

621.86/87

P 65

ДЕПОЗИТНЕ
ЗВЕРТАННЯ

Колісник М.П., Шевченко А.Ф.,
Ракша С.В., Мелашич В.В.

РОЗРАХУНКИ БУДІВЕЛЬНИХ СТРІЛОВИХ КРАНІВ



М. П. Колісник, А. Ф. Шевченко, С. В. Ракша, В. В. Мелашич

РОЗРАХУНКИ БУДІВЕЛЬНИХ СТРІЛОВИХ КРАНІВ

Затверджено Міністерством освіти і науки України

Навчальний посібник для студентів вищих
навчальних закладів за напрямом підготовки
"Машинобудування"



Дніпропетровськ
ПОРОГИ
2015

Рецензенти: докт. техн. наук, академік Підійомно-транспортної академії наук України, професор *Монастирський Ю. А.* (кафедра підійомно-транспортних машин ДВНЗ Криворізької національний університет); докт. техн. наук, академік Підійомно-транспортної академії наук України; Федоровська Н. М. (зав. кафедрою металорізального обладнання і транспортних систем Української інженерно-педагогічної академії, м. Харків).

Розрахунки будівельних стрілових кранів: Навчальний посібник / М. П. Колісник, А. Ф. Шевченко, С. В. Ракша, В. В. Мелашич. - Дніпропетровськ: Пороги, 2015. – 816 с.

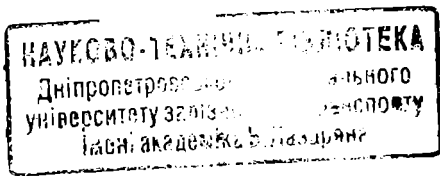
У посібнику викладено сучасні теорії і методи розрахунків будівельних стрілових кранів (баштового, пневмоколісного, гусеничного, автомобільного кранів та кранів з поворотною та неповоротною колонами), які вивчаються в курсах «Вантажопідіймальна, транспортуюча та транспортна техніка», «Підіймальнотransпортна техніка», «Теорія і розрахунки підіймальнотransпортних машин».

Наведені загальні відомості про параметри будівельних стрілових кранів і будівельних споруд, режими роботи кранів і зовнішні навантаження, основні розрахунки динамічних навантажень коливального характеру та заходи з їх зменшення, особливості приводів механізмів. Наведена методика побудови граничних вантажних характеристик будівельних стрілових кранів та визначення їх експлуатаційних характеристик та ін.

Наведено приклади розрахунків вантажопідіймальних кранів (поворотних па колоні, баштових із обертовими та необертовими баштами, гусеничного, пневмоколісного, автомобільного), кранових механізмів з електричним та гідравлічним приводами під час розробки та модернізації, а також наведено основні теорії взаємодії стрілових кранів з вібраційним технологічним обладнанням на гаку з ефективними засобами віброізоляції цього обладнання.

Для студентів вищих навчальних закладів за напрямом «Машинобудування», а також може бути корисним інженерно-технічним працівникам, конструкторам, механікам будівельних організацій та підприємств.

Табл. 161, іл. 186, Бібліогр.: 63 назв.



УДК 624.131.1
ББК 38.58

ПЕРЕДМОВА

Будівельний стріловий кран був і залишається провідною технологічною машиною на будівництві нових та реконструкції існуючих житлових будинків та промислових споруд. Це викликає необхідність оснащення будівельних майданчиків, складів будівельних виробів і полігонів вантажопідіймальними кранами, які забезпечують високі темпи та індустріальні методи виконання робіт.

Будівельні вантажопідіймальні крани повинні мати хорошу маневреність та універсальність, малі витрати на монтаж, демонтаж та переведення із транспортного в робочий стан, мінімальну трудомісткість підготування робочого майданчика і перебазування машини із одного об'єкта на інший, малі енергетичні витрати і велику зону обслуговування робочої зони. Цим вимогам найбільш повно відповідають автомобільні, баштові, пневмоколісні, гусеничні та інші крани.

Спеціалізовані організації ведуть роботи з удосконалення конструкції кранів, які вони випускають та покращення їхніх технічно-економічних показників. Підвищується вантажопідіймальність, широко застосовуються уніфіковані механізми і збиральні одиниці, машини оснащуються різними змінними робочими органами, гідравлічними виносними опорами, телескопічними стрілами, спеціальними вантажозахоплювальними органами.

Виробництво нових вантажопідіймальних кранів, їх ефективне використання в умовах будівництва стало першочерговим завданням.

Курси «Вантажопідіймальна, транспортуюча та транспортна техніка», «Теорія і розрахунки підіймально-транспортних машин» для спеціалістів з підіймально-транспортних машин є профілюючими дисциплінами і розвивають у них творчі конструкторські навички, здатність опанувати методи розрахунків, виконувати техніко-економічне обґрунтування основних параметрів машин.

Для кожного із розглянутих у посібнику типів кранів наведені короткі відомості про призначення та використання, визначення і вибір геометричних і масових параметрів, методичні рекомендації з їх вибору і розрахунків, а також конкретні розрахунки, вибір зовнішніх навантажень і характеристик, потужності приводів і навантажень, що діють на деталі механізмів.

Приділена увага основам розрахунку динамічних навантажень вібраційного характеру, які виникають при усталеному режимі руху елементів кранів із вібраційним технологічним обладнанням на гаку.

Розрахунки виконані за методиками нормативних документів. У посібник включені вибіркові довідкові дані нормативних документів, ДСТУ, РД, Правил Держгірпромнагляду України. Розрахунки ілюстровані рисунками, довідкові дані наведені табличним способом.

При підготовці посібника враховані корисні поради і зауваження співробітників кафедр ДВНЗ Криворізький національний університет та Української інженерно-педагогічної академії.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ РОЗРАХУНКІВ БУДІВЕЛЬНИХ КРАНІВ

1.1. ПАРАМЕТРИ БУДІВЕЛЬНИХ КРАНІВ

Визначення та параметри будівельних кранів

Параметрами називають основні величини, які характеризують кран. Серед них наступні: вантажопідймальність, виліт, висота підйому, вантажний момент, швидкості підймання вантажу, пересування крана, обертання, час зміни вильоту, колія, база, маса та інші (ГОСТ 1575-87), табл. 1.1...1.3, рис. 1.1, рис. 1.2.

Загальним параметром для всіх вантажопідймальних кранів є вантажопідймальність. *Вантажопідймальність* крана – це максимально допустима маса робочого вантажу, на підймання якого на даному вильоті розраховано кран у заданих умовах експлуатації. Розрізняють вантажопідймальність при переміщенні із вантажем, а для автомобільних і пневмоколісних кранів – при роботі на виносних опорах і без виносних опор із спиранням безпосередньо на колеса. Маса вантажозахоплювальних органів (наприклад грейфера) та змінних вантажозахоплювальних пристроїв (траверс, захоплювачів, підхоплювачів) входить у масу вантажу, що підіймається.

Залежність вантажопідймальності крана від вильоту називають його *вантажною характеристикою*.

Вантажний момент – це добуток від множення ваги вантажу на відповідний йому виліт.

Конструкційна маса – маса крана в незаправленому стані зі стріловим обладнанням і противагою (без баласту).

Загальна маса – повна маса крана з баластом, заправленого паливно-мастильними матеріалами та робочою рідиною.

Тиск колеса – максимальне вертикальне навантаження від загальної маси крана та робочого вантажу, що відповідає вантажопідймальності крана, яке передається одним ходовим колесом на основу (майданчик).

