МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи №6
«Методика розрахунку ланцюгового кантувача для зварювання прямолінійних швів»

з дисципліни
«Допоміжне обладнання зварювального виробництва»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

2021

Методичні вказівки до виконання практичної роботи №6 «Методика розрахунку ланцюгового кантувача для зварювання прямолінійних швів» з дисципліни «Допоміжне обладнання зварювального виробництва» для студентів спеціальності 131 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», 2021. – 15 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 ОТЗВ
Протокол №12 від 22.06.2021 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №10 від 23.06.2021 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ 4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ 4
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ 8
5 РОЗРАХУНОК ЛАНЦЮГОВОГО КАНТУВАЧА 8
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ 13
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 13
8 ЗМІСТ ЗВІТУ 14
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА 14
Додаток А 15

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення конструкції, принципу дії та отримання практичних навичок з розрахунку ланцюгового кантувача для зварювання прямолінійних швів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Для кантування довгих балкових конструкцій, профіль яких за своїми зовнішніми габаритами близький до квадрату або кола, вельми зручні безцентрові ланцюгові кантувачі. Вони дозволяють повертати зварювальну балку навколо її осі на 360°, тобто є повноповоротними.

Загальний вигляд стаціонарного ланцюгового кантувача для зварювання поясних швів балок з перетином до 500 мм × 500 мм, представлений на рисунку 2.1.

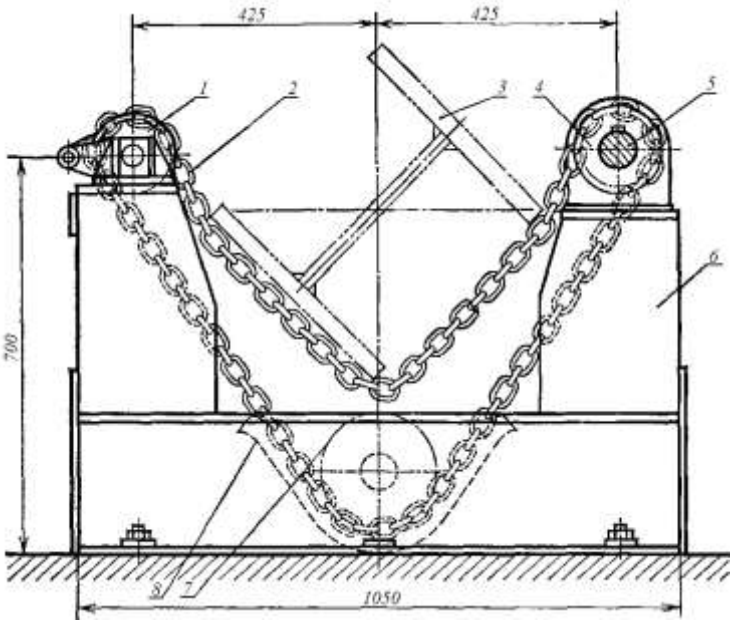


Рисунок 2.1 – Типовий стояк ланцюгового кантувача [1]

Ланцюговий кантувач складається з декількох розташованих на рівних відстанях опорних стояків 6 (рис. 2.1), кожен з котрих забезпечений трьома ланцюговими блоками 1, 4, 7. Через ці блоки перекинуто замкнутий нескінченний ланцюг 2. У верхній своїй частині ланцюг утворює петлю-гніздо, яке вільно провисає. У ці петлі-гнізда укладається зварювана балка 3. Один з верхніх блоків виконаний у вигляді провідної ланцюгової зірочки 4. Так як ведучі зірочки всіх стояків з'єднані загальним приводним валом 5, то при обертанні цього валу ланцюги на всіх стояках кантувача приводяться в синхронний рух. При цьому укладена в них балка перекочується по ланцюгах і повертається навколо своєї горизонтальної осі.

Для надійного напрямку ланцюга в нижній блок 7 в конструкції стойки передбачено спеціальний направляючий жолоб 8, що захищає ланцюг від зіскакування з блоку, особливо в порожньому стані кантувача.

