

ОЦІНКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ КОЛІН ПОЖЕЖНИХ АВТОДРАБИН

З використанням загальновідомих правил обчислення геометричних параметрів поперечного перерізу конструктивних елементів складної форми розроблена та проілюстрована методика числового розрахунку моменту інерції площі поперечного перерізу колін пожежних автодрабин. Одержані розрахункові формули та числові результати, які можна використовувати у розрахунках комплексу колін автодрабини на жорсткість та коливання, занесені в таблицю.

Сучасні вимоги щодо проведення аварійно-рятувальних робіт та пожежогасіння ставлять нові задачі, пов'язані не тільки з удосконаленням базового шасі, управління автодрабиною і приводних механізмів, а й з удосконаленням конструкції самого комплексу колін драбини.

Таке удосконалення, що в першу чергу пов'язане з оптимізацією форми поперечного перерізу та маси усього комплексу, дозволить розширити функціональні можливості і покращити експлуатаційні характеристики автодрабини в цілому. При цьому виникає проблема обчислення таких геометричних характеристик, як екваторіальний момент інерції площі поперечного перерізу коліна – J_z , статичний момент інерції – S_i та площа перерізу – A_i , адже комплект колін має складну просторову стержневу конструкцію.

Точний підрахунок згаданих геометричних параметрів комплексу колін, як в складеному, так і в розгорнутому стані досить складна задача, адже усі геометричні параметри носять мінливий характер вздовж усієї довжини драбини, особливо під час висування колін.

Щоб одержати розрахункові формули для числового обчислення моменту інерції площі поперечного перерізу колін автодрабини, у першу чергу необхідно визначити положення центральних осей (осей, що проходять через центри ваги перерізів) кожного коліна автодрабини зокрема (див. рис 1).

З цією метою розглянемо характерні перерізи колін. На рис. 1 наведено поперечні перерізи коліна автодрабини в середній частині (зі стійкою рис. 1а і без – рис. 1б), кожна ферма якого має такі елементи: нижній пояс 1, верхній пояс 2, розкоси 3 і стійки 4. Верхній пояс, стійки і розкоси виготовлені із суцільнотягнутих сталевих труб круглого або прямокутного перерізу. Нижній пояс ферми (тятиву) виготовлено із сталеві стрічки спеціального профілю. Форма профілю прийнята однаковою для всіх колін, але розміри H і B та товщина стрічки t різні (див. табл.). Тятиви з'єднані між собою щаблями 5 прямокутного перерізу.

Крім цього, на рис.1 наведено центральні осі тятиви – VZ_1 та верхнього пояса коліна – VZ_2 , а VZ_3 – вісь розкосів.

Слід відмітити, що конструкції колін легких, середніх та важких автодрабин, що використовуються на Україні та в країнах СНД, як нових, так і менш сучасних моделей, істотно не відрізняються між собою і залишаються традиційними. Це робить можливим узагальнити одержані результати на весь спектр моделей і обмежитись аналітичним розрахунком для однієї моделі, наприклад АД-30(131)ПМ506.

Під час навантаження комплект висунутих колін в основному зазнає згину, при цьому розкоси та стійки стискаються або розтягуються, а згинаються переважно тільки верхні та нижні пояси драбини [1].

Виходячи з цього задачу можна дещо спростити, якщо прийняти певні припущення, які не матимуть суттєвого впливу на точність кінцевих розрахунків.

Допустимо, що перерізи колін плоскі і не викривлюються під час деформації згину, симетричність розміщення ферм відносно осі OY не порушується, вплив укосин, стояків та щаблів не враховуємо, вважаємо перерізи колін однаковими вздовж всієї довжини коліна.

Для таких умов розрахункову схему поперечного перерізу коліна можна подати у вигляді, що наведений на рис. 2

