Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання

02-01-515М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни **«Мобільні навантажувально-розвантажувальні машини»** для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання

Рекомендовано навчально-методичною радою з якості ННМІ, протокол № 5 від 15.02.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Мобільні навантажувально-розвантажувальні машини» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання [Електронне видання] / Голотюк М. В. – Рівне : НУВГП, 2022. – 28 с.

Укладач: Голотюк М. В., к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Відповідальний за випуск: Налобіна О. О., д.т.н, професор, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Керівник групи забезпечення спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»: Нечидюк А. А. к.т.н, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

© М. В. Голотюк, 2022
© НУВГП, 2022

ЗМІСТ

Загальні положення.....4
Методичні рекомендації до виконання практичних занять.....5
Практична робота 1. Розрахунок механічних передач (трансмісій) ……..…..5
Практична робота 2. Розрахунок автомобільного транспорту .12
Практична робота 3. Розрахунок баштового крана ……..……20
Рекомендована література.....28

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Мобільні навантажувально-розвантажувальні машини» є отримати знання в обсязі, достатньому для самостійного вирішення конструкторських та виробничо-технологічних завдань в галузі конструювання, проектування та сервісного обслуговування мобільних навантажувально-розвантажувальних машин. Отримані вміння дозволяють використовувати інженерні методики, аналітичні та числові методи розрахунку для аналізу відомих та розробки нових механізмів, вузлів та комплексів обладнання мобільних навантажувально-розвантажувальних машин. Завданням навчальної дисципліни «Мобільні навантажувально-розвантажувальні машини» є формування у студентів знань в сфері мобільних навантажувально-розвантажувальних машин та вміння розробляти нові конструкції технологічного обладнання та машин, виконувати роботи з технологічного забезпечення промислового виробництва, модернізації, експлуатації машин, обладнання. У результаті вивчення даної дисципліни студенти повинні знати вимоги до конструкцій, класифікаційні ознаки, основні параметри загальну будову та особливості конструкцій систем, вузлів та агрегатів мобільних кранів та автонавантажувачів; основні експлуатаційні властивості основних видів мобільних кранів та автонавантажувачів. Вони повинні вміти володіти методикою розрахунку основних експлуатаційних показників мобільних кранів і автонавантажувачів; аналізувати конструкції та визначати навантажувальні режими у вузлах, механізмах та деталях мобільних кранів та автонавантажувачів; складати принципові та розрахункові схеми основних конструктивних елементів мобільних кранів та автонавантажувачів; проводити розрахунки основних конструктивних елементів мобільних кранів та автонавантажувачів.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практична робота 1
Тема: Розрахунок механічних передач (трансмісій)

1. Загальні відомості

Механічні передачі служать для зміни швидкості, крутного моменту трансмісії або характеру руху, напрямку руху, площини руху та інших параметрів.

Основними параметрами передач є коефіцієнт корисної дії (ККД), потужність, яка передається, та передаточне число. Передаточним числом кінематичної пари називається відношення діаметра (радіуса) веденого колеса до діаметра (радіуса) ведучого; для зубчастої та ланцюгової передач - відношення числа зубців Z_2 на веденій шестерні або зірочці до числа зубців Z, на ведучій; для черв'ячної передачі - число зубців Z_2 черв'ячного-колеса до числа заходів Z, черв'яка.

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Передаточне число системи передач (трансмісії) рівне добуткові передаточних чисел окремих передач

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 ... i_n$$

Пасові передачі призначені для передачі обертання між паралельними або перпендикулярними валами. Пасова передача складається із двох шківів, на які надітий нескінченний пас (плоский, трапецієвидний, круглий). Паси бувають: вовняно-паперові, бавовняно-паперові прогумовані, поліамідні, шкіряні.

В плоскопасових передачах передаточні числа можуть досягати 10, а в клинопасових - до 15, потужності, які передаються, відповідно до 2000 кВт та 10000 кВт.

Швидкість паса може досягати 30 м/с при прогумованих та 45 м/с при шкіряних пасах.

Міжосьові відстані можуть досягати 15 м в плоскопасових та 5...7 м в клинопасових передачах.

Перевагами пасових передач є: простота конструкції, великі міжосьові відстані, мала чутливість до ударів та перевантажень.

До недоліків відносять великі габарити та неможливість отримання точного передаточного числа через ковзання паса.

Передаточне число (i) пасової передачі визначається

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)},$$

де ε =0,002...0,03- коефіцієнт ковзання.

Зубчасті передачі складаються із коліс, по колу яких нарізані зубці. Зубці коліс знаходяться в зачепленні. Менше із пари зубчастих коліс називається шестернею, а більше - колесом.

Зубчастими колесами передасться обертання між валами з паралельними осями (циліндричні), які перехрещуються (гвинтові) та осями які перетинаються (конічні)

Крім зовнішнього зачеплення передачі можуть мати і внутрішнє.

Перевагами зубчастих передач є малі габарити, високий ККД, висока надійність та довговічність, сталість передаточних відношень та можливість використання в широтам) діапазоні потужностей - до 50000 кВт, швидкостей - до 150 м/с та передаточних відношень - до 20, частіше для циліндричних прямозубих коліс до 10, конічних передач до 5.

Черв'ячні (гвинтові) передачі передають обертання між валами, які перехрещуються. Черв'ячна передача складається із черв'яка та черв'ячного колеса. Черв'як являє собою гвинт із трапецієвидною різзю. Черв'як буває однозахідний, двох, трьох та чотирьохзахідний.

Передаточне число черв'ячної передачі визначається

$$i = \frac{Z_к}{Z_ч} = \frac{n_ч}{n_к},$$

де: $Z_к$ - число зубців колеса, $Z_ч$ - число заходів черв'яка, $n_ч$ - частота обертів черв'яка, $n_к$ - частота обертів колеса.

За допомогою черв'ячної передачі можна отримати передаточне число до 200 (звичайно 30...40).

