

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи №8
«Методика проектування і розрахунку важільно-книжкового
кантувача для зварювання швів різноманітно зорієнтованих у
просторі»

з дисципліни

«Допоміжне обладнання зварювального виробництва»

для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання практичної роботи №8 «Методика проєктування і розрахунку важільно-книжкового кантувача для зварювання швів різноманітно зорієнтованих у просторі» з дисципліни «Допоміжне обладнання зварювального виробництва» для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 16 с.

Укладачі:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент

Редактор:

Аверченко І.П., ст. лаб.

Відповідальний за випуск:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №5 від 29.11.2024р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4
від 17.12.2024р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ	8
4 ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ	8
5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КАНТУВАЧА.....	8
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	14
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ	15
8 ЗМІСТ ЗВІТУ	15
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	15
Додаток А.....	16

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення конструкції, принципу дії та отримання практичних навичок з розрахунку важільно-книжкових кантувачів для зварювання швів різноманітно зорієнтованих у просторі.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Особливий різновид важільних кантувачів складають так звані книжкові кантувачі, важелі яких в процесі кантування складаються і розкриваються, наче книги. Зображений на рисунку 2.1 книжковий кантувач призначений для кантування листових полотнищ або площинних секцій на 180° . Така операція необхідна для виконання зварювання листів з обох сторін. Важільний кантувач дозволяє зварювати полотнища безпосередньо в кантувачі, що скорочує цикл виробництва, а також зменшує трудомісткість допоміжних операцій і виробничу площу, яку займає автоматична зварювальна установка у порівнянні з центровими касетними кантувачами на цапфах, які для цього застосовують.

Основна конструктивна ідея для важільно-книжкового кантувача полягає в нахилі осі приводного гідроциліндра – домкрата 6 щодо вертикалі і в синхронному повороті важелів 2, 7, 10, 12 при їх складанні та розкритті. Завдяки нахилу осі гідроциліндра при повороті важелів на 90° відбувається кантування виробу на кут до 192° (практично на 180°).

Процес кантування відбувається наступним чином. При повороті правих важелів 7 і 12 з положення I в положення II виріб піднімається і повертається навколо осі 3 на кут 96° проти годинникової стрілки. Одночасно і синхронно із поворотом правих важелів повертаються за годинниковою стрілкою ліві ненавантажені важелі 2 і 10, рухаючись назустріч правим, поки не зімкнуться з ними в похилому положенні II. Цей зустрічний поворот важелів відбувається під дією гідроциліндрів 6 при русі їх штоків вгору.

Потім гідроциліндри переключаються на зворотний хід, важелі повертаються в зворотному напрямку і розкриваються. При цьому завдяки нахилу виробу вліво (в положенні II) затиснуте важелями полотнище перекидається на ліві важелі і разом з ними повертається і плавно опускається на лівий стелаж 1, де проводиться зварювання полотнища із зворотного боку.

Синхронність повороту несучих важелів кантувача (правого і лівого) забезпечується важільно-шатунним синхронізуючим механізмом, що складається з двох шатунів 4, пов'язаних внизу загальним шарніром з головкою штока циліндру і повзуном. Повзун під дією гідроциліндра рухається по напрямних 5, розташованих строго совісно з циліндром і пов'язаних з опорною станиною кантувача.

Для того щоб забезпечити одночасний і синхронний поворот обох пар важелів, розташованих на відстані 4 м між собою, кожна пара важелів має з'єднувальний вал, який жорстко зв'язує два важелі. Ліві важелі 2 і 10 з'єднані валом 3, праві – 7 і 12 – з'єднані трубчастим валом 15. Необхідність в такому жорсткому синхронізуючому зв'язку (валами) обумовлена неможливістю забезпечити синхронну роботу обох циліндрів без спеціального досить складного гідравлічного пристрою.

Описані вище кантувачі в більшості своїй є універсальними, типовими. На відміну від них є великий клас вузько спеціалізованих кантувачів, різноманітність яких не дозволяє дати їх вичерпний опис. Зазвичай вони застосовуються в серійному і масовому виробництві. Такі кантувачі типажем не охоплені, і тому проєктуються і виготовляються в індивідуальному порядку.

