бочок і шийок валків.
4. Скласти ескізи робочих валків різних типів.
5. Експериментально визначити деформацію прокатного валка. Експериментальні дані піддати статистичній обробці на ПЕВМ.

Зміст звіту

Звіт складається в журналі лабораторних робіт і повинен містити відповіді на контрольні питання, а також включати:

1. Мета роботи,
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Ескізи досліджуваних прокатних валків.
4. Розрахункові значення основних параметрів прокатних валків і їхнє порівняння з реальною конструкцією валка.
5. Результати експериментів (табл. 2.І).
6. Результати статистичної обробки експериментальних даних (роздруківки з ЕОМ з аналізом).
7. Аналіз отриманих результатів.

Правила техніки безпеки при виконанні роботи

1. Забороняється включення устаткування під час проведення роботи.
2. Всі досліджувані прокатні валки повинні бути надійно зафіксовані на стендах від самовільного перекочування за допомогою підкладок.
3. Забороняється проводити будь-які складальні й вимірні операції з валком у висячому положенні.
4. Забороняється йти зі свого робочого місця й переходити на інше без дозволу викладача.

Контрольні питання

1. У чому призначення і які конструктивні особливості прокатних валків різних типів?
2. У чому складається методика вибору основних параметрів прокатних валків різних типів?
3. Опишіть методику визначення шорсткості робочої поверхні прокатного валка.
4. Опишіть методику визначення твердості робочої поверхні валка.
5. Які матеріали застосовують для виготовлення прокатних валків різних типів?
6. У чому складається методика проведення експериментальних досліджень деформації прокатного валка?

Лабораторна робота 3. Вивчення конструктивних особливостей підшипникових вузлів прокатних станів (2 години)

Мета – вивчити конструкцію підшипникових вузлів різних типів і придбати практичні навички проектування підшипникових вузлів.

Короткі теоретичні відомості

Підшипники, застосовувані в прокатних станах, можна розділити на дві групи: підшипники ковзання й кочення. Підшипники ковзання конструктивно виконують двох типів: відкриті й закритого (підшипники рідинного тертя - ПРТ).

Підшипники ковзання відкритого типу. Застосовують на обтискних, рейкобалкових, сортових станах, у чорнових клітях дрібносортих станів, тобто там, де пружна "піддатливість" неметалічних вкладишів не робить помітного впливу на якість прокату.

Характерними рисами таких підшипників є малі вартість і коефіцієнт тертя (при змащенні водою й при швидкості обертання 2 м/с $\mu = 0,003...0,006$).

Підшипники ковзання закритого типу. На основі гідродинамічної теорії змащення сконструйовані три типи підшипників рідинного тертя: гідродинамічні, гідростатичні, гідростатодинамічні.

Гідродинамічні ПРТ забезпечують рідинне тертя між втулкою й цапфою при високих швидкостях, коли цапфа обертається з великою швидкістю і захоплює за собою мастило, при цьому утворюється масляний клин, тиск у якому врівноважує зовнішнє навантаження.

У гідростатичних підшипниках (без утворення масляного клина) для врівноважування зовнішнього навантаження необхідно створювати постійний високий тиск мастила в спеціальних кишнях втулки підшипника за рахунок зовнішнього тиску.

Гідростатодинамічні ПРТ є підшипниками комбінованого типу: мастило під високим тиском подається в підшипники тільки в період перехідних режимів роботи стана (пуск, гальмування й робота на невеликих швидкостях), при сталому режимі роботи стана (більші швидкості) високий тиск мастила автоматично відключається й рідинне тертя в підшипнику забезпечується масляним гідродинамічним клином.

Термін служби ПРТ досягає 75 тис. годин (10 років). Коефіцієнт тертя ПРТ $\mu = 0,002...0,005$.

Підшипники кочення відносяться до підшипників закритого типу. Їх застосовують для валків станів гарячої й холодної прокатки листів, смуг та стрічок, а також для валків заготовочних і сортових станів. В останньому випадку використовують винятково роликові підшипники з конічними роликами (дворядні, чотирирядні), тому що вони здатні сприймати більші радіальні й осьові навантаження. На листових станах холодної прокатки тонких смуг та стрічок застосовують роликотітшипники із циліндричними роликами.

Порівняльна характеристика підшипників кочення й рідинного тертя
Переваги ПРТ

1. Мають малий коефіцієнт тертя ($\mu = 0,002...0,005$).
2. Практично не зношуються (термін служби досягає 10 років).
3. Особливо добре працюють при високих частотах обертання цапфи, тому що зі збільшенням частоти зростає їхня несуча здатність.

Недоліки ПРТ:

1. Висока вартість.
2. З ростом швидкості змінюється товщина масляного клина, а отже, і величина зазору між валками.

3. Вимагають ретельного відходу, добре очищеного й охолодженого масла, високої герметичності підшипникового вузла.

4. Необхідно застосовувати окрему мастильну систему. Переваги підшипників кочення:

1. Більш дешеві у порівнянні із ПРТ.
2. Не вимагають ретельного обслуговування й гарної герметизації.
3. Забезпечують малий коефіцієнт тертя ($\mu = 0,006...0,012$).
4. Стабільні в роботі (з ростом швидкості й навантаження зазор між валками не змінюється).

Недоліки підшипників кочення:

1. Мають обмеження по швидкості.
2. Мають меншу вантажопідйомність.

Змащення підшипників

Для змащення підшипників застосовуються:

1. Рідкі масла марок П-28, або брайтсток, циліндрове 24, автотракторне АК-10, турбінне УТ.
2. Консистентні мастила.

Матеріальне забезпечення роботи

1. Лабораторний прокатний стан.
2. Комплекти валків з подушками, що мають підшипники: відкритого типу; кочення; ковзання.
3. Штангенциркуль.
4. Лінійка.
5. Кронциркуль.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з інструкцією, матеріальною частиною, вимірвальним інструментом.
2. Вивчити конструкцію валків з підшипниками ковзання відкритого типу.
3. Вивчити конструкцію валків з підшипниками кочення відкритого типу.
4. Вивчити конструкцію валків з підшипниками кочення.
5. Скласти ескізи підшипникових вузлів різних типів.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Ескіз підшипникового вузла з підшипником кочення.

4. Ескіз підшипникового вузла з підшипником ковзання. \
5. Схеми змащення підшипникових вузлів прокатних валків.

Правила з техніки безпеки

1. Забороняється включати устаткування під час проведення роботи
2. Необхідно вживати заходів безпеки при монтажі й демонтажі вузлів.
3. Забороняється проводити будь-які складальні операції базової деталі у висячому положенні.
4. Не можна йти зі свого робочого місця й переходити на інше без дозволу викладача.
5. При складанні-розбиранню слід користуватися ключами необхідного розміру.