При роботі черв'ячної передачі ведучим елементом є черв'як. Обертання від черв'ячного колеса, в більшості випадків, не може передаватися черв'яку. В цьому полягає властивість самогальмування.

До недоліків черв'ячних передач відносять: невисокий ККД, нагрівання при тривалій роботі, зношування, що потребує

застосування кольорових матеріалів (бронза).

Передачі можуть бути відкритими та закритими. Відкриті передачі змащуються (крім пасових) консистентним (густим) мастилом та можуть мати захисний кожух. Закриті передачі (редуктори) виконані в жорсткому корпусі та працюють в закритих масляних ваннах.

Для передаточних чисел, до 10 редуктори виконують одноступінчастими, до 15...30 - двоступінчастими. Для великих передаточних чисел - трьохступінчастими. Редуктори із конічними колесами виконують одноступінчастими або, в поєднанні з циліндричними - двоступінчастими. Черв'ячні редуктори звичайно виконують одноступінчастими. Передаточне число багатоступінчастих редукторів дорівнює добутку передаточних чисел кожної пари.

Ланцюгові передачі використовуються для передачі обертання між двома або декількома валами при великих відстанях між ними. Передача складається із двох або декількох зірочок та нескінченного ланцюга. У більшості випадків використовуються втулко-роликові однорядні або багаторядні ланцюги. Крок ланцюгів коливається від 8 до 120 мм. Застосовуються також втулкові, пластинчасто-зубчасті, гакові та стержневі ланцюги.

Звичайно передаточні числа менші 8, а в тихохідних передачах можуть досягати 15.

Швидкість ланцюга в передачах вибирають до 15 м/с, а в швидкохідних передачах - до 25 м/с. Потужність, яка передається, може досягати 800 кВт. Перевагами ланцюгових передач с можливість застосування в широкому діапазоні міжосьових відстаней, малі габарити та маса, легкість заміни та високий ККД. Недоліки - видовження ланцюга в результаті зношування та необхідність натяжних пристроїв, нерівномірність швидкості.

2. Вправа І.
Підбирання потужності електродвигуна, кінематичний розрахунок привода і кінематичний розрахунок передач привода (механічних передач)

Завдання: визначити загальний ККД привода і необхідну потужність електродвигуна; вибрати вид електродвигуна; визначити загальне передаточне число привода і розподілити його між видами передач привода; обчислити частоти обертання, потужності і крутні

моменти на валах привода.

Вихідні дані для розрахунку беруть згідно з варіантом (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Вихідні дані

Варі-ант	Схема за рис. 1.1	Тип передачі	Потужність на вихідному валу, $N_в$, кВт	Частота обертання вихідного вала, $n_в$, хв.$^{-1}$
1	2	3	4	5
1	*а*	Плоскопасова і циліндрична прямозуба	5,0	150
2			5,5	145
3			6,0	140
4			6,5	125
5			7,0	130
6			7,5	125
7			8,0	120
8	*б*	Плоскопасова і конічна прямозуба	9,0	110
9			9,5	105
10			10,0	110
11			11,0	115
12			11,5	120
13			12,0	125
14			12,5	130
15	*в*	Клинопасова і циліндрична прямозуба	13,5	140
16			14,0	145
17			14,5	150
18			15,5	145
19			14,5	140
20			14,0	135
21			13,5	130
22	*г*	Клинопасова і конічна прямозуба	12,5	120
23			12,0	115
24			11,5	110
25			11,0	105
26			10,5	135
27			10,0	130
28			9,5	120

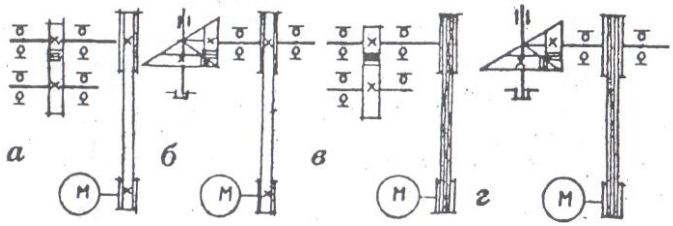

Рис 1.1. Схеми приводів будівельних машин: *а* - конвеєра; *б* - дробарки з плоскопасовою передачею; в - бстононасоса; *г* - дробарки з клинопасовою передачею

Методика розрахунку

Визначити потужність електродвигуна за формулою

$$N_{дв} = N_в / \eta_{заг}, \text{ кВт},$$

де $\eta_{заг} = \eta_1 \eta_2 \eta_{оп}^к$; η_1, η_2 - ККД окремих передач; $\eta_{оп}$ - ККД, який враховує втрати в опорах; k - кількість валів чи пар підшипників.

Орієнтовні значення часткових ККД η:

елемент привода	
Ступінь зубчастого редуктора (закритого):	
циліндричний	- 0,96...0,98
конічний	- 0,95...0,97
Зубчаста передача відкрита:	
циліндрична	- 0,92...0,94
конічна	- 0,91...0,93
Пасова передача:	
плоскопасова	- 0,95...0,97
клинопасова	- 0,94...0,96
Підшипники кочення (одна пара)	- 0,990...0,995
Муфти	- 0,965...0,995

Частота обертання вала електродвигуна

$$n_{дв} = n_в i_1 i_2 ... i_n, \text{ хв.}^{-1},$$

де i_1, i_2 - передаточні числа окремих передач, рекомендовані значення яких такі:

Тип передачі	
Зубчаста в редукторі	- 3...6
Відкрита зубчаста:	
циліндрична	- 4...6

конічна - 3...4
Пасова - 2…

Користуючись табл. 1.2, підібрати електродвигун потужністю N_0 і частотою обертання n_0 ротора, значені яких є найближчими до отриманих раніше $N_{дв}$ і $n_{дв}$. Під час підбирання N_0 допускається перевантаження двигуна до 5...8% при постійному і до 10...12% при змінному навантаженнях.

Визначити загальне передаточне число привода:

$$i_{заг} = \frac{n_0}{n_в}.$$

Отримане в результаті розрахунку загальне передаточне число розподіляють між видами і ступенями передач.