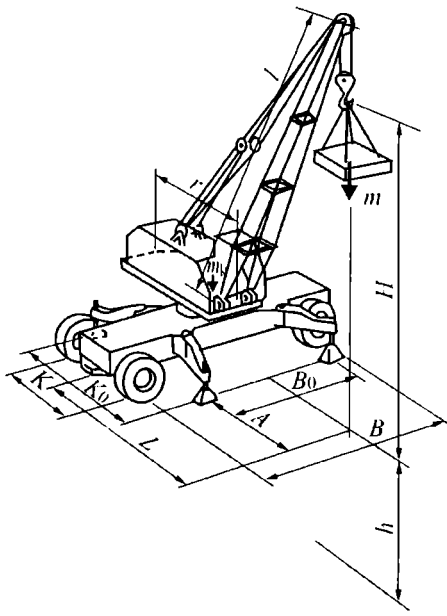


Рис. 1.1. Основні параметри стрілових самохідних кранів

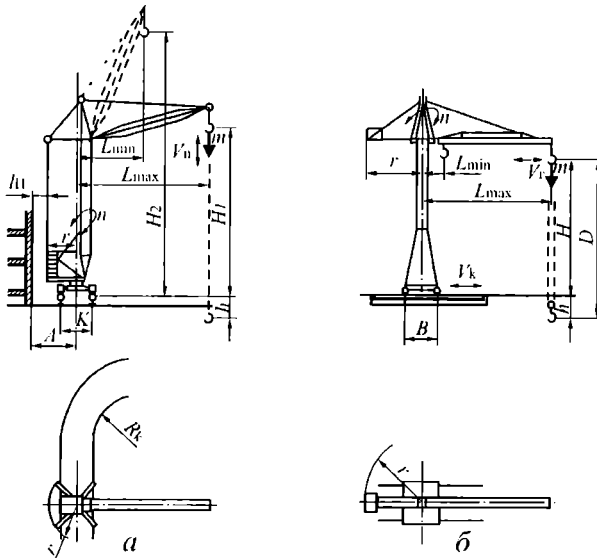


Рис. 1.2. Основні параметри баштових кранів:
 а – з поворотною баштою та підіймальною стрілою;
 б – з неповоротною баштою та балковою стрілою

Виліт – відстань від площини, що проходить через вісь обертання поворотної частини крана, до центра зіву гака при встановленні крана на горизонтальній площині.

Розрізняють мінімальний та максимальний вильоти, які відповідають максимальній та мінімальній вантажопідіймальності, а також максимальний виліт при максимальній вантажопідіймальності.

Виліт від ребра перекидання – це відстань по горизонталі від ребра перекидання крана до вертикальної осі вантажозахоплювального органу без навантаження при встановленні крана на горизонтальному майданчику.

Ребро перекидання – це лінія, що проходить через точки опирання крана, відносно яких кран нахилиється при перекиданні.

Задній габарит – максимальний радіус поворотної частини крана (поворотної платформи чи консолі противаги) з боку протилежного стрілі.

Висота підіймання – відстань по вертикалі від площини, яка проходить через точки опори крана, до вантажозахоплювального органу, що знаходиться у верхньому робочому положенні. За наявності підіймальної стріли висота підіймання залежить від вильоту: максимальна при мінімальному вильоті та мінімальна при максимальному вильоті.

Глибина опускання – відстань по вертикалі від площини, яка проходить через точки опори крана, до вантажозахоплювального органу, що знаходиться в нижньому положенні.

Колія – відстань між повздовжніми осями, які проходять через середину опорних поверхонь ходового пристрою вантажопідійомного крана (вантажного візка). Колія вимірюється по осях рейок (для рейкових кранів) або коліс ходової частини (для пневмоколісних, автомобільних, гусеничних та інших кранів), рис. 1.3,а.

База – відстань між вертикальними осями передніх і задніх коліс (або балансирних ходових візків) крана, рис. 1.3,в.

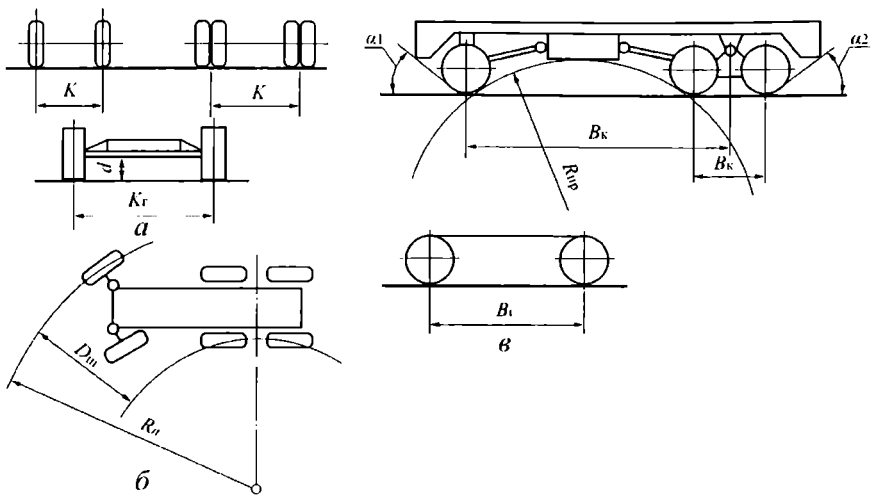


Рис. 1.3. Параметри ходового пристрою пневмоколісного та гусеничного кранів:
 a – колія; $б$ – радіус повороту шасі; $в$ – база;
 K і B_k – відповідно ширина колії і база гусеничного крана

Швидкість підіймання (опускання) вантажу – це швидкість вертикального переміщення робочого вантажу, який відповідає вантажопідіймальності крана, в усталеному режимі руху.

Швидкість посадки – мінімальна швидкість опускання максимального робочого вантажу в усталеному режимі руху.

Частота обертання – це частота обертання поворотної частини крана в усталеному режимі руху з робочим вантажем, який відповідає максимальній вантажопідіймальності крана, при встановленні його на горизонтальному майданчику і швидкості вітру не більш як 3 м/с на висоті 10 м.

Швидкість пересування крана – це швидкість в усталеному режимі переміщення крана по горизонтальній колії з робочим вантажем при швидкості вітру не більше 3 м/с на висоті 10 м.

Розрізняють такі швидкості пересування кранів: робочу, транспортну і буксирування.

Робочою швидкістю пересування називають швидкість пересування крана по горизонталі з робочим вантажем.

Транспортна швидкість – це швидкість пересування крана у транспортному положенні, яка забезпечується власним приводом.

Швидкість буксирування – швидкість пересування пневмоколісного крана у транспортному положенні, гусеничного крана на трейлері, баштового – на підкотному візку, який буксируються тягачем.

Швидкість переміщення візка – це швидкість пересування візка по стрілі з максимальним робочим вантажем.

Швидкість зміни вильоту – у кранів з підйнятною стрілою називається середня швидкість горизонтального переміщення робочого вантажу зі зміною вильоту від максимального до мінімального. Замість швидкості зміни вильоту в характеристиці крана зазначають *тривалість зміни вильоту*, тобто час, потрібний для повної зміни вильоту від максимального до мінімального з робочим вантажем.

Ухил колії – це ухил, на якому допускається робота крана і який відповідає відношенню різниці між рівнями двох точок колії, що знаходяться на відстані, яка дорівнює базі крана, до розміру самої бази.

Ухил який долається краном, що рухається зі сталюю транспортною швидкістю, для пневмоколісних кранів становить 10...18°, гусеничних – 10°, автомобільних – 15...20°

Мінімальний радіус повороту – це радіус кола, яке описується зовнішнім переднім колесом при максимальному куті його повороту, рис. 1.4.

