

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи №7
«Методика розрахунку важільно-домкратних кантувачів»

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

Методичні вказівки до виконання практичної роботи №7 «Методика розрахунку важільно-домкратних кантувачів» 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», 2024. – 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

Коректор: Аверченко І.П., ст. лаб.

Відповідальний за випуск:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

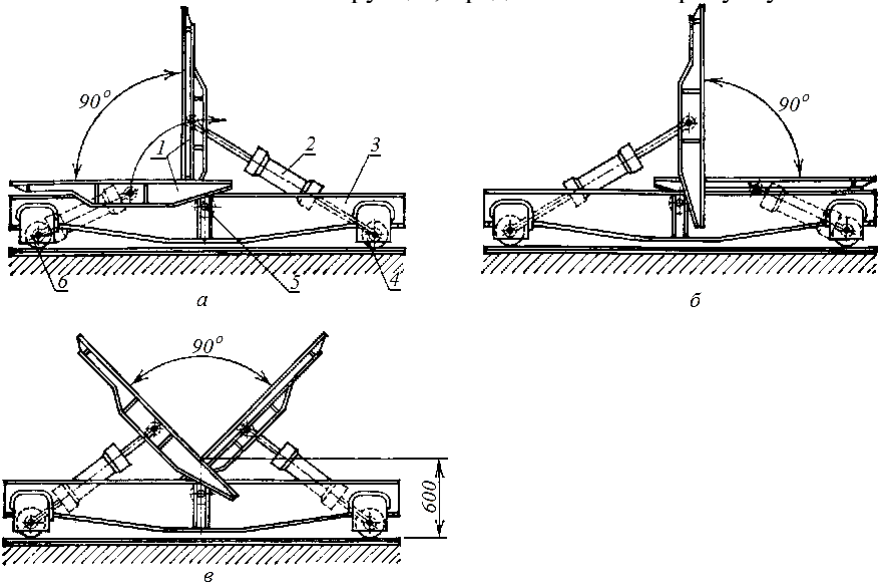
1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	9
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	9
5 РОЗРАХУНОК ВАЖІЛЬНО-ДОМКРАТНИХ КАНТУВАЧІВ.....	10
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	13
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	14
8 ЗМІСТ ЗВІТУ	14
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	15
Додаток А	15

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення конструкції, принципу дії та отримання практичних навичок з розрахунку важільно-домкратних кантувачів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Важільно-домкратні кантувачі оснащені в якості приводу повороту виробу підйомними домкратами – гідравлічними або пневматичними. Кантувач, призначений для повороту громіздких об'ємних або балкових конструкцій, представлений на рисунку 2.1.



a, б, в – позиції кантувача

- 1 – підйомно-поворотні крила платформи; 2 – гідроциліндри; 3 – рама несучого візка;
 4 – привідна колісна пара візка; 5 – вісь повороту крил платформи;
 6 – холоста колісна пара візка

Рисунок 2.1 – Важільний човниковий кантувач [1]

Він забезпечений гідравлічними циліндрами-домкратами 2, під дією яких крила платформи 1, на яку вкладається виріб, можуть

повертатися, як важелі, на кут 90° навколо однієї горизонтальній вісі 5. Такі кантувачі встановлюють іноді на транспортних візках, що дозволяє здійснювати не тільки кантувальні, але і транспортні операції, пересуваючи виріб з одного робочого місця на інше по човниковій системі. Ці пересувні кантувачі називають іноді човниковими.

На рисунку 2.2 зображена схема важільно-домкратного кантувача, призначеного для повороту плоских рам (наприклад, тепловозних) при їх складанні і зварюванні. Під дією гідроциліндрів 4 платформа 1 разом із закріпленим на ній виробом обертається (вправо або вліво) на кут до 90° навколо висувного центру 3 – правого або лівого, в залежності від того, який з них в даний момент включений і в який бік треба повернути виріб. Кожен центр виконаний у вигляді двох висувних піввісей, розташованих співвісьне на станині 2 по її кінцях. Напіввісі висуваються, тобто включаються або вимикаються допоміжними гідроциліндрами.