Таблиця 1.2

Двигуни і закриті обдувні єдиної серії 4А
(тип/асинхронна частота обертання, хв.$^{-1}$)

Потужність	Синхронна частота, хв.$^{-1}$			
N, кВт	3000	1500	1000	750
0,23	-	-	-	71B8/680
0,37	-	-	71A6/910	80A8/675
0,55	-	71A4/1390	71B6/900	80B8/700
0,75	71A2/2840	71B4/1390	80A6/915	90LA8/700
1,1	71B2/2810	80A4/1420	80B6/920	90LB8/700
1,5	80A2/2850	80B4/1415	90L6/935	100L8/700
2,2	80B2/2850	90L4/1425	100L6/950	112MA8/700
3	90L2/2840	100S4/1435	112MA6/950	112MB8/700
4	100S2/2880	100L4/1430	112MB6/950	132S8/720
5,5	100L2/2880	112M4/1445	132S6/965	132M8/720
7,5	112M2/2900	132S4/1455	132M6/970	160S8/730
11	132M2/2900	132M4/1460	160S6/975	160M8/730
15	160S2/2940	160S4/1465	160M6/975	180M8/730
18,5	160M2/2940	160M4/1465	180M6/975	-
22	180S2/2945	180S4/1470	-	-
30	180M2/2945	180M4/1470	-	-

Якщо у кінематичній схемі привода крім зубчастих передач є пасова передача то спочатку визначають її передаточне число, щоб забезпечити пропорційність деталей таких передач з рештою деталей привода.

Діаметр меншого шківа плоскопасової передачі:

$$D_1 = (1100....1300)\sqrt[3]{N_0 n_0}\text{, мм.}$$

Діаметр більшого шківа, мм:

$$D_2 = D_1 i_1 (1-\varepsilon)\text{, мм,}$$

де: i_1 - передаточне число плоскопасової передачі; ε - коефіцієнт, який враховує відносне ковзання паса (для прогумованих і текстильних пасів ε=0,01).

Отримані значення D_1 і D_2 округлити згідно з рекомендованим рядом діаметрів, мм: 50; 63; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250.

Для вибору діаметра D_1 малого шківа клинопасової передачі попередньо визначити номінальний крутний момент ведучого вала, Нм:

$$M_0 = 97400(N_0/n_0).$$

Відповідно до моменту M_0 вибрати діаметр D_1 малого шківа:

M_0	30..15..60	50...160	120...600..450..2400..1600..6000..24000				
D_1	63	90	125	200	315	500	800

Аналогічно вибрати діаметр D_2.

При виборі діаметрів з числа стандартних потрібно враховувати, що при менших діаметрах зменшуються габарити передачі або збільшується число пасів.

Вибравши діаметри D_1 і D_2, уточніть передаточне число ремінної передачі:

$$i_1 = D_2 / D_1 .$$

Передаточне число i_2 зубчастих передач брати з такого ряду чисел:.1,25; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3...

Визначити частоту обертання n потужність N і крутний момент M на всіх валах привода.

Практична робота 2

Тема: Розрахунок автомобільного транспорту

1. Загальні відомості

Автомобіль складається із чотирьох основних частин: двигуна, кабіни, шасі кузова або спеціального або робочого обладнання (рис. 2.1).

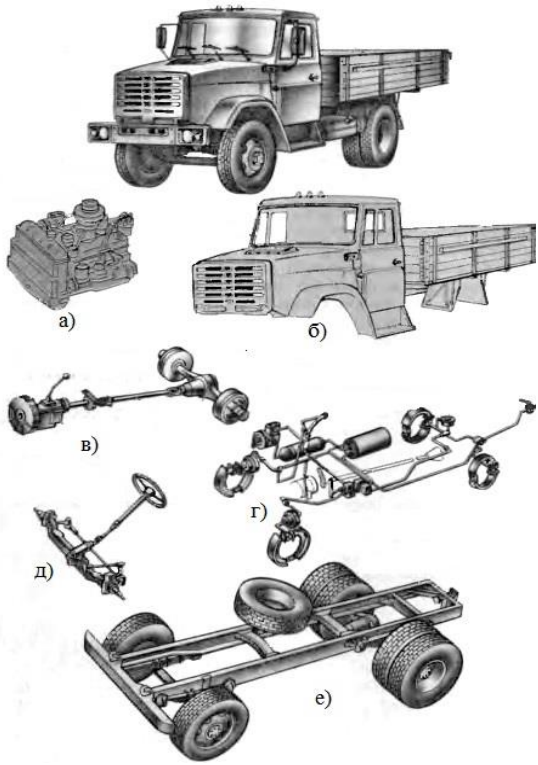

Рис. 2.1. Загальна будова автомобіля: *а* – двигун внутрішнього згоряння; *б* – кузов; *в* – трансмісія; *г* – гальмівна система; *д* – рульове керування; *е* – ходова частина

Двигун призначений для перетворення теплової енергії згоряння палива в механічну роботу. Як правило, на автомобілях

встановлюють бензинові або дизельні двигуни внутрішнього згоряння. Останнім часом поширене встановлення газобалонних та електричних двигунів.

Кузов призначений для перевезення вантажів та людей. Замість кузова на автомобільному шасі може встановлюватись спеціальне робоче обладнання (кранове, бурове, для приготування бетонних розчинів та ін.).