В якості прикладу спеціалізованого кантувача розглянемо важільно-книжковий кантувач з пневмоприводом для повороту двотаврових балок рами вагону (рис. 2.2). Балка лежить плазом в горизонтальному положенні I. Після зварювання швів з одного боку балку треба повернути на 180° в положення III для зварювання швів із зворотного боку. Поворот здійснюється важелем 2, що приводиться в рух поршнем пневмоциліндра 1. При ході поршня вгору важелі піднімаються і, повертаючись навколо нерухомого шарніра 3, захоплюють між собою балку і піднімають її в положення II. Після цього стиснене повітря випускається з циліндра і балка під дією власної ваги плавно опускається в положення III. При опусканні вона

підтримується лівим важелем 2. Плавність опускання регулюється випускним повітряним краном, при цьому нижня порожнина циліндру служить повітряним демпфером. Цей кантувач входить в комплект спеціалізованої автоматичної зварювальної установки для вагонобудівного заводу.

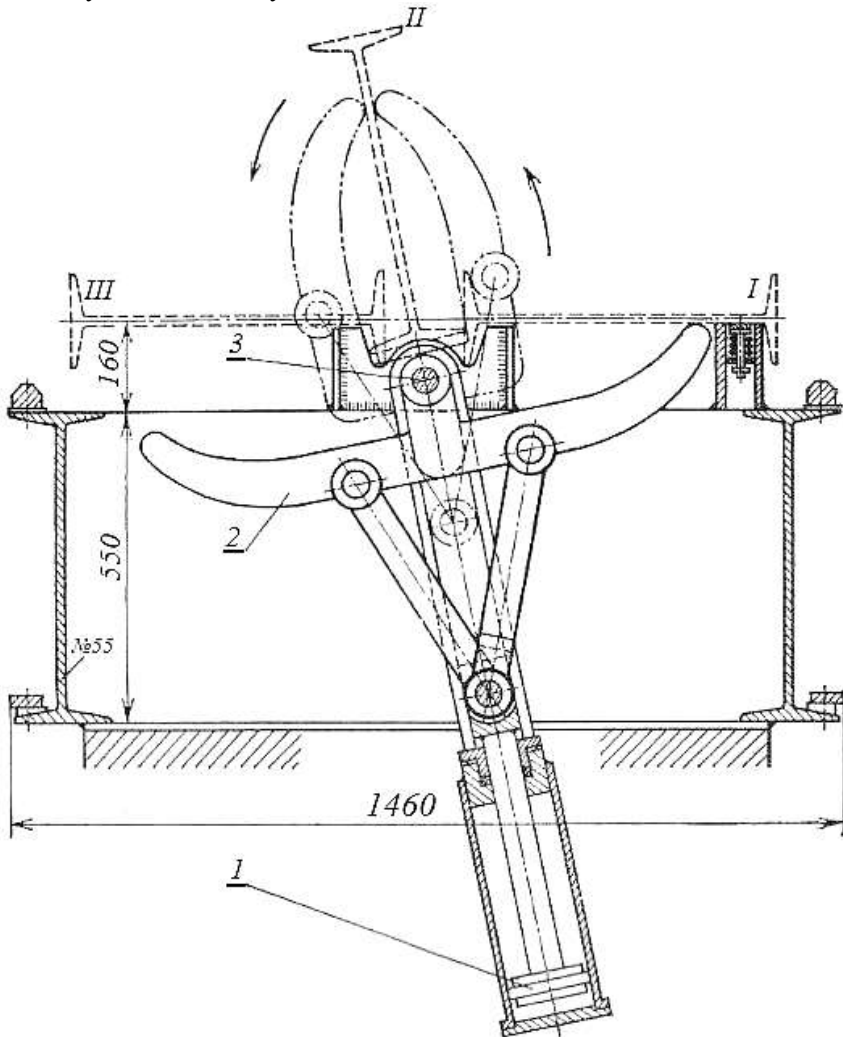


Рисунок 2.2 – Важільно-книжковий кантувач для балок [1]

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Перед тим, як приступати до виконання практичної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, ознайомитися з конструкціями та методикою розрахунку важільно-книжкового кантувача [1, §22; 2, §§8.8.7-8.8.8], вивчити інструкцію з техніки безпеки, відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

4 ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Для чого призначені важільно-книжкові кантувачі?
2. З яких основних вузлів складається важільно-книжковий кантувач?
3. Поясніть, як працює важільно-книжковий кантувач?
4. Поясніть, яким чином відбувається синхронізація підйому та опускання правих і лівих поворотних важелів?
5. Які переваги і недоліки важільно-книжкового кантувача?
6. Які основні принципи розрахунку важільно-книжкових кантувачів?
7. На дію яких навантажень розраховуються важелі книжкових кантувачів?