Кути переднього в'їзду та заднього виїзду – утворюються опорною поверхнею майданчика та прямою, що з'єднує колесо з виступаючою частиною ходового пристрою крана.

Габаритний коридор шасі – ширина смуги в яку вписується шасі при мінімальному радіусі його повороту.

Габаритний коридор в'їзду і виїзду – це ширина проїзду, в який вписується кран при мінімальному радіусі повороту шасі під час в'їзду і виїзду.

Радіус повздожньої прохідності – це радіус кола, що описується між колесами та нижньою точкою ходового пристрою пневмоколісного крана.

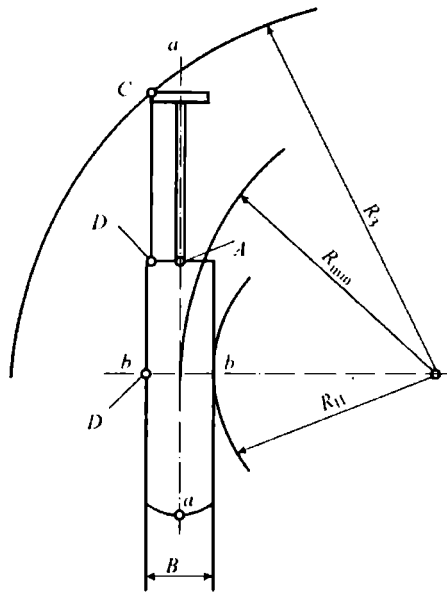


Рис. 1.4. Схема визначення ширини заокругленої проїзної частини при пересуванні крана по закругленню

Дорожній провіт – це мінімальна відстань від опорної поверхні майданчика до конструкції ходового пристрою.

Опорний контур утворюється горизонтальними проекціями прямих ліній, які з'єднують вертикальні осі опорних елементів крана (колес або виносних опор).

Габаритний розмір – це мінімальні розміри крана (довжина, ширина, висота) в транспортному положенні.

Режим роботи – це характеристика крана, яка враховує його використання за вантажопідймальністю і часом, а також кількість циклів роботи за одиницю часу.

Габарит наближення – це простір, який визначається умовами безпеки при роботі крана поблизу споруджуваної будівлі та за межі якого може виходити лише вантажозахоплювальний орган під час виконання робочої операції.

Установлена потужність – це сумарна потужність усіх електродвигунів виконавчих механізмів крана. Окремо вказують потужність силової установки двигуна внутрішнього згоряння. Може наводитись потужність, яка потрібна для живлення від зовнішньої електромережі двигунів, що вмикаються одночасно.

Продуктивність крана – виробіток за одиницю часу, який визначається масою піднятих вантажів або кількістю робочих циклів за певний час.

Робочий цикл – це комплекс операцій, що виконуються краном від початку підймання одного вантажу до початку підймання наступного.

У паспорті крана вказується допустима під час роботи крана розрахункова швидкість вітру, а також район встановлення крана. Швидкість вітру для кожного району залежна від висоти над землею поверхнею. У паспорті наводять допустиму під час роботи швидкість вітру на висоті 10 м.

Вибираючи стріловий кран для спорудження будівлі, слід виходити із умов, що довжина стріли повинна бути мінімальною, але достатньою для підйому вантажів на певну висоту при певних їх розмірах, розмірах будівлі та з урахуванням умов проїзду крана.

Потрібні параметри робочого обладнання стрілових кранів визначають із врахуванням допустимого зазору 1,5 м між спорудою і стрілою і наближення вантажу до стріли.

Таблиця 1.1

Основні параметри стрілових самохідних кранів

Параметри	Типорозміри кранів														
	КА-1	КА-6,3	КА-10	КА-16	КА-10	КА-16	КА-16	КА-16	КА-16	КА-16	КА-16	КА-16	КА-25	КА-25	КА-25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Максимальна вантажопідймальність, т*	4	6,3	6,3	10	10	16	16	16	16	16	25	25	25	25	25
при роботі на виносних опорах m_1 те саме, без виносних опор m_1 при переміщенні з вантажем на гаку m_2	-	-	2,5	4	4	4	-	6,3	6,3	6,3	10	10	10	10	8
Мінімальний виліт від осі обертання крана поперек ходової частини L , м:	2,8	2,8	2,8	3,8	2,9	3,5	3,5	3,1	3,1	2,5	4,0	3,1	3,1	3,1	3,1
на виносних опорах**	3,2	3,3	2,8	3,5	2,9	3,8	3,8	3,1	3,1	4,1	4,2	3,1	3,1	3,1	3,1
без виносних опор	1,9	1,9	2,8	2,85	2,9	3,8	3,8	3,1	3,1	4,1	3,8	3,1	3,1	3,1	3,1
Мінімальна висота підймання гака, м:	6	8	6	8	6,6	10	10	6,6	10	10	14	10	10	10	10
з основою стрілою H_1 зі змінним обладнанням H_1	10	12	12	20	17	25	25	22	25	25	35	25	25	30	35
Мінімальна швидкість підймання-опускання номінального вантажу V , м/хв	12,5	12,5	12,5	10	10	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6
Частота обертання поворотної частини, хв ⁻¹ :	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
мінімальна n максимальна n	2	1,8	1,8	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Середня швидкість зміни вильоту гака V_1 , м/хв	15	15	15	15	15	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
Максимальна швидкість пересування крана на горизонтальній ділянці дороги з твердим покриттям V_2 , км/год	70	70	40	40	40	60	15	40	60	1	15	30	50		
Максимальний ухил шляху α , град, який може долати кран	12	12	18	18	18	12	15	18	15	15	13	18	15		
Середній тиск крану у транспортному положенні на ґрунт γ , кН/м ²	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75	75	75
Максимальна конструкційна маса крану m_k , т	-	-	-	-	-	-	-	24	-	26	33	26	33	41	41

*Для кранів КА і КШ величина m – у секторі не менше $\pm 120^\circ$, а величина m_1 – у секторі не менше $\pm 90^\circ$ від положення стріли назад за холостого крана. Для кранів типу КШ значення величин m_1 і H_1 – рекомендовані.

**Дані, наведені в чисельнику, - при робочому обладнанні з жорсткою підвіскою, у знаменнику - з гнучкою підвіскою. Для кранів типу КК, КШ, КГ - робота без виносних опор.

Основні параметри стрілових самохідних кранів

Параметри	Типорозміри кранів												
	КТ-25	КТ-40	КШ-40	КТ-40	КТ-40	КТ-63	КШ-63	КТ-63	КТ-100	КШ-100	КТ-100	КТ-160	КТ-250
Вантажопідймальність, т*	25	40	40	40	40	63	63	63	100	100	100	160	250
при роботі на вносних опорах m	25	16	10	40	25	15	63	40	20	100	70	100	125
те саме, без вносних опор m_1	25	16	10	32	25	15	50	40	20	70	100	100	125
при переміщенні з вантажем на гаку m_2													
Мінімальний виліт від осі обертання крана поперек ходової частини L , м	2,5	4,0	3,1	3,3	4,2	3,5	4,8	4	3,5	6	8	8	8
на вносних опорах**	4,1	4,3	3,1	4,6	3,6	3,1	5,1	3,8	3,1	6	6,5	7,4	7,4
Мінімальна висота підймання гака, м	13,5	14	10	13,5	14	12	13	18	12	16,8	29	29	29
з основою стрілою H	35	45	40	45	55	55	55	70	60	70	80	100	100
зі змінним обладнанням H_1													
Мінімальна швидкість підймання-опускання номінального вантажу V , м/хв	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2,5	1,6	1,6
Частота обертання поворотної частини, хв ⁻¹	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
мінімальна n	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
максимальна n_1	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	2	2	2
Середня швидкість зміни вильоту гака V_1 , м/хв													
Максимальна швидкість пересування крана на горизонтальній ділянці дороги з твердим покриттям V_2 , км/год	1	12	50	1	10	50	0,75	8	50	0,5	0,5	0,5	0,5
Максимальний ухил шляху α , град, який може долати кран	13	12	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Середній тиск крана у транспортному положенні на ґрунт γ , кН/м ²	75	95	95	95	110	110	110	120	120	120	140	150	150
Максимальна конструкційна маса крана m_k , т	40	48	48	60	72	78	88	100	100	130	210	340	340

*Для кранів КА і КШ величина m – у секторі не менше $\pm 120^\circ$, а величина m_1 – у секторі не менше $\pm 90^\circ$ від положення стріли назад за ходом крана. Для кранів типу КШ значення величин m_1 і H_1 – рекомендовані.