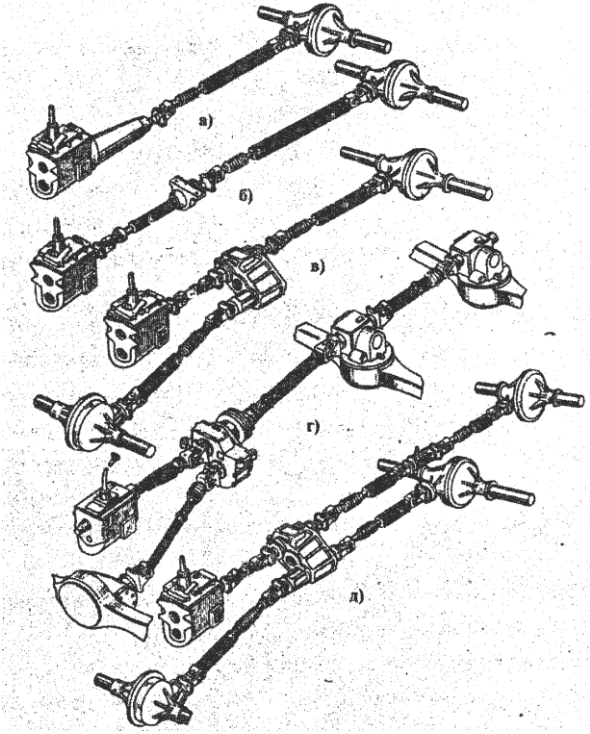

Рис. 2.2. Схеми трансмісій автомобілів: *а*, *б* – з одним заднім ведучим мостом; *в* – з переднім і заднім ведучими мостами; *г*, *д* – з трьома ведучими мостами

Кабіна є робочим місцем водія. В ній розміщені важелі та прилади керування автомобілем.

Шасі складається з трьох груп механізмів: трансмісії (силової передачі), ходової частини та механізмів керування.

Трансмісія (рис. 2.2, 2.3) призначена для передачі крутного

момента від двигуна на ведучі колеса автомобіля. Вона складається з муфти зчеплення, коробки перемикання передач (КПП), карданної передачі, головної передачі, диференціала, приводних валів коліс (півосей) та ведучих коліс. **Призначений елементів трансмісії**:

- муфта зчеплення призначена для короткочасного від'єднання колінчастого вала двигуна від КПП при перемиканні передач та при гальмуванні, а також для їх плавного з'єднання;

- коробка перемикання передач дозволяє змінювати крутний момент та забезпечує рух автомобіля заднім ходом, а також призначена для довготривалого роз'єднання двигуна від трансмісії;

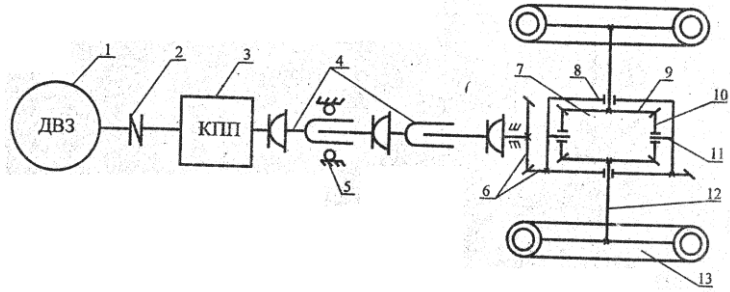

Рис. 2.3. Кінематична схема трансмісії вантажного автомобіля: 1 – двигун; 2 – муфта зчеплення; 3 – коробка переміни передач; 4 – телескопічні карданні вали; 5 – проміжна опора; 6 – зубчасті колеса головної передачі; 7 – диференціал; 8 – корпус диференціала; 9 – хрестовина; 10 – сателіти; 11 – зубчасті колеса півосей; 12 – півосі; 13 – ведучі колеса

- карданна передача передає крутний момент між двома валами (КПП - головна передача), під кутом, що змінюється;

- головна передача збільшує крутний момент, який підводиться карданною передачею та передає його на диференціал, під кутом 90°;

- диференціал розподіляє крутний момент між півосями коліс і дозволяє їм обертатися з різними швидкостями, якщо коліс за однаковий час проходять ділянки шляху різної довжини (на поворотах, при попаданні коліс однієї осі на ділянку дороги з різним коефіцієнтом зчеплення);

- півосі передають крутний момент від диференціала на ступиці коліс, або безпосередньо на колеса.

Ходова частина - візок, який складається з рами, осей, підвіски (ресори та амортизатори), коліс та ступиць.

Призначення елементів ходової частини:

- рама є основою для кріплення всіх агрегатів та вузлів автомобіля;

- осі призначені для кріплення коліс;

- ресори забезпечують пружний зв'язок між осями та рамою, пом'якшуючи поштовхи, що передаються віссю від дороги;

- амортизатори гасять коливання ресор;

- колесо кріпиться до ступиці та складається з жорсткого елемента (диска з ободом) та пневматичної шини. Шина призначена для забезпечення надійного зчеплення з дорожнім покриттям та пом'якшення поштовхів та ударів.

Механізми керування автомобілем: рульове керування, гальмівна система. Призначення механізмів керування:

- рульове керування призначене для зміни напрямку руху автомобіля за допомогою повороту його передніх (керованих) коліс. Воно складається із: рульового колеса, рульової колонки з валом, рульового механізму, сошки, повздовжньої та поперечної тяг, рульових важелів поворотних цапф. На вантажних автомобілях великої вантажопідйомності встановлюються гідравлічні підсилювачі рульового керування;

- гальмівна система призначена для зниження швидкості руху автомобіля та утримання його на місці.

Першу функцію виконує колісний гальмівний механізм, керований педаллю, а другу - трансмісійний гальмівний механізм, керований важелем.

За принципом роботи приводи гальм бувають гідравлічні та пневматичні.

Керування гальмівними механізмами здійснюється за наступними схемами:

- ножний привод керує колісними гальмами всіх коліс, ручний - трансмісійними гальмами;

- ножний привод керує колісними гальмами всіх коліс, ручний - гальмами задніх коліс, які, таким чином, мають подвійне керування.

2. Вправа 2.
Тяговий розрахунок автомобільного транспорту

Завдання: записати рівняння тягового балансу для навантаженого автомобіля і розшифрувати величини, які до нього входять; знайти

максимальний підйом дороги, який може подолати навантажений автомобіль за умови повного використання потужності двигуна на швидкостях, які вказані у завданні і умові зчеплення коліс автомобіля з заданим видом шляхового покриття.

Зробити висновок, який випадок тягового розрахунку є найбільш раціональним для заданих конкретних умов.