Контрольні питання

1. Опишіть конструкцію ПРТ.
2. Опишіть конструкцію підшипника кочення.
3. Наведіть ескіз підшипникового вузла ковзання.
4. Приведіть порівняльну характеристику підшипників різних типів.
5. Які види мастил використовують для змащення підшипників різних типів.

Лабораторна робота 4. Вивчення роботи механізму установки верхнього валка та визначення його основних параметрів (2 години)

Мета – вивчити конструктивні особливості натискних пристроїв прокатних станів, опанувати практичними навичками визначення їхніх основних параметрів і розрахунків.

Короткі теоретичні відомості

Механізм установки верхнього валка застосовують на станах з горизонтальним розташуванням валків для регулювання взаємного положення валків з метою забезпечення прокатки профілю заданого розміру. Основний параметр цих механізмів – швидкість установки верхнього валка, що для різних станів характеризується такими величинами, мм/з:

- | | |
|---|--------------|
| 1. на блюмінгах | 100...250; |
| 2. на слябінгах (D 1150...1250) | 50...150; |
| 3. на товсто- і середньолистових станах | 5...25 |
| 4. на сортових станах | 2...5 |
| 5. на тонколистових станах: | |
| гарячої прокатки | 0,1...0,2; |
| холодної прокатки й багатовалкових | 0,005...0,1. |

Механізм установки верхнього валка включає власне механізм установки, називаний також натискним пристроєм, пристрій для врівноваження верхнього валка. Натискний пристрій забезпечує вертикальне переміщення верхнього валка в необхідне положення із заданою швидкістю. Пристрій для врівноваження верхнього валка призначено для щільного безсоромного притискання верхніх валків до гвинтів натискного пристрою.

Натискні пристрої. По конструкції натискні пристрої розділяються на такі групи.

Натискні пристрої з ручним приводом. Застосовуються на сортових станах з постійним взаємним розташуванням калібрів, яке змінюється тільки при перенастроюванні стана й зміні валків, а також на станах гарячої й холодної прокатки листів і смуг з невеликим обсягом виробництва (типу лабораторних станів).

Швидкохідні електрифіковані натискні пристрої. Застосовуються при швидкостях установки верхнього валка понад 0,2...1,0 мм/с в обтискних, товсто- і середньолистових станах, у яких валки настраюються на заданий розмір при реверсі. Висота ходу верхнього валка в цих станах може досягати 1500...2100 мм, тому високі швидкості установки застосовуються для скорочення часу перенастроювання валків.

Тихохідні електромеханічні натискні пристрої. Застосовуються в тонколистових станах гарячої й холодної прокатки у зв'язку з малою величиною окремих переміщень і високою точністю установки валків. Оскільки ці стани постачені системами регулювання товщини валків у процесі прокатки, натискні гвинти повинні переміщатися під навантаженням. Швидкість переміщення гвинтів становить менш 1,0...0,2 мм/з, висота ходу – більше 100...200 мм. Загальне передаточне число механізму може досягати 1500...2000.

Гідравлічні й гідромеханічні натискні пристрої. Застосовуються на більшості сучасних станів, у гідравлічних натискних пристроях валки встановлюються за допомогою гідроциліндрів. При цьому кліть може працювати у двох режимах; з постійним зазором між валками (при прокатці смуги) і з постійним силам прокатки (при дресируванні смуги). Гідромеханічні пристрої являють собою комбінацію механічних і гідравлічного натискних механізмів, у них використовують переваги точної установки валків механічним приводом і швидкодія гідравлічної системи.

Гідравлічні й гідромеханічні пристрої можуть включатися в систему автоматичного регулювання товщини смуги. Переваги цих пристроїв у порівнянні з механічними - компактність, швидкодію, плавність роботи. Недоліки: застосування високого тиску, складність керування.

Основні несучі деталі натискних пристроїв - гвинти й гайки. Гвинти сприймають навантаження від тиску металу на валки й передають через гайку на станину. Профіль різьби - упорний або трапецієдний. Крок вибирається таким, щоб кут підйому гвинтової лінії був менше кута тертя за умовами самогальмування (звичайно не більше $2^{\circ}30'$).

Діаметр гвинта визначається з умови міцності:

$$\sigma = \frac{4P}{\pi d_B^2} \leq [\sigma], \quad (4.1)$$

де P – навантаження на один гвинт;

d_B – внутрішній діаметр різьблення гвинта;

$[\sigma]$ – напруження, що допускається, орієнтовно приймається;

σ_B – тимчасовий опір матеріалу гвинта.

При цьому застосовуються куті леговані сталі марок 40Х, 40ХН ($\sigma_B = 600...750$ МПа) з поверхневим гартуванням до твердості HRC 45...60. Гайки виконуються із бронзи, наприклад, АЖМц 10-3-1,5. З метою економії бронзи застосовують багатоступінчасті, бандажировані або складові гайки. Зовнішній діаметр гайки визначають, виходячи з контактних напружень між гайкою й станиною, при цьому допускаються напруження, що, становлять 60...80 МПа. Висота гайки визначається припустимим напруженням у різьбі, прийнятим 15...20 МПа. Звичайно ці умови задовольняються при таких співвідношеннях між діаметром різьби, зовнішнім діаметром D) і висотою гайки H :

$$D = (1,5...1,8) d;$$

$$H = (0,95...1,1) D.$$

Потужність привода натискного пристрою визначається по формулі

$$N_{дв} = M_{дв} \omega_{дв} = M_B \omega_B / \eta, \quad (4.2)$$

де ω_B – кутова швидкість обертання гвинта, рад/с;

$$\omega = 2\pi V / s, \quad (4.3)$$

де V – швидкість переміщення натискного гвинта;

s – крок різьби;

M_B – момент, необхідний для обертання гвинтів, кНм, визначається за формулою:

$$M_B = P_B \left[\frac{\alpha_n}{3} \mu_n + \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha_p + \varphi_p) \right], \quad (4.4)$$

де P – навантаження на два гвинти, кН (при установці валків у процесі прокатки навантаження приймається рівній силі прокатки, при установці валків без прокатки воно дорівнює силі переврівноважування, тобто 20...40 % від ваги верхнього валка);

D_n – діаметр підп'ятника, м;

d_{cp} – середній діаметр різьби, м;

μ – коефіцієнт тертя в підп'ятнику гвинта (близько 0,1);
 φ_p – кут тертя у гвинтовій парі (близько 6°);
 α_p – кут підйому гвинтової лінії в різьбі. ($\operatorname{tg} \alpha_p = z / \pi d_{cp}$, тут z – кількість заходів);

Пристрій для врівноваження верхнього валка. Сила врівноваження верхнього валка прокатного стану повинна перевищувати на 20...40% маси деталей, що врівноважуються. Це дозволяє, по-перше, уникнути ударів при вході металу у валки й виході з них, по-друге, дає можливість установлювати верхній валок у будь-якому положенні, тобто забезпечувати заданий зазор між валками.