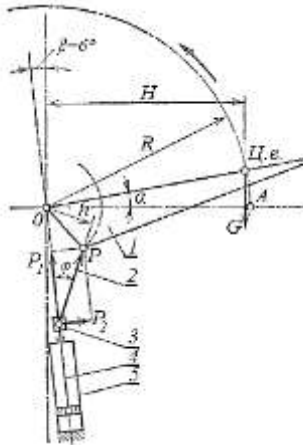
5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КАНТУВАЧА

Вихідними даними для розрахунку є навантаження кантувача, представлене у вигляді ваги виробу, положення його центру ваги, і кінематична схема приводного важільного механізму.

Розрахунок для важільно-книжкового кантувача необхідно

починати з визначення зусиль, що діють на основні елементи кантувача, в тому числі на силові деталі важеля приводного механізму. За цим зусиллям визначаються інші розміри деталей і необхідна вантажопідйомність приводного гідро- або пневмоциліндру.

Виходячи з розрахункової схеми (рис. 5.1) потрібно визначити: зусилля P на шатуні кривошипно-повзунного механізму; зусилля P_1 на штоці приводного гідроциліндру, що є в той же час і вантажопідйомністю циліндру; зусилля P_2 на повзуні; зусилля, що діє на вісь головного шарніра поворотних важелів кантувача. Розрахунковими є найбільші з можливих значень цих зусиль і моментів.



1 – важіль кантувача; 2 – шатун; 3 – повзун; 4 – шток; 5 – гідроциліндр

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема важільно-книжкового кантувача [1]

Так як в даному кантувачі (рис. 2.1) одночасно працюють два приводних двоважільних механізми, то розрахунок слід вести для одного механізму, виходячи з половинного навантаження кантувача, тобто в даному випадку з величини G (повна вантажопідйомність кантувача $2G$).

На відміну від звичайних двоважільних механізмів, механізм, який розглядається, незважаючи на наявність в ньому двох симетрично розташованих важелів, працює як одноважільний кривошипно-повзунний механізм. При цьому під час складання важелів він працює на підйом (правим важелем), а при опусканні важелів – на гальмування (лівим важелем). На розрахунковій схемі

(рис. 5.1) механізм зображений як кривошипно-повзунний, що працює на підйом.

При незмінному заданому навантаженні кантувача зусилля в його елементах, а також згинальні моменти є величинами змінними, залежними від кута повороту важелів кантувача α . Щоб знайти їх максимальні значення, необхідно провести відповідний кінематичний або аналітичний аналіз механізму.

Зусилля на шатуні і його шарнірах P можна знайти з рівняння моментів щодо осі головного шарніру:

$$GH = Ph.$$

Підставивши сюди замість $H = R \cdot \cos \alpha$ отримаємо

$$G R \cdot \cos \alpha = Ph,$$

звідки зусилля на шатуні:

$$P = \frac{GR}{h} \cos \alpha, \quad (5.1)$$

де h і $\cos \alpha$ – змінні величини.

Поперечне (по відношенню до направляючих) зусилля на повзуні:

$$P_2 = P \sin \varphi = \frac{GR}{h} \cos \alpha \sin \varphi. \quad (5.2)$$

Зусилля на штоку без урахування тертя повзуна:

$$P_1 = P \cos \varphi = \frac{GR}{h} \cos \alpha \cos \varphi. \quad (5.3)$$

Повне зусилля на штоку з урахуванням сили тертя повзуна:

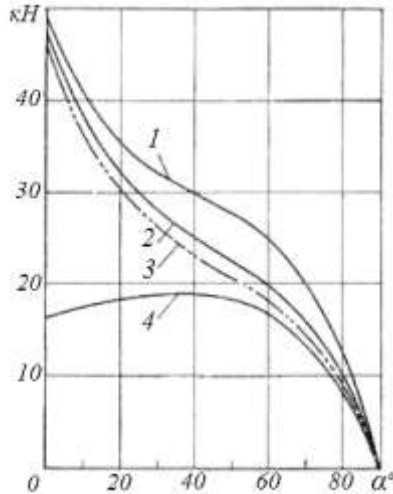
$$Q = P_1 + f P_2 = \frac{GR}{h} \cos \alpha (\cos \varphi + f \sin \varphi), \quad (5.4)$$

де f – коефіцієнт тертя повзуна по направляючим.