Вихідні дані беруть з табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані

Варіант	Модель автомобіля-самоскида	Тип покриття або грунт	Маса вантажу, що перевозиться, Q, кг	Швидкість руху автомобіля, км/год.		
				ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3
1	Hyundai Mighty	Сухе асфальтобетонне покриття	3000	10	20	40
2	JAC N-75	Суха грунтова дорога	3400	10	30	40
3	КрАЗ-256Б	Грунтова дорога після дощу	2500	15	20	25
4	Mitsubishi Fuso Canter	Вологий пісок	2000	10	15	20
5	Hyundai Mighty	Сухий пісок	2400	25	35	45
6	КрАЗ-256Б	Суха грунтова дорога	10000	10	20	30
7	JAC N-75	Сухий пісок	2500	15	30	50
8	Hyundai HD72	Вологий пісок	3000	20	10	30
9	Hyundai HD72	Суха грунтова дорога	3100	40	30	10
10	КрАЗ-256Б	Сухе асфальтобетонне покриття	8700	20	10	40
11	Mitsubishi Fuso Canter	Грунтова дорога після дощу	2300	30	40	20
12	JAC N-75	Сухий пісок	3200	40	20	50
13	Hyundai Mighty	Сухе асфальтобетонне покриття	2400	40	10	15
14	Mitsubishi Fuso Canter	Грунтова дорога після дощу	3200	10	40	50
15	Hyundai HD72	Сухий пісок	2600	20	15	10

Методика розрахунку

Записати рівняння тягового балансу для навантаженого автомобіля. У випадку руху навантаженого автомобіля до будівельного об'єкта його сила тяги повинна бути достатньою для подолання виникаючих опорів руху. Рівняння тягового балансу для навантаженого автомобіля має вид

$$P_m = P_f + P_i + P_w + P_j \text{, Н.}$$

де: P_m - сила тяги навантаженого автомобіля, Н; P_f - сила опору коченню коліс автомобіля на прямій горизонтальній ділянці шляху (опір коченню за рахунок деформацій шин і дороги, тертя шин об покриття), Н; P_i - сила опору рухові на підйомах і спусках, Н; P_w - сила опору повітря, Н; P_j - сила інерції, яка виникає за рахунок розгону автомобіля.

Розглянемо випадок рівномірного руху автомобіля. Це дозволяє виключити складову P_j наведеного рівняння. Оскільки автомобіль працює в умовах будівництва, де його робочі швидкості невеликі (не більше ніж 50 км/год.), величиною P_w також нехтуємо.

Сила тяги автомобіля: $$P_m = 3600\frac{N}{\vartheta}\eta \text{, Н,}$$

де: N - ефективна потужність двигуна, кВт, яка наводиться в технічних характеристиках машин (табл. 2.2); ϑ - швидкість руху автомобіля, км/год.; η - ККД передачі між двигуном і ведучими колесами (для автомобіля η=(0,85...0,95).

Таблиця 2.2

Основні характеристики автосамоскидів

Показник	Hyundai Mighty	JAC N-75	КрАЗ-256Б	Hyundai HD72	Mitsubishi Fuso Canter
Потужність двигуна, кВт	135	112	176	105	132
Маса, кг	2365	3020	10850	3200	2564

Сила опору коченню коліс автомобіля:

$$P_f = 9{,}81(G+Q)f \text{, Н,}$$

де: G - маса автомобіля, кг (табл. 2.2); Q - маса вантажу, що перевозиться, кг (табл. 2.1); f - коефіцієнт опору коченню, який враховує опір коченню колеса по покриттю (табл. 2.3).

Сила опору підйому навантаженого автомобіля, Н:

$$P_i = 9{,}81(G+Q)\cdot i \text{, Н,}$$

де: $i=tg\alpha$ - нахил дороги; α - кут підйому шляхового покриття.

За малих кутів підйому після розшифрування і певних допущень рівняння тягового балансу для навантаженого автомобіля має вигляд

$$3600\frac{N}{\vartheta}\eta = 9{,}81(G+Q)(f \pm i).$$

Таблиця 2.3

Коефіцієнт опору коченню f і зчеплення $\varphi_{зч}$

Тип покриття або грунт	Гусеничний хід		Пневмоколісне ходове обладнання	
	f	$\varphi_З$	f	$\varphi_{зч}$
Сухе асфальтобетонне покриття	0,06	-	0,015	0,7
Грунтова дорога:				
суха уторована	0,06…0,07	0,9…1,1	0,025…0,035	0,5
після дощу	0,10…0,12	0,8…0,9	0,05…0,15	0,5
Пісок:				
вологий	0,1…0,12	0,5	0,16	0,4
сухий	0,15	0,4	0,2	0,3

Знайти максимально можливий підйом при русі навантаженого автомобіля на швидкостях, які вказані у вихідних даних:

- максимально можливий підйом для навантаженого автомобіля при повному використанні потужності двигуна

$$i_{1\max} = 367\frac{N\eta}{\vartheta(G+Q)} - f\ ;$$

- сила тяги автомобіля P_m реалізується у тому випадку, якщо між колесами і покриттям дороги існує достатнє зчеплення.

В противному разі колеса автомобіля почнуть пробуксовувати і сила тяги обмежиться силою зчеплення ведучих коліс з дорогою:

$$P_{зч} \geq P_m$$

або

$$\varphi_{зч}G_{зч} \geq 9{,}81(G+Q)(f \pm i),$$

де: $P_{зч}$ - сила тяги за зчепленням; $\varphi_{зч}$ - коефіцієнт зчеплення (див.

табл. 2.3); $G_{зч}$ - зчіпна вага автомобіля $G_{зч}$=9,81(G+Q); $G_{зч}$=9,81(0,6...0,75)(G+Q) для автомобілів із однією ведучою віссю; $G_{зч}$=9,81G для автомобілів підвищеної прохідності.