**Дані, наведені в чисельнику, - при робочому обладнанні з жорсткою підвіскою, у знаменнику – з гнучкою підвіскою. Для кранів типу КА, КШ, КТ – робота без вносних опор.

Таблиця 1.2

Основні параметри базових моделей баштових кранів

Параметри	Базові моделі кранів									
	КБ-100-32Р	КБ-125-40Р	КБ-160-40Р	КБ-200-40Р	КБ-250-50Р	КБ-300-50Р	КБ-400-50Р	КБ-630-80Р	КБ-1000-80Р	
Максимальний вантажний момент, кН·м	1000	1250	1600	2000	2500	3000	4000	6300	10000	
Максимальна вантажопідймальність, т при максимальному вильоті при мінімальній вильоті	3,2 5	4,5 8	6 10	7,5 12,5	6,3 12,5	14 40	10 25	14 40	16 50	
Виліт, м										
Максимальний при максимальній вантажопідймальності	25	25	25	25	35	40	35	40	45	
Висота підймання, м	20	16	16	16	20	16	16	16	20	
при максимальному вильоті		40	40	40	40	40	56	50	50	
при максимальній вантажопідймальності	32	40	40	40	56	50	50	80	80	
Мінімальна глибина опускання, м	5	5	5	5	5	5	5	8	8	
Швидкість, м/хв.										
підймання вантажу максимальної маси	20...40	20...40	20...40	30...50	30...50	16...30	16...30	8...16	6,3...16	
підймання (опускання) газової підвіски при двократному поліспасті	30...80	40...80	40...100	40...100	90...200	90...200	90...200	12...63	12...63	
плавного поселення вантажу максимальної маси	5	5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	2	2	
переміщення вантажного візка з вантажем максимальної маси	20...32	20...32	25...40	25...40	25...50	32...50	32...50	2	2	
пересування крана	16...32	16...32	16...32	16...40	12,5...40	12,5...40	12,5...40	10...20	10...20	
Мінімальна частота обертання поворотної частини, хв ⁻¹	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,25	0,2	
Максимальне розрахункове навантаження від колеса на рейку, кН	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
Максимальний задній габарит для кранів з поворотною баштою, м	3,6	4	4,5	4,8	6	6	6	6	6	

Примітка. Базові моделі кранів для промислового будівництва (КБ-630-80Р та КБ-1000-Р) – з підймального стрілою, решта кранів – з балковою стрілою.

Таблиця 1.3

Параметри баштових приставних кранів

Параметри	Типорозміри та виконання кранів					
	КБ-180 (КБ-571)	КБ-573	КБ-675 (вик. 0)	КБ-676 (вик. 1)	КБ-676 (вик. 2)	КБ-676 (вик. 3)
Максимальний вантажний момент, кН·м	2000	1600	3200	3200	3200	3200
Вантажопідіймальність, т, при вильоті:						
максимальному	6	4	5,6	5,6	5,6	8,28
мінімальному	10	10	12,5	12,5	12,5	12,5
Виліт, м:						
максимальний	30	40	50	50	50	35
мінімальний	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5
при максимальній вантажопідіймальності, м	20	16,20	25,6	25,7	25,6	25,6
Висота підймання, м	110	150	114	150	120	120
Швидкість, м/с:						
підймання-опускання	0,375...0,75	0,375...0,75	0,583...1,67	0,583...1,67	0,583...1,67	0,583...1,67
посадження вантажу	0,041	0,083	0,041	0,041	0,041	0,041
переміщення вантажного візка	0,416	0,416	0,08...0,61	0,08...0,61	0,08...0,61	0,08...0,61
Частото обертання поворотної частини, хв ⁻¹	0,67	0,67	0,6	0,6	0,6	0,6
Ширина колії, м	-	-	-	-	7,5	7,5
Установлена потужність електродвигунів, кВт	75,5	75,5	124	124	137,2	137,2
Маса, т:						
крана в робочому стані	85,8	120,3	229	258	260	246
протигваги	3,3	6,6	14	14	14	14
баласту	-	-	80	80	90	80

Визначення раціональних параметрів стрілового обладнання

Максимальна висота підймання вантажозахоплювального пристрою (рис. 1.5)

$$H = L_c \sin \alpha + h_c - \Delta h \text{ та } H = H_6 + h_1, \quad (1.1)$$

де L_c – мінімальна довжина стріли;

h_c – висота корінного шарніру стріли над будівельним майданчиком;

Δh – висота, яка складається із розмірів елементів обмежувача висоти підйому вантажозахоплювального органу із вантажозахоплювальними пристроями та вантажу;

α – кут нахилу стріли;

H_6 – висота будівлі;

h_1 – відстань від верху будівлі до низу вантажу виходячи із допустимого зазору між стрілою та будівлею.

Мінімальна довжина стріли (без врахування зазору між стрілою та спорудою) для обслуговування будівлі висотою H_6 або подачі вантажів на заданий монтажний рівень

$$L_{\min} = \frac{H_6 - h_c}{\sin \alpha} + \frac{l_k}{\cos \alpha}, \quad (1.2)$$

де l_k – відстань від ближньої до крана стіни споруди ($l_k \leq b$) до вантажу;

b – ширина споруди.

При обладнанні стріли гусачком мінімальна довжина стріли

$$L_{\min} = \frac{H_6 - h_c}{\sin \alpha} \quad (1.3)$$

Але при цьому довжина гусачка повинна бути відповідної довжини (без врахування відстані від верха будівлі до низу вантажу)

$$l_p = \frac{l_k}{\cos \beta},$$

де β – кут нахилу гусачка до горизонту.

Оскільки майданчик будівлі може знаходитись між іншими будівлями, або необхідно перебазувати кран по шляхах міста, виникає необхідність визначення можливості проїзду. Мінімальну ширину проїзної частини S , при переміщенні крана (рис. 1.4) приймають на 1...2 м більше, ніж ширина крана. Тоді:

$$S = R_3 - R_{\Pi} + (1...2), \quad (1.5)$$

де R_3 – зовнішній радіус, який описує зовнішня, найбільш віддалена точка O від центра повороту крана;

R_{Π} – радіус, який описує внутрішньою найменше віддаленою точкою від центра повороту.

$$\left. \begin{aligned} R_{\Pi} &= R_{\min} - B/2 \\ R_3 &= (R_{\min} + AD)^2 + CD^2 \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

де AD – координата точки C відносно повздовжньої осі крана $a-a'$;

CD – координата точки C відносно поперечної осі крана $b-b'$;

R_{\min} – мінімальний радіус повороту;

B – ширина крана.

Якщо кран має можливість змінювати кути установаження відносно повздовжньої вісі крана в обох напрямках, то розрахункова схема буде іншою, а прохідність кращою.

Проектування крана передбачає вибір його конструктивної схеми, яка визначає взаємне розміщення його основних частин: опорно-ходової рами, поворотної платформи, робочого обладнання тощо.