Привід кантувача може бути здійснений і через нижні ланцюгові зірочки стояка. В цьому випадку верхні блоки не задіяні, а всі нижні зірочки з'єднуються загальним валом, який приводиться в обертання електроприводом кранового типу.

Якщо весь кантувач змонтовано на довгий траверсний візок (у вигляді мостового крана), то отримаємо можливість пересувати його з одного положення на інше і цим скоротити загальноцехові транспортно-підйомні операції на потоці. Такий пересувний ланцюговий кантувач зображений на рисунку 2.2. Він має лише дві ланцюгові петлі і відповідно дві опорні стойки 2, розташовані на відстані між собою 6 м, що дозволяє використовувати кантувач для балок 6 масою до 1,5 т при довжині від 6,5 м до 10 м і поперечному профілі балки розміром до 1 м × 1 м. Швидкість повороту 4,8 хв. Механізм повороту кріпиться на рамі візка 3 і виступаючому кінці його поперечної балки. Він складається з електродвигуна 4, гальма і одноступінчастого черв'ячного редуктора 5, який пов'язаний з приводним валом 1 відкритою циліндричною зубчастою передачею, захищеної кожухом.

Механізм пересування кантувача 7 – ручний зі штурвалом і циліндричною зубчастою передачею на поздовжній вал візка, який з'єднує два провідних бігунка візка. Маса пересувного кантувача 1,8 т.

Перевагою ланцюгового кантувача в порівнянні з центровим є простота і швидкість укладання виробу в кантувач, так як не потрібне

його закріплення в центрах або на планшайбах. Наявність проміжних опор, тобто багатоопорність, виключає можливість значного прогину балки, що зварюється. Недолік ланцюгових кантувачів полягає в порівняльній неточності положення осі балки, яка кантується, і можливості її зміщення або перекосу при кожному повороті.