Максимально можливий підйом для навантаженого автомобіля

$$i_{2\max} = \frac{G_{зч}\varphi_{зч}}{9{,}81(G+Q)} - f \ .$$

Практична робота 3
Тема: Розрахунок баштового крана

1. Загальні відомості

Вантажопідйомні машини призначені для піднімання, переміщення по горизонталі та утримування в заданому положенні будівельних конструкцій, виробів і вантажів. Піднімання перерахованих матеріалів на деяку висоту передує більшій частині будівельних робіт. Наприклад, при монтажі будівельної конструкції, виконують такі операції: стропування конструкції, потім піднімання її на необхідну висоту, переміщення по горизонталі (поворотний, поступальний або плоскопаралельний рух), опускання на будівельну площадку і утримування при монтажі. Подавання будівельних матеріалів на захватку також виконується вантажопідйомними машинами, закріплення на робочому органі машини (гак, площадка, траверса і т.п.), піднімання, переміщення, опускання для навантаження. При монтажі обладнання промислових будівель і електростанцій об'єкт встановлення спочатку закріплюють для транспортування, потім підіймають, переносять на фундамент і утримують до повного закріплення та ін.

Вантажопідйомні машини застосовують також для виконування складських робіт, в цехах діючих промислових підприємств, на заводах по виготовленню залізобетонних і будівельних виробів, на підприємствах по випуску санітарно-технічних виробів для навантажувально-розвантажувальних робіт в портах, на морських і річкових причалах.

Однією з обов'язкових умов успішної експлуатації вантажопідйомних машин є суворе дотримування правил техніки безпеки, обов'язкове виконання всіх регламентних робіт по обслуговуванню машин, використання автоматизації керування.

Вантажопідйомні машини - це машини циклічної дії. Вантажопідйомність машин визначається масою вантажу на робочому органі, включаючи масу матеріалу, що піднімають, і масу вантажоутримувального пристрою. Вантажопідйомність виражають в одиницях маси (кг, т, Мг),

Для характеристики зони дії поворотних вантажопідйомних машин служить параметр – «виліт» робочого органу машини

(наприклад, гака). Під вильотом розуміють відстань від осі обертання поворотної частини машини до осі робочого органу. Зона дії машини визначається поверхнею можливих переміщень робочого органу. Для її характеристики служать також такі параметри, як висота підйому вантажу, величина переміщення машини, кут повороту машини в плані.

Функціонально вантажопідйомні машини поділяються на прості вантажопідйомні машини, що виконують переміщення вантажу тільки вертикальному, і крани, у яких робочий орган переміщується в трьох координатних осях.

До простих вантажопідйомних машин відносяться:

- **домкрати** (рейкові, гвинтові, гідравлічні);
- **лебідки** (електрореверсивні, фрикційні, тягові);
- **електроталі**;
- **будівельні підйомники**.

Конструктивно розрізняють крани:

- **консольні** (стаціонарні щоглові, щоглово-стрілові, баштові; пересувні стрілові, самохідні, баштові, крани-трубоукладачі);
- **прольотні** (мостові, козлові, кабельні). Консольні стаціонарні крани горизонтально переміщують вантажі в межах кільцевої поверхні обмеженої максимальним і мінімальним вильотом гака. У вертикальній площині зона переміщення гака обмежена шириною кільця, висотою підйому при мінімальному до горизонту куті нахилу стріли а і дугою при повороті стріли від мінімального і максимального значення α.

Консольні пересувні баштові крани переміщують вантаж на висоту підйому гака по площадці, обмеженій двома напівколами, що примикають до прямокутника, довжина якого дорівнює переміщенню крана рейковою колією, а ширина - подвійному вильоту гака.

Прольотні мостові крани переміщуються по підкрановій колії, укладеній на консольних виступах колон цеху. Зона дії цих кранів обмежена в плані прямокутником зі сторонами, що дорівнюють довжині шляху крана вздовж цеху і переміщенню гака крана в поперечному напрямку. По вертикалі вантаж переміщується на висоту підйому гака.

У кабельних (канатних) кранів вантажний візок переміщується

по канату, натягненому між опорами. В крані переміщення вантажу може бути в межах лінії (опори нерухомі), сектора (одна колона переміщується по підкрановій колії по дузі кола), прямокутника (опори можуть бути нахилені або переміщаються по паралельній колії).

Крани-трубоукладачі обслуговують робочу зону вздовж траси трубопроводів будь-якого призначення, що будується. Їх основна функція - піднімання, переміщення і укладання труб або нитки труб у траншею.

Спільною для вантажопідйомних машин є оцінка умов роботи. Держтехнагляд встановлює три режими для вантажопідйомних машин в будівництві: легкий, середній і важкий. В суму факторів, що визначають режим роботи, входять: кліматичні умови місцевості, ступінь використання машини протягом року і доби (змінність роботи), завантаженість машини, кількість ввімкнень, та ін. Режим роботи враховується при розрахунку металоконструкцій і механізмів машин шляхом вибору коефіцієнтів запасу міцності і динамічності (навантаження), співвідношення розмірів деталей вантажопідйомних вузлів та ін.

Пневмоколісні, гусеничні і автомобільні крани відносяться до стрілових самохідних кранів (рис. 3.1).

Автомобільними називаються стрілові повноповоротні крани, які змонтовані на шасі стандартних вантажних автомобілів нормальної і підвищеної прохідності. Автокрани мають достатньо велику вантажопідйомність (до 16 т), високі транспортні швидкості пересування (до 70...80 км/год.), добру маневреність, автономність привода, можливість пересуватись з вантажем та використання їх на різних (роботах (універсальність), мінімальний об’єм і трудомісткість монтажу і демонтажу самої машини, підготовки ділянок для їх експлуатації. Це забезпечило таким кранам широке застосування на будівельних майданчиках. їх застосування найбільш доцільне при значних відстанях між об’єктами з невеликими об’ємами будівельно-монтажних і навантажувально-розвантажувальних робіт. Основне робоче обладнання автокранів жорсткі і розсувні решітчасті стріли, суцільні телескопічні стріли. При використанні на будівельно-монтажних роботах автокрани звичайно обладнують змінними подовженими решітчастими

стрілами різних модифікацій.