Із рис. 1.6 видно, що зміна величини координати d (відстань від корінного шарніру стріли до ребра перекидання) веде до зміни конструктивної схеми крана, а відповідно, веде до зміни його параметрів.

В багатьох кранах (КС-5363, МКГ-25БР, СКГ-100 і ін.) опорний шарнір стріли знаходиться біля ребра перекидання. Причому, при розвороті стріли поперек ходової частини нерідко опорний шарнір виходить за опорний контур,

$d > 0$. Є крани (КС-6471, КС-6371, КС-2572, КС-3577 і ін.) у яких опорний шарнір стріли розміщений в глибині опорного контуру і $d < 0$.

Одним із параметрів якості крана можна прийняти його питому вантажопідіймальність, або відношення ваги максимального вантажу до загальної ваги крана

$$g = \frac{G_b}{G_0 + G_c} \quad (1.7)$$

де G_b – вага вантажу;

G_0 – вага крана без стріли;

G_c – вага стріли.

Відповідно, збільшення цього критерію веде до підвищення якості і ефективності крана.

Виходячи із того, що завжди повинна забезпечуватись стійкість крана, то максимальна вага вантажу при встановленні крана на горизонтальній площині і відсутності вітру (рис. 1.6):

$$G = \frac{1}{KR} \left[G_0 R_0 - \frac{G_c}{2} (R + d) \right], \quad (1.8)$$

де G_0 – вага крана без стріли;

G_c – вага стріли: $G_c = 9,81qL_c$;

R – відстань від ребра перекидання до кінця стріли по горизонталі;

q – погонна маса стріли;

L_c – довжина стріли (рис. 1.5): $L_c = \sqrt{(H - h_c + \Delta h)^2 + (R \pm d)^2}$

R_0 – відстань від ребра перекидання до вертикальної площини, що проходить через центр мас крана;

K – коефіцієнт співвідношення моментів крана перекидаючого і утримуючого.

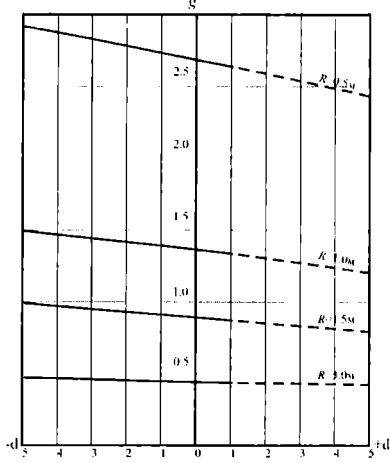


Рис. 1.7. Залежність питомої вантажопідіймальності від положення опорного шарніру стріли

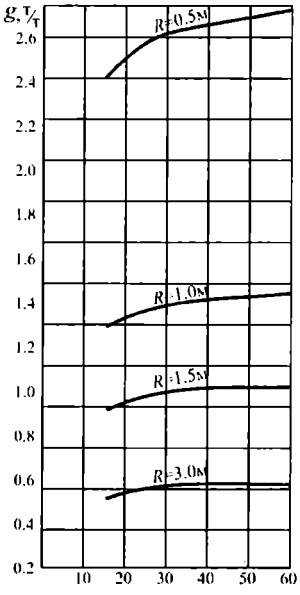


Рис. 1.8. Залежність питомої вантажопідіймальності від маси крана

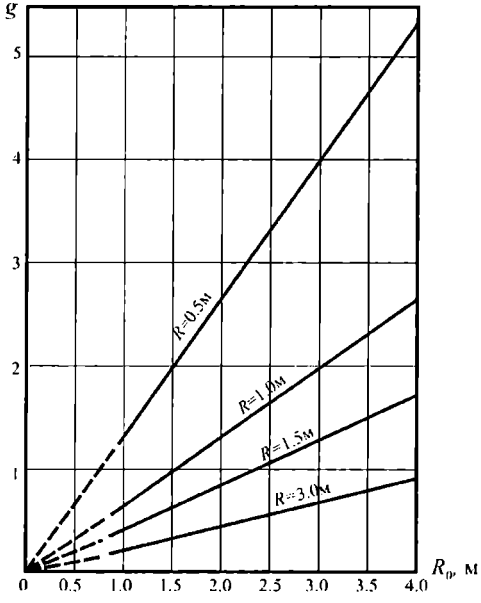


Рис. 1.9. Залежність питомої вантажопідіймальності від відстаней R і R_p

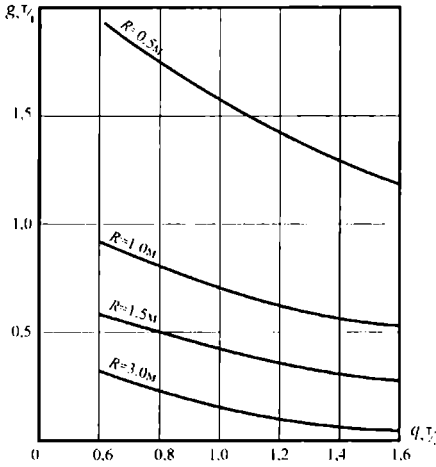


Рис. 1.10. Залежність питомої вантажності від погонної маси стріли

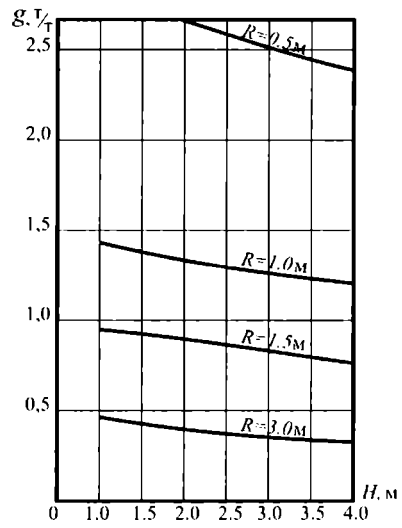


Рис. 1.11. Залежність питомої вантажності від висоти підйому гака

Переписавши (1.8) відносно d , одержуємо

$$d = \frac{2(G_0 R_0 - KGR)}{qL_c} - R. \quad (1.10)$$

Для визначення впливу інших параметрів крана на питому вантажопідйомність аналогічно побудовані залежності:

$g = f(G_0)$ – рис. 1.8; $g = f(R_0)$ – рис. 1.9; $g = f(q)$ – рис. 1.10; $g = f(H)$ – рис. 1.11.

Як бачимо зміщення опорного шарніра стріли від ребра перекидання в бік від'ємних значень приводить до збільшення вантажопідйомності на 5...35%.

Визначення раціональної кратності вантажного поліспасти

Кратність поліспасти – це відношення колової швидкості намотування каната на барабан до швидкості підймання вантажу, або ваги вантажу, до зусилля в канаті без врахування ККД поліспасти, або це кількість віток каната поліспасти для простого поліспасти чи половина кількості віток каната в поліспасті для здвоєного поліспасти.

При виборі вантажного поліспада стрілового крана користуються такими рекомендаціями: при вантажопідйомності до 1 т – кратність поліспада 1 або 2; від 2 до 6 т – 2...3; від 10 до 15 т – 3...4; від 20 до 30 т – 5...6.