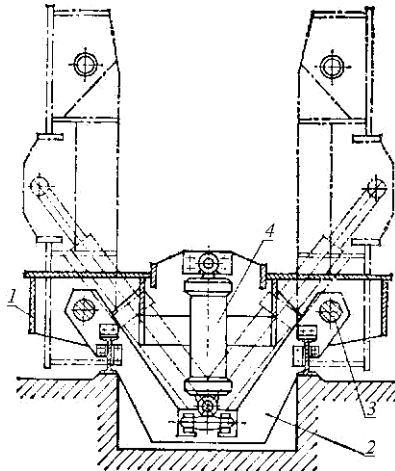


Рисунок 2.2 – Важільно-домкратний кантувач для повороту плоских рам на кут $\pm 90^\circ$ [1]

Описані вище кантувачі повертають вироби тільки в одній площині. Однак багато рамних і корпусних виробів, шви яких розташовані на двох взаємно перпендикулярних напрямках, вимагають повороту виробу також у двох взаємно перпендикулярних площинах для можливості встановлення всіх поздовжніх і поперечних швів у

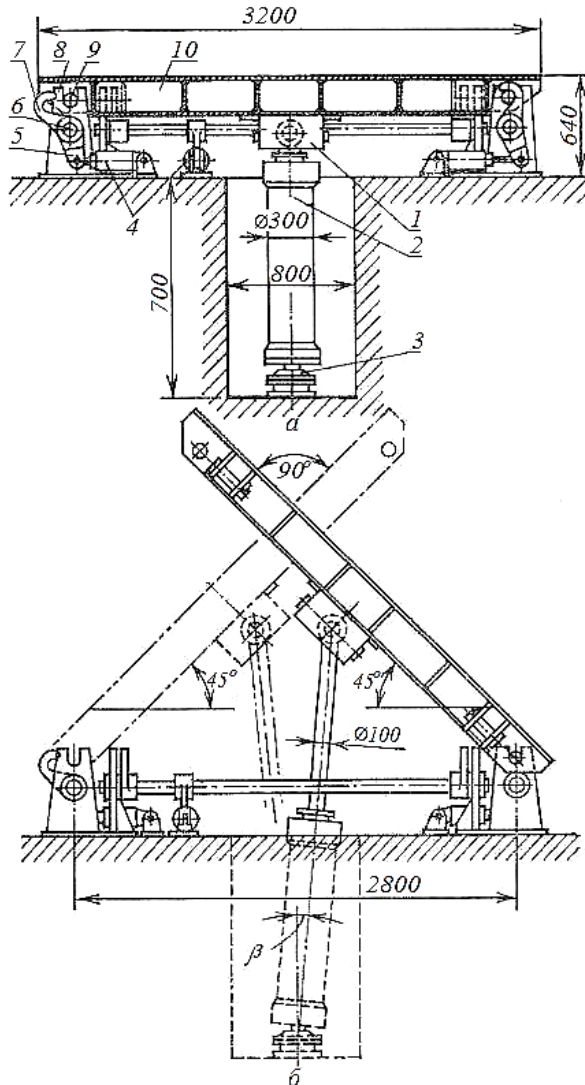
зручне для зварювання положення, наприклад, для установки кутових швів «у човник». Для зварювання таких виробів зручні універсальні важільні кантувачі з підйомно-поворотною платформою і одним центральним гідродомкратом (рис. 2.3). Відмінні риси таких кантувачів – можливість кантування виробу в обох вертикальних площинах навколо однієї з чотирьох осей 9, що дозволяє нахилити виріб в обидві сторони (вправо і вліво) в кожній з двох площин, і наявність тільки одного силового гідроциліндра, за допомогою якого здійснюється кантування виробу в будь-яку з чотирьох сторін.

Зображений на рисунку 2.3 кантувач забезпечений кріпильною платформою розміром 3200 мм × 3200 мм, вантажопідйомністю до 50 тс. Квадратна платформа 10 на кожній зі своїх чотирьох сторін має два співвісне розташованих опорних пальців 9, навколо яких платформа може повертатися під дією центрального гідроциліндра 2. У горизонтальному положенні платформи всі її пальці знаходяться в опорних гніздах-вилках 8, закріплених на фундаменті кантувача. Опорні гнізда забезпечені замковим пристроєм у вигляді комбінованих захватних крюків 7. Кожні два гака (для пари гнізд і пальців) з'єднанні між собою жорстким валом 6, при повороті якого гаки або закидаються на пальці, замикаючи гнізда зверху, або відкидаються, звільняючи пальці для підйому платформи. Вал з гаками повертається допоміжним пневмоциліндром 4, який діє на важіль 5, закріплений на цьому валу.

Для повороту платформи навколо будь-якої осі попередньо необхідно закинути гаки на пальці цієї осі, включивши відповідний пневмоциліндр 4. Всі інші гаки повинні бути відкинуті для звільнення пальців інших трьох вісів. Лише після цього включається центральний гідроциліндр 2 для повороту платформи навколо заданої (включеної) вісі.