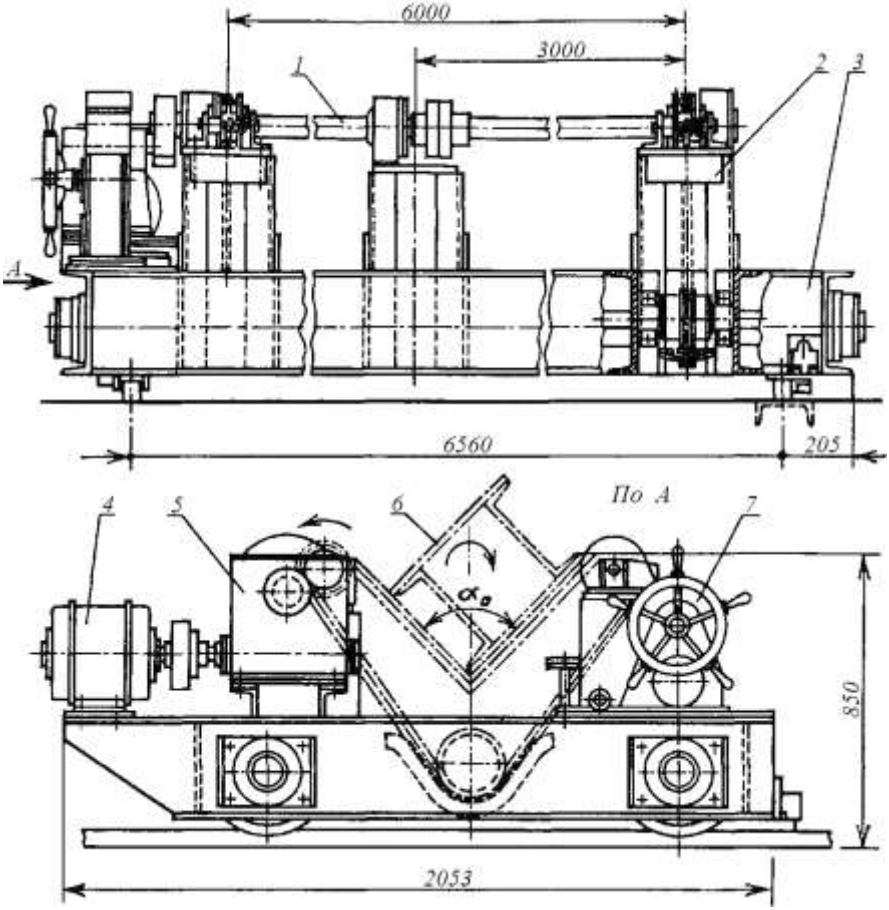


Рисунок 2.2 – Пересувний ланцюговий кантувач [1]

Крім того, поворот балки в ланцюговому кантувачі не може відбуватися так плавно, як в центровому. Тому ланцюгові кантувачі не слід застосовувати в масовому і багатосерійному виробництві однотипних балок (наприклад, у вагонобудуванні), де більш доцільним є спеціалізовані кантувачі з точною віссю повороту,

зокрема центрові. Останні більш зручні для автоматичного зварювання поздовжніх швів, які здійснюються рухом зварювального візка вздовж кантувача. Ланцюгові кантувачі можна рекомендувати для застосування, головним чином, в індивідуальному і дрібносерійному виробництві довгих балок різноманітної номенклатури.

Для кантувачів використовують прості зварні ланцюги (рис. 2.3). Залежно від довжини ланки розрізняють коротколанкові та довголанкові прості зварні ланцюги (табл. 2.1). Для виготовлення таких ланцюгів використовують маловуглецеві сталі Ст2, Ст3 та сталь 10, що мають границю міцності 370...450 МПа [2]. Після зварювання та калібрування ланцюги підлягають відпалюванню та випробовуванню на розрив під навантаженням рівному половині руйнівного. При цьому не допускаються залишкові деформації ланцюга.

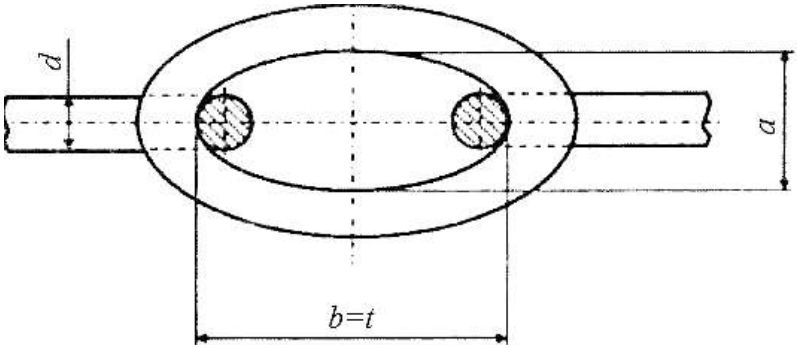


Рисунок 2.3 – Конструкція ланки зварного ланцюга [2]

Таблиця 2.1 – Розміри ланок зварних ланцюгів (ГОСТ 2319-81)

Коротколанкова		Довголанкова	
a	*t*	*a*	*t*
1,5*d*	2,6*d*	1,5*d*	3,5*d*

Залежно від точності виготовлення коротколанкові та довголанкові ланцюги бувають калібровані ($a^{\pm 0,05d}$, $b^{\pm 0,03d}$) та некалібровані ($a^{\pm 0,1d}$, $b^{\pm 0,1d}$). Перевагу віддають каліброваним ланцюгам.