Основні, загальноприйняті, залежності, які характеризують вантажопідймальний механізм, включають ряд інших параметрів, які також необхідно враховувати при виборі кратності поліспаду. Розглянемо їх на прикладі вантажопідймального механізму (рис. 1.12):

$$u_n = \frac{(m_b + m_n)D_6}{2u_p M_{дв} \eta_n \eta_p}; \quad (1.11)$$

$$N_{дв} = \frac{(m_b + m_n)V_b g}{\eta_m}, \quad (1.12)$$

де u_n , η_n – кратність і ККД поліспаду;

u_p , η_p – передатне число і ККД редуктора;

m_b , m_n – маса вантажу і гакової підвіски;

η_m – ККД механізму;

D_6 – діаметр барабана;

$M_{дв}$, $N_{дв}$ – крутний момент та потужність двигуна;

V_b – усталена швидкість підймання вантажу;

$g=9,81$ м/с².

Наведені залежності недостатні для того, щоб при відомих (заданих) масах вантажів та швидкостях підйому знайти однозначні співвідношення між іншими параметрами. При відомій потужності двигуна і вибраних гальмі та редукторі їх масу визначають однозначно по довідковими даним. Вибір значення кратності поліспада впливає на маси барабана, блоків та каната, які можуть бути виражені такими залежностями:

$$m_6 = \gamma \delta (D_6 - \delta) \frac{u_n t H}{D_6 + \delta} K_6 \quad (1.13)$$

$$m_n = m_{бл} (u_n - 1) K_n; \quad (1.14)$$

$$m_k = q_k H u_{II}, \quad (1.15)$$

де m_{δ} , m_{II} , m_k – маси відповідно барабана, поліспасти, каната;

δ – товщина стінки барабана, $\delta = 0,02D_{\delta} + (0,006 \dots 0,01)$;

t – крок навівання каната на барабані;

H – висота підйому гакової підвіски;

$K_{\delta} = \frac{m_{\delta}}{m_y}$ – коефіцієнт, який враховує масу муфти з'єднання, осі, опорні

елементи, значення якого можна прийняти $K_{\delta} = 1,85$;

m_y – маса циліндричної частини барабана;

$m_{\delta_{II}}$ – маса одного блока;

K_{II} – коефіцієнт, який враховує маси осей, підшипників та інших елементів гакової підвіски, значення якого можна прийняти $K_{II} = 1,6 \dots 2$;

γ – питома маса матеріалу барабана;

q_k – погонна маса каната.

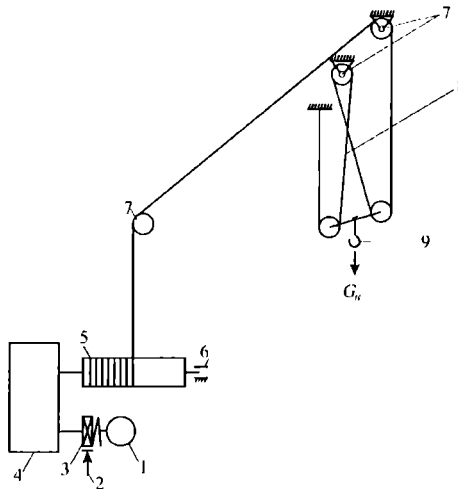


Рис. 1.12. Схема механізму підйому:

1 – двигун; 2 – гальмо; 3 – муфта; 4 – редуктор; 5 – барабан;
6 – опора барабана; 7 – блоки; 8 – канат; 9 – гакова підвіска

Із залежностей (1.13), (1.14), (1.15) видно, що маси барабана, поліспасти, канату при постійних масі вантажу та висоті підйому є функцією кратності поліспасти. Передавальне число редуктора при постійних масі вантажу і моменті двигуна також є функцією кратності поліспасти.

Послідовність визначення мас складових механізму підйому залежно від кратності поліспасти може бути наступною.

Спочатку задаємось масою і швидкістю підйому вантажу і знаходимо необхідну потужність двигуна, за якою з каталогу вибираємо двигун (і його масу). За визначеною раніше кратністю поліспасти (1.11) визначаємо зусилля в канаті, вибираємо по каталогу канат і по його довжині визначаємо масу каната. По діаметру каната визначаємо діаметри блоків, барабана і по (1.13...1.15) визначаємо їх маси при різній кратності поліспасти.

При визначених параметрах знаходимо передаточне число редуктора та вибираємо редуктор за каталогом із врахуванням параметрів двигуна.

За наведеними виразами побудовані залежності (рис. 1.13, 1.14). Із рис. 1.13 видно, що при постійних значеннях мас гальма і двигуна маса редуктора зменшується при збільшенні кратності поліспасти, а маси барабана і поліспасти збільшуються. Маса канату практично не змінюється. Встановлено, що маса каната залежить лише від вантажопідймальності та висоти підймання.

На рис. 1.14 наведені графіки зміни загальної ваги механізмів підйому вантажу. Установлено, що маса каната може бути виражена залежністю

$$m_k = 0,000373m_b H, \quad (1.16)$$

де m_b – маса вантажу;

H – висота підйому вантажу.

Загальна маса механізму підйому G_m складається із розглянутих складових, а тому також залежить від кратності поліспасти. Оскільки маса двигуна і гальма залежать від швидкості підйому, а маса поліспасти і барабана – від вантажопідймальності при інших однакових умовах, то криві побудовані при різних швидкостях і вантажопідймальності.

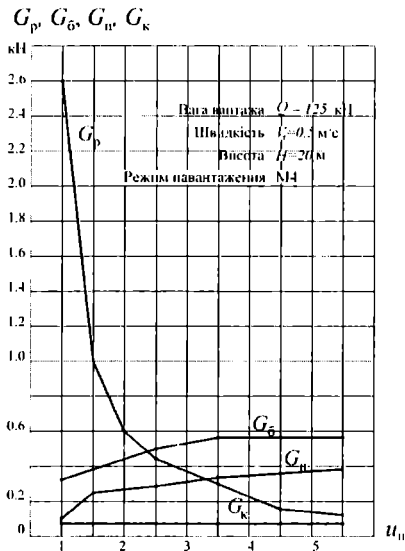


Рис. 1.13. Характер зміни ваги редуктора G_p , барабана G_b , поліспасти G_n (спільно із гаковою підвіскою) і каната G_k , залежно від кратності поліспасти u_n

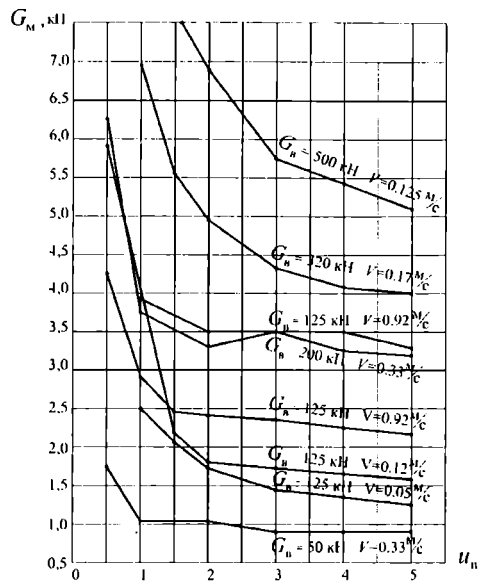


Рис. 1.14. Характер зміни загальної ваги механізму підйому у залежності від кратності поліспасти u_n , ваги вантажу G_b і швидкості V_b підймання вантажу при висоті підйому $H=20$ м (для режиму роботи механізму М4)

При побудові графіків на рис. 1.14 кратність поліспасти змінювалась від одиниці до u_n , при якому передаточне число редуктора повинно було б бути $u_p = 1$

Як видно з графіків, збільшення кратності поліспасти веде до зменшення загальної маси механізму. Особливо суттєвим це зменшення є при малих значеннях кратності поліспасти.

При швидкостях до 1 м/с і вантажопідймальності до 12 т маса механізму мало змінюється при зміні кратності поліспасти від $u_n=3$ і більше.