Зусилля Q являється розрахунковою вантажопідйомністю

приводного гідро- або пневмоциліндра.

За допомогою наведених формул і графічної побудови кінематики механізму в різних його положеннях можна визначити значення зусиль P , P_1 , P_2 , і Q при різних кутах повороту кантувача α , а потім побудувати діаграму зусиль в залежності від кута α . На рисунку 5.2 представлена діаграма зусиль для кантувача вантажопідйомністю $G = 10$ кН, показаного на рисунку 2.1. Видно, що зусилля на шатуні і штоку P і Q , а отже, і на вісі головного шарніра O мають найбільші значення в перший момент підйому і повороту важелів кантувача, коли $\alpha = 0$. Що ж стосується поперечної сили на повзуні P_2 , що діє на напрямні, то вона досягає максимального значення при $\alpha \sim 40^\circ$.



1 – зусилля P на шатуні; 2 – зусилля Q на штоку з урахуванням тертя повзуна; 3 – зусилля P_1 , на штоку без урахуванням тертя повзуна; 4 – зусилля на повзуні P_2 при коефіцієнті тертя $f = 0,1$

Рисунок 5.2 – Діаграма зусиль кривошипно-повзунного механізму важільно-книжкового кантувача [1]

Таким чином для $G = 10$ кН визначені наступні найбільші розрахункові значення зусиль: на шатуні $P = 49$ кН; на штоку $Q = 48$ кН з урахуванням тертя повзуна (при $f = 0,1$); поперечна сила на повзуні, що викликає вигин напрямних, $P_2 = 19$ кН.

Розрахунок шатуна і його шарнірів ведеться виходячи з зусилля P .

Вісь шарніра 13 (рис. 2.1) розраховується на вигин і питомий тиск. Напруження вигину осі від дії згинального моменту PL

$$\sigma_{зг} = \frac{PL}{4 \cdot 0,1d^3} \leq [\sigma]_{зг}.$$

Питомий тиск в шарнірі:

$$q = \frac{P}{dl} \leq [q],$$

де $L = 0,09$ м – відстань між опорами осі;

$l = 0,06$ м – ширина головки шатуна;

$d = 0,06$ м – діаметр осі шатуна;

$[\sigma]_{зг}$ – допустимі напруження на згин, МПа; залежить від марки сталі осі;

$[q]$ – допустимий питомий тиск, МПа (для сталі приймають 5 МПа).

Знайдені значення повинні бути нижче допустимих.

За зусиллям на штоку Q підбирається по нормалю або розраховується заново підйомний гідроциліндр.

Найбільше зусилля S , що діє на вісь головного шарніра важелів, визначається з умови рівноваги сил при $\alpha = 0$ (рис. 5.3).

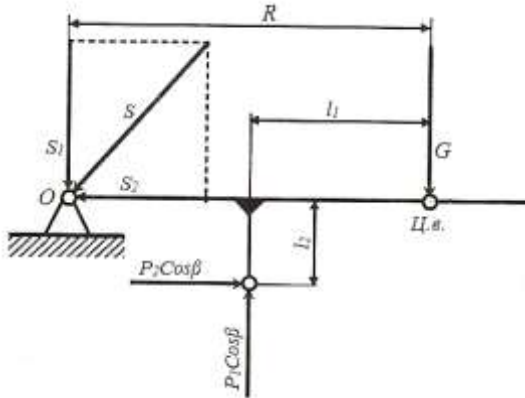


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема важеля книжкового кантувача [2]
Вертикальна складова цього зусилля:

$$S_1 = P_1 \cos \beta - G.$$

Горизонтальна складова:

$$S_2 = P_2 \cos \beta.$$

Сумарне зусилля:

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}. \quad (5.5)$$

Підставляючи у вираз (5.5) замість S_1 і S_2 їх значення, знайдені вище, і приймаючи $\cos \beta \approx 1$ через малість кута, отримуємо:

$$S = \sqrt{(P_1 - G)^2 + P_2^2}.$$

Центральна вісь кантувача, яка з'єднує важелі 2 і 10 (рис. 2.1), працює на вигин з найбільшим напруженням у початковий момент підйому вантажу. Умова міцності осі кантувача:

$$\sigma_{zg} = \frac{Sa}{0,1d^3} \leq [\sigma]_{zg}, \quad (5.6)$$

де a – плече вигину, тобто осьова відстань від важеля 7 або 12 до найближчого підшипника 11 (рис. 2.1).