Існують наступні способи врівноваження верхнього валка.

Пружинне врівноваження. При звичайному врівноваженні подушки валка підтискаються до гвинтів за допомогою пружин, що опираються на станину. Хід валка при цьому не перевищує 50...100 мм. Застосовується в сортових станах з постійним взаємним розташуванням калібрів.

Вантажне врівноваження, виконується контрвантажами, розташованими під робочою кліткою; сила до валка передається системою важелів і штангами, що штовхають. Застосовується в обтискних, товстолистових і великосортних станах. Переваги: простота й надійність у роботі. Недоліки: більші габарити вантажів, великі маса й інерційність, складність фундаментів.

Гідравлічне врівноваження. Виконується за допомогою гідроциліндрів плунжерного типу, що перебувають на станині або між подушками. У першому випадку встановлюється один циліндр, що переміщає траверсу, з'єднану з подушками верхнього валка, у другому - чотири циліндри, розташовані попарно в подушках нижнього валка. У станах робочі й опорні валки врівноважуються циліндрами, розташованими в подушках робочих і опорного нижніх валків. Управляються гідроциліндри вантажним або пневматичним акумулятором, що забезпечує тиск 10...15 МПа. Гідравлічне врівноваження одержало поширення переважно у великих сучасних станах гарячої й холодної прокатки завдяки простоті конструкції й компактності. Недоліки: витік масла й ускладнення перевалки валків через підведення гідравліки до подушок.

Матеріальне забезпечення роботи

1. Лабораторні стани – 4 шт.
2. Штангенциркуль – 4 шт.
3. Лінійки – 4 шт.
4. Креслення натискного пристрою лабораторного стану 50/260x200.

Порядок виконання роботи

1. Визначити тип натискного пристрою й спосіб врівноваження верхнього валка на лабораторних станах.

2. Знайти масу верхнього валка в зборі й силу (необхідну) врівноваження.

3. Скласти кінематичні схеми натискних пристроїв.
4. Визначити тип двигунів, число обертів і потужність.
5. Обчислити передаточне число передач.
6. Виміряти діаметр і крок різьби натискних гвинтів і гайок; визначити профіль різьби, кут підйому гвинтової лінії, діаметр і висоту гайки.
7. Визначити хід натискного гвинта за один оберт маховика в натискному пристрої з ручним приводом,
8. По заданому зусиллю на гвинтах обчислити контактні напруження в різьбі, а також напруження стиску у гвинтах.
9. Розрахувати сила на маховику ручного натискного пристрою, необхідну потужність приводу електромеханічного натискного пристрою
10. Скласти звіт про виконану роботу.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис механізмів для установки верхнього валка лабораторних станів (кінематичні схеми із вказівкою передаточних чисел, діаметра й кроку різьблення, типу приводу).
4. Дані, отримані при проведенні лабораторної роботи.
5. Аналіз результатів роботи.

Правила техніки безпеки

1. Включати механізми стана можна тільки з дозволу викладача
2. Забороняється перебувати в безпосередній близькості до кліті при працюючих механізмах.
3. При роботі з обертовими деталями ручного механізму необхідно дотримувати заходів обережності.
4. При проведенні вимірів слід користуватися безпечними прийомами.

Контрольні питання

1. Яке призначення натискних пристроїв прокатних станів?
2. Як вибираються основні параметри натискних механізмів (швидкість установки валка, кінематична схема натискного пристрою, тип пристрою для врівноваження валка).
3. Розрахуйте на міцність натискний гвинт, гайку натискного гвинта.
4. Як визначають момент обертання натискного гвинта?
5. Визначите потужність приводу натискного механізму.

Лабораторна робота 5. Експериментальне дослідження напружень в елементах станини прокатної кліті (2 години)

Мета роботи – вивчити конструктивні особливості станин робочих клітей, опанувати методику експериментальних досліджень механічних напружень у станинах закритого типу.

Загальні вказівки

Станини робочої кліті – самі відповідальні деталі прокатного стана. У них монтують подушки валків, а також інші пристрої й механізми.

По конструкції станини ділять на дві групи: закритого й відкритого типу. Станини закритого типу являють собою литу масивну жорстку раму; у середині її зроблене вікно для установки в ньому подушок валків.

Станини відкритого типу складаються із двох частин: власне станини й кришки. Кришку скріплюють зі станиною болтами або клинами.

Станину розраховують на максимальну вертикальну силу P , що діє при прокатці на шийки валків. Горизонтальні сили, що діють на станину в момент захвата металу валками й при прокатці смуги з натягом, можна не враховувати.

Для спрощення розрахунку станину закритого типу представляють у вигляді жорсткої прямокутної рами, що складається із двох однакових стійок і двох поперечок (рис.5.1, а). З боку нижньої подушки на нижню поперечку, а з боку натискного гвинта на верхню поперечку діють вертикальні сили, рівні половині тиску металу на валки, якщо прокатується метал, що перебуває посередині бочки валка.

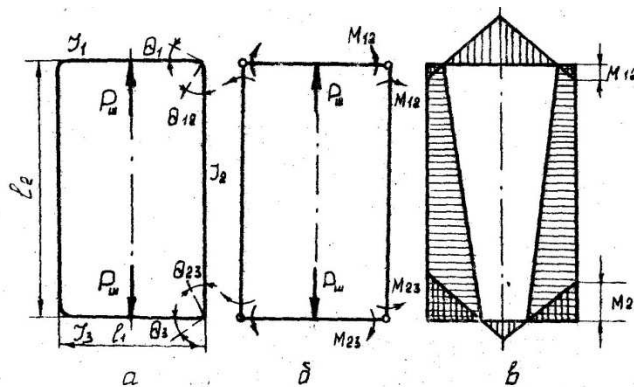


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема станини

Під дією сили P у кутах твердої рами виникають статично невизначені моменти M_0 (див. рис. 5.1, б). Ці моменти будуть згинати стійки всередину вікна станини, а поперечки – назовні. Кожна стійка станини розтягується під дією сили $P/2$ і згинається постійним по всій висоті стійки моментом M_0 . Напруження розтягання в будь-якому перетині по висоті стійки буде дорівнювати

$$\sigma'_{\text{ст}} = \frac{P/2}{F_2} = \frac{P}{2F_2}, \quad (5.1)$$

де F_2 – площа перетину стійки.