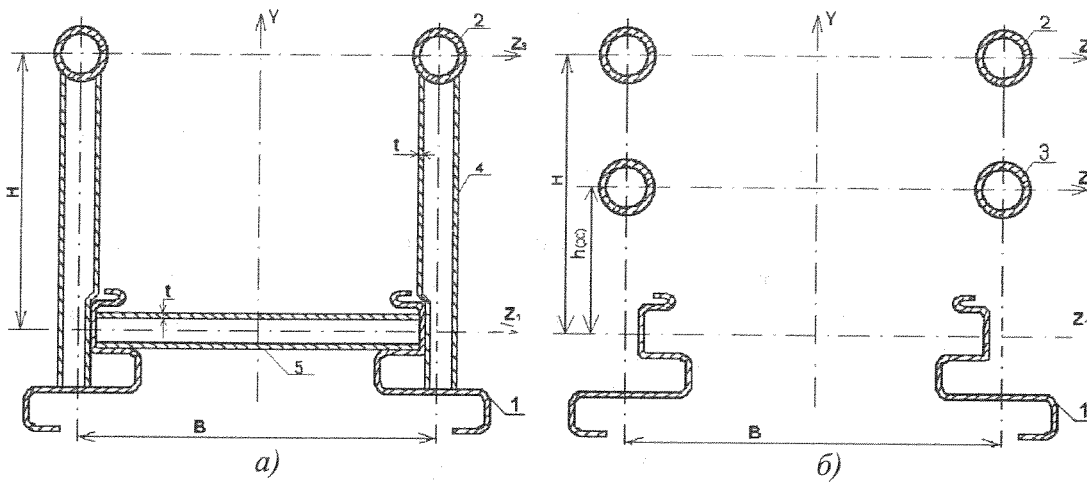


Рис. 1. Характерні перерізи коліна автодрабини в середній частині

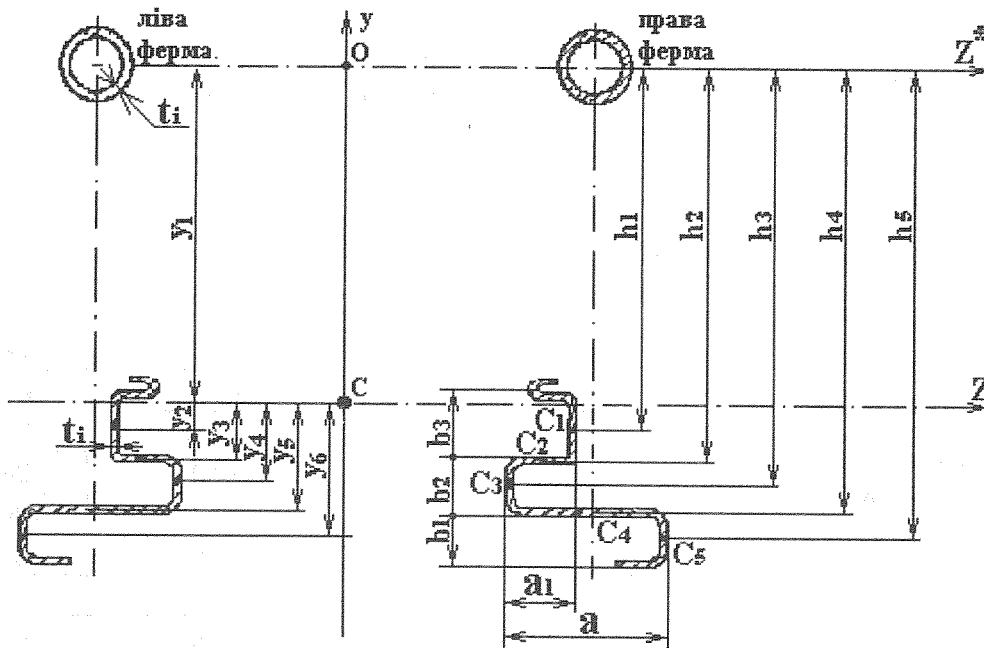


Рис. 2. Розрахункова схема поперечного перерізу коліна автодрабини

На рис. 2 позначено: С – центр ваги перерізу коліна; $C_1...C_5$ – центри симетрії частини тятиви; OY – вісь симетрії коліна; OZ^* і OZ – відповідно, вісь верхнього поясу та центральна вісь перерізу, решта позначень наведено в таблиці.

В першу чергу визначимо розміщення центрів ваги поперечних перерізів колін відносно осі верхнього поясу OZ^* . Для автодрабини АД-30(131)ПМ506 крім додаткового таких колін є чотири.

Згідно з [2] базові розрахункові формули мають вигляд:

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Z_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i h_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

де y_c і Z_c – координати центра ваги перерізу; A_i – площа, i – її частини перерізу; h_i – ордината центра ваги, i – її частина відносно осі OZ^* .

Завдяки симетричності перерізу, абсциса Z_c центрів ваги кожного із них лежатиме на осі симетрії OY . Тому можна розглянути одну ферму, бо результати будуть аналогічні і для іншої.

У розрахунках використаємо загальновідомі правила обчислення моментів інерції відносно паралельних осей та центральних осей згідно з [2].

Послідовність розрахунку та числові результати занесені у таблицю.

Наведені у таблиці формули та результати можна використовувати для подальших розрахунків комплексу колін автодрабин на жорсткість та коливання.