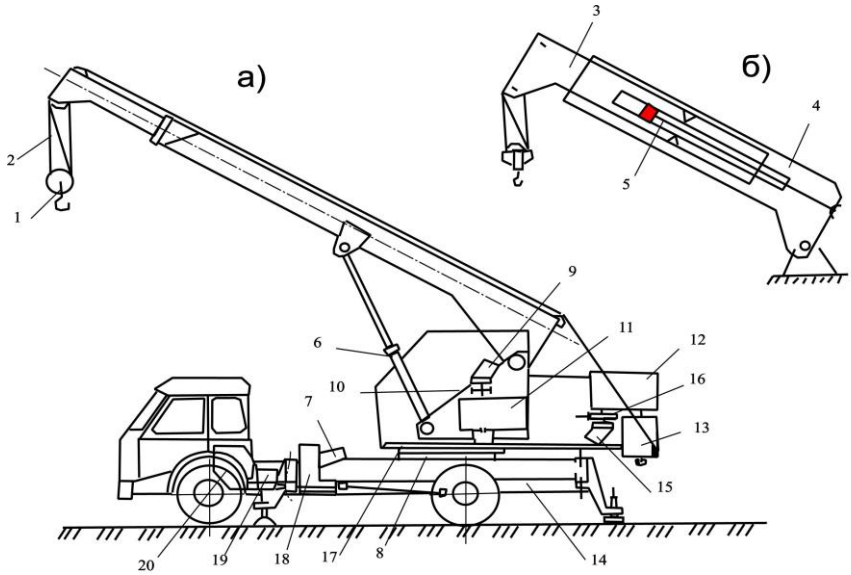

Рис. 3.1. Автомобільний кран на базі автомобіля Маз-500А з жорсткою підвіскою стрілового обладнання: а) – загальний вигляд; б) – телескопічна стріла; 1 – гакова підвіска; 2 – вантажний поліспаст; 3, 4 – рухома внутрішня і нерухома зовнішня секція стріли; 5 - гідроциліндр висувної стріли; 6 – гідроциліндри зміни нахилу стріли; 7 – гідронасос; 8 – опорно-поворотний пристрій; 9, 15 – гідромотори механізму повороту і вантажної лебідки; 10, 16 – стрічкові гальма; 11, 12 – редуктори; 13 – барабан вантажної лебідки; 14 – ходова рама автом 18 – редуктор відбору потужності; 19 – коробка передач; 20 – силове обладнання автомобіля.

2. Вправа 3.
Визначення продуктивності баштового крана за зміну

Завдання: визначити потрібну висоту піднімання гака; вибрати кран; визначити змінну продуктивність крана при суміщеному і несуміщеному циклах. роботи; визначити тривалість робочого циклу без суміщення і при суміщенні операцій; визначити ефективність суміщення операцій під час роботи баштового крана.

Вихідні дані для обчислень взяти згідно з варіантом із табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані

Варіант	Маса вантажу, який піднімають, $Q_в$, т	h_1, м	h_2, м	h_3, м	Тривалість ручних операцій, хв.			Кут повороту крана α, град.	Довжина шляху пересування крана $L_{пер}$, м
					t_1	t_2	t_3		
1	3,15	18	2,60	3,0	1,5	8,5	0,6		10
2	2,70	18	3,80	4,0	1,5	8,5	0,6		15
3	3,60	30	2,68	4,0	1,0	7,5	0,5	35	20
4	4,67	21	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		25
5	3,00	20	2,44	3,0	1,5	8,5	0,6		30
7	6,00	16	0,22	2,5	1,0	7,5	0,5	40	20
6	2,20	22	0,22	2,5	1,5	8,5	0,6	40	35
8	4,12	18	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		15
9	2,95	15	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5	40	40
10	2,45	16	2,68	3,0	1,0	7,5	0,5		35
11	4,75	15	2,56	4,0	1,0	8,0	0,5		30
12	2,50	24	2,69	4,0	1,0	8,0	0,5		20
13	5,85	15	0,22	2,5	1,0	8,0	0,5	45	10
14	6,00	17	0,22	2,0	1,0	7,5	0,5		40
15	2,67	13	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		35
16	5,48	16	2,68	4,0	1,0	7,5	0,5		10
17	3,40	14	2,68	4,0	1,5	8,0	0,6		20
18	4,20	12	0,40	2,5	1,5	8,0	0,6	50	30
19	3,00	13	0,40	2,5	1,0	7,5	0,5		40
20	4,50	25	0,40	2,0	1,0	7,5	0,5		45
21	4,45	15	2,87	3,0	1,0	7,5	0,5		25
22	3,03	16	0,22	4,0	1,5	8,5	0,6		30
23	5,00	15	2,58	4,0	1,5	8,5	0,6	55	35
24	3,66	15	2,58	3,0	1,0	8,5	0,6		40
25	3,75	16	2,68	3,5	1,0	8,0	0,6		45
26	4,00	20	0,80	2,0	1,5	8,0	0,6		15
27	4,20	15	0,80	2,5	1,5	8,0	0,5		10
28	5,43	12	2,68	3,0	1,0	7,5	0,5	60	20
29	3,00	14	2,44	2,5	1,0	8,0	0,5		25
30	3,45	20	2,68	3,0	1,0	8,0	0,5		28

Методика розрахунку

Висота піднімання гака (рис. 3.1, табл. 3.1):

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \text{, м,}$$

де: h_1 - задана висота рівня монтажу; h_2 - висота піднімання

вантажу, над рівнем монтажу (із умов техніки безпеки h_2=2,5...3,0); h_3 - висота виробу; h_4 - довжина строп.

За знайденою висотою піднімання гака H і масою вантажу, який піднімається, користуючись табл. 3.2, вибрати кран.

Обчислити тривалість робочого циклу крана.