Зірочки виготовляються литтям з чавуну або зі сталі. Для цієї мети використовують чавун СЧ 15, СЧ 18 або сталь 35Л.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Перед початком виконання практичної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, ознайомитися з конструкціями та методикою розрахунку ланцюгового кантувача [1 (С. 185-192), 2 (§8.8.3-8.8.4)], вивчити інструкцію з техніки безпеки, відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

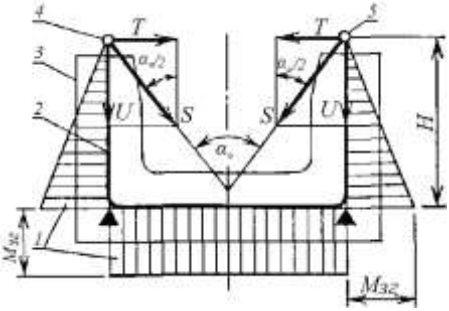
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Для чого призначені ланцюгові кантувачі?
2. Назвіть основні вузли конструкції ланцюгового кантувача.
3. Поясніть, як працює ланцюговий кантувач?
4. Для чого призначений пересувний кантувач?
5. Перерахуйте переваги і недоліки ланцюгових кантувачів?
6. Які основні принципи задіяні в розрахунку ланцюгових кантувачів?
7. Які навантаження діють на опорну стійку ланцюгового кантователя?
8. Назвіть типи ланцюгів, які використовуються для кантувачів?
9. Як розраховуються зварні ланцюги кантувача?

5 РОЗРАХУНОК ЛАНЦЮГОВОГО КАНТУВАЧА

Зусилля натягу ланцюгів визначається не тільки вагою покладеної в них балки і числом опорних петель, а й ступенем провисання петель, який вимірюється кутом обхвату балки α_0 (рис. 5.1). Цей умовний кут, який є одним з параметрів ланцюгового

кантувача, дорівнює куту між двома прямими ділянками ланцюга, що утворюється при натягу ланцюга силою, яка додається в середній точці петлі. Чим більше α_o, тим більше зусилля натягу ланцюгів P_o при незмінній вазі виробу Q. Якщо α_o = 180° (що відповідає повній відсутності провисання петлі), зусилля P_o теоретично дорівнює нескінченності. Кут обхвату слід обирати в межах α_o = 60° – 100°.



1 – епюра згинальних моментів; 2 – розрахункова схема стойки, 3 – контур металоконструкції стойки; 4 – вісь блоку; 5 – приводний вал провідних зірочок

Рисунок 5.1 – Схема навантаження опорної стойки ланцюгового кантувача [1]

Для балок, з симетричним щодо центру ваги профілем, залежність між сумарним натягом ланцюгів P_o, вагою виробу Q і кутом α_o в статичному стані кантувача виражається наступною формулою:

$$P_o = \frac{Q}{2\cos\frac{\alpha_o}{2}}. \qquad (5.1)$$

Вага балки Q:

$$Q = (2\delta_n \cdot B + n \cdot \delta_c \cdot H_c)L \cdot \gamma, \qquad (5.2)$$

де δ_n і δ_c – товщина поясу і стінки, відповідно, м;

B – ширина поясу, м;

n – кількість стінок балки, шт.;

H_c – ширина стінки, м;

L – довжина балки, м;

γ – питома вага заліза, γ = 7,8 т/м^3.

Розрахункове зусилля для одиничного ланцюга в кантувачі за рисунком 2.3, при $\alpha_{\text{о}}$ = 90° і числі опорних ланцюгових петель i_n = 2:

$$P_1 = 0{,}4Q. \tag{5.3}$$

Умова міцності ланцюга:

$$P_1 \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{з}} \leq P_{\text{р}}, \tag{5.4}$$

де $k_{\text{д}}$ – коефіцієнт динамічності, що враховує ефект ударів і поштовхів при укладанні і повороті балки, $k_{\text{д}}$ = 1,4…1,6;

$k_{\text{з}}$ – необхідний запас міцності (обирається з таблиці 5.1);

$P_{\text{р}}$ – розривне зусилля ланцюга, що приймається по відповідному ГОСТу 2319-81 на калібровані ланцюги (зварні або штамповані).