Таблиця 1. Геометричні параметри перерізу ферми комплексу колін

№ п/п	Найменування	Порядкове коліно	Позначення	Розрахункова формула	Величина	Розмірність		
1	2	3	4	5	6	7		
1	Товщина профілю	4-е	t_1	-	3,2	мм		
		3-е	t_2	-	2,8	-/-		
		2-е	t_3	-	2,5	-/-		
		1-е	t_4	-	2,0	-/-		
2	Ширина частин перетину нижнього поясу (тятиви, ферми)	4-е	a	$\approx 29t_1$	≈ 93	-/-		
			a_1	$\approx 14t_1$	≈ 45	-/-		
		3-е	a^*	$\approx 25t_2$	70	-/-		
			a_1^*	$\approx 10t_2$	28	-/-		
		2-е	a^{**}	$\approx 24t_3$	≈ 60	-/-		
			a_1^{**}	$\approx 9t_3$	≈ 23	-/-		
		1-е	a^{***}	$\approx 24t_4$	≈ 48	-/-		
			a_1^{***}	$\approx 9t_4$	≈ 18	-/-		
		3	Висота частин перетину нижнього поясу (тятиви, ферми)	4-е	b_1	$\approx 35t_1$	≈ 112	-/-
					b_2	$\approx 9t_1$	≈ 29	-/-
					b_3	$\approx 5t_1$	16	-/-
				3-е	b_1^*	$\approx 32t_2$	≈ 90	-/-
b_2^*	$\approx 10t_2$				28	-/-		
b_3^*	$\approx 6t_2$				≈ 17	-/-		
2-е	b_1^{**}			$\approx 30t_3$	75	-/-		
	b_2^{**}			$\approx 10t_3$	25	-/-		
	b_3^{**}			$\approx 5t_3$	≈ 13	-/-		
1-е	b_1^{***}			$\approx 26t_4$	52	-/-		
	b_2^{***}			$\approx 10t_4$	20	-/-		
	b_3^{***}			$\approx 5t_4$	10	-/-		

1	2	3	4	5	6	7
4	Ординати центрів ваги частин нижнього поясу відносно осі OZ ферми колін	4-e	h_1	$\approx 157t_1$	502	-//-
			h_2	$\approx 175t_1$	560	-//-
			h_3	$\approx 180t_1$	576	-//-
			h_4	$\approx 185t_1$	≈ 592	-//-
			h_5	$\approx 189t_1$	≈ 604	-//-
		3-e	h_1^*	$\approx 151t_2$	424	-//-
			h_2^*	$\approx 169t_2$	≈ 473	-//-
			h_3^*	$\approx 174t_2$	≈ 488	-//-
		3-e	h_4^*	$\approx 179t_2$	≈ 502	мм
			h_5^*	$\approx 182t_2$	≈ 510	-//-
		2-e	h_1^{**}	$\approx 140t_3$	350	-//-
			h_2^{**}	$\approx 159t_3$	398	-//-
			h_3^{**}	$\approx 164t_3$	410	-//-
			h_4^{**}	$\approx 170t_3$	425	-//-
			h_5^{**}	$\approx 172t_3$	430	-//-
		1-e	h_1^{***}	$\approx 148t_4$	300	-//-
			h_2^{***}	$\approx 163t_4$	326	-//-
			h_3^{***}	$\approx 168t_4$	336	-//-
			h_4^{***}	$\approx 173t_4$	346	-//-
			h_5^{***}	$\approx 175t_4$	350	-//-
5	Площа перерізу верхнього пояса ферми колін	4-e	A_1	$A_1 = \pi t_1^2/4$	≈ 8	мм ²
		3-e	A_1^*	$A_1^* = \pi t_2^2/4$	≈ 6	-//-
		2-e	A_1^{**}	$A_1^{**} = \pi t_3^2/4$	≈ 5	-//-
		1-e	A_1^{***}	$A_1^{***} = \pi t_4^2/4$	≈ 4	-//-
6	Площі частин перерізу нижнього пояса ферми колін	4-e	A_2	$A_2 = b_1 \cdot t_1$	358	-//-
			A_3	$A_3 = a_1 \cdot t_1$	144	-//-
			A_4	$A_4 = (b_2 - 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	72	-//-
			A_5	$A_5 = a t_1$	298	-//-
			A_6	$A_6 = (b_3 + 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	61	-//-
		3-e	A_2^*	$A_2^* = b_1^* \cdot t_1$	252	-//-
			A_3^*	$A_3^* = a_1^* \cdot t_1$	78	-//-
			A_4^*	$A_4^* = (b_2^* - 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	63	-//-
			A_5^*	$A_5^* = a^* t_1$	196	-//-
			A_6^*	$A_6^* = (b_3^* + 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	56	-//-
			A_2^{**}	$A_2^{**} = b_1^{**} \cdot t_1$	188	-//-
		2-e	A_3^{**}	$A_3^{**} = a_1^{**} \cdot t_1$	58	-//-
			A_4^{**}	$A_4^{**} = (b_2^{**} - 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	50	-//-
			A_5^{**}	$A_5^{**} = a^{**} t_1$	150	-//-
			A_6^{**}	$A_6^{**} = (b_3^{**} + 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	50	-//-
			A_2^{***}	$A_2^{***} = b_1^{***} \cdot t_1$	104	-//-
		1-e	A_3^{***}	$A_3^{***} = a_1^{***} \cdot t_1$	36	-//-