При визначенні плеча вигину необхідно враховувати, що точка прикладання сили в підшипнику розташовується на відстані від його активного краю, що дорівнює приблизно 0,25 ширини підшипника. У розглянутому прикладі $a = 1,5 + 10 + 1,5 = 13$ см (0,13 м).

При опусканні виробу, коли навантаження сприймають ліві важелі кантувача 2 і 10, зусилля S на головній осі кантувача досягає таких же значень, як і при підйомі виробу правими важелями. Однак згинальний момент, що діє при цьому на вісь, в два рази менше, так як при даній конструкції кантувача плече вигину вдвічі менше.

Таким чином, розрахунок головної, центральної осі – валу на міцність необхідно вести для такого становища кантувача, при якому навантаження сприймає пара важелів, з'єднаних зовнішнім трубчастим валом 15, а не внутрішнім суцільним 3 (рис. 2.1).

Головні важелі кантувача працюють на вигин під дією

вантажного моменту:

$$M = Gl_1$$

де l_1 – плече вигину (м), по рисунку 5.3.

Отже, умова міцності важеля:

$$\sigma = \frac{Gl_1}{W} \leq [\sigma], \quad (5.7)$$

де W – момент опору вигину перетину важеля, м³;

$[\sigma]$ – допустимі напруження матеріалу важелів, МПа.

У нашому прикладі для коробчастого перетину важеля розміром 200 мм × 90 мм з товщиною стінки 10 мм момент опору $W = 270 \text{ см}^3$ (0,00027 м³).

Виходячи з умови міцності, визначають момент опору згинанню та конструюють поперечний переріз важеля кантувача.

Відповідальним є також розрахунок на міцність і жорсткість станини підйомного механізму і напрямних для повзуна, які знаходяться під дією поперечної згинальної сили:

$$P_2 = 1,9G.$$

Виходячи з цього навантаження і обраної конструкції опорної станини, направляючі і станина розраховуються на вигин, а повзун і площини ковзання – на допустимий питомий тиск, який для кантувача можна приймати рівним $[q] = 20 \dots 25 \text{ кгс/см}^2$ (0,020-0,025 Н/м²).

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4. У випадку виникнення пожежі або поразки електричним

струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію, принцип дії і технічні характеристики важільно-книжкових кантувачів.

2. Визначити зусилля, що діють на основні елементи кантувача, розрахувати вісь шарніра шатуна, за зусиллям на штоку Q підібрати по нормалям або розраховується підйомний гідроциліндр, розрахувати важелі важільно-книжкового кантувача. Вихідні дані для цього наведені в додатку А.

3. Накреслити загальний вид універсального важільно-книжкового кантувача і його розрахункову схему у форматі А3.

4. Оформити звіт.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.

2. Стислий опис конструкції важільно-книжкового кантувача, принцип його дії.

3. Силкові розрахунки відповідно до п. 7.2

4. Креслення важільно-книжкового кантувача.

5. Висновки про виконану роботу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-е видання, переробл. та доповн.: Навч. посібник // А.С. Карпенко. – Київ: Арістей, 2006. – 272 с.

Додаток А

Вихідні дані для розрахунку важільно-книжкового кантувача

№ вар.	Вага виробу, G , кН	Відстань Ц.в. від центр. вісі, R , мм	Відстань між опорами вісі, L , мм	Плече вигину, a , мм
0	10,0	1750	90	130
1	6,0	1200		
2	6,5	1280		
3	7,0	1300		
4	7,5	1350		
5	8,0	1400		
6	8,5	1450		
7	9,0	1500		
8	9,5	1600		
9	11,0	1700		
10	11,5	1750		
11	12,0	1800		
12	12,5	1850		
13	13,0	1900		
14	13,5	1880		
15	13,0	1800		
16	12,5	1700		
17	11,5	1650		
18	11,0	1600		
19	10,5	1550		
20	10,0	1500		