Побудовані графіки показують, що для наведених значень вантажопідймальності і швидкостей є така кратність поліспасти, подальше збільшення якої веде до зменшення маси механізму несуттєво.

Із збільшенням вантажопідймальності і зменшенням швидкості підйому ця кратність поліспасти збільшується. Маса безполіспастного механізму підйому ($u_n=1$) постійної вантажопідймальності зменшується, а при кратності поліспасти $u_n \geq 3$ збільшується при зростанні швидкості підйому вантажу.

Так, наприклад, при вантажопідймальності 12 т і швидкості підйому 0,12 м/с необхідно брати $u_n=4$, оскільки зменшення кратності $u_n=2$ веде до збільшення маси механізму в 2,3 рази, а збільшення кратності поліспасти до 10 веде до зменшення в 1,1 рази.

Вплив мас поворотної і неповоротної частини крана на величину вантажопідймальності

Від функціонального взаємозв'язку мас елементів крана і відстаней їх центрів мас від ребра перекидання залежить вантажопідймальність крана.

Виходячи із рівності діючих моментів (рис. 1.15), визначимо значення можливої ваги вантажу:

з урахуванням додаткових навантажень

$$G_b = \frac{G_n R_n + G_{nn} R_{nn} - \sum P_i R_i}{R} \quad (1.17)$$

без урахування додаткових навантажень

$$G_b = \frac{G_n R_n + G_{nn} R_{nn}}{cR} \quad (1.18)$$

де G_b , G_n , G_{nn} – вага вантажу, поворотної та неповоротної частини крана;

R , R_n , R_{nn} – відстані від ребра перекидання до центрів мас відповідно;

P_i , R_i – додаткові сили, що діють на кран і їх відстані до ребра перекидання;

c – коефіцієнт зменшення вантажопідймальності, що враховує дію додаткових сил.

Замінивши $G_n / G_{nn} = m$; $R_n / R_{nn} = \rho$; $G_0 = G_n + G_{nn}$ одержуємо

$$G_b = \frac{G_0 R_{nn} (1 + m\rho)}{cR(1 + m)} \quad (1.19)$$

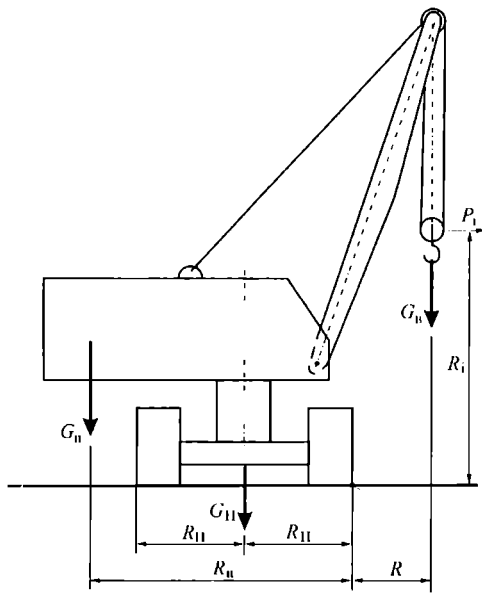


Рис.1.15. Розрахункова схема для визначення співвідношення мас крапа в робочому стані

Аналіз параметрів кранів, що знаходяться в експлуатації, дає значення $1,1 \leq c \leq 2$, або, використовуючи загальноприйняті значення коефіцієнта вантажної стійкості «1,4» та «1,15» відповідно без і із урахуванням додаткових навантажень, маємо

$$c = \frac{1,4}{1,15} = 1,22.$$

Тоді

$$G_b = \frac{G_0 R_1 (1 + m\rho)}{K_r 1,22 R_0 (1 + m)}; \quad (1.20)$$

або

$$G_b = G_0 K \left(\frac{1 + m\rho}{1 + m} \right), \quad (1.21)$$

де K – коефіцієнт, що враховує фіксоване значення параметрів крану;

K_r – коефіцієнт вантажної стійкості.

Взаємозв'язок між співвідношеннями мас елементів крану та відстаней від ребра перекидання для узагальнених значень наведені на рис. 1.16, а саме:

при рівних відстанях від центра тяжіння мас крану до ребра перекидання, незалежно від їх співвідношення вантажопідіймальність залишається величиною постійною;

при збільшенні $\rho > 1$ збільшення m веде до збільшення вантажопідіймальності, а при зменшенні $\rho < 1$ – навпаки;

збільшення m спочатку веде до збільшення вантажопідіймальності, а потім його вплив зменшується.

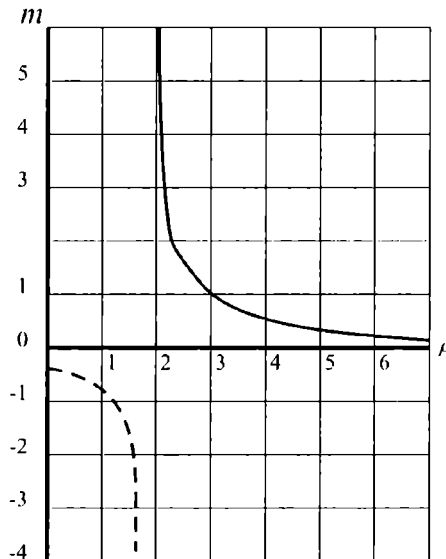


Рис. 1.16. Взаємозв'язок між співвідношенням мас поворотної і неповоротної частини крану m і відношенням відстаней центрів їх тяжіння до ребра перекидання ρ

Зауважимо, що значення m і ρ недоречно вибирати будь-як, тому що перекидання крану є можливим також і в бік протилежний вантажу.

Тоді співвідношення моментів (рис. 1.15)

$$G_n(R_{11} - 2R_{12})K_c = G_{11}R_{11}, \quad (1.22)$$

де K_c – коефіцієнт запасу власної стійкості.

З урахуванням (1.22) маємо співвідношення

$$m = \frac{1}{K_c(\rho - 2)}; \quad \rho = \frac{1 + 2mK_c}{mK_c} \quad (1.23)$$

Таким чином, при $\rho \leq 2$, маса поворотної частини порівняно із неповоротною може бути безкінечно великою $0 \leq m \leq \infty$.

Значення m зменшується до нуля, а $2 \leq \rho \leq \infty$.

Вираз $\frac{1 + m\rho}{1 + m}$ наближається до одиниці.

Така заміна множника $\frac{1 + m\rho}{1 + m}$ вказує на те, що збільшення вантажопідймальності крана більш доцільно проводити збільшенням частки маси поворотної частини, ніж віддаляти її центр тяжіння від ребра перекидання.

Розглянемо визначення максимальної вантажопідймальності при фіксованих значеннях ваги крана, відстані до центра тяжіння поворотної частини і вильоту вантажу.

Підставивши у (1.20) вираз (1.23), одержимо

$$G_b = \frac{G_0 R_{II} (K_c \rho - 2K_c + \rho)}{c K_r R (K_c \rho - 2K_c + 1)} \quad (1.24)$$

Після диференціювання по ρ , маємо що $\rho \rightarrow \infty$ і екстремуму функція не має.

Таким чином, доцільно приймати співвідношення мас поворотної і неповоротної частини крана в інтервалі значень 2...4, при співвідношенні координат центрів тяжіння відносно ребра перекидання в інтервалі значень 2,2...2,4.

При пересуванні кранів по автодорогах на заокругленнях виникає загроза перекидання (при відсутності заносу) відносно зовнішніх точок дотику із покриттям.