Таблиця 5.1 – Запас міцності зварних ланцюгів [2]

Ручний привод		Машинний привод	
Некалібрований ланцюг	Калібрований ланцюг	Некалібрований ланцюг	Калібрований ланцюг
3	3	6	8

Діючий на валу згинаючий момент досягає максимального значення під зірочкою, де передається згинаюча сила S, яка дорівнює натягу обох гілок ланцюга:

$$S = 2P_1. \tag{5.5}$$

Згинаючий момент можна визначати за спрощеною формулою (з деяким запасом):

$$M_{\text{зг}} = Sl, \tag{5.6}$$

де l – відстань від осі зірочки до осі найближчого підшипника валу, см (якщо у самій зірочки один підшипник). Обирається зазвичай в межах 20 см – 25 см.

Відповідно до прийнятого вище допущення крутний момент на валу дорівнює:

$$M_{\text{кр}} = P_{\text{о}} \frac{D_{\text{зв}}}{2}. \tag{5.7}$$

Початковий діаметр ведучої зірочки:

$$D_{зв} = 0{,}1\sqrt{\left(\frac{t}{\sin\frac{90^0}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos\frac{90^0}{z}}\right)^2}, \qquad (5.8)$$

де $D_{зв}$ – початковий діаметр ведучої зірочки, см;

t – шаг ланцюга, мм;

d – діаметр ланцюгової сталі, мм;

z – число осередків зірочки.

Еквівалентний розрахунковий момент на валу:

$$M_е = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}. \qquad (5.9)$$

Розрахунковий діаметр валу:

$$d_в = \sqrt[3]{\frac{10M_е}{[\sigma]}}, \qquad (5.10)$$

де $[\sigma]$ – допустимі напруження згину (для стали 45Х $[\sigma]$=700 кгс/см^2).

Вісь верхнього блоку або не задіяної зірочки сприймає теж саме зусилля S, та піддається вигину під дією моменту:

$$M_{зг2} = \frac{SL}{4}, \qquad (5.11)$$

де L – відстань між опорами осі, L = 300 см (рис 2.2).

Діаметр осі можна визначати за формулою (5.10), замінивши $M_е$ на $M_{зг2}$.

Опорний стояк ланцюгового кантувача працює на вигин і стиск. Схема його навантаження представлена на рисунку 2.1. Відповідно до епюр згинальних моментів найбільшим згинаючим моментом є $M_{зг}$, який діє в основі колонок (в їх нижніх перетинах).

$$M_{зг} = TH = S \cdot \cos\frac{\alpha_o}{2}H. \qquad (5.12)$$

Крім того, на кожну з двох колонок стояка діє стискаюча сила:

$$U = S \cdot \cos\frac{\alpha_o}{2}. \qquad (5.13)$$

Напруження в колонці під дією згинання і стиснення:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{зг}}{W} + \frac{U}{F}, \quad (5.14)$$

$$W = \frac{B^4 - b^4}{6B}, \quad (5.15)$$

$$F = B^2 - b^2. \quad (5.16)$$

де W – момент опору поперечного перерізу колонки, см^3;

B і b – зовнішня і внутрішня ширина балки стояка, см. Вибирається самостійно з конструктивних особливостей (зазвичай 40-60 см).

F – площа поперечного перерізу стояка за нейтральною лінією, см^2.

Напруження в нижній, фундаментній балці стояка:

$$\sigma_{зг\,max} = \frac{M_{зг}}{W}. \quad (5.17)$$

Стояки встановлюються на бетонному фундаменті, до якого кріпляться анкерними болтами. В цих умовах балка стояка працює спільно з фундаментом, і тому напруження в ній будуть значно нижче значень, що визначаються виразом (5.17). Проте, для надійності і жорсткості несучої конструкції кантувача розрахунок балки слід вести без врахування впливу бетонного фундаменту, тобто за формулою (5.17).