1	2	3	4	5	6	7		
		1-e	A_4^{***}	$A_4^{***} = (b_2^{***} - 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	32	мм^2		
			A_5^{***}	$A_5^{***} = a^{***} \cdot t_1$	96	-//-		
			A_6^{***}	$A_6^{***} = (b_3^{***} + 2 \cdot t_1) \cdot t_1$	24	-//-		
7	Статичні моменти інерції частин перерізу нижнього пояса відносно осі OZ^{**}	4-e	S_2	$S_2 = A_2 \cdot h_1$	179716	мм^3		
			S_3	$S_3 = A_3 \cdot h_2$	80640	-//-		
			S_4	$S_4 = A_4 \cdot h_3$	41472	-//-		
			S_5	$S_5 = A_5 \cdot h_4$	176416	-//-		
			S_6	$S_6 = A_6 \cdot h_5$	36844	-//-		
		3-e	S_2^*	$S_2^* = A_2^* \cdot h_1^*$	106848	-//-		
			S_3^*	$S_3^* = A_3^* \cdot h_2^*$	36894	-//-		
			S_4^*	$S_4^* = A_4^* \cdot h_3^*$	30744	-//-		
			S_5^*	$S_5^* = A_5^* \cdot h_4^*$	98392	-//-		
			S_6^*	$S_6^* = A_6^* \cdot h_5^*$	28560	-//-		
		2-e	S_2^{**}	$S_2^{**} = A_2^{**} \cdot h_1^{**}$	62800	-//-		
			S_3^{**}	$S_3^{**} = A_3^{**} \cdot h_2^{**}$	23084	-//-		
			S_4^{**}	$S_4^{**} = A_4^{**} \cdot h_3^{**}$	20500	-//-		
			S_5^{**}	$S_5^{**} = A_5^{**} \cdot h_4^{**}$	63750	-//-		
			S_6^{**}	$S_6^{**} = A_6^{**} \cdot h_5^{**}$	21500	-//-		
		1-e	S_2^{***}	$S_2^{***} = A_2^{***} \cdot h_1^{***}$	31200	-//-		
			S_3^{***}	$S_3^{***} = A_3^{***} \cdot h_2^{***}$	11736	-//-		
			S_4^{***}	$S_4^{***} = A_4^{***} \cdot h_3^{***}$	10752	-//-		
			S_5^{***}	$S_5^{***} = A_5^{***} \cdot h_4^{***}$	33216	-//-		
			S_6^{***}	$S_6^{***} = A_6^{***} \cdot h_5^{***}$	8400	-//-		
		8	Координати центрів ваги перерізів	4-e	Z_4	(1)	0	мм
					Y_4	(2)	≈ 547	-//-
				3-e	Z_3	(1)	0	-//-
					Y_3	(2)	≈ 463	-//-
2-e	Z_2			(1)	0	-//-		
	Y_2			(2)	≈ 392	-//-		
1-e	Z_1			(1)	0	-//-		
	Y_1			(2)	≈ 326	-//-		
9	Віддаль між центральною віссю OZ і центром ваги перерізу верхнього пояса	4-e	y_1	$\approx 170t_1$	≈ 547	-//-		
		3-e	y_1^*	$\approx 165t_1^2$	463	-//-		
		2-e	y_1^{**}	$\approx 157t_3$	≈ 392	-//-		
		1-e	y_1^{***}	$\approx 163t_4$	≈ 326	мм		
10	Віддалі між центральною віссю колін OZ і центрами ваги частин перерізу нижнього пояса	4-e	y_2	$\approx 18t_1$	≈ 58	-//-		
			y_3	$\approx 9t_1$	≈ 29	-//-		
			y_4	$\approx 13t_1$	≈ 42	-//-		
			y_5	$\approx 19t_1$	61	-//-		
			y_6	$23t_1$	74	-//-		
		3-e	y_2^*	$\approx 17t_2$	48	-//-		
			y_3^*	$\approx 3t_2$	8	-//-		
			y_4^*	$7t_2$	20	-//-		
			y_5^*	$\approx 14t_2$	39	-//-		
			y_6^*	$\approx 18t_2$	≈ 50	-//-		