Під дією згинального моменту M_0 зовнішня сторона стійки буде сприймати напруження стиску, а внутрішня – напруження розтягання:

$$\sigma''_{\text{ст}} = \frac{M_0}{W_2}, \quad (5.2)$$

де W_2 – момент опору вигину перетину стійки.

Максимальні напруження виникають на внутрішній поверхні стійки (з боку вікна станини):

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{P}{2F_2} + \frac{M_0}{W_2}. \quad (5.3).$$

Мінімальні напруження будуть виникати на зовнішній поверхні стійки:

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{P}{2F_2} - \frac{M_0}{W_2}. \quad (5.4)$$

Епюра розподілу напруження в стійці має вигляд, зображений на рис. 5.1, в.

Статично невизначений момент для станини з рівними моментами опору верхньої й нижньої поперечок можна знайти по вираженню

$$M_0 = \frac{Pl_2}{4} \frac{1}{2(1 + \frac{l_2 I_1}{l_1 I_2})}, \quad (5.5)$$

де I_1 – момент інерції перетину поперечки;

I_2 – момент інерції перетину стійки;

l_1, l_2 – довжина нейтральних ліній поперечки й стійки.

Матеріальне забезпечення роботи

1 Моделі станин закритого типу	2 шт.
2 Гідродомкрати	2 шт.
3 Тензометричний підсилювач ТА-5	2 шт.
4 Осцилограф ДО 12-22	2 шт.
5 Блок живлення Б-9	2 шт.
6 Лінійка масштабна	2 шт.
7 Штангенциркуль	2 шт.

Порядок виконання роботи

Механічні напруження визначаються методом тензометрирування. Тензометричні датчики $D_1...D_7$ (рис. 5.2) наклеюють на стійку станини по напрямку деформації розтягання. Компенсаційний тензодатчик наклеюють на стійку поперек лінії напрямку дії деформації розтягання. Робочі тензодатчики $D_1...D_7$ за допомогою перемикача по черзі підключають до тензометричного підсилювача та осцилографа. Тензометричний датчик D_4 наклеюють уздовж нейтральної лінії стійки станини, по його деформації можна контролювати напруження розтягання, що діють уздовж нейтральної лінії станини, і робити тарирування тензодатчиків:

$$\sigma_{p(n)} = \frac{P}{2F_2} \cdot \quad (5.6)$$

Сила P , прикладена до станини, створюється за допомогою гідравлічного домкрата:

$$P = \rho F_d,$$

де ρ – тиск рідини в домкраті;
 F_d – площа поршня домкрата.

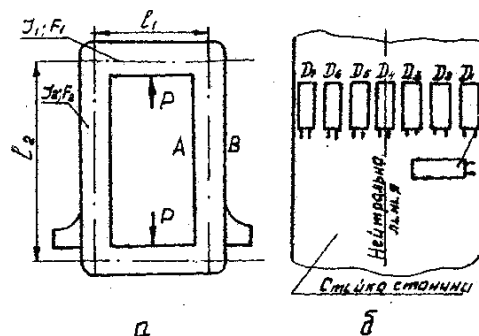


Рисунок 5.2 Схема станини (а) та розміщення датчиків на стійці (б)

1 Провести тарирування тензометричних датчиків і побудувати тарувальний графік (провести пряму тарирування по датчику D_4 , розташованому на нейтральній лінії стійки; вважаємо, що всі датчики мають такі ж тензометричні характеристики).

2 Підключити осцилограф по черзі до кожного з датчиків $D_1...D_7$ і визначити за графіком значення напружень у відповідних перетинах стійки і результати занести до табл. 5.1.

3 Провести статистичну обробку результатів експерименту.

4 Побудувати експериментальну криву розподілу напруження в стійці станини.

5 Розрахувати значення напружень з боку вікна та з зовнішнього боку стійки.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис механізмів для установки верхнього валка лабораторних станів (кінематичні схеми із вказівкою передаточних чисел, діаметра й кроку різьблення, типу привода).
5. Дані, отримані при проведенні лабораторної роботи.
6. Аналіз результатів роботи.

Правила техніки безпеки

1. Електроприлади не можна включати в мережу напругою 220 В без дозволу викладача.
2. При роботі з гідродомкратом не дозволяється нагнітати тиск більше 15 мПа.

Контрольні питання

1. Як визначити розрахунковим шляхом механічні напруги в стійці станини?
2. Поясніть методику тарировки експериментальної установки.
3. Поясніть методику проведення експериментальних досліджень.
4. Як визначити точність проведених експериментів?
5. Як визначити твердість станини?
6. Який вплив робить твердість станини на точність прокату?
7. З якого матеріалу виготовляють станини?
8. Які значення допустимих напружень використовують при розрахунку станин на міцність

Лабораторна робота 6. Вивчення роботи універсальних шпинделів і дослідження основних параметрів

Мета роботи – вивчити роботу й конструктивні особливості універсальних шпинделів, ознайомитися з методикою розрахунку навантажень у деталях і експериментальному дослідженні ККД шпинделя.

Загальні вказівки

Призначення й класифікація універсальних шпинделів. Шпинделі призначені для передачі валкам робочої кліті обертання й крутних моментів від шестеренної кліті або безпосередньо від головних електродвигунів.

Таблиця 5.1 – Результати дослідження навантажень станини

Серії навантаження	Навантаження		Датчик №1		Датчик №2		Датчик №3		Датчик №4		Датчик №5		Датчик №6		Датчик №7	
	Тиск в пресі МПа	Площина поршня мм ²	Сила кН	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа	Показники відхилення, мм Напруженняσ, МПа

На прокатних станах застосовують шпинделі двох основних типів: універсальні шарнірні й зубчасті.

В основу конструкції універсальних шпинделів покладений принцип шарніра Гука; ці шпинделі можуть передавати обертання й крутний момент під кутом нахилу $8...10^0...$ Завдяки шарнірній конструкції універсальні шпинделі працюють плавно; разом з тим вони дозволяють передавати більші крутні моменти. По конструкції головки розрізняють наступні типи універсальних шпинделів:

З головками на вкладишах ковзання;

З головками на підшипниках кочення.

Кожний тип універсальних шпинделів має кілька конструктивних виконань.

Шпинделі першого типу включають три силові деталі: охоплювана деталь – лопата; що охоплює – качана; передатні деталі – 2 вкладиші. Основні недоліки цих шпинделів – швидке зношування вкладишів і більша втрата змащення.