Точне визначення необхідної потужності приводу ланцюгового кантувача пов'язано з великими труднощами і невизначеностями, зумовленими нерівномірністю процесу повороту балки, що залежить в свою чергу від конфігурації профілю балки і положення його центра ваги. Цикл кантування складається з періодично повторюваних підйомів балки (по похилих дільницях ланцюгів) і природного перекидання балки під дією її власної ваги, коли центр ваги балки перевалить за межі її опорних точок.

Таким чином, натяг ланцюгів, а отже, і окружне зусилля на зірочках, що визначає потужність приводу, є величинами змінними, циклічними. З цієї причини розрахунок необхідної потужності приводу (у кВт) рекомендується вести за спрощеною емпіричною формулою залежно від сумарного натягу несучих ланцюгів кантувача P_o, (кгс) в його статичному стані:

$$N = 0{,}01\frac{P_o v}{\eta}, \qquad (5.18)$$

де v – швидкість ланцюга, або окружна швидкість провідних зірочок по їх початковій окружності, яка обирається зазвичай в межах 0,12 м/с – 0,20 м/с;

η – ККД приводу, який включає ККД механізмів:

$$\eta = \eta_{ц} \cdot \eta_{ч} \cdot \eta_{з} \cdot \eta_{б}, \qquad (5.19)$$

де $\eta_{ц}$ – ККД циліндричного зубчатого редуктора, $\eta_{ц}$ = 0,96 з підшипниками кочення, $\eta_{ц}$ = 0,94 з підшипниками ковзання;

$\eta_{ч}$ – ККД однозаходного черв'ячного редуктора, $\eta_{ч}$ = 0,65;

$\eta_{з}$ – ККД зірочки, $\eta_{з}$ = 0,97 на підшипниках кочення, $\eta_{б}$ = 0,94 з підшипниками ковзання;

$\eta_{б}$ – ККД ланцюгового блоку, $\eta_{б}$ = 0,97 на підшипниках кочення, $\eta_{б}$ = 0,94 з підшипниками ковзання.

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 та технічні характеристики ланцюгового кантувача.

2. Виконати розрахунок діаметрів ведучої зірочки і валу, розрахувати напруження в опорному стояку, які виникають під дією згинання та стиснення, розрахувати необхідну потужність приводу з використанням для цього даних, наведених в Додатку А.

3. Накреслити загальний вид ланцюгового кантувача і його розрахункову схему у форматі А3.

4. Скласти кінематичну схему механізму обертання ведучої зірочки ланцюгового кантувача та обрати електродвигун.

5. Оформити звіт.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.

2. Стислий опис конструкції ланцюгового кантувача, принцип його дії.

3. Розрахунки діаметрів ведучої зірки, її валу та вісі, потужність електричного двигуна.

4. Креслення ланцюгового кантувача.

5. Висновки про виконану роботу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования / П.И. Севбо. – К.: Наук. думка, 1978. – 400 с.

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

Додаток А
Вихідні дані для розрахунку ланцюгового кантувача

№ вар.	Розміри балки, мм					Тип перерізу балки*	Відстань між стінками балки, мм
	Пояс		Стінка		Довжина, L		
	δ_n	B	δ_c	H_c			
0	12	500	8	500	5000	I	-
1	12	600	8	600	6000	II	524
2	12	700	8	700	7000	I	-
3	16	800	10	800	8000	II	720
4	16	900	10	900	10000	I	-
5	16	950	10	950	12000	II	870
6	20	500	12	500	7000	I	-
7	20	600	12	600	8000	II	516
8	20	700	12	700	10000	I	-
9	24	800	12	800	12000	II	716
10	24	700	14	700	10000	I	-
11	20	700	12	750	10000	II	616
12	20	650	12	750	9000	I	-
13	18	650	10	700	9000	II	570
14	18	600	10	700	9000	I	-
15	16	650	10	750	8500	II	570
16	16	600	10	700	8500	I	-
17	16	600	10	700	8000	II	520
18	14	600	8	650	8000	I	-
19	14	550	8	600	8000	II	474
20	14	500	8	550	7500	I	-

* – I – двотаврова балка; II – коробчаста балка