Для цього випадку рівняння стійкості запишемо у вигляді

$$\frac{G_{II} + G_{II}}{2} B = K_{\kappa} \left(\frac{G_{II} V_{II}^2}{g R_{II}} h_{II} \cos \alpha_{II} + \frac{G_{II} V_{II}^2}{g R_{II}} h_{II} \cos \alpha_{II} \right), \quad (1.25)$$

де V_{II} , V_{II} – швидкості руху центрів тяжіння мас поворотної і неповоротної частини крана по заокругленню;

R_{II} , R_{II} – радіуси кривих, по яких рухаються центри тяжіння мас елементів крана;

h_{II} , h_{II} – висоти центрів тяжіння мас крана;

K_{κ} – коефіцієнт стійкості крана при русі по заокругленню;

A_{II} , R_{II} , α_{II} – кути між лініями дії відцентрових сил мас поворотної частини крана і площиною перпендикулярною ребру перекидання.

$$R_{II} = \sqrt{R_o^2 + l_{II}^2} \quad R_{II} = \sqrt{R_o^2 + l_{II}^2} \quad \cos \alpha_{II} = \frac{R_o}{R_{II}}; \quad \cos \alpha_{II} = \frac{R_o}{R_{II}},$$

де l_{II} , l_{II} – відстані від центра тяжіння крана до центрів тяжіння неповоротної і поворотної частин крана.

Підставивши в (1.25) $\frac{G_{II}}{G_{II}} = m$; $\frac{h_{II}}{h_{II}} = h$, одержуємо:

$$(m+1) \frac{B}{2h_{II}} = K_{\kappa} \left(\frac{mhRV_{II}^2}{R_o^2 + l_{II}^2} + \frac{V_{II}^2 R_o}{R_o^2 + l_{II}^2} \right),$$

а прийнявши $V_{II} = V_{II} = V$, $l_{II} = l_{II} = l$, маємо вираз для визначення коефіцієнта стійкості

$$K_{\kappa} = \frac{B(R_o^2 + l^2)}{2h_o R V^2} \left(\frac{1+m}{1+mh} \right). \quad (1.26)$$

Вираз (1.26) відповідає структурі виразу (1.20) і відрізняється множником $\frac{1+m}{1+mh}$, залежність якого представлена на рис. 1.17 та ілюструє співвідношення

мас елементів крана і їх координат при русі по заокругленню $\frac{1+mp}{1+m}$.

ЗМІСТ

Передмова.....	3
Розділ 1. Основи розрахунків будівельних кранів	
1.1. Параметри будівельних кранів.....	5
1.2. Параметри будівельних споруд	32
1.3. Групи класифікації кранів та їх механізмів	36
1.4. Розрахункові навантаження	42
1.5. Навантаження коливального характеру	50
1.6. Стійкість пересувних вільностоячих стрілових кранів	96
1.7. Вантажні характеристики	103
1.8. Основи розрахунків приводів.....	107
1.9. Конструкційні сталі та матеріали для виготовлення кранів	117
1.10. Продуктивність кранів	123
Розділ 2. Розрахунки поворотних стрілових кранів	
2.1. Крани з поворотною колоною.....	126
2.2. Розрахунок поворотного стрілового крану з нерухомою колоною	168
Розділ 3. Розрахунки баштових кранів	
3.1. Загальні вимоги.....	182
3.2. Визначення нормативних і випадкових складових навантажень	195
3.3. Розрахунок пересувного вільностоячого баштового крана з підйимальною стрілою.....	200
3.4. Розрахунок пересувного баштового крану із балковою стрілою і неповотною баштою.....	255
Розділ 4. Розрахунки стрілових самохідних кранів	
4.1. Загальні вимоги.....	266
4.2. Вимоги до розрахунків стрілових самохідних кранів	270
4.3. Розрахунок гусеничного крана	284
4.4. Розрахунок пневмоколісного крана.....	338
4.5. Розрахунок автомобільного крану	360

Розділ 5. Розрахунки параметрів коливань елементів стрілових кранів при вібраційних впливах

5.1. Кранові вібротехнології у будівництві.....	382
5.2. Розробка математичних моделей механічної системи "стріловий кран-вібраційне технологічне обладнання"	397
5.3. Формування вихідних даних системи для визначення параметрів вібрацій елементів крана при взаємодії його з начіпним вібраційним технологічним обладнанням на гаку.....	421
5.4. Розробка комп'ютерних програм для чисельного моделювання коливального процесу системи "стріловий кран-вібраційне технологічне обладнання".....	431

Розділ 6. Розрахунки металевих конструкцій та механізмів баштового крана при робочому проектуванні та модернізації

6.1. Вихідні дані.....	473
6.2. Визначення навантажень.....	476
6.3. Розрахунок металоконструкції стріли.....	522
6.4. Розрахунок розчалу стріли.....	538
6.5. Розрахунок консолі протываги.....	546
6.6. Розрахунок оголовка.....	566
6.7. Розрахунок металоконструкцій порталу.....	573
6.8. Розрахунок болтових з'єднань.....	609
6.9. Розрахунок зварних з'єднань.....	641
6.10.Перевірка двигунів і гальм механізмів.....	686
6.11.Розрахунок стійкості крана проти перекидання.....	688

Додатки.....697

Література.....808

Павчальне видання

КОЛІСНИК МИКОЛА ПРОКОПОВИЧ
ШЕВЧЕНКО АНДРІЙ ФЕДОРОВИЧ
РАКША СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ
МЕЛАЗИЧ ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ

**РОЗРАХУНКИ БУДІВЕЛЬНИХ
СТРІЛОВИХ КРАНІВ**

Українською мовою

Відповідальна за випуск Л. В. Шара.

Технічний редактор М. П. Павлиш.

Коректор Л. М. Несін.

Формат 60x84 1/16.

Ум. друк. арк. 47,43. Підписано до друку 17.09.2015.

Тираж 100 прим. Зам № 22.

Видавництво «Пороги»

49000, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 60

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 7 від 21.02.2000.

ISBN 978-617-518-292-5



КОЛІСНИК МИКОЛА ПРОКОПОВИЧ, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, академік Підйомно-транспортної академії наук України та Міжнародної академії безпеки життєдіяльності. Спеціаліст у галузі розрахунків, конструювання та технології виробництва, випробувань, обстежень та оцінки технічного стану вантажопідіймальних кранів. Автор та співавтор 20 підручників, посібників, довідників, монографій, атласів та понад 200 наукових праць, 40 авторських свідоцтв та патентів на винаходи. Винахідник СРСР.



ШЕВЧЕНКО АНДРІЙ ФЕДОРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної механіки Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, академік Підйомно-транспортної академії наук України та Міжнародної академії безпеки життєдіяльності. Спеціаліст у галузі розрахунків, конструювання випробувань, обстежень та оцінки технічного стану вантажопідіймальних кранів та автор наукового напрямку вібраційного захисту вантажопідіймних кранів. Автор та співавтор 10 навчальних посібників, 160 наукових праць, в тому числі 40 авторських свідоцтв та патентів на винаходи. Винахідник СРСР.



РАКША СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, академік Підйомно-транспортної академії наук України. Спеціаліст у галузі розрахунків, конструювання та технічної експертизи вантажопідіймальних кранів. Автор 10 навчальних посібників та понад 140 наукових праць, в тому числі 15 авторських свідоцтв та патентів на винаходи.



МЕЛАШИЧ ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, кандидат технічних наук, професор, директор інституту безперервної фахової освіти Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, академік Підйомно-транспортної академії наук України, Академії будівництва України та Міжнародної академії безпеки життєдіяльності. Спеціаліст в галузі розрахунків, конструювання та удосконалення робочого обладнання підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин. Автор та співавтор 320 наукових праць, в тому числі 18 підручників, навчальних посібників, довідників, атласів та 70 авторських свідоцтв і патентів на винаходи та технічні рішення. Винахідник СРСР.