У шпинделях другого типу використовуються підшипники кочення голчасті, конічні однорядні, дворядні сферичні й т.д. Характерною рисою головок другого типу універсальних шпинделів є наявність провідних і веденої вилок, хрестовини й ; підшипників кочення. Недолік цих шпинделів – обмежена працездатність підшипників при обмежених габаритах.

Врівноваження універсальних шпинделів. Маса універсальних шпинделів особливо важких прокатних станів досягає 40 т. Для зменшення впливу маси шпинделя на опори робочих і шестеренних валків, валів електродвигунів і деталей головки шпинделі застосовують врівноваження шпинделів. Для врівноваження в центр ваги системи “Вал шпинделя – головка шпинделя прикладається вертикально спрямована сила, рівна по величині й протилежна за знаком рівнодіючій силі ваги системи. Сила врівноваження повинна забезпечити врівноваження системи в будь-якому заданому положенні шпинделя.

Силу врівноваження застосовують трохи більше рівнодіючої сили ваги системи: $P_{ур} = kR$,

де R – рівнодіюча сила ваги системи;

k – коефіцієнт переврівноваження.

$K = 1,05...1,2$.

У практиці прокатобудування застосовують пружинні, вантажні й гідравлічні механізми врівноваження.

Пружинне врівноваження найбільш просте конструктивно, але дає змінний коефіцієнт переврівноваження (залежно від переміщення).

Вантажне врівноваження матеріалоємне, має більшу інерційність.

Гідравлічне врівноваження забезпечує постійний коефіцієнт переврівноваження, надійно в роботі й широко застосовується в цей час на листових станах.

Матеріальне забезпечення роботи

- 1 Шпиндельний пристрій кліті дуо-кварто 55\260х200.
- 2 Шпиндельний пристрій кліті дуо 200.
- 3 Стенд універсального шпинделя (мал.6.1) – 2 шт.
- 4 Штангенциркуль – 2 шт.
- 5 Слюсарний рівень – 2 шт.
- 6 Лінійка мірна – 2 шт. (500 мм).
- 7 Вантажі – 5 кг, вантажі – 600, 500, 100, 200, 50, 20, 10г х5шт.

Порядок виконання роботи

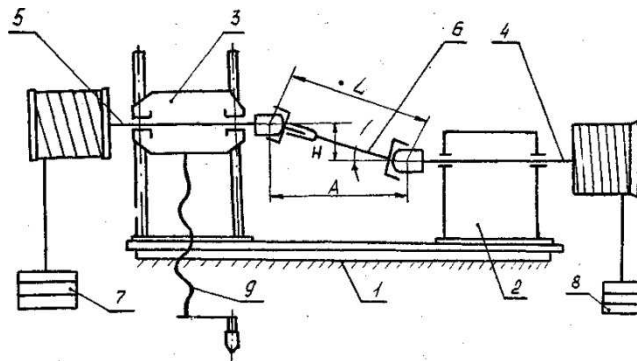


Рисунок 6.1 – Схема експериментальної установки для визначення ККД шпинделя

1 Робота виконується після прослуховування лекцій розділу «Устаткування головної лінії» і включає розрахунок основних деталей шпиндельного пристрою й визначення моменту прокатки, що доводиться на один шпиндель.

2 Перш ніж приступити до роботи, необхідно ознайомитися з інструкцією, матеріальною частиною, вимірювальним інструментом, технікою безпеки.

3 Вивчити пристрій і конструктивні особливості універсальних шпинделів кліті дуо-кварто. Визначити по переміщенню верхнього валка в кліті максимальний вертикальний хід головки з боку робочого валка й виміряти кути нахилу нагору й долілиць від горизонтального положення. Визначити горизонтальне переміщення головки. Горизонтальне положення шпинделя встановити по слюсарному рівні.

Кут нахилу розрахувати (рис.6.1):

$$\operatorname{Tg} \alpha = H/A.$$

Вивчити конструкції деталей шпиндельного пристрою по запасному комплекті. Зробити виміри основних розмірів деталей і ескіз однієї головки за вказівкою викладача. Скласти кінематичну схему універсального шпинделя.

4 Вивчити пристрій і конструктивні особливості універсальних шпинделів кліти дуо 200. При цьому по переміщенню верхнього робочого валка знайти максимальний можливий кут нахилу. Вивчити конструкції деталей шпиндельного пристрою, визначити тип застосовуваних підшипників кочення, зробити виміри основних розмірів і ескіз однієї головки за вказівкою викладача.

5 Вивчити конструкцію стенда універсального шпинделя, кінематична схема якого показана на рис. 6.1. Визначити ККД шпиндельного пристрою. Для цього на трос барабана веденого вала 3 необхідно закріпити заданий вантаж при горизонтальному положенні шпинделя, а на трос барабана провідного валка 2 закріпити вантажі 8, необхідні для врівноваження вантажу 7. Співвідношення вантажів 7 і 8 (G_7 і G_8) буде визначати для горизонтального шпинделя ККД установки:

$$\eta_{\text{уст}} = G_7 / G_8. \quad (6.1)$$

ККД установки дорівнює добутку ККД самого шпинделя $\eta_{\text{ш}}$, підшипників кочення провідного й веденого хиткий $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$. Втрати на тертя в барабанах рівні й протилежні, тому в розрахунках їх не слід урахувати.

Приймаємо, що $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \eta_4 = \eta_{\text{п}}$, тоді ККД шпинделя дорівнює

$$\eta_{\text{ш}} = \eta_{\text{вуст}} / \eta_{\text{п}}'. \quad (6.2)$$

Задаючи на веденій стійці за допомогою двох гвинтів кути нахилу $\alpha = 1 \dots 10^\circ$, визначити величину вантажу, що врівноважує, і ККД шпинделя. Побудувати графічну залежність $\eta_{\text{ш}} = f(\alpha)$.

6 Вимірювані величини при проведенні експерименту занести до табл. 6.1

Таблиця 6.1 – Результати експериментів

α , град	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_7 , Н											
G_8 , Н											
η											

7 За даними таблиці 6.1 побудувати графік $\eta = f(\alpha)$.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Схему й опис експериментальної установки.
4. Ескізи деталей шпинделів за вказівкою викладача.
5. Методику проведення експериментів.
6. Результати експериментів.
7. Результати статистичної обробки експериментальних даних на ЕОМ (визначення точкових й інтегральних оцінок).
8. Аналіз отриманих результатів.