У схемі управління кантувачем передбачене автоблокування, завдяки якому при включенні захоплень будь-якої однієї осі автоматично відкидаються гаки (захоплення) інших трьох осей, після чого стає можливим включення головного циліндра 2 на підйом і поворот платформи навколо заданої осі. Головний, центральний гідроциліндр з'єднаний з платформою двовісьовим шарніром 1 і спирається на фундамент через сферичний (кульовий) шарнір 3. Така система сполучення циліндра з платформою і фундаментом дозволяє циліндру вільно нахилитися в будь-яку сторону, повертаючись

навколо центру опорного кульового шарніра 3 (рис. 2.3).

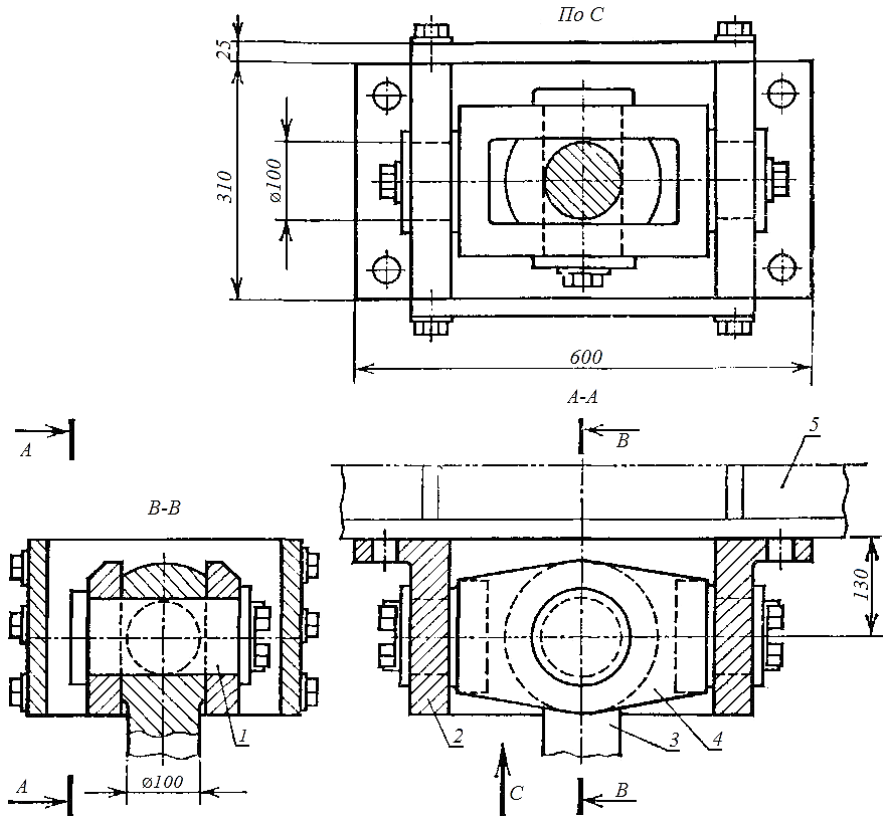


а – в горизонтальному положенні (в розрізі); б – в похилому положенні

Рисунок 2.3 – Універсальний кантувач з центральним підйомним домкратом [1]

Конструкція двовісного просторового шарніра, з'єднуючого

шток силового гідроциліндра з платформою, показана на рисунку 2.4. Розміри траверси 4 і несучої обойми 2 підібрані так, щоб був можливий вільний поворот штока гідроциліндра щодо платформи на кут $\pm 45^\circ$ в будь-яку сторону. Нижній шарнір гідроциліндра, виконаний у вигляді кульової п'яти і підп'ятника, допускає поворот осі циліндра щодо вертикалі на кут $\pm 6^\circ$ в будь-якому напрямку (необхідний кут повороту дорівнює $\pm 5^\circ 20'$).



1 – палець штока; 2 – опорна обойма; 3 – шток гідроциліндра; 4 – поворотна траверса с цапфами; 5 – платформа кантувача

Рисунок 2.4 – Двовісний шарнір кріплення штока гідроциліндра до платформи універсального кантувача з центральним підйомним домкратом [1]

Конструкція сферичного шарового шарніра простіше і компактніша в порівнянні з двовісним шарніром. Однак при більших кутах повороту кульовий шарнір конструктивно неможливий в

надійній формі. Тому область застосування кульових шарнірів практично обмежується кутами повороту до $\pm 10^\circ$, в той час як двовісні шарніри можуть бути сконструйовані для кутів повороту до $\pm 60^\circ$. З цієї причини в даній конструкції кантувача довелося відмовитися від уніфікації шарнірів силового гідроциліндра.