1	2	3	4	5	6	7
		2-е	y_2^{**}	$19t_3$	48	-/-
			y_3^{**}	$\approx 2t_3$	5	-/-
			y_4^{**}	$7t_3$	18	-/-
			y_5^{**}	$13t_3$	33	-/-
			y_6^{**}	$15t_3$	38	-/-
		1-е	y_2^{***}	$14t_4$	28	-/-
			y_3^{***}	$2t_4$	4	-/-
			y_4^{***}	$4t_4$	8	-/-
			y_5^{***}	$8t_4$	16	-/-
			y_6^{***}	$\approx 9t_4$	18	-/-
11	Екваторіальний момент інерції площі поперечного перерізу верхнього пояса ферми	4-е	J_{ZB}^{IV}	$J_{ZB}^{IV} = \frac{\pi_1^4}{4} + y_1^2 \cdot A$	$\approx 23,9 \cdot 10^5$	мм ⁴
		3-е	J_{ZB}^{III}	$J_{ZB}^{III} = \frac{\pi_2^4}{4} + (y_1^*)^2 \cdot A^*$	$\approx 15,1 \cdot 10^5$	-/-
		2-е	J_{ZB}^{II}	$J_{ZB}^{II} = \frac{\pi_3^4}{4} + (y_1^{**})^2 \cdot A^{**}$	$\approx 8,5 \cdot 10^5$	-/-
		1-е	J_{ZB}^I	$J_{ZB}^I = \frac{\pi_4^4}{4} + (y_1^{***})^2 \cdot A^{***}$	$\approx 4,78 \cdot 10^5$	-/-
12	Екваторіальні моменти інерції площі поперечного перерізу нижнього пояса ферми	4-е	J_{ZH}^{IV}	$J_{ZH}^{IV} = \sum_{i=1}^5 J_{ZHi} + \sum_{i=2}^6 y_i^2 \cdot A$	$18,6 \cdot 10^5$	-/-
		3-е	J_{ZH}^{III}	$J_{ZH}^{III} = \sum_{i=1}^5 J_{ZHi}^* + \sum_{i=2}^6 (y_i^*)^2 \cdot A^*$	$12,25 \cdot 10^5$	-/-
		2-е	J_{ZH}^{II}	$J_{ZH}^{II} = \sum_{i=1}^5 J_{ZHi}^{**} + \sum_{i=2}^6 (y_i^{**})^2 \cdot A^{**}$	$7,87 \cdot 10^5$	-/-
		1-е	J_{ZH}^I	$J_{ZH}^I = \sum_{i=1}^5 J_{ZHi}^{***} + \sum_{i=2}^6 (y_i^{***})^2 \cdot A^{***}$	$1,52 \cdot 10^5$	мм ⁴
13	Екваторіальні моменти інерції ферми по колінах	4-е	J_Z^{IV}	$J_Z^{IV} = J_{ZB}^{IV} + J_{ZH}^{IV}$	$\approx 42,5 \cdot 10^5$	-/-
		3-е	J_Z^{III}	$J_Z^{III} = J_{ZB}^{III} + J_{ZH}^{III}$	$27,35 \cdot 10^5$	-/-
		2-е	J_Z^{II}	$J_Z^{II} = J_{ZB}^{II} + J_{ZH}^{II}$	$16,37 \cdot 10^5$	-/-
		1-е	J_Z^I	$J_Z^I = J_{ZB}^I + J_{ZH}^I$	$6,3 \cdot 10^5$	-/-
14	Екваторіальні моменти інерції колін автодрабини АД-30(131)ПМ506 (лівої та правої ферми)	4-е	J_4	$J_4 \approx 2j_Z^{IV}$	$85 \cdot 10^5$	-/-
		3-е	J_3	$J_3 \approx 2j_Z^{III}$	$54,7 \cdot 10^5$	-/-
		2-е	J_2	$J_2 \approx 2j_Z^{II}$	$32,74 \cdot 10^5$	-/-
		1-е	J_1	$J_1 \approx 2j_Z^I$	$12,6 \cdot 10^5$	-/-

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожежні автодрабини. / Мартюк В.В., Єрмаков М.В., Положешиний В.В. – Київ: Альтернативи, 1998.
2. Сопротивление материалов. / Писаренко Г.С., Агарев В.А., Квитка А.Л. и др. – Киев: Вища школа, 1986. – 775 с.