Правила з техніки безпеки

1. Перед початком роботи з вивчення шпиндельного пристрою діючих клітей дуо-кслід й дуо-200 на пульт керування необхідно повісити табличку «Не включати, працюють люди».
2. При проведенні вимірів слід дотримуватися мір обережності: не опиратися на шпиндельний пристрій, не ставати на виступаючі деталі корпусів і верстати.
3. Забороняється включати кліті на прокручування без дозволу викладача.
4. Необхідно дотримувати мір обережності при роботі з великоваговими деталями.

Контрольні питання

1. Як класифікуються універсальні шпинделі?
2. Як визначити кут перекошу шпинделя?
3. З яких основних деталей складається шпиндель із головками на вкладишах ковзання?
4. З яких основних деталей складається шпиндель із головками на підшипниках кочення?
5. У чим полягає методика експериментального визначення ККД шпинделя?

Лабораторна робота 7. Вивчення роботи шестеренної кліті та дослідження перекидного моменту

Мета роботи – поглибити й закріпити теоретичні знання, отримані на лекції, перевірити науково-теоретичні положення експериментальним шляхом, ознайомитися з устаткуванням і приладами, використовуваними для наукових досліджень.

Загальні вказівки

Шестеренні кліті призначені для розподілу крутного моменту й передачі обертання валкам стана через сполучні деталі (шпинделі). Шестеренні кліті передбачені у всіх прокатних станах за винятком станів з індивідуальним приводом валків (великі блюмінги, слябінги й у деяких випадках обтискні кліті товстолистових чотирьохвалкових станів).

З огляду на те, що діаметр прокатних валків у процесі експлуатації станів не є величиною постійною (тому що валки в міру їхнього зношування переточують або перешліфовують), за основний параметр сортових прокатних станів прийнятий не діаметр робочих валків, а діаметр початкової окружності шестірень шестеренних клітей. Завдяки цьому можна скоротити число необхідних типорозмірів шестеренних клітей і застосовувати кліті з однаковим діаметром шестірень для різних прокатних станів. Практично встановлені наступні співвідношення між діаметром початкової окружності шестірень d_0 діаметром нових валків D_H , діаметром переточених (до припустимої межі) валків D_{II} і максимальною висотою підйому верхнього валка h :

для обтискних станів

$$d_0 = (D_H + D_{II}) / 2 + h / (8 \dots 10) \quad (7.1)$$

для інших станів

$$d_0 = (D_H + D_{II}) / 2. \quad (7.2)$$

У шестеренних клітях застосовують шестірні із шевронним зубом без доріжки або з доріжкою в середині. Використовувати прямі зуби в шестеренних клітях не рекомендується, тому що вони мають малу плавність ходу; застосування ж косих зубів ускладнило б конструкцію кліті, тому що треба був б пристрій для сприйняття осьових навантажень; застосування шевронних зубів з доріжкою в середині (для „; виходу черв'ячної фрези при нарізуванні зубів) небажано, тому що доріжка зменшує корисну ширину шестірні, а отже, і величину переданого крутного моменту. Однак шестірні з доріжкою простіше, і дешевше у виготовленні.

У шестеренних клітях передатне відношення $i = 1$. Число зубів $z = 18 \dots 29$. Перевищення цієї межі неприпустимо, тому що воно спричиняє зменшення модуля, тобто зменшення міцності зубів на вигин.

Звичайно зуби шестеренних валків піддають поверхневому загартуванню.

По ширині шестірні шестеренних клітей підрозділяють на три типи у залежності від ширини B та міжцентрової відстані A :

вузькі – при відношенні $B / A = 1,2$;

середні – при $B / A = 1,6 \dots 2,0$;

широкі – при $B / A = 2,5$

Застосування більш широких шестірень небажано, тому що збільшується прогин шестеренних валків.

Звичайно шестірні шестеренних клітей виготовляють зі сталей 45, 40ХН, 60Х2МФ із поверхневим загартуванням до твердості 450...570 НВ.

Шестеренні кліті роблять відкритими (зі знімною кришкою). Вони складаються з наступних основних елементів: станини, кришки, шестірень (шестеренних валків) і подушок з підшипниками. Станини й кришки відливають із високоміцного або модифікованого чавуну (марок ВЧ- 45-5, СЧ- 32-52); при відсутності подушок корпус станин виготовляють зі сталі 35 Л.

У шестеренних двохвалкових клітях приводним звичайно є нижній шестеренний валок.

Шийка приводної шестірні одержує з боку двигуна (або редуктора) крутний момент, рівний $M_{кр}$, і передає його двом шестірням, а через них – двом валкам по $M_{пр}/2$ через універсальні шпинделі.

Таким чином, на шестеренну кліть будуть діяти наступні моменти з боку двигуна $M_{кр} = M_{пр}$, цей момент прикладений до нижнього валка й має позитивне значення. З боку шпинделів на валки шестеренної кліті діють реактивні моменти (моменти протидії), які за третім законом Н'ютона будуть дорівнювати моментам прокатки $M_{пр}$, тобто $M_1 = M_2 = M_{пр}/2 = M_{кр}/2$, і будуть спрямовані, як показано на рис. 7.1

Перекидний момент, що діє на кліть, буде дорівнює алгебраїчній сумі цих моментів (з урахуванням їх напрямку).

$$M_{опр} = M_{кр} + M_1 - M_2. \quad (7.3)$$

Якщо момент $M_{кр}$, що сприймається шестеренною кліттю з боку головного двигуна, буде розподілятися нарівно між верхньою й нижньою шестірнями (тобто між робочими валками, то тоді:

$$M_1 = M_2 \quad \text{і} \quad M_{опр} = M_{кр} = M_{пр}. \quad (7.4)$$

Отже, при простому процесі прокатки момент, що перекидає шестеренну кліть, дорівнює моменту прокатки (або моменту привода валків).

Можливі два особливі випадки:

1. Зламався верхній шпиндель, але якийсь час прокатка ще триває, тоді $M_1 = 0$, а $M_2 = M_{пр}$, отже $M_{опр} = 0$.

2. Зламався нижній шпиндель ($M_2 = 0$, $M_1 = M_{пр}$), тоді перекидний момент:

$$M_{опр} = M_{кр} + M_{пр} = 2 M_{кр}, \quad (7.5)$$

тобто подвійному моменту привода валків.

Таким чином, в аварійних випадках перекидаючий момент шестеренної кліті у два рази більше моменту, що перекидає робочу кліть.

Момент, що перекидає шестеренну кліть, буде прагнути відірвати її від фундаменту. Позначимо число фундаментних болтів з однієї сторони шестеренної кліті через n і діаметр болта через d . Сила, що діє на один фундаментний болт, дорівнює:

$$Q = \frac{1}{n} (M_{\text{опр}} / b - G / 2), \quad (7.6)$$

де b – відстань між болтами;

G – вага шестеренної кліті.