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-домкратних кантувачів [1 (§22), 2 (§§8.8.5, 8.8.6)], 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 ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Для чого призначені важільно-домкратні кантувачі?
2. Поясніть, як працює важільно-домкратний кантувач?
3. Який привід використовується в важільно-домкратних кантувачах?
4. Назвіть основні вузли конструкції важільно-домкратного кантувача.
5. Для чого призначений двовісний шарнір? Які його технічні характеристики?
6. Назвіть недоліки і переваги кульового і двовісного шарнірів.
7. Які основні принципи розрахунку важільно-домкратних кантувачів?

5 РОЗРАХУНОК ВАЖІЛЬНО-ДОМКРАТНИХ КАНТУВАЧІВ

Зусилля, що діють в кантувачі, зручніше і простіше розраховувати, користуючись масштабною розрахунковою схемою (рис. 5.1), за якою графічно можна знайти величину плечей всіх сил з достатньою для практики точністю, а потім за рівняннями моментів визначити значення сил.

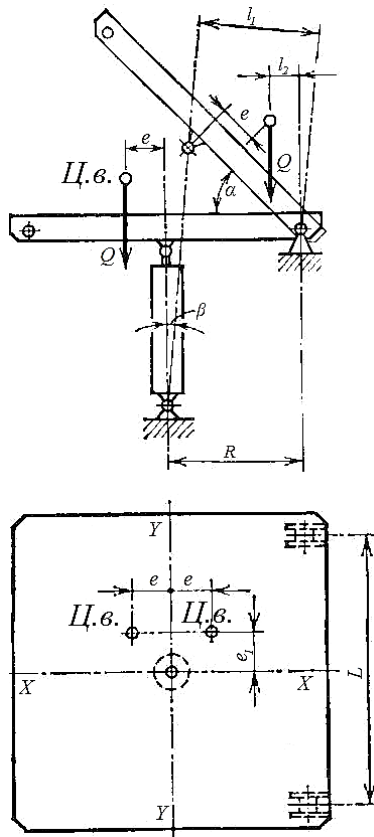


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема універсального кантувача з центральним підйомним домкратом [1]

Основне навантаження кантувача Q складається з ваги виробу

G_o та власної ваги платформи G_i з усіма її кріпильними пристроями:

$$Q = G_o + G_i.$$

Зусилля на штоку гідроциліндра P і на опорних пальцях платформи S необхідно визначати при двох крайніх положеннях платформи – горизонтальному і нахиленому під кутом $\alpha = 45^\circ$ і, крім того, при двох симетричних, щодо осі кантувача, положеннях центру ваги маси Q , що повертається.

Зусилля на штоку P досягає свого максимального значення в перший момент підйому платформи при горизонтальному її положенні і розташуванні центра ваги (Ц. в.) маси Q зліва (рис. 5.1) від центру платформи з ексцентриситетом e :

$$P_{max} = Q \frac{R+e}{R}. \quad (5.1)$$

У цьому стані кантувача (при лівому положенні центру ваги) зусилля S_1 на правих опорних пальцях буде негативним і, отже, тиск пальців буде діяти не на опорні гнізда, а на захватні гаки:

$$S_1 = -Q \frac{e}{R}. \quad (5.2)$$

Це зусилля розподіляється на два гака, в загальному випадку нерівномірно, в залежності від величини поперечного ексцентриситету e_1 по осі YY . Отже, максимальне, розрахункове зусилля на гаку буде:

$$T_1 = S_1 \frac{0,5l+e_1}{l},$$

де l – відстань між гаками однієї пари.

Підставивши замість S_1 його значення з формули (5.2), отримаємо:

$$T_1 = -Q \frac{e}{R} \cdot \frac{0,5l+e_1}{l}. \quad (5.3)$$

Це ж зусилля T_1 діє і на палець. Однак для того щоб встановити, чи є воно найбільшим, тобто розрахунковим для пальців, необхідно визначити величину зусилля, що діє на пальці при іншому крайньому

положенні платформи, в даному випадку – при її нахилі під кутом 45° і розташуванні центру ваги праворуч від центру платформи (рис. 2.1). Таке положення центру ваги є найнебезпечним для опорних пальців.