При роботі без суміщення операцій робочий цикл крана дорівнює сумі часу всіх операцій: $t_ц = \sum_1^n t$, с.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики баштових пересувних кранів

Показник	КБ-160	КБ-308	КБ-403	КБ-503А	КБ-405
Вантажність, т	5…8	3,2…8	4,5…8	7,5…10	4,8…8
Виліт, м	13…25	4,5…25	5,5…30	7,5…35	16…30
Виліт при максимальній вантажності, м	13	4,5	5,6	7,5	11
Максимальний вантажний момент, кН·м	1600	1000	1125	2800	1350
Висота піднімання, м	41…55	32,5…42	41…57,5	53…67,5	54…70
Швидкість $1\cdot10^{-2}$ м/с:					
піднімання та опускання	33; 66	30; 60	37	50	37
посадка	6,7	8; 4	8	5	8
пересування крана	32,8	30	33	20	33
пересування вантажного візка	-	27; 13,3	25	11,5; 46	-
Частота обертання, $хв.^{-1}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Маса крана, т:					
загальна	79,5	84	80,5	145	107,2
конструктивна	49,5	38	50,5	90	51,2

Для збільшення продуктивності крана деякі операції можна суміщати (наприклад, піднімання і переміщення вантажу, переміщення крана і спускання гака). У цьому випадку, розраховуючи тривалість робочого циклу, беруть час більш тривалої операції із тих, які суміщуються:

$$f_ц^{суміш} = t_1 + t_{2або4} + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10або11}, \text{ с.}$$

Тривалість робочого циклу складається із часу: на t_1 -

стропування елемента; t_2 - піднімання елемента до потрібного рівня; t_3 - поворот стріли крана; t_4 - переміщення крана рейками; t_5 - опускання вантажу до рівня монтажу; t_6 - утримання елемента, який монтується, на час його встановлення і закріплення; t_7 - розстропування встановлених елементів; t_8 - піднімання гака з вантажопіднімальним пристроєм над рівнем монтажу; t_9 - повернення стрілки у вихідне положення; t_{10} - зворотне переміщення крана; t_{11} - опускання гака з вантажозахоплюючим пристроєм.

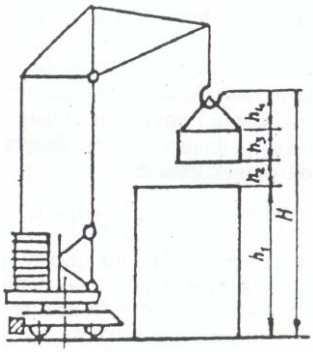

Рис 3.1 Розрахункова схема баштового крана

Тривалість ручних операцій t_5, t_6, t_7 потрібно брати згідно з даними табл. 3.1, а тривалість решти операцій розраховувати наближено при сталості швидкостей робочих рухів крана, не враховуючи періодів розгону і гальмування.

Тривалість піднімання вантажу

$$t_2 = \frac{h_1 + h_2}{\vartheta_{під}}, \text{ с},$$

де $\vartheta_{під}$ - швидкість піднімання, м/с (див. табл. 4.2).

Час повороту стріли крана $$t_3 = \frac{\alpha}{6 \cdot n_1}, \text{ с},$$

де: α - робочий кут повороту крана, град (див. табл. 4.1); n_1 - частота обертання, хв.$^{-1}$ (див. табл. 4.2).

Тривалість пересування крана рейками

$$t_4 = L_{пер} / \vartheta_{пер}, \text{ с},$$

де: $L_{пер}$ - довжина шляху пересування крана (див. табл. 4.1), м; $\vartheta_{пер}$ - швидкість пересування крана (див. табл. 4.2).

Час, який витрачається на опускання вантажу до рівня монтажу

$$t_5 = h_2 / \vartheta_{оп}, \text{ с},$$

де $\vartheta_{оп}$ - швидкість опускання (див. табл. 4.2).

Тривалість піднімання гака зі стропами над рівнем монтажу

$$t_8 = h_2 / \vartheta_{під}, \text{ с}.$$

Тривалість інших операцій: $t_8 = t_9$; $t_{10} = t_4$; $t_{11} = \frac{h_1 + h_2}{\vartheta_{on}}$.

Визначити продуктивність крана за зміну, т/зміну:

- при суміщеному циклі

$$П_{зм.сум} = TQk_в k_ч n_{сум}, \text{ т/зм.};$$

- при несуміщеному циклі

$$П_{зм} = TQk_в k_ч n, \text{ т/зм},$$

де: T=8 год. - тривалість зміни; Q - вантажність вибраного крана; $k_в$=0,8 - коефіцієнт використання крана за вантажністю; $k_ч$ - коефіцієнт використання крана протягом зміни $k_ч$=(6,82...0,88); $n_{сум}$, n - кількість робочих циклів крана на годину

$$n_{сум} = \frac{3600}{t_{ц.сум}}; \qquad n = \frac{3600}{t_{ц.сум}},$$

де: $t_{ц.сум}$ - час суміщення робочого циклу, с; $t_ц$ - час робочого циклу, с, без суміщення операцій.

4.5. Ефективність суміщення операцій під час роботи крана характеризується підвищенням його продуктивності:

$$E = \frac{П_{зм.сум} - П_{зм}}{П_{зм}} \cdot 100\%.$$

Рекомендована література

Базова

1. Мобіло Л. В. Будівельна техніка : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2013. 185 с.

2. Баладінський В. Л., Смірнов В. М., Ємельянов І. Л. Будівельні машини : збірник вправ. К. : ІЗМН, 2000. 124 с.

3. Будівельні і меліоративні машини : підручник / під заг. ред. В. Л. Баладінського. Рівне : 2000. 404 с.

Допоміжна

1. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні / Л. Є.Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко та ін. К. : Інтерсервіс, 2016. 258 с.

2. Пелевін Л. Є., Балака М. М., Аржаєв Г. О. Механотронні системи гідропневмоавтоматики. К. : Аграр Медіа Груп, 2014. 192 с.

3. Дубянський О. В. Мобільні навантажувально-розвантажувальні машини. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 110 с.