Для того щоб плитовина не відходила від фундаменту, кожний болт треба затягти із силою, яка на 20...40 % перевищує силу Q :

$$Q_6 = (1,2 \dots 1,4) Q. \quad (7.7)$$

Матеріальне забезпечення роботи

1. Лабораторна установка – прокатний стан дуо із шестеренною кліттю.
2. Тарувальний пристрій.
3. Підсилювач, осцилограф.
4. Зразки для прокатки (свинцеві пластини).
5. Вимірювальні інструменти.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією й принципом роботи лабораторної установки.
2. Виміряти параметри шестеренної кліті. '
3. Виміряти зразки.
4. Виконати тарирування вимірювальної системи.
5. Побудувати тарувальний графік.

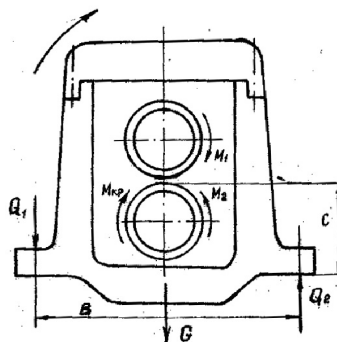


Рисунок 7.1 – Схема моментів і сил, що діють на шестеренну кліть

6. Зробити прокатку зразків.
7. Заміряти силу Q на фундаментному болті. Результати звести в табл. 7.1
8. Обробити експериментальні дані. Розрахувати перекидний момент за формулою, що витікає з формули (7.6):

$$M_{\text{опр}} = (2Q + \frac{G}{2}) / b \cdot$$

9. Розрахувати теоретично перекидні моменти й силу, що діють на фундаментні болти.
10. Проаналізувати отримані результати.

Таблиця 7.1 – Результати дослідження зусилля на болти

Розміри зразків	Момент перекидний теоретичний	Сила Q на фундаментному болті, Н	Момент перекидний експериментальний

Зміст звіту

Звіт складається в журналі лабораторних робіт у довільній формі й повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Опис лабораторної установки з кінематичною схемою.
4. Дані, отримані при проведенні експерименту.
5. Аналіз результатів роботи.

Правила техніки безпеки при виконанні робіт

1. Стан можна включати тільки з дозволу й під спостереженням викладача.
2. Перед початком роботи необхідно переконатися в тім, що всі обертові деталі мають захисні кожухи.
3. Слід перевірити наявність заземлення.
4. Зразки в обертові прокатні валки може задавати тільки асистент, навчальний майстер або викладач.

Контрольні питання

1. Як класифікуються шестеренні кліті ?
2. У чому складаються відмінні риси конструкції шестеренних клітей?
3. З якого матеріалу виготовляють шестеренні валки ? Який вид термообробки при цьому призначають ?
4. Які типи підшипників використовують як опори шестеренних валків ?

5. У чому складається методика розрахунку шестеренного валка на міцність ?

6. У чому складається методика розрахунку шестеренної кліті на перекидання

Лабораторна робота 8. Експериментальне визначення модуля жорсткості робочої кліті (2 години)

Мета роботи – вивчення методики й придбання практичних навичок з визначення модуля жорсткості робочої кліті.

Теоретичні відомості

Модулем жорсткості робочої кліті називається відношення збільшення сили ΔP до створюваного нею збільшення пружної деформації робочої кліті Δl :

$$M_{кл} = \frac{\Delta P}{\Delta l}. \quad (8.1)$$

Модуль жорсткості робочої кліті є основною конструктивною характеристикою з точки зору точності готового прокату, кінцева товщина h_1 якого визначається залежністю Головіна-Симса:

$$h_1 = S_0 + S_1 + \frac{P}{M_{кл}}, \quad (8.2)$$

де S_0 – настроювана величина зазору між валками;

S_1 – сумарний зазор у спряженнях елементів силової лінії кліті;

P – сила прокатки;

$P/M_{кл}$ – пружна деформація робочої кліті.

Очевидно, що товщина готового прокату h_1 буде більше величини настроювана зазору між валками, оскільки під дією сили прокатки вибираються зазори S_1 у спряженнях елементів силової лінії кліті, через які сила прокатки передається від робочих валків до станини, а самі вони пружно деформуються на величину $P/M_{кл}$. Це явище варто враховувати при настроюванні міжвалкового зазору перед прокаткою, приймаючи його менше на величину зазначених змін. Очевидно, що чим більше величина модуля жорсткості кліті $M_{кл}$, тим менше її пружна деформація й тим ближче значення S_0 і h_1 . При цьому також знижується вплив на кінцеву товщину коливань сили прокатки, викликаних, зокрема, вихідної різнотовщинністю прокату й зміною технологічних параметрів прокатки – температури, умов тертя, натягу і т. д. (за винятком биття валків, вплив якого збільшується), і різнотовщинність готового прокату, відповідно, знижується.

Визначення модуля жорсткості робочої кліті пов'язане з визначенням її пружної деформації під дією сили прокатки. Теоретично модуль жорсткості робочої кліті можна визначити, розрахувавши пружні деформації й модулі жорсткості елементів силової лінії робочої кліті, тобто елементів, що передають силу прокатки від валків на станини. У загальному випадку до таких елементів у клітях кварто належать робочі й опорні валки, підшипники й подушки опорних валків, деформівні елементи натискних механізмів (гвинт, гайка або шток гідроциліндра), станини, а також ряд допоміжних елементів, таких як підп'ятники, месдоз, прокладки, механізми виводу валків на рівень прокатки та ін. Модуль жорсткості робочої кліті в цьому випадку визначають за співвідношенням:

$$\frac{1}{M_{кл}} = \frac{1}{M_{ву}} + \frac{1}{M_{ст}} + \frac{1}{M_{ну}} + \frac{1}{M_{подш}} + \frac{1}{M_n} + \frac{1}{M_{дрз}}, \quad (8.3)$$

де $M_{ву}$ – модуль жорсткості валкового вузла;

$M_{ст}$ – модуль жорсткості вузла станин;

$M_{ну}$ – модуль жорсткості натискного пристрою;

$M_{подш}$ – модуль жорсткості підшипників опорних валків;

M_n – модуль жорсткості подушок опорних валків;

$M_{дрз}$ – модуль жорсткості інших елементів силової лінії.

Визначення перерахованих модулів жорсткості пов'язане з розрахунком пружних деформацій зазначених елементів.