При похилому положенні платформи і правом e зусилля на шток $P = Q \frac{l_2}{l_1}$, тобто значно менше P_{max} , так як множник $\frac{l_2}{l_1}$ завжди менше, ніж $\frac{R+e}{R}$. При цьому вертикальна реакція опорних гнізд:

$$S_B = Q - P \cos \beta = Q \left(1 - \frac{l_2}{l_1} \cos \beta \right),$$

горизонтальна реакція:

$$S_\Gamma = P \sin \beta = Q \frac{l_2}{l_1} \cos \beta.$$

Сумарна реакція опор, а, отже, і зусилля на пальцях платформи при її похилому положенні:

$$S_2 = \sqrt{S_B^2 + S_\Gamma^2}. \quad (5.4)$$

При малих кутах нахилу гідроциліндра щодо вертикалі ($\beta \leq 6^\circ$) зусилля на опорних пальцях можна визначати за наближеною формулою:

$$S_2 \approx Q \frac{l_1 - l_2}{l_1}. \quad (5.5)$$

З огляду на нерівномірність розподілу цього зусилля на два пальця, що залежить від поперечного ексцентриситету e_1 отримуємо розрахункове зусилля, що діє на один палець при похилому положенні платформи і при правому положенні ексцентриситету e_1 :

$$T_2 = S_2 \frac{0,5l + e_1}{l}. \quad (5.6)$$

Підставивши замість S_2 його значення з формули (5.5), отримаємо наближений вираз:

$$T_2 \approx Q \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot \frac{0,5l + e_1}{l}. \quad (5.7)$$

З двох екстремальних значень зусилля на пальці T_1 і T_2 розрахунковим буде найбільше з них. Виходячи з найбільшого ведеться розрахунок пальця на вигин і зріз. Як правило, $T_2 > T_1$.

Діаметр пальця визначають, виходячи з максимального згинального моменту M_3 :

$$d_{\text{п}} = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}}.$$

Для опорних вилок-гнізд розрахунковим зусиллям завжди є величина T_2 , яка визначається за формулою (5.6) або (5.7). Опорна вилка виконана у вигляді стойки, закріпленої на бетонному фундаменті. Гніздо розраховується на питомий тиск:

$$\frac{T_2}{d_{\text{п}} \cdot s} \leq [q], \quad (5.8)$$

де $d_{\text{п}}$ – діаметр опорного пальця, м;

s – товщина опорної вилки, м;

$[q]$ – допустимий питомий тиск, який для сталі можна приймати до 5 МПа.

Розрахунок головного гідроциліндра проводиться по зусиллю P_{max} :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{max}}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де p – тиск робочої рідини в системі, МПа;

η – ККД гідроциліндра, для циліндрів $D = 150 \dots 300$ мм – $\eta = 0,8$.

Іноді циліндр підбирається з типових циліндрів, нормалізованих по зусиллю P_{max} і ходу поршня H .

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 важільно-домкратних кантувачів.

2. Виконати розрахунок діаметра головного гідроциліндра і діаметр опорного пальця важільно-домкратного кантувача з використанням для цього даних, наведених в додатку А.

3. Вибрати стандартний гідроциліндр близький до розрахункового.

4. Накреслити загальний вид універсального кантувача з центральним підйомним домкратом і його розрахункову схему у форматі А3.

5. Оформити звіт.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.

2. Стислий опис конструкції важільно-домкратного кантувача, принцип дії.

3. Розрахунки діаметрів гідроциліндру і опорних пальців з ілюстраціями.

4. Креслення важільно-домкратного кантувача.

5. Висновки про виконану роботу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. 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 важільно-домкратного кантувача

№ вар.	Вага, Н		Розміри, м (рис. 2.3, 5.1)			
	виробу, G_0	платформи, G_1	e	e_1	R	L
0	6000	15000	0,040	0,040	1,4	2,8
1	8500		0,050	0,060		
2	9000		0,055	0,070		
3	10000		0,065	0,095		
4	12000		0,080	0,055		
5	13500		0,050	0,110		
6	14000		0,060	0,060		
7	17000		0,120	0,100		
8	21000		0,135	0,180		
9	25000		0,150	0,250		
10	23000		0,140	0,220		
11	20000		0,160	0,200		
12	19000		0,200	0,150		
13	16000		0,220	0,130		
14	15000		0,250	0,100		
15	13000		0,230	0,050		
16	11500		0,270	0,070		
17	10500		0,300	0,100		
18	8000		0,210	0,150		
19	7500		0,150	0,070		
20	6500		0,050	0,090		