Експериментально модуль жорсткості робочої кліті можна визначити на основі залежності Головіна-Симса (8.2). Для цього досить виміряти при прокатці значення геометричних величин h_1 , S_0 , S_1 , які входять у формулу, а також визначити силу прокатки P , вимірявши її за допомогою месдоз. Тоді модуль жорсткості робочої кліті визначимо як:

$$M_{кл} = \frac{P}{h_1 - S_0 - S_1}. \quad (8.4)$$

Основні труднощі полягають у тому, що складно виконати точні виміри зазору S_0 , а виміряти величину зазорів у всіх сполученнях S_1 практично неможливо. Завдання істотно спрощується, якщо звести валки у «вибій», у цьому випадку $S_0 = 0$, а за рахунок притиснення валків вибираються зазори в спряженнях елементів кліті, тобто S_1 також дорівнює 0. Однак в силу пружної деформації робочої кліті кінцева товщина смуги $h_1 > 0$ і буде, власне, дорівнювати цій пружній деформації. Тоді формула (8.4) перетвориться до вигляду:

$$M_{кл} = \frac{P - P_0}{h_1}, \quad (8.5),$$

де P_0 – сила попереднього притискання валків для вибірки зазорів, визначається по показанню месдоз перед прокаткою.

Залежність (8.5) буде основною розрахунковою при експериментальному визначенні модуля жорсткості робочої кліті.

Матеріальне забезпечення роботи

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Лабораторні стани, обладнані тензометричною апаратурою виміру сили прокатки | 3 шт. |
| 2. Тарувальний прес | 1 шт. |
| 3. Штангенциркуль | 3 шт. |
| 4. Мікрометр | 3 шт. |
| 5. Зразки сталеві або алюмінієві смуги | по 4 шт. на стан. |

Порядок виконання роботи

1. Замірити геометричні розміри зразків перед прокаткою.
2. Виконати тарирування месдоз на тарувальному пресі.
3. Побудувати графік залежності $P = f(l)$, де P – сила прокатки (Н), l – відхилення «зайчика» на екрані осцилографа.
4. Звести натискним механізмом валки робочої кліті у «вибій». Контроль здійснювати по осцилографу. У момент, коли валки стикнуться, «зайчик» відхилиться від початкового положення. Нове показання буде відповідати значенню P_0 .
5. Виконати прокатку зразків у зведених валках. При цьому здійснювати запис сили прокатки P на вимірювальній апаратурі.
6. Заміряти товщину смуги h_1 після прокатки. Вона буде дорівнювати пружній деформації кліті під дією сили $P - P_0$.
7. Виконати статистичну обробку осцилограми сили прокатки, визначити середньостатистичне значення.
8. По формулі (8.5) визначити модуль жорсткості робочої кліті.
9. Виконати аналіз отриманих результатів

Зміст звіту

Звіт складається в журналі лабораторних робіт і повинен включати

- 1 Мета роботи.
- 2 Короткі теоретичні відомості.
- 3 Опис лабораторної установки..
- 4 Дані, отримані при проведенні лабораторної роботи.
- 5 Розрахунок величини модуля жорсткості робочої кліті.
- 6 Висновок за результатами роботи

Правила техніки безпеки при виконанні роботи

- 1 Включення стана й роботу виконувати з дозволу й під спостереженням викладача.
- 2 Переконавшись, що всі обертові деталі обладнані захисними кожухами.

3 При тарируванні месдоз тиск у пресі не повинне перевищувати 10 МПа (100 атм).

4 Перевірити наявність заземлення.

Контрольні питання

1. Що називається модулем жорсткості робочої кліті?

2. Як впливає величина модуля жорсткості робочої кліті на якість прокату?

3. Від яких факторів залежить величина модуля жорсткості елементів кліті, що сприймають деформацію стиску?

4. Укажіть методику експериментального визначення модуля жорсткості робочої кліті?

5. Які фактори впливають на модуль жорсткості робочої кліті?

ЛІТЕРАТУРА

1 Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов. В 3 т. Т. 3 : Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А. И. Целиков [и др.]. – М. : Металлургия, 1988. – 680 с.

10 Специальные прокатные станы / А. И. Целиков [и др.]. – М. : Металлургия, 1971. – 336 с.

11 **Королев, А. А.** Прокатные станы и оборудование прокатных цехов / А. А. Королёв. – М. : Металлургия, 1981. – 203 с.

12 Прокатное производство / П. И. Полунин, Н. М. Федосов, А. А. Королев, Ю. М. Матвеев. – М. : Металлургия, 1988. – 668 с.

12 Специальные прокатные станы / А. И. Целиков [и др.]. – М. : Металлургия, 1987. – 356 с.

2 **Королёв, А. А.** Механическое оборудование прокатных и трубных цехов / А. А. Королёв. – М. : Металлургия, 1987. – 480 с.

3 **Когос, А. М.** Механическое оборудование волочильных и ленточных цехов / А. М. Когос. – М. : Металлургия, 1980. – 310 с.

4 Механическое оборудование цехов холодной прокатки / под ред. Г. Л. Химича. – М. : Машиностроение, 1972. – 536 с.

5 **Терентьев, В. С.** Адьюстаж тонколистовых станов / В. С. Терентьев, М. Б. Цалюк. – М. : Металлургия, 1961. – 339 с.

6 **Роспасиенко, В. И.** Современные средства зачистки проката : учебное пособие / В. И. Роспасиенко, В. Н. Ульяновский, А. И. Лисаченко. – КИСПО, 1995. – 384 с.

7 Производство гнутых профилей (оборудование и технология) / И. С. Тришевский [и др.]. – Металлургия, 1982. – 384 с.

8 **Королев, А. А.** Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии / А. А. Королёв. – М. : Металлургия, 1976. – 542 с.

9 **Королёв, А. А.** Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королёв. – М. : Металлургия, 1985. – 376 с.

10 **Коновалов, Ю. В.** Справочник прокатчика. Справочное издание в 2 кн. Кн. 1 : Производство горячекатаных листов и полос / Ю. В. Коновалов. – М. : Теплотехник, 2008. – 640 с.

11 **Коновалов, Ю. В.** Справочник прокатчика. Справочное издание в 2 кн. Кн. 2 : Производство холоднокатаных листов и полос / Ю. В. Коновалов. – М. : Теплотехник, 2008. – 669 с.

Навчальне видання

РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ

ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Методичні вказівки

до лабораторних робіт 1–8
для студентів спеціальності 7.05050311, 8.05050311

Укладачі: ШПАК Віктор Іванович,
ДОБРОНОСОВ Юрій Костянтинович

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

76/2013. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 2,27.
Обл.-вид. арк. 1,68. Тираж пр. Зам